

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

I

782

L. inw.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296252

Die Elektrotechnik

aus der Praxis, für die Praxis

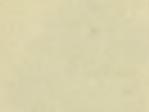
von Dr. phil. habil. Hermann G. Müller

Fachlehrer

an der Technischen Hochschule München

1917

München



x

1317

24

Die Elektrotechnik

aus der Praxis — für die Praxis.

In ihrem gesamten Umfange auf Grund der neuesten
Erfahrungen gemeinverständlich geschildert

von

Franz Liebetanz

Redakteur der Fachzeitschrift „Kraft und Licht“.

• Mit 143 Abbildungen. •

23/12
F. Nr. 20 285



Düsseldorf 1895.

Druck und Verlag von J. B. Gerlach & Co.

VIII D

Die Elektrotechnik

aus der Praxis für die Praxis.



1782

Alle Rechte, namentlich das der Uebersetzung in fremde Sprachen vorbehalten.

Akc. Nr. 5405/60

Holzfreies Papier.

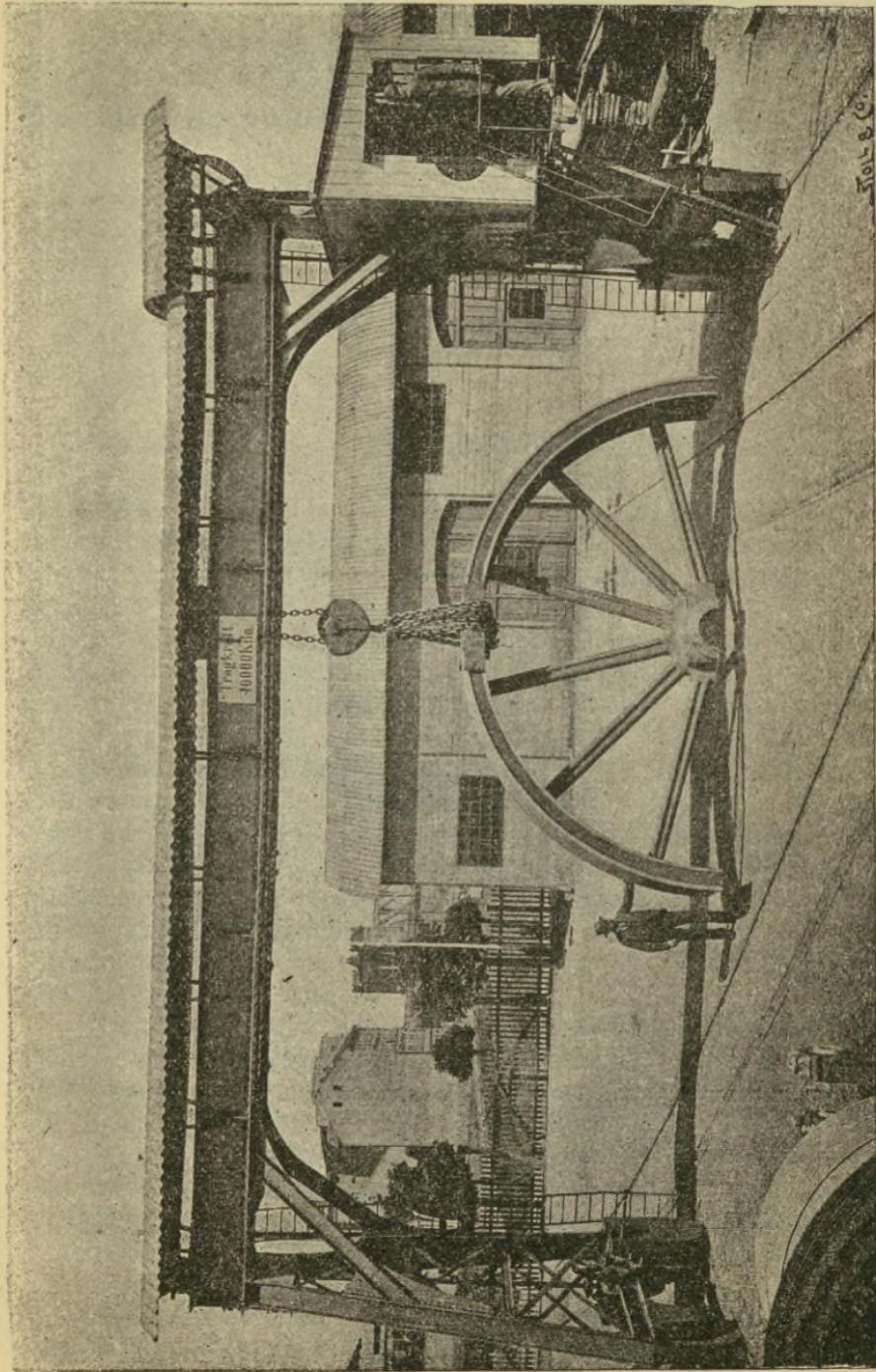


Fig. 128. Fahrbarer Bockkran, betrieben durch 10-pf. Elektromotor.



Vorwort.

Elektrotechnik! — Ein verschwenderischer Ueberfluss von Büchern begegnet uns auf dem litterarischen Markte, wenn wir auf diesem Gebiete Umschau halten. Und jedes dieser Werke sucht Bausteine herbeizuschaffen, um das Riesengebäude der Elektrotechnik fördern zu helfen. Der weitaus grössere Teil betrachtet jedoch dieselbe durch die scharfe Lupe der Wissenschaft, ohne zu bedenken, dass kein Gebiet der menschlichen Thätigkeit sich so schnell von dieser gesondert hat und ganz in der Praxis aufgegangen ist, wie das der Elektrotechnik. Stand am Anfange unseres Jahrhunderts der Gelehrte als Apostel auf diesem Felde des Wissens, so hat sich am Ende dieses Zeitraumes die Technik zum Herrn desselben gemacht. Es soll daher der Zweck dieses Werkchens sein, vom Standpunkte des Praktikers aus dieses Gebiet zu betrachten, uns mit den elektrischen Fachausdrücken zu befreunden, die Entstehung und Anwendung des elektrischen Stromes im täglichen Leben auch für den Laien verständlich zu schildern und als ein steter Begleiter und zuverlässiger Ratgeber zu dienen.

Nicht nur ein Stück, nicht bloss einen Teil der Elektrotechnik soll das vorliegende Buch behandeln, sondern es soll sich gerade darin von den Spezialwerken unterscheiden, dass es ein Gesamtbild der Elektrotechnik entrollt. Es soll eine Umschau und ein Rundgang durch das ununterbrochen fesselnde und interessante Gebiet der geheimnisvollen Kraft sein, deren Ursprung unserm Auge verhüllt, deren gewaltige Macht und Pracht als der würdigste Abschluss unseres Jahrhunderts und als der Stempel des kommenden erscheinen muss.

Nicht nur für den Industriellen und Gewerbetreibenden ist es unerlässlich, sich die nötigen elektrotechnischen Kenntnisse zu

sammeln, sondern auch für Laien aller Stände ist es ein sich von Jahr zu Jahr immer dringender geltend machendes Bedürfnis, sich in der Elektrotechnik zu orientieren. Die Zeit liegt nicht mehr fern, wo in der Wohnung des Kleinbürgers ebenso die Glühlampe brennen wird, wie in dem Salon des Reichen. Der Elektromotor wird bald in der kleinsten Werkstube ein Plätzchen finden, und in nicht allzuferner Zeit werden in Anerkennung dieser rapid in alle Volksschichten dringenden Kraft deren Elementarkenntnisse wohl in allen Volksschulen gelehrt werden.

Wenn in dem Werkchen die Installation der elektrischen Anlagen mit einbezogen ist, so soll dies kein Anlass für den Laien sein, ohne Rat und Hilfe eines tüchtigen Technikers eine Anlage auszuführen, denn hierzu gehört gründliche praktische Erfahrung, und es ist vor derartigen Versuchen entschieden zu warnen. Die elektrische Beleuchtung und die Telegraphie, die Telephonie, den Blitzableiter, die Galvanoplastik und die Elektrolyse, die Kraftübertragung, wie die Elektrometallurgie, sie alle lernen wir nebst den erforderlichen Maschinen, Apparaten u. s. w. kennen. In vorliegendem Buche ist die Elektrizität verfolgt von ihrer Entdeckung durch alle Stadien bis zur Vollendung ihrer Nutzbarmachung. —

Der Dampf eröffnete die Bahn, um Industrie, Handel und Verkehr auf vorher nie geahnte Höhe zu führen, — der Elektrizität ist es vorbehalten, das Ziel zu erreichen. Einschneidende Veränderungen hat die Elektrizität bis heute fast auf allen Gebieten des wirtschaftlichen Lebens hervorgerufen und noch lange nicht ist ihre umgestaltende Kraft erschöpft. Vielleicht blicken unsere Epigonen in hundert Jahren lächelnd auf unser Zeitalter des Dampfes zurück, wenn sie sich mit einem Fingerdruck die gewaltigste Kraft nutzbar machen können. —

In der Hoffnung, dass das gegenwärtige Buch seinen oben ausgesprochenen Zweck erfüllen wird, lege ich es in die Hände der freundlichen Leser.

Duisburg a. Rh., im Juli 1895.

Franz Liebetanz.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Geschichtliches	1
Theoretischer Teil.	
Begriff der Elektrizität und ihre Arten	4
Elektrische Masseinheiten und Messapparate	9
Stromstärke, Spannung, Widerstand, Berechnung derselben, Voltmeter, Ampèremeter, Widerstandsbrücke, Galvanoskop, Galvanometer.	
Magnetismus	14
Elektromagnetismus	17
Induktion	19
Galvanismus	22
Schaltungen der galvanischen Elemente	25
Elektrolyse	26
Die Stromquellen und ihre Hilfsapparate	29
Die galvanischen Elemente	29
Beschreibung und Behandlung der bekanntesten Konstruktionen	
Die dynamoelektrischen Maschinen	37
Allgemeines	37
Beschreibung einiger bekannter Typen	38
Wechselstrommaschinen, Gleichstrommaschinen, Innenpolmaschinen, Drehstrommaschinen	43
Schaltung der Dynamos	45
Transformatoren, ihr Wesen und Zweck	46
Akkumulatoren, ihr Wesen und Zweck	47
Laden der Akkumulatoren	48
Kurzschluss	49
Entladen der Akkumulatoren	51
Praktischer Teil.	
Die elektrische Beleuchtung und deren Installation	53
Die Bogenlampen	53
Entstehung des Bogenlichtes	53
Konstruktion der Bogenlampe	54
Die Hauptstromlampe	54
Die Nebenschlusslampe	55
Die Differentiallampe	57
Die Glühlampen	65
Herstellung derselben	65
Glühlichtlampen mit unvollständiger Leitungsfähigkeit	69

	Seite
Die Installation von Beleuchtungsanlagen	69
Vorbedingungen	69
Schaltungen	71
Die Hintereinanderschaltung	71
Die Parallelschaltung	71
1. Das Zweileitersystem	71
2. Das Dreileitersystem	74
3. Das Fünfleitersystem	75
Berechnung der Leitungsdrähte	76
Montieren der elektrischen Maschine	78
Verlegen der Leitungen	80
Anschluss der Lampen	86
Montieren der folgenden Hilfsapparate	
Sicherungen	90
Ausschalter	93
Signalapparat	96
Umschalter	96
Voltmeterumschalter	96
Generalumschalter	97
Polwender	97
Erdschlussprüfer	97
Elektrizitätszähler	98
Strompreisanzeiger	99
Stromregulator	100
Widerstände	101
Vorschaltwiderstände	101
Ersatzwiderstände	102
Relais	102
Kontaktvoltmeter	102
Aräometer	104
Stromrichtungsanzeiger	104
Zellenschalter	104
Tachometer	105
Blitzschutzvorrichtungen	105
Schalttafeln	106
Schaltungen der Hilfsapparate	107
Montierung und Unterhaltung der Bogenlampen	108
Ein- und Ausschalten derselben	110
Wahl der Schaltungsart bei Bogenlampen	110
Klemmenbezeichnung bei Bogenlampen	111
Wahl der Bogenlampen	111
Behandlung des Galvanoskops	112
Batteriebeleuchtung	113
Die Kosten des elektrischen Lichtes im Verhältnis zur Gasbeleuchtung	114
Hygienische Vorzüge und Verbreitung des elektrischen Lichtes	116
Vorsichtsbedingungen für elektrische Licht- und Kraftanlagen	118
Betriebsanlagen, Leitungen, Sicherungen, Apparate, Glühlampen, Bogenlampen, Prüfung und Revision.	121
Telegraphie und Telephonie	121
Die elektrischen Haustelegraphen	121
Die Telephonie	127
Mikrophone	129

	Seite
Die elektrische Linien-Telegraphie	138
Installation elektrischer Telegraphen- und Telephonanlagen	143
Verlegen der Leitung	144
Die Blitzableiter und ihre Installation	153
Prüfung der Blitzableiter-Anlagen	160
Die Galvanoplastik und Galvanostegie nebst deren Installation	162
Die Galvanoplastik	162
Herstellen der Formen	164
Die Bäder	167
Befestigen der Formen	168
Die galvanische Aetzung	170
Die Galvanostegie	171
Die Installation galvanischer Anlagen	172
Elemente	173
Schaltungen	173
Dynamoelektrische Maschine	177
Die Hilfsapparate	178
Die Leitung	179
Die Bäder (Herstellung, Rezepte und Behandlung der Nickel-, Kupfer-, Messing-, Zink-, Zinn-, Silber-, Gold- und Platinbäder)	181
Elektrometallurgie, Allgemeines	185
Elektrolytische Gewinnung des Aluminiums	187
" " " Kupfers	189
" " " Darstellung von Kupferröhren	190
" " " Kupferdraht	192
" " " Gewinnung des Goldes	193
" " " Entzinnung von Weissblechabfällen	194
Die weitere elektrolytische Praxis	194
Die Acetylgas-Herstellung	196
Das elektrische Schweißen und Löten	197
Die elektrische Schweißung	197
Die elektrische Schmelzung	208
Das elektrische Hart- und Weichlöten	209
Die elektrischen Uhren (Gleichstrom- und Wechselstrombetrieb)	210
Die Elektromotoren	219
Gleichstrommotoren (Serien-, Nebenschluss- und Verbundmotoren)	220
Wechselstrommotoren	223
Die Stromsysteme. (Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom.)	223
Das Anlassen des Elektromotors	225
Wartung des Elektromotors	226
Beschreibung verschiedener Elektromotorentypen	226
Dampfdynamo	232
Gasdynamo	234
Die elektrische Kraftübertragung	235
Allgemeines	235
Ihre Vorteile und Anwendung bei Arbeitsmaschinen aller Art	237
Beschreibung hervorragender Anlagen	245
Die elektrische Kraftübertragung im Bergbau	248
Die elektrische Kraftübertragung bei der Wasserhebung	249
Die elektrische Kraftübertragung in der Landwirtschaft	250
Die elektrischen Bahnen	252
Die unterirdische Stromzuführung	254

	Seite
Die oberirdische Stromzuführung	254
Bahnbetrieb mittels Akkumulatoren	257
Die elektrische Lokomotive	259
Berechnung der Kraftübertragung	260
Die Anwendung der Elektrizität zu Heilzwecken	261
Die Influenzmaschine	262
Elektrisches Bad	263
Induktionsapparat	264
Elektrisch montierter Kehlkopfspiegel	266
Fernere Anwendung der Elektrizität	267
Das elektrische Bleichverfahren	267
Warmlaufmelder von Porges	270
Elektromagnetische Steuerung für Dampfmaschinen	272
Der Elektro-Artograph	273
Die Beleuchtung der Wasserstrassen	274
Elektrischer Scheinwerfer	274
Die Verwendung der Elektrizität zur Bereitung von Brennstahl aus Eisen	276
Elektrischer Thüröffner	277
Elektrisches Heizen und Kochen	279
Elektrizität direkt aus Kohle	285
Allgemeines über den Bau der elektrischen Maschinen	287



Namen- und Sachregister.

A.

Acetylen 196.
Aetzung, galvanische 170.
Akkumulator 47.
Ampère 17.
Ampèremeter 10, 178.
Amstutz, N. S. 273.
Anion 29.
Anker 37.
Anlasswiderstand 225.
Anode 24, 28.
Aräometer 104, 108.
Armatur 37.
Atome 53.
Ausschalter 93.

B.

Badeapparat, elektrischer 262.
Ballon-Element 30.
Batterie, galvanische 24.
Batteriewähler 170.
Bell, H. 2, 128.
Bernardos 208.
Berthollet 267.
Bleichverfahren, elektrisches 267.
Blitzableiter 153.
Blitzschutzvorrichtungen 105.
Bogenlampe 53.
Borchers, W. 286.
Brandley 192.
Brennstahl, Herstellung von 276.
Bunsen-Element 31.

C.

Calcium-Carbid 196.
Coërcitivkraft 16.
Coffin 209.
Compound-Schaltung 45.
Cumäus 4.

D.

Dampf-dynamo 232.

Daniell-Element 29.
Davy 2.
Depolarisation 24.
Depolarisieren 29.
Diamagnete 17.
Differential-Lampe 57.
Dihlmann 238.
Dreileitersystem 74.
Drehstrommaschine 44.
Druckkontakte 125.
Du Fay 1.
Duprez 235.
Dynamoelektrische Maschine 37.

E.

Edison, Th. 2, 65, 69, 285.
Einschlaglocken 122.
Elektrizitätszähler 98, 107.
Elektrizität (aus Kohle) 285.
Elektro-Artograph 273.
Elektrode 24, 28.
Elektrodiagnostik 261.
Elektrolyse 26, 261.
Elektrolyt 28.
Elektrometallurgie 185.
Elektromotoren 218.
Elektro-Mikroskopie 261.
Elektron 4.
Elektrophor 1.
Elektroskop 1.
Elektrotherapie 261.
Elektrotypie 166.
Elemente, galvanische 29.
Elmore 190, 191.
Energie 23.
Entladen 8.
Erdschlussprüfer 97.
Eudiometer 1.
Extrastrom 21.

F.

Faraday 2.

Fassung 66.
 Flaschen-Element 36.
 Fortschellklingeln 124.
 Franklin, Benjamin 1, 153.
 Fünfleitersystem 75.

G.

Galvani, L. A. 1. 22.
 Galvanismus 22.
 Galvanokaustik 261, 266.
 Galvanokauter 267.
 Galvanometer 14.
 Galvanoplastik 162.
 Galvanos 169.
 Galvanoskop 162, 171.
 Gasdynamo 234.
 Gasdynamolokomobile 251.
 Gaus 2, 138, 139.
 Gilbert 1.
 Gleichspannungs-Schaltung 45.
 Gleichstrommaschine 44.
 Gleichstrommotoren 220.
 Glühlampe 65.
 Goldbad 185.
 Gray 1.
 Grenet-Element 36.
 Grove-Element 31.
 Guericke, O. v. 1.

H.

Hartmann 238.
 Hauptausschalter 107.
 Hauptstromlampe 54.
 Hauptstromschaltung 45.
 Hefner-Alteneck, v. 2.
 Heizen, elektrisches 279.
 Hermite, Eugen 267.
 Hughes 139.

I.

Indifferenzpunkt 15.
 Induktion 16, 19.
 Induktionsapparat 264.
 Induktor 37.
 Influenz 7.
 Influenzmaschine 262.
 Inkandescenzlampe 65.
 Inkonstant 24.
 Innenpolmaschine 44.
 Intensität 8.
 Isolator 5, 81.
 Isolieren 5.
 Isolierglocken 81.

J.

Jakobi 2.
 Jonen 29.

K.

Kali, chloresaures 194.
 Kathode 24, 28.
 Kation 29.
 Karbonisieren 65.
 Kehlkopfspiegel, elektrisch mon-
 tierter 266.
 Kleist 1.
 Kochen, elektrisches 279.
 Kohlrausch 11, 42.
 Kollektor 37.
 Konstant 24.
 Kontakt 22.
 Kommutator 38.
 Kupferbad 183.
 Kurzschluss 49, 144.

L.

Lagrange & Hoho 205.
 Lahmeyer, W. 41.
 Leclanché-Element 34.
 Linienwähler 136, 137.
 Lüten, elektrisches 197.
 Lokomobile 251.
 Lokomotive 259.

M.

Magnetelektrische Maschine 45.
 Magnetismus 14.
 Matos, Louis J. 267.
 Markierglocken 124.
 Meidinger-elemente 30.
 Messingbad 183.
 Mikrophon 129.
 Miner, M. W. 210.
 Moleküle 53.
 Morse 2, 138.

N.

Nadeltelegraph 139.
 Nebenausschalter 107.
 Nebenschlusslampe 55.
 Nebenschlussmaschine 45.
 Nebenschlussmotor 221.
 Nickelbad 181.

O.

Oerstedt, Christian 217.
 Ohm, G. S. 2.

Ohm (Widerstandseinheit) 10.
Ohm'sches Gesetz 12.

P.

Pacinotti 38.
Paramagnete 17.
Pendel 5.
Platinbad 185.
Polarisation 24.
Pole 15.
Polwender 97.

R.

Rasselglocken 122.
Reis, Philipp 2, 127.
Relais 102, 108, 142.
Reynier, E. 113.
Rheostat 225.
Ruhmkorff 21.

S.

Schaffer 209.
Schalmeiglocken 123.
Schalttafeln 106.
Schaltungen der Akkumulatoren 51.
Schaltungen der Elemente 25, 173.
Schaltungen der Hilfsapparate 107.
Schaltungen der Lampen 71.
Scheinwerfer 274.
Schreibtelegraph 139.
Schuckert, S. 38.
Schulz, E. 238.
Schweissen, 197.
Sekundärmaschinen 220.
Selbstinduktion 21.
Serienmotoren 220.
Serienschaltung 45.
Sicherungen 90, 107.
Sicherheitskontakte 125.
Siemens, W. v. 2, 42.
Silberbad 184.
Slavianoff 209.
Spannung 8.
Spannungsdifferenz 8.
Spannungsmesser (Voltmeter) 108, 179.
Spannungsreihe 6.
Steinheil, K. A. 2, 138.
Steuerung 272.
Stöpselausschalter 10.
Stromkreis 23.
Strommesser (Ampère) 108, 178.
Strompreisanzeiger 99.

Stromregulator 100, 107.
Stromrichtungsanzeiger 104, 108.
Stromstärke 8.
Stromwechselklappe 125.

T.

Tableauklappe 125.
Tachometer 105.
Tauchelemente 113.
Telautograph 137.
Telegraphie 121, 138.
Telephonie 127.
Tesla, Nikola 243.
Thüröffner 277.
Transformatoren 46.
Translatoren 142.
Typendrucktelegraph 139.
Tyrolerglocken 124.

U.

Uhren 210.
Umschalter 96, 107, 127, 142, 178.

V.

Verbundschaltung 45.
Volt 9.
Volta, Alexandro v. 1, 22.
Voltabogen 54.
Voltaismus 22.
Voltampère 70.
Voltmeter 9, 108.
Voltmeterumschalter.
Vorsichtsbedingungen 118.

W.

Warmlaufmelder 270.
Watt, J. 14, 17.
Weber, W. E. 2, 138, 139.
Wechselstrommaschinen 43.
Wechselstrommotoren 223.
Weinhold 127.
Widerstand 8, 101, 107.
Wilde 208.
Wöhler, F. 186.

Z.

Zellenschalter 104, 108.
Zeigertelegraph 139.
Zerener, H. 204.
Zentralumschalter 136.
Zinkbad 184.
Zinnbad 184.
Zugkontakte 125.
Zweileitersystem 71.

Illustrations-Verzeichnis.

Figur		Seite
1	Voltmeter (Spannungsmesser)	9
2	Ampèremeter (Strommesser)	10
3	Messbrücke (zum Messen des Widerstands)	11
4	Galvanoskop	13
5	Galvanometer	13
6	Induktionsapparat	19
7	Schaltungsskizzen für galvanische Elemente	25
8	" " " "	26
9	" " " "	26
10	Silbervoltmeter	28
11	Meidinger-Element	30
12	Bunsen-	31
13	Krüger-	34
14	Leclanché-	34
15	" "	35
16	" "	35
17	Flaschen-	36
18	Dynamoelektrische Maschine	39
19	" "	40
20	" "	41
21	Durchschnitt einer solchen	41
22	Dynamoelektrische Maschine	43
23	Akkumulator	48
24	Das Bogenlicht	53
25	Schematischer Stromlauf der Nebenschluss-Bogenlampe	55
26	Mechanismus der Nebenschluss-Bogenlampe	56
27	Schema der Differentillampe	58
28	Mechanismus der Differentillampe	59
29	" " "	62
30	" " "	63
31	Glühlampenfassungen	66
32	Glühlampe	67
33	"	67
34	Schaltungsskizze (Hintereinanderschaltung der Lampen)	71
35	" (Parallelschaltung, Zweileitersystem)	72
36	" "	73
37	" "	74
38	" " Dreileitersystem	74
39	" " Fünfleitersystem	75
40	Isolator	80

Figur		Seite
93	Telephon mit Stabmagnet	129
94	„ „ Hufeisenmagnet	129
95	Mikrophon	130
96	Berliners Universal-Transmitter	131
97	Telephonstation	132
98	„	133
99	Zentralumschalter	136
100	Linienwähler	137
101	Taster	140
102	Morse-Farbschreiber	141
103	Umschalter	142
104	Aufwickeln des Leitungsdrahtes	144
105	Schematische Klingelanlage	149
106	„ Telephonanlage	151
107	Relais	152
108	Blitzableiterspitze	154
109	Kuppelung für Blitzableiterleitungen	157
110	Batteriewähler	176
111	Gleichstrommaschine für galvanische Arbeiten	178
112	Schema des Gleichstrombetriebes bei elektrischen Uhren	213
113	„ „ Wechselstrombetriebes bei elektrischen Uhren	214
114	Elektrisches Zeigerwerk, System Bohmeyer	217
115	Anlasswiderstand	224
116	„	225
117	Elektromotor	227
118	„	228
119	„	228
120	„	229
121	„	231
122	Dampfdynamo	232
123	Gasdynamo	234
124	Elektrisch angetriebene Drehbank	238
125	Anordnung des Elektromotors auf erhöhtem Konsol	239
126	Elektrische Zentrale in Budapest	244
127	Kraftübertragungsanlage	248
128	Fahrbarer Bockkran (befindet sich am Eingange, Seite III).	
129	Elektromotor-Kolbenpumpe	250
130	Gasdynamo-Lokomobile	251
131	Elektrisch angetriebene Dreschmaschine	253
132	Elektrische Strassenbahnwagen	255
133	„ Rangierlokomotive	257
134	Influenzmaschine	262
135	Elektro-therapeutisches Bad mit Apparatschrank	263
136	Induktionsapparat	264
137	Elektrisch montierter Kehlkopfspiegel	266
138	Warmlaufmelder von Porges	270
139	Transmissions-Lager mit Warmlaufmelder	271
140	Turm mit elektrischem Scheinwerfer	275
141	Elektrischer Thüröffner	278
142	„ Kochapparat	281
143	„ Herd	282



Geschichtliches.

Erst vom Jahre 1600 datirt die Entstehung einer Elektrizitätslehre durch Herausgabe eines Werkes von Gilbert über den Magnet, welcher darin nachwies, dass ausser Bernstein auch verschiedene andere Körper durch Reiben die Fähigkeit erlangen, andere Körperteilchen anzuziehen und abzustossen. Bestimmte Versuche in dieser Richtung machte sodann der Bürgermeister zu Magdeburg, Otto v. Guericke, in deren Folge er den ersten Anlass zur Herstellung der Elektrisiermaschine gab. Als Erfinder derselben ist er jedoch nicht, wie oft irrtümlich angenommen wird, anzusehen, sondern nur als Vorläufer für die spätere Erfindung. Er war jedoch der Entdecker des glimmenden Leuchtens der geriebenen elektrischen Körper. Nachdem namentlich in England unermüdlich auf Grund der Entdeckungen weiter geforscht wurde, gelang es dem Engländer Gray, auch Metalle, was bis dahin nicht möglich war, elektrisch zu machen. Der Franzose Du Fay theilte 1775 die Elektrizität in negative (—) und positive (+) und begründete den Fundamentalsatz der Elektrizitätslehre: „Ungleichartige Elektrizitäten ziehen sich an, gleichartige stossen sich ab.“ Vorher schon hatte der berühmte Benjamin Franklin zu Philadelphia den Blitzableiter erfunden und der Domherr von Kleist in Pommern die nach ihm benannte Verstärkungsflasche, die auch oft „leidener Flasche“ genannt wird, nach dem gleichzeitigen Erfinder Cumäus in Leiden. Durch Alexander Volta, Professor in Pavia, einen der bedeutendsten Gelehrten, wurde die erste elektrische Säule gebaut, und er erfand auch das Elektroskop (Elektrizitätsanzeiger), den Elektrophor (Elektrizitätserreger) und das Eudiometer (Apparat zum Messen des in der Luft befindlichen Sauerstoffes). Aloisio Galvani, Professor der Anatomie zu Bologna, gest. 1798, machte 1789 die wichtigste Entdeckung dieses Zeitabschnittes, indem er an der Hand

zahlreicher Experimente die Berührungs- oder Kontaktelektrizität (Galvanismus) beobachtete und in den Vordergrund des allgemeinen Interesses stellte.

Zu Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts bewies Davy durch die Entdeckung des elektrischen Flammenbogens, dass die Elektrizität eine Lichtquelle zu liefern vermöge, die jede andere künstliche Beleuchtung weit übertreffe, und Napoleon I. liess den Versuch machen, seine Gemächer elektrisch zu beleuchten. Durch Zufall wurde der Professor Christian Oerstedt zu Kopenhagen Entdecker des Elektromagnetismus, d. h. der Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom, und Ampère errichtete 1826 eine, von einem neuen Gesichtspunkte ausgehende Theorie des Elektromagnetismus. Ohm verdanken wir das nach ihm benannte Gesetz der Stromstärke und Faraday die Entdeckung der Induktion und der Magnetelektrizität (1831). Nach diesem Experimentieren gelang es Gauss und Weber 1833 den elektromagnetischen Telegraphen zu konstruieren und 1837 erfand Steinheil einen Apparat, um denselben für die Praxis nutzbar zu machen. Der amerikanische Maler Morse, angeregt durch diese Erfindung, schuf seinen noch heute in Verwendung befindlichen Telegraphen-Apparat. Diesem ersten Schritt zur Praxis folgte rasch ein zweiter, indem 1838 Professor Jacobi in St. Petersburg die Galvanoplastik erfand und die elektromotorische Kraft der galvanischen Batterien zur Fortbewegung eines Botes auf der Newa zu benutzen versuchte. Nach längerer Zeit der Ruhe trat mit einem Schlage die Anwendung des elektrischen Stromes in ein ganz neues Stadium, und zwar dadurch, dass Werner Siemens die dynamo-elektrische Maschine oder kurz „Dynamo-Maschine“ konstruierte und hierdurch 1866 der Begründer der elektrischen Beleuchtung wurde. Im Jahre 1860 hatte bereits der Lehrer und Physiker Reis zu Friedrichsdorf bei Homburg das Telephon erfunden, welches jedoch erst 17 Jahre später, nachdem es Graham Bell in Amerika neu „erfunden“, in allgemeinen praktischen Gebrauch kam.

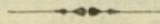
Hiermit waren die Grundsteine für das mächtig empor wachsende Gebäude der Elektrotechnik gelegt. Weniger die Wissenschaft, als vielmehr die jetzt allein in den Vordergrund getretene Technik, rief ununterbrochen neue Erfindungen und Verbesserungen hervor, und als v. Hefner-Alteneck und Edison die vorteilhaftesten Lampen konstruierten, trat mit dem Jahre 1880 die elektrische Beleuchtung ihren Siegeszug um

die Welt an, und Telephonie, Telegraphie und Galvanotechnik entwickelten sich in ungeahntem Umfange.

Sind diese Anwendungen der Elektrizität allgemein bekannt, so ist die jüngste Errungenschaft der Elektrotechnik, die Elektromotoren, noch wenig populär. Doch auch hier wird bereits der fortschreitenden Zeit Rechnung getragen, indem die Hochschulen, der Verkehr der Industrien und Gewerbe untereinander, technische Vereine, sowie die Presse, dahin wirken, dass der Elektrizität der Schleier genommen wird, der ihr zwar den Nimbus verleiht, aber auch ihre Volkstümlichkeit hindert. Gerade die Elektromotoren, als die Kraftmaschinen der Zukunft, verdienen eine unendlich nutzbringende Popularität. Sobald erst die Kenntnis der Behandlung und des Wesens der elektrischen Maschinen in alle Schichten des Volkes gedrungen sein wird, wird auch kein Bedenken mehr gegen die Gefährlichkeit der elektrischen Spannung herrschen.

Um den Bau und die Einführung von Elektromotoren haben sich in neuerer Zeit W. Lahmeyer, Siemens & Halske, C. & E. Fein, O. Kummer und S. Schuckert verdient gemacht, während Hauck, Uppenborn, Krieg, Urbanitzky, Glaser-De-Cew, Meyer und Zacharias in Wort und Schrift für die Ausdehnung der Elektrotechnik unermüdlich thätig gewesen sind.

Die verschiedensten Zweige des gewerblichen Lebens haben sich bereits dieser Kraft bemächtigt, wie u. a. die elektrolytische Metallgewinnung, die Kraftübertragung u. s. w. und vielleicht ist die Zeit nicht mehr fern, die uns rauchende Schlote als einen überwundenen Standpunkt erscheinen lassen, denn nicht nur „mehr Licht“ sondern auch „mehr Kraft“ bleibt die unwandelbare Losung unserer fortschreitenden Kultur.





Theoretischer Teil.

Begriff der Elektrizität und ihre Arten.

Ein Körper ist elektrisch oder zeigt elektrische Eigenschaften, wenn er leichte Körperchen zuerst anzieht und nach erfolgter Berührung wieder abstösst, im Finstern leuchtet, wenn ihm ein Finger genähert wird, einen Funken von sich giebt und die Eigentümlichkeit hat, dass, wenn man die Hand nahe bringt, ein Gefühl in ihr verspürt wird, als wenn man in ein Spinnengewebe greift. Dieser Zustand der Körper und der Inbegriff aller hieraus resultierenden Eigenschaften wird Elektrizität genannt. Die alten Griechen beobachteten diese Eigenschaften zuerst am Bernstein, der von ihnen mit dem Worte „ἤλεκτρον“ (Elektron) bezeichnet wurde. Hieraus ist später der Name „Elektrizität“ entstanden.

Reibt man beispielsweise eine Siegelack- oder eine Glasstange am Rockärmel und nähert sie kleinen Papierschnitzeln oder Cigarrenasche, so werden diese kleinen Körperchen zuerst angezogen und gleich darauf abgestossen. Die Ursache all dieser Erscheinungen bezeichnet man als: elektrische Materie. Die Schnelligkeit der Elektrizität ist so gross, dass die schnellste Bewegung, die künstlich hervorgebracht wird, mit ihr verglichen, als Ruhe erscheint. Man sieht z. B. ein Rad, welches sich so rasch dreht, dass seine Speichen unsichtbar werden. Wird es durch einen Blitz erhellt, so sieht man es auf einen Augenblick mit allen seinen Speichen ganz bestimmt, als ob es in absoluter Ruhe wäre, weil das Licht, wie schnell auch die Umdrehung sein mag, gekommen und auch schon vorüber ist, ehe noch das Rad Zeit gehabt hat, sich zu drehen.

Die Elektrizität eines Körpers ist entweder ursprünglich oder mitgeteilt, je nachdem sie in demselben unmittelbar oder mittelbar erregt worden ist. Das erstere geschieht durch

Reibung, Berührung oder Erwärmung zweier Körper, die beide noch keine Elektrizität besitzen, das letztere dadurch, dass ein Körper Elektrizität von einem schon elektrischen Körper erhält, wenn er in dessen Nähe kommt oder ihn sogar berührt.

Man unterscheidet: Reibungs- oder Friktions-Elektrizität (durch Reibung hervorgerufen), Thermo-Elektrizität (durch Wärme hervorgerufen), Kontakt- oder galvanische Elektrizität (durch chemische Vorgänge bewirkt) und Induktions-Elektrizität (durch magnetische oder elektrische Körper bewirkt). Die beiden ersteren lassen wir vollkommen ausser Betracht und berücksichtigen im weiteren nur die Induktions- und Kontakt-Elektrizität, als diejenigen beiden Arten, welche die Praxis fast ausschliesslich beherrschen.

Die Körper werden in Bezug auf die Elektrizität in Leiter und Nichtleiter, oder genauer, in gute und schlechte Leiter eingeteilt, d. h. in solche Körper, welche die Eigenschaften der Elektrizität fortpflanzen, und in solche, die diese Fähigkeit garnicht oder nur in sehr geringem Masse besitzen. Die besten Leiter der Elektrizität sind die Metalle; weniger gut leiten der menschliche Körper, Kohle, Wasser und viele andere Flüssigkeiten, ferner Holz, Papier, Stroh, Baumwoll- und Leinenfaser, Hollundermark, Kork, Leder, viele Gesteine und die Erde. Nichtleiter oder sehr schlechte Leiter sind hingegen Schwefel, Seide, Harze, Kautschuk (Ebonit), Guttapercha, Kollodium, Glas, Porzellan u. v. a. Die Nichtleiter nennt man auch Isolatoren und zwar aus folgendem Grunde: Je mehr ein Körper Elektrizität entwickelt, oder je leichter er diese annimmt und fortpflanzt, um so schneller giebt er sie auch von sich ab. Um jedoch den Leiter in dem elektrischen Zustande, in welchen man ihn auf irgend eine Weise versetzt hat, möglichst gleichmässig und lange zu erhalten, umgiebt man ihn rings mit Nichtleitern, d. h. man isoliert ihn. Man umspinnt z. B. den Kupferdraht bei elektrischen Leitungen mit Wachs und Seide oder Guttapercha aus diesem angeführten Grunde, ebenso ist ein Metallkörper, der auf einer Glasunterlage ruht, isoliert.

Hieran anschliessend entstand das elektrische Pendel. Hängt man nämlich ein Hollundermarkkügelnchen an einem Seidenfaden auf und nähert ihm eine, an einem Tuchlappen geriebene Glasstange, so wird es von dieser angezogen und dadurch elektrisch. Nachdem es einen Augenblick an dem Glase gehaftet, stösst es die Glasstange wieder ab, und eine bereit

gehaltene, ebenfalls geriebene Siegelackstange zieht es lebhafter an, als wenn es unelektrisch wäre. Wiederholt man die Manipulation hingegen in umgekehrter Weise, bringt man also das Kügelchen zuerst an die Siegelackstange, so wird es von dieser abgestossen, von der Glasstange dagegen angezogen. Es ist klar, dass der elektrische Zustand der Glas- und Siegelackstange verschieden ist, da sie auf das Kügelchen eine vollständig entgegengesetzte Wirkung ausüben und hieraus geht hervor, dass es zwei verschiedene Arten von Elektrizität giebt, nämlich die Glaselektrizität und die Harzelektrizität. Die erstere nennt man positiv und bezeichnet sie mit $+$ (plus), die zweite hingegen negativ und bezeichnet sie mit $-$ (minus). Also alle Körper, welche den elektrischen Zustand, wie die Glasstange besitzen, sind positiv, und alle, die die elektrische Eigenschaft der Siegelackstange (Harz) besitzen, sind negativ. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich das wichtige Gesetz: Gleichnamige Elektrizitäten (also positiv und positiv oder negativ und negativ) stossen sich einander ab und ungleichnamige (positiv und negativ) ziehen sich einander an. Das Hollundermarkkügelchen war also nach der Berührung mit der Glasstange positiv und nach der Berührung mit der Siegelackstange negativ elektrisch.

Nun kann man die hauptsächlichsten Metalle derart ordnen, dass jedes derselben, mit einem der folgenden berührt, positiv elektrisch, mit einem vorhergehenden jedoch negativ elektrisch wird. Diese Anordnung nennt man elektrische oder auch Volta'sche Spannungsreihe. Die wichtigsten Metalle dieser elektromotorischen Reihe sind: $+$ Zink, Cadmium, Zinn, Eisen, Blei, Kupfer, Nickel, Silber, Antimon, Gold, Platin und Kohle $-$.

Hierauf beruht das Volta'sche Spannungsgesetz, welches lautet: Die elektromotorische Kraft zwischen zwei beliebigen dieser Metalle ist gleich der Summe der elektromotorischen Kräfte aller zwischenliegenden Paare.

Die Entfernung, in welcher ein elektrisierter Körper auf andere Körper elektrisierend einwirkt, heisst sein Wirkungskreis (elektrische Atmosphäre), und das hierfür bestimmende Gesetz lautet: Jede Elektrizität erzeugt in ihrem Wirkungskreise die ihr entgegengesetzte. Nach dem Gesetze der Verteilung muss von zwei aneinander geriebenen Körpern der eine immer positiv, der andere negativ elektrisch werden; welcher von beiden jedoch das eine oder andere wird, ist nur

Annahme, ein Gesetz hierfür existiert bis jetzt noch nicht. Bei der Mitteilung der Elektrizität zeigt es sich, dass derjenige Körper, welcher einem anderen von seiner Elektrizität abgibt, von der eigenen einbüsst. — Bei der Mitteilung der Elektrizität ist auch die Gestalt der Körper von grossem Einflusse. Platte und genau ebene Körper geben und nehmen die Elektrizität schwer ab und an, runde schon etwas leichter, am leichtesten aber die spitz zulaufenden. Merkwürdig ist hierbei noch die Form des elektrischen Lichtes, das bei der Mitteilung erscheint; bei runden Körpern sind dies einzelne Funken, bei spitzen kleine Feuerbüschel.

Die Elektrizität haftet nur an der Oberfläche der Körper, ihre Stärke (Spannung, Intensität) aber, die im allgemeinen von der Grösse und materiellen Beschaffenheit der Körper oder von der Stärke des mitteilenden Körpers abhängt, ist nicht an allen Stellen der Oberfläche des Körpers gleich gross, und auch hier ist die Gestalt der Körper ausschlaggebend. Eine Kugel z. B. zeigt überall gleiche Elektrizität, bei einer Pyramide aber ist diese an den Kanten ungleich stärker, am stärksten jedoch an der Spitze. Ein, mit einer Spitze versehener Leiter kann deshalb nur schwach elektrisch gemacht werden, weil die Elektrizität an der Spitze sehr schnell wieder entweicht. Soll daher ein Leiter die Elektrizität behalten, so muss man ihm unter Vermeidung aller scharfen Kanten und Ecken eine möglichst abgerundete Gestalt geben; soll er dagegen seine Elektrizität rasch abgeben, so muss man ihn mit Spitzen versehen.

Wenn man einen elektrischen Körper einem Leiter nach und nach nahe bringt, so häufen sich an den beiden nächsten gegenüber liegenden Stellen entgegengesetzte Elektrizitäten von wachsender Dichte an, indem die, in letzterem durch Verteilung (Influenz) geweckte und nach seinem äussersten Punkte hingezogene ungleichnamige, die entgegengesetzte Elektrizität des ersteren Körpers ebenfalls nach dessen gegenüber stehendem Punkte anzieht. Die in dem elektrischen Körper enthaltene Elektrizität hat also, wie schon erwähnt, in dem Leiter (ihrem Wirkungskreise) die entgegengesetzte Elektrizität erzeugt. Dies beweist auch, dass sich die beiden Elektrizitäten anziehen, denn gleichnamige, also positiv und positiv oder negativ und negativ, würden sich abstossen. Ist die Dichte der an den Ausgangspunkten entstandenen Elektrizitäten stark genug, so durchbrechen sie die trennende Luftschicht und vereinigen

sich unter knisterndem Geräusch oder mit einem Knall durch einen elektrischen Funken. Diesen Vorgang nennt man „Entladen“.

Aus dem Vorhergesagten haben wir ersehen, dass, da die Elektrizität aus dem elektrischen Körper oder Leiter zu entweichen sucht, man die Körper selbst, um das Entweichen der Elektrizität zu verhindern, mit Nichtleitern umgiebt, sie isoliert. Das Bestreben der Elektrizität, zu entweichen, bleibt jedoch dasselbe, und der Druck, den sie hierbei ausübt, nennt man elektrische Spannung. Um diesen Begriff genauer zu veranschaulichen, fügen wir ein Beispiel aus der Hydraulik an. Es ist bekannt, dass, wenn man aus einem Wasserbehälter durch ein Rohr Wasser leitet, dieses nach einer bestimmten Richtung fliesst. Hierbei ist ein Druck erforderlich, der das Wasser in Bewegung bringt, und die Ursache dieser Bewegung nennt man Spannung oder elektromotorische Kraft. Dieser Druck wird aber abnehmen, je weiter die Wassermenge sich von dem Reservoir entfernt, und hierdurch ist der Druck an allen Stellen des Rohres nicht gleich gross; es entsteht also eine Differenz, die man in der Elektrotechnik mit Spannungsdifferenz oder Spannungsunterschied bezeichnet. Durch ein weites Rohr wird selbstverständlich eine grössere Wassermenge fliessen, wie durch ein engeres, vorausgesetzt, dass der Druck derselbe ist. Dieses Beispiel, auf den elektrischen Strom bezogen, ergibt, dass durch einen Leitungsdraht mit grösserem Querschnitt eine grössere Menge Elektrizität fliesst, wie durch einen Leiter mit kleinerem Querschnitt. Diese Stromstärke oder Intensität ist also abhängig von der Spannung, denn je grösser dieselbe ist, desto bedeutender wird auch die Stromstärke sein. Jedoch nicht von der Spannungsdifferenz allein ist die Stromstärke abhängig; hierbei muss auch der Widerstand in Betracht kommen, der bei dem elektrischen Strome entsteht. Denken wir uns wieder den Wasserstrom, so machen wir die Beobachtung, dass sich derselbe an den Wänden der Rohre reibt und hierdurch ein Widerstand, eine Hemmung in der Schnelligkeit der Bewegung des Wassers entsteht. Ebenso verhält es sich bei dem elektrischen Strome. Die Elektrizität kann nicht mit einem Male und plötzlich durch den Leiter strömen. Dies geschieht vielmehr nach und nach, da der Leiter dem elektrischen Strome Widerstand entgegensetzt. Je länger der Leitungsdraht und je kleiner sein Querschnitt ist, desto grösser

wird auch der Widerstand sein. Der letztere kann abhängig sein von der physikalischen Beschaffenheit des Leiters, also den Dimensionen und der Temperatur desselben und seiner chemischen Zusammensetzung. Letzteren Fall nennt man spezifischen Leitungswiderstand.

Elektrische Masseinheiten und Messapparate.

Ehe wir nun zur praktischen Anwendung der Elektrizität schreiten, ist es unbedingt notwendig, uns mit den elektrischen Masseinheiten und Messapparaten bekannt zu machen.

Vor der Installation einer elektrischen Anlage muss man sich über die Stromstärke im klaren sein, und um diese zu berechnen, müssen wir den Widerstand und die Spannung kennen, sowie eine Einheit, ein Grundmass zum Messen derselben besitzen. Als passende Erläuterung sehen wir, dass der Wasserdruck mit dem Manometer gemessen und die Einheit der Messung als Atmosphäre bezeichnet wird. Der Druck einer 10 m hohen Wassersäule ist eine Atmosphäre. Bei der Elektrizität wählte man zur Benennung der Masseinheiten die Namen hervorragender Männer, die sich um die Entwicklung der Elektrizitätslehre verdient gemacht haben. So wird die Masseinheit für die elektrische Spannung nach dem berühmten Professor Volta mit Volt (V) bezeichnet. Ein Volt ist ungefähr gleich der Spannung, die sich zwischen den beiden Polen eines Daniell-Elements*) entwickelt. Den Apparat zum Messen der Spannung nennt man Voltmeter. Man spricht oft von elektrischen Glühlampen von 100, 105, 110 Volt u. s. w., d. h. es ist ein elektrischer Strom von 100, 105 oder 110 Volt erforderlich, um den Kohlenfaden in der Lampe zum Glühen zu bringen.

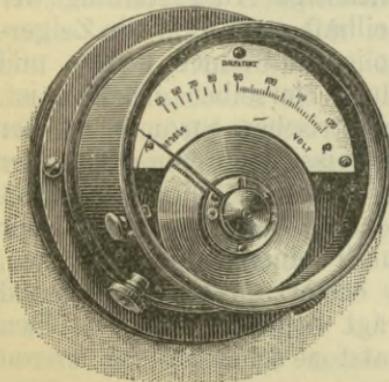


Fig. 1.

Fig. 1 stellt ein Voltmeter in der von Hartmann & Braun

*) Siehe Kap. Galvanismus.

in Bockenheim gelieferten praktischen Ausführung dar. Dasselbe beruht auf der Wirkung des Elektromagnetismus*) d. h. auf der Erscheinung, dass weiches Eisen durch einen Stromleiter angezogen wird. Wie dieser Spannungsmesser die direkte Ablesung der elektromotorischen Kraft gestattet, so ist dies auch bezüglich der Stromstärke bei den Ampèremetern (Fig. 2) der Fall.

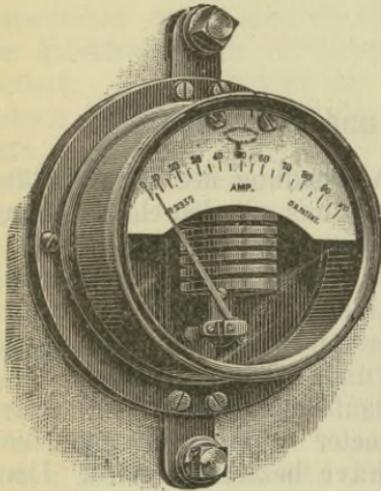


Fig. 2.

Die Konstruktion dieses Strommessers beruht auf dem nämlichen elektromagnetischen Prinzip wie die der Voltmeter, mit dem Unterschiede, dass bei letzteren der Stromleiter aus vielen Windungen dünnen Kupferdrahtes besteht, während bei dem Ampèremeter dies wenige Windungen dicken Kupferdrahtes sind; für ganz starke Ströme wird auch wohl nur ein Kupferbügel verwandt.

Um den Angaben dieser Instrumente dauernde Konstanz zu sichern, werden dieselben, nachdem die Eisenkerne einzeln auf ihre magnetischen Eigenschaften geprüft sind, vor der Justierung längere Zeit dem Einfluss des elektrischen Stromes unterworfen.

Die Messinstrumente von Hartmann & Braun zeichnen sich nicht allein durch die zweckmässige Ausgestaltung der Skalen, sondern auch dadurch vorteilhaft aus, dass die Zeigerachsen statt auf Metall, in hart polierten Steinen lagern, und hierdurch eine reibungslose Einstellung derselben möglich ist.

Die dritte Grundeinheit des elektrischen Stromes ist der Widerstand. Die Einheit desselben heisst nach dem münchener Professor gleichen Namens „Ohm“ (oder wie üblich bezeichnet Ω^{**}) und ist gleich dem Widerstand, den ein elektrischer Strom bei seinem Durchgange durch einen 100 cm langen, 1 qmm starken Quecksilberfaden erfährt. Der Widerstand einer Glühlampe von 100 V beträgt ungefähr 165 Ω . Den Widerstand misst man mit der Wheatstone'schen Brücke, wovon

*) Siehe Seite 17.

***) Nach dem griechischen Buchstaben Omega.

die nach Kohlrausch konstruierte die vorteilhafteste ist. Eine sehr vereinfachte Konstruktion derselben zeigt uns die ebenfalls von genannter Firma hergestellte, sehr vereinfachte Universal-Messbrücke nach Prof. Kohlrausch in Fig. 3.

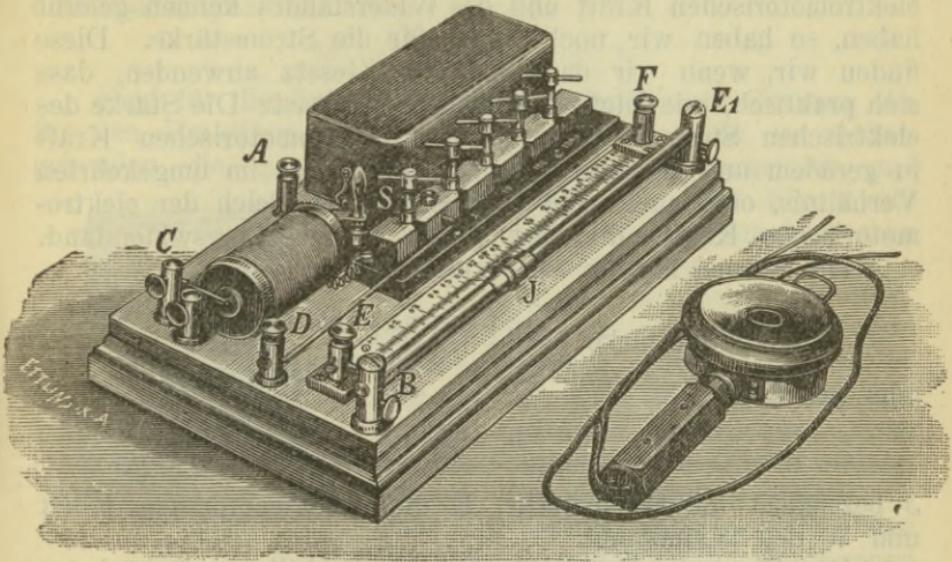


Fig. 3.

Die Widerstände können hierbei sofort an einer Skala in Ohm abgelesen werden, ohne dass man hierzu eine Tabelle zu benutzen braucht. Der Apparat dient zur Widerstandsmessung fester Leiter von 0,1—10000 Ohm. Den zu messenden Widerstand legt man an die Klemmen D und E, die Stromquelle an die Klemmen A und B, das Galvanometer*) an E 1 und F, den Stromschlüssel rechts neben dem Induktorium drehe man auf den nächst demselben befindlichen Kontakt und verschiebe den Zeiger J so hin und her, bis das Galvanometer beim Oeffnen und Schliessen des Stromes keinen Ausschlag mehr giebt. Die am Zeiger J abgelesene Zahl ist mit dem Werte des Vergleichswiderstandes an dem oben rechts befindlichen Rheostaten z. B. 1, 10, 100, 1000 zu multiplizieren. Man wähle beim Anlegen des zu messenden Widerstandes stets denjenigen Vergleichswiderstand, bei dessen Auslösung der Zeiger J möglichst in der Mitte der Skala bleibt. Will man den inneren Widerstand von Elementen messen,

*) Siehe Seite 14.

so erzeugt man durch das Induktorium (zwischen A und C) Wechselströme*) und ersetzt das Galvanometer durch ein Dosentelephon.

Wenn wir nun im vorstehenden die Masseinheiten der elektromotorischen Kraft und des Widerstandes kennen gelernt haben, so haben wir noch keine für die Stromstärke. Diese finden wir, wenn wir das Ohm'sche Gesetz anwenden, dass sich praktisch, wie folgt, zusammenfassen lässt: Die Stärke des elektrischen Stromes steht mit der elektromotorischen Kraft in geradem und mit dem Leitungswiderstande im umgekehrten Verhältnis, oder auch: die Stromstärke ist gleich der elektromotorischen Kraft, dividiert durch den Leitungswiderstand.

Die Formel hierfür würde also lauten:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannungsdifferenz}}{\text{Widerstand}}$$

oder praktisch

$$J = \frac{E}{W}$$

J bezeichnet die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft und W den Widerstand.

Das Ohm'sche Gesetz ist für den Praktiker von höchster Wichtigkeit und muss ihm ganz klar und geläufig sein. Wir führen deshalb einige praktische Beispiele an. Beträgt z. B. die elektromotorische Kraft oder Spannung 120 V, der Widerstand 6 Ohm, so beträgt die Stromstärke 20 Ampère, denn

$$20 = \frac{120}{6}$$

Es ist aus dem Angeführten sehr erklärlich, dass wir ebenso den Widerstand berechnen können, wenn die Stromstärke und die elektromotorische Kraft bekannt sind, denn beträgt wie oben die letztere 120 V und die Stromstärke 20 Amp., so erhalten wir den Widerstand, indem die elektromotorische Kraft durch die Stromstärke dividiert wird, denn

$$6 = \frac{120}{20}$$

Soll hingegen bei dem bekannten Widerstand von 6 Ω (Ohm) und der bekannten Stromstärke von 20 Amp. die

*) Siehe dynamoelektrische Maschine.

elektromotorische Kraft gefunden werden, so muss die Stromstärke mit dem Widerstand multipliziert werden, denn

$$120 = 20 \cdot 6.$$

In einfachen Formeln würden diese beiden letzten Verhältnisse ausgedrückt werden können

$$W = \frac{E}{J} \text{ und } E = J \cdot W.$$

Sind für die drei Grössen des elektrischen Stromes, die für den Praktiker vorzüglich ins Gewicht fallen, im vorhergehenden die praktischen Messinstrumente vorgeführt und

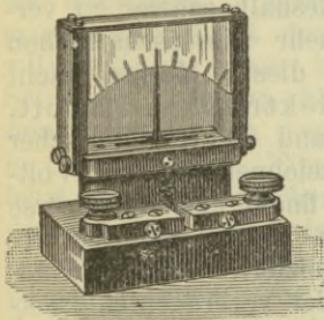


Fig. 4.

isolierten Kupferdraht

erläutert worden, so zeigt Fig. 4 ein Galvanoskop, welches zum Aufsuchen von vorhandenen Fehlern, zur Prüfung von Leitungen, überhaupt zur Feststellung des Vorhandenseins des elektrischen Stromes dient. Dasselbe beruht auf der Ablenkung einer um ihre Achse drehbaren Magnetnadel durch den elektrischen Strom (Elektromagnetismus). Das Galvanoskop besteht aus einer auf einem Stifte schwingenden Magnetnadel, unter welcher durch einen isolierten Kupferdraht der elektrische Strom geleitet wird.

Bei Vorhandensein eines Stromes wird die Nadel aus ihrer Stellung abgelenkt und zwar je stärker der Strom ist, desto weiter. Eine Skala gestattet das direkte Ablesen der Grösse des Ausschlags. Dieses Instrument ist das unentbehrlichste für Monteure u. s. w. bei Installationen elektrischer Anlagen.

Wird das Galvanoskop in der Weise verbessert und empfindlicher gestaltet, damit dasselbe nicht allein die Richtung, das Stärker-

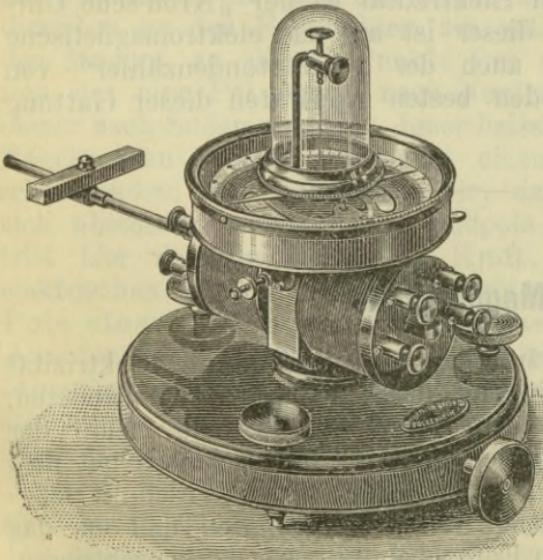


Fig. 5.

und Schwächerwerden, sondern auch eine äusserst genaue Messung des elektrischen Stromes ermöglicht, so erhalten wir ein Galvanometer, wie Fig. 5 veranschaulicht.

Um die Ablenkung der Magnetnadel zu steigern, wird um dieselbe in lotrechter Ebene ein Gewinde isolierten Kupferdrahtes gewickelt, sodass die Magnetnadel parallel zu derselben steht. Wird die Drahtspule nun vom elektrischen Strome durchflossen, so erleidet die Nadel eine Ablenkung. Zur Messung von starken Strömen dient die Tangenten- und Sinusboussole von Siemens, das Torsions- und Spiegelgalvanometer u. s. w., die jedoch für den Praktiker deshalb schwer zu verwenden sind, weil diese Instrumente mehr wissenschaftlichen Zwecken dienen. Wir wollen jedoch dieses Kapitel nicht schliessen, ohne noch der Einheit der elektrischen Arbeit, d. h. des Produktes von Stromstärke und elektromotorischer Kraft zu gedenken. Diese Einheit bezeichnet man mit Volt-Ampère (VA) oder kurz Watt. Man findet also die Grösse der elektrischen Arbeit oder des Watt's, indem man elektromotorische Kraft mit Stromstärke multipliziert. Diese Grundeinheit ist notwendig zur Berechnung der verbrauchten Elektrizität bei Konsumenten grösserer Central-Anlagen, und man rechnet hierbei nach Ampèrestunden oder Wattstunden. Ein sehr sinnreicher praktischer Apparat zur selbstthätigen Anzeige der verbrauchten Elektrizität ist der „Aron'sche Uhrzähler-Apparat“. Auch dieser ist auf das elektromagnetische Prinzip begründet, wie auch der „Wattstundenzähler“ von Hartmann & Braun zu den besten Apparaten dieser Gattung gehört.

Magnetismus.

Ehe wir in der Erläuterung über angewandte Elektrizität weiter gehen, wollen wir erst deren häufigsten Verbündeten, den Magnetismus, betrachten. Regel ist es, eine Lehre der Elektrotechnik oder ihrer verwandten Wissenschaften mit dem Magnetismus zu beginnen. Um jedoch jeden Abschnitt möglichst klar und zusammengedrängt zu gestalten und um das Interesse besser auf einen Entwicklungspunkt zu konzentrieren, ist die Lehre von der Elektrizität vorangestellt.

Magnetismus ist der Inbegriff aller Erscheinungen solcher Körper, welche erstens die Fähigkeit besitzen, Eisen und eisenhaltige Körper anzuziehen und festzuhalten, zweitens wenn sie sich frei bewegen können, immer eine genau bestimmte Richtung und Lage annehmen. Diese Körper nennt man Magnete. Es giebt natürliche und künstliche Magnete. Der natürliche ist ein schwärzliches Eisenerz, eine Verbindung von Eisenoxyd und Eisenoxydul (chemische Formel $F_3 O_4$), und ist unter dem Namen Magneteisenstein im Handel. Dieser besitzt den Magnetismus ursprünglich von der Natur, während die künstlichen Magnete aus Stahlstäben bestehen, denen die magnetische Kraft durch Bestreichen mit einem Magnetsteine mitgeteilt ist. Den Magneteisenstein findet man in Indien, Schweden, Ungarn, Sibirien, im Harz u. s. w., und er hat seinen Namen von dem ersten Fundorte bei der Stadt Magnesia in Griechenland. Eine genaue Untersuchung des Magnetismus lehrt, dass die anziehende Kraft keineswegs an allen Punkten des Magnetes gleich ist, vielmehr ist dieselbe an zwei Punkten besonders stark, und diese bezeichnet man als Pole und die zwischen ihnen gedachte Linie die Achse. In der Mitte der Achse zwischen den beiden Polen ist der Magnetismus gleich Null und man bezeichnet deshalb diese Stelle als Indifferenzpunkt oder neutrale Zone. Von dieser Stelle aus nimmt die magnetische Kraft nach den beiden Polen steigend zu, sodass dieselben an den Endpunkten am stärksten ist. Hängt man den Magnet an diesem Punkte frei schwebend auf, so wird sich der eine Pol immer nach Norden, der andere hingegen immer nach Süden wenden. Jener heisst Nordpol, dieser Südpol. Nähert man diesem Magnete einen zweiten, ebenso frei schwebenden, so beobachten wir, dass die beiden Nordpole sich abstossen, während die Südpole sich anziehen, und es tritt hier dasselbe Gesetz in Kraft, welches wir bei dem elektrischen Strome kennen gelernt haben: Gleichnamige Pole stossen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Aus der Beobachtung, dass der frei schwebende Magnet stets beharrlich nach Norden und Süden zeigt, hat man mit Bestimmtheit festgestellt, dass die Erde selbst ein einziger grosser Magnet ist. Nach obigem Gesetze muss jedoch der magnetische Nordpol der Erde ein Südpol, und der im Bereiche des geographischen Südpols der Erde liegende ein Nordpol sein. Die magnetischen Pole der Erde fallen mit den geographischen jedoch nicht zusammen, vielmehr liegt der magnetische Südpol

im nördlichen Amerika, $72^{\circ} 25'$ nördl. Br. und $264^{\circ} 21'$ östl. L., während der magnetische Nordpol südlich von Vandiemensland ungefähr unter $72^{\circ} 35'$ südl. Br. und $152^{\circ} 30'$ östl. L. (von Greenwich) liegt. Den Nordpol bezeichnet man mit $+M$, den Südpol mit $-M$. Genau wie bei der Elektrizität machen wir beim Magnetismus die Beobachtung, dass derselbe in seiner Umgebung, seinem Wirkungskreise (magnetisches Feld) den entgegengesetzten Magnetismus erzeugt, d. h. in der Nähe eines Magneten werden die Körper südlich magnetisch, wenn sein Nordpol auf sie wirkt und ebenso umgekehrt. Einen Eisenstab an den Südpol eines Magneten gebracht, wird am entgegengesetzten Ende südlich, an dem aber, wo er den Magnet berührt, nördlich magnetisiert, im andern Falle umgekehrt. Solange er nun in Berührung mit dem Magneten bleibt, wirkt er wieder wie ein Magnet, zieht Eisen an, magnetisiert es und zwar in demselben Verhältnis, in dem er zu dem Magneten gesetzt ist, und so kann man an eine, am Magnet hängende Nadel nach einander eine ganze Reihe solcher hängen. (Magnetische Kette.) Diese Eigenschaft der Magnete, in andern Körpern dieselbe Kraft zu erregen bezw. sie ihnen mitzuteilen, nennt man Induktion. Entfernt man die magnetisierten Eisenstücke von den Magneten, so verlieren sie bald ihre Kraft und zwar geschieht dies in demselben Grade, wie das Eisen den Magnetismus annimmt. Dies ist bei allen Eisensorten nicht gleich; kohlenstoffärmeres Eisen nimmt den Magnetismus schneller an, giebt ihn aber auch ebenso schnell ab, kohlenstoffreichere Sorten hingegen nehmen die Kraft schwerer an, halten sie aber auch in demselben Verhältnis länger. Stahl würde also dem Magnetischwerden ein desto grösseres Hindernis zum Annehmen und Abgeben entgegenstellen wie Eisen, und deshalb wird zu künstlichen Magneten die kohlenstoffreichste, also härteste Sorte gewählt. Den Widerstand der beiden Körper gegen das Magnetischwerden und Entmagnetisieren nennt man ihre Coërcitivkraft. Je kleiner diese ist, desto schneller erfolgt die Aufnahme und Abnahme der magnetischen Kraft, je grösser dieselbe ist, desto schwerer und langsamer erfolgt der Vorgang. Je härter der Stahl, desto grösser ist seine Coërcitivkraft, je weicher oder kohlenfreier das Eisen ist, desto kleiner ist dieselbe. Um einen harten Stahlstab zu magnetisieren, braucht man die Einwirkung eines kräftigen Magneten, jedoch nach Entfernung desselben hält er auch einen grossen Teil des Magnetismus zurück, d. h. er

bleibt magnetisch; es ist ein künstlicher Magnet, der seine Kraft wieder weiter selbständig abgeben kann. Die unter dem Namen Magnetismus zusammengefassten Wirkungen übt ein Magnet nicht nur auf Eisen und Stahl, sondern auch auf einige andere Metalle, wie z. B. Nickel, Kobalt, Mangan u. s. w. aus; man nennt daher diese Metalle, die von einem Magnet zufolge des in ihnen hervorgerufenen Magnetismus angezogen werden, magnetische Metalle oder Paramagnete. Umgekehrt übt ein Magnet auch auf gewisse Körper z. B. Wismut, Antimon, Zink, Zinn u. s. w. Abstoßung aus; man bezeichnet diese Körper mit dem Namen Diamagnete.

Die Beobachtung, dass auch Metalldrähte magnetische Erscheinungen zeigen, solange sie sich in der Entladungskette der Volta'schen Säule*) befinden, hat zur Entdeckung einer neuen Kraft geführt, welche die Verwandtschaft der Elektrizität mit dem Magnetismus eklatant darthut. Man vereinigte zur Bezeichnung dieser Kraft die beiden Erscheinungen und nannte sie

Elektromagnetismus.

Professor Oerstedt in Kopenhagen wies im Jahre 1819 die Verwandtschaft der Elektrizität mit dem Magnetismus so klar und deutlich nach, dass schon ein Jahr später der berühmte Physiker Ampère ein hierfür bestimmtes Gesetz auf Grund der gemachten Wahrnehmungen und Erfahrungen aufstellen konnte. Dasselbe lautet in seiner etwas merkwürdigen, aber sehr erklärenden Fassung: Denken wir uns einen Menschen so in einem elektrischen geschlossenen Stromkreise schwimmend, dass er sich immer in der Richtung hält, die der Strom hat, so wird, wenn er den Nordpol einer in dem Stromkreise frei aufgehängten Magnetnadel anblickt bzw. dieser sein Gesicht zukehrt, dieser Pol immer nach links abgelenkt werden. Es entsteht also eine Rotation der Magnetnadel, und diese kreisende Bewegung derselben richtet sich nach der Richtung des gedachten Schwimmers, sodass Elektrizität und Magnetismus abwechselnd wirken. Diesen Vorgang veranschaulicht auch in der einfachsten Weise das auf Seite 9 beschriebene Voltmeter, und dieses Prinzip ist die Basis fast aller Messinstrumente elektrischer Ströme.

Der elektrische Strom wirkt jedoch nicht allein ablenkend auf die Magnetnadel, sondern er erzeugt in weichem Eisen

*) Siehe Galvanismus.

selbst Magnetismus, ohne Zuthun eines Magneten. Es ist vorhin erklärt worden, dass, je weicher das Eisen ist, je schneller und leichter es den Magnetismus annimmt. Unwickeln wir nun einen möglichst weichen Eisenstab mit einem Kupferdraht, welcher gut umspinnen, also gegen Berührung geschützt ist, und leiten durch diesen Draht einen elektrischen Strom, so erhält der Eisenstab genau dieselben Eigenschaften wie ein natürlicher Magnet, jedoch nur so lange, wie der Strom durch den Draht fliesst; sofort, wenn derselbe unterbrochen wird, hört auch der Magnetismus in dem Eisenkern auf. Bei Beschreibung der elektrischen Maschinen werden wir weiter auf diesen Vorgang zu sprechen kommen. Die magnetische Kraft, die in den Eisenkernen durch den elektrischen Strom erweckt wird, ist jedoch nicht immer gleich stark, sondern je häufiger der Draht um den Eisenkern gewickelt, und je stärker der durchgeführte Strom ist, desto kräftiger wird auch der hervorgerufene Magnetismus sein. Ein starker bzw. dicker Draht und ein schwacher Strom werden demnach einen schwächeren Magnetismus erregen. Man kann auf diese Weise äusserst starke Magnete hervorrufen, die ungemein grosse Lasten tragen bzw. anziehen können. Leicht erklärlich ist es, dass infolge der gemachten Beobachtungen mit Sicherheit angenommen werden kann, dass einst Elektrizität und Magnetismus auf eine Kraft höherer Ordnung zurückgeführt werden kann, ja, da wir wissen, dass durch diese Agentien Licht erzeugt werden kann, und Licht nichts anderes ist, wie eine verstärkte Wirkung der Wärme, oder deutlicher sichtbare Wärme, so ist die Hypothese wohl gewissermassen begründet, dass alle diese vier Agentien eine uns bis jetzt unbekannte Quelle besitzen, denn die Ursache der magnetischen und elektrischen Erscheinungen entgeht unserm Wissen vollständig.

Wenn wir uns nun die Wirkungen vergegenwärtigen, die der elektrische Strom, bzw. ein stromdurchflossener Draht auf einen Magneten ausübt, nämlich eine abwechselnd abstossende oder anziehende, und wir lassen durch zwei Drähte parallel, also nach einer und derselben Richtung, elektrische Ströme fliessen, so bemerken wir, dass sich dieselben anziehen, sobald sie indessen eine gegenseitige Richtung annehmen, sich einander abstossen.

Bei der praktischen Verwendung der Elektromagnete wird fast immer die Hufeisenform gewählt, wobei der Strom beide Schenkel im gleichen Sinne durchläuft. Man unter-

scheidet an einem grösseren Elektromagneten das Joch (den Bügel, die Verbindung der Schenkel), die Schenkel, (die beiden Stützen) und die Polschuhe (die Enden der Schenkel).

Im Gegensatz zu dem permanenten Magnetismus der Stahlmagnete nennt man den in weichen Eisenkernen zurückbleibenden remanenten Magnetismus.

Induktion.

Bereits bei Besprechung des Magnetismus ist erwähnt worden, dass Magnete die Eigenschaft besitzen, in andern Körpern die magnetische Kraft zu erzeugen. Analog dieser Erscheinung entsteht in einem geschlossenen Leitungsdrahte, dem ein elektrischer Strom genähert wird, gleichfalls ein solcher. Den Hauptstrom, also denjenigen, welcher den zweiten Strom erzeugt, nennt man den primären (ersten) oder induzierenden, den Nebenstrom hingegen den sekundären (zweiten), induzierten oder auch Induktionsstrom. Fig. 6 soll uns den Vorgang erläutern.

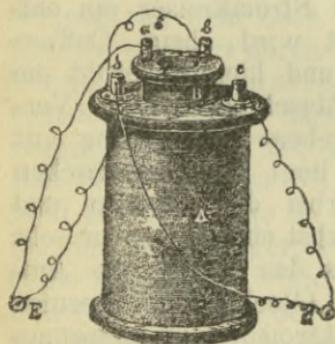


Fig. 6.

Die beiden Holzspulen A und B sind mit feinem, seideumsponnenem Kupferdraht höchst gleichmässig und sorgfältig umwickelt. Das Umspinnen der Drähte hat den Zweck, dieselben vor gegenseitiger Berührung zu schützen, also zu isolieren. Schadhafte Stellen in der Umhüllung würden dem Strom einen kürzeren Weg gestatten und sind deshalb unbedingt zu vermeiden. Der Anfang und das Ende des Drahtes von Spule B mündet in die beiden Klemmen

a und b, von denen sie nach einer Stromquelle, also galvanischem Element E führen. Der Draht der Spule A leitet mit den beiden Enden gleichfalls in zwei Klemmen c und d, die mit einem Galvanometer G in Verbindung stehen. Der in dem Element erzeugte Strom tritt an dem positiven (+) Pol aus, fliesst durch die die Spule B umschliessenden Draht und tritt sodann wieder an dem negativen (—) Pol in das Element ein. Wenn wir auf die Magnetnadel des Galvanometers in dem Augenblick, wo wir den Stromkreis schliessen, also die letzte Klemme mit dem Leitungsdraht verbinden, achtgeben,

so bemerken wir, dass dieselbe ausschlägt. Der Ausschlag geschieht jedoch nicht in der Richtung, die der Strom um die Spule B nimmt, sondern in genau entgegengesetzter. Wir wollen uns dies einprägen.

Aus dem allgemeinen Teile wissen wir, dass Holz Elektrizität nicht leitet. Die beiden Spulen A und B stehen jedoch nur durch Holz miteinander in Verbindung; der Ausschlag der Magnetnadel konstatiert aber auf das unumstößlichste einen elektrischen Strom in Spule A. Infolgedessen ist bewiesen, dass der Strom in Spule A nur durch den um Spule B fließenden erzeugt sein kann, und diesen Vorgang nennt man Induktion. Die Magnetnadel des Galvanometers schlägt jedoch nur einen Augenblick aus und kehrt sofort in ihre frühere Lage zurück. Es ist also nur ein Stromstoss. Selbst wenn der primäre Strom noch so kräftig und noch so lange wirken würde — die Nadel rührte sich nicht mehr. Lösen wir nun ein Drahtende in irgend einer der Klemmen von Spule B oder dem Element, so sehen wir, dass die Magnetnadel nach der entgegengesetzten Richtung ausschlägt, wie das erste Mal, also diesmal mit dem Strome B gleichgerichtet. Hieraus ergibt sich, dass beim Schliessen des Stromkreises ein entgegengesetzter Induktionsstrom erzeugt wird, beim Oeffnen desselben jedoch ein gleichgerichteter, und hierauf beruht die Konstruktion der dynamoelektrischen Maschinen. Zum Verständnis derselben muss diese hier gegebene Erläuterung gut eingeprägt werden. Dasselbe Prinzip liegt den elektrischen Klingeln zu Grunde und zwar ist hierbei das Oeffnen und Schliessen des Stromkreises auf eine höchst einfache, aber sehr vollendete Vorrichtung bewirkt, so dass das vibrierende Aufschlagen des kleinen Hammers auf die Glocke hervorgerufen wird; es ist dies gewissermassen ein Elektromotor in ursprünglicher Masse. Bei dieser, von Wagner zuerst angewandten Vorrichtung ist durch Benutzung eines weichen Eisenkerns eine einfache elektromagnetische Wirkung erzielt, die der freundliche Leser gewiss schon zu beobachten Gelegenheit hatte. (Siehe Haustelegraphie). Das Hauptaugenmerk muss einleuchtend bei der Induktion darauf gerichtet sein, den Momentstrom zu einem kontinuierlichen (dauernden) zu gestalten, und auf welche Weise dies bewerkstelligt wird, ist bei Beschreibung der dynamoelektrischen Maschinen detailliert. Jedoch nicht allein durch Oeffnen und Schliessen des Stromkreises entsteht ein Induktionsstrom, auch durch Schwanken des Hauptstromes

in seiner Stärke (Intensität) oder durch Nähern und Entfernen desselben geschieht dieselbe Wirkung.

Um einen Strom von sehr hoher Spannung zu erzielen und die Spannungsänderungen zu beweisen, konstruierte Ruhmkorff nach der Faraday'schen Idee einen Induktionsapparat, der im Innern der primären Spule ein Bündel Eisendraht oder einen Eisenkern enthielt. Dies wurde dadurch erzielt, dass die primäre Spule mit wenigem dicken und die sekundäre mit viel möglichst dünnem Draht umwickelt wurde. Unter Anwendung des Ohm'schen Gesetzes können wir diese Anordnung der Drahtwicklung leicht verstehen, denn dünner Draht, also mit kleinerem Querschnitt, bietet dem durchfließenden Strome grösseren Widerstand und besitzt höhere Spannung, wie ein Draht von grösserem Querschnitte; die Intensität bei ersterem Drahte ist aber kleiner wie bei letzterem.

Eine besondere Wahrnehmung kann man machen, wenn nur eine Drahtrolle benutzt wird. Sobald der Strom durch dieselbe fliesst, entsteht durch die gegenseitige induzierende Wirkung der einzelnen Drahtwindungen in dem eigenen Drahte ein Induktions-, bezw. Nebenstrom, den man zum Unterschiede von dem oben beschriebenen, in einem benachbarten zweiten Leiter durch den Hauptstrom erregten (induzierten) Strom, — Extrastrom nennt. Derselbe stellt einen natürlichen Widerstand dar, da er in allen Fällen dem Hauptstrome entgegengerichtet ist, sobald der Stromkreis geschlossen wird, und der Funke ist bei Oeffnung des Stromkreises stets bedeutend kräftiger, wie im ersteren Falle. Diese Selbstinduktion ist um so heftiger, je enger die Windungen, in denen dieselbe stattfindet, aneinander liegen, und das Stärker- und Schwächerwerden des Stromes hat hier dieselbe Wirkung, wie bereits erläutert worden ist. Als Regel gilt, dass die Extra-, sowie die Induktionsströme um so stärker sind, je länger die Drähte in den Spulen sind, also jemehr Windungen dieselben haben und je stärker der Hauptstrom ist. Zum Verständnis der elektrischen Maschinen u. s. w. müssen wir aber auch die Magnetinduktion kennen lernen. Wenn wir in die eingangs des Abschnittes beschriebene sekundäre Spule einen Magneten führen, so entsteht in dem Moment ein dem Hauptstrom gleichgerichteter, bei dem Herausziehen des Magneten indessen ein demselben entgegengesetzter Induktionsstrom. Das Ein- und Herausführen des Magneten hat also genau dieselbe Wirkung, wie das Ein- und Herausziehen der primären Spule B in Fig. 6,

da ein Magnet ein System paralleler Kreisströme darstellt. Je länger der Spulendraht, je kräftiger der Magnet und je schneller das Ein- und Herausschieben vorgenommen wird, je stärker ist auch der hervorgerufene Induktionsstrom. Im Gegensatz zu dieser Magnetinduktion heisst die zuerst beschriebene Art Volta-Induktion.

Galvanismus.

Alle diejenigen Erscheinungen, Wirkungen und Gesetze, die durch gegenseitige Berührung (Kontakt) zweier verschiedenartiger Leiter entstehen, bezeichnet man mit den gleichbedeutenden Worten: Galvanismus, Voltalismus, Berührungs- oder Kontaktelektrizität. Ohne uns lange bei der geschichtlichen Entwicklung aufzuhalten, wollen wir kurz die Entdeckung dieser Elektrizität erklären.

Der Physiologe Luigi Galvani, Professor zu Bologna, machte 1789 die Beobachtung, dass frisch enthäutete Froschschenkel, die mittels eines kupfernen Hakens an ein eisernes Gitter gehängt wurden, sofort in Zuckungen gerieten, wenn der Haken das Gitter berührte. (Also zwei verschiedenartige Leiter.) Die Schenkel waren derart präpariert, dass die Nerven derselben ganz blos lagen und der Wirbelknochen nur einzig durch diese mit den unteren Gliedmassen in Verbindung stand. Galvani wiederholte den Versuch und benutzte einen, aus zwei verschiedenen Metallstreifen bestehenden Verbindungsbogen zum Berühren der Schenkelnerven und Waden, wobei stets dieselben Zuckungen entstanden. Er war der Ansicht, dass das Metall der Entlader der elektrischen Froschschenkel sei und hiernach müsste auch ein Verbindungsbogen aus einem Metall dasselbe bewirken. Alexander Volta, Professor zu Pavia, bewies jedoch, dass die Ansicht Galvanis falsch sei, und dass die Berührung der verschiedenen Metalle die Quelle von entgegengesetzten Elektrizitäten sei, die sich in den Froschschenkeln ausglich und sie hierdurch in Zuckungen versetzten. Hierdurch wurde Volta der Entdecker einer bis dahin unbekanntten Elektrizität und gründete auf seine unermüdlichen Versuche in dieser Richtung die Konstruktion der nach ihm benannten Säule. Diese bestand aus einem Kupfer- und Zinkstreifen, welche in ein Gefäss tauchten, das mit stark verdünnter Schwefelsäure

angefüllt war. Die beiden Metalle stehen so, dass sie sich nicht berühren. Durch den chemischen Angriff der verdünnten Schwefelsäure wird das Zink negativ, die angreifende Flüssigkeit jedoch und ebenso das Kupfer durch die Ableitung positiv elektrisch. Das über die Flüssigkeit hervorragende Ende der Kupfer- und Zinkplatte besitzt deshalb seinen positiven bzw. negativen Pol und solange diese Pole nicht miteinander verbunden sind, sagt man: das Element ist „offen“. Wenn jedoch diese beiden Pole mit einem Drahte verbunden werden, so wird das Element „geschlossen“ und es entsteht ein galvanischer Strom. Die Bezeichnung „galvanisch“ oder „voltaisch“ deutet nicht etwa auf besondere Eigenschaften oder Wirkungen desselben, sondern weist lediglich auf seinen Ursprung hin und ist identisch mit dem elektrischen Strom. Sehen wir uns nun einmal die Vorgänge in dem Volta-Element, welches das Urbild aller später entstandenen Elemente ist, an, so bemerken wir, dass sofort, wenn das Zink in die verdünnte Säure taucht, um dasselbe herum eine heftige Entwicklung von Gasbläschen stattfindet, und dass sich die Flüssigkeit erwärmt. Nehmen wir nach kurzer Zeit das Zink wieder heraus, so bemerken wir, dass dasselbe, soweit es in der Flüssigkeit gestanden hat, oxydiert und verbrannt ist. Es ist hiernach klar, dass die, durch die Vereinigung des Zinks mit der Schwefelsäure hervorgerufene chemische Energie elektrische Spannung (s. d.) erzeugt. Unter Energie versteht man die Fähigkeit eines Körpers, Arbeit zu leisten, also hier leistet Schwefelsäure und Zink diese Arbeit, die man als chemische Energie bezeichnet. Dieselbe wird durch die Schliessung des Elementes in elektrische verwandelt und zwar geschieht dies auf folgende Weise. Das Zink entwickelt beim Eintauchen in die Flüssigkeit, wie vorhin erwähnt, positive Elektrizität, während es selbst negativ elektrisch wird. Beim Einsenken der Kupferplatte leitet die freie positive Elektrizität in dieselbe über, tritt an den Pol der Kupferplatte in den an demselben befestigten Draht und fliesst durch diesen in die Zinkplatte zurück; es entsteht also ein Stromkreis. Innerhalb dieses Elementes wird durch chemische Zersetzung das Wasser durch den elektrischen Strom in seine Bestandteile zerlegt. Der Wasserstoff ist in Gestalt von kleinen Bläschen an dem negativen, der Sauerstoff an dem positiven Pole bemerkbar. Der Wasserstoff schwächt aber den Strom dadurch, dass er die innige Berührung zwischen der Flüssigkeit und dem Kupfer verhindert oder doch erschwert und infolgedessen den Wider-

stand sehr erhöht, ferner auch hauptsächlich dadurch, dass er einen entgegengesetzten Strom, den Polarisationsstrom, erzeugt. Den ersteren Vorgang nennt man Polarisation. Soll daher dies verhindert werden, so muss der Wasserstoff von der Zinkplatte entfernt werden. Diese Arbeit, die Unterdrückung des Wasserstoffes, wird als Depolarisation bezeichnet und kann durch mechanische Kunstgriffe, besonders aber durch die Oxydation mit dem Sauerstoff der Luft oder sauerstoffreichen Säuren etc. bewirkt werden. Wird hierdurch die Stromstärke der Elemente möglichst lange Zeit beständig erhalten, so nennt man die Elemente konstant, ist jedoch die Stromstärke veränderlich, heissen sie inkonstant. Alle inkonstanten Elemente wirken anfangs bedeutend kräftiger als später, und es sei hier betont, dass dieselben nur aus einer Flüssigkeit bestehen, im Gegensatz zu den konstanten Elementen, die in allen Fällen zwei Flüssigkeiten enthalten. Die beginnende Schwächung des Stromes bei den inkonstanten Elementen kann man verzögern durch Vergrössern der negativen Elektroden und durch häufiges Umrühren, Schütteln, Zu- und Abfliessen der Flüssigkeit, oder dass man derselben öfters frische Luft, also neuen Sauerstoff zuführt. Bemerket sei zum weiteren Verständnis, dass die beiden Platten, an deren Pol der Strom ein- und austritt als Elektroden, die positive Anode und die negative Kathode von Faraday, auf dessen Entdeckung wir im nächsten Abschnitt zu sprechen kommen, genannt wurde, welche Bezeichnungen auch beibehalten sind. Die inkonstanten Elemente werden also dort stets am Platze sein, wo ein kräftiger, aber kurz dauernder Strom gebraucht wird, z. B. bei Vorlesungen oder seltenem Gebrauch der Stromquelle. Die konstanten Elemente sind aber überall dort unentbehrlich, wo es sich um ununterbrochene Thätigkeit des Stromes handelt.

Die letzteren bestehen in brauchbarer Form erst seit 1836, als Daniell sein, noch jetzt in der ursprünglichen Form weit verbreitetes Element konstruierte, das in dem Kapitel „Stromquellen“ näher beschrieben ist.

Um eine stärkere elektrische Spannung, mithin auch einen kräftigern elektrischen Strom zu erhalten, setzt man mehrere Elemente derart zusammen, dass jeder positive Pol durch einen Draht mit dem folgenden negativen Pol verbunden ist, und man erhält so eine galvanische Batterie, bei der die erste freie Zinkplatte den negativen und die letzte freie Kupferplatte den positiven Pol giebt. Die Wirkungen dieser Batterie sind

genau dieselben, wie die des einzelnen Elementes. Die elektrische Spannung ist an den beiden Polen am stärksten und nimmt nach der Mitte zu bis auf Null ab. Es ist leicht verständlich, dass diese Spannung desto grösser und infolgedessen der Strom stärker ist, je mehr Elemente zusammengeschlossen sind. Werden die beiden Pole dieser Batterie oder Kette durch einen Draht verbunden, also die Batterie geschlossen, so entsteht genau, wie bei dem geschlossenen Einzelement, ein elektrischer Strom.

Diese Verbindungen der einzelnen Elemente zu einer Batterie können jedoch nicht willkürlich vorgenommen werden, sondern dies muss immer auf Grund des Ohm'schen Gesetzes geschehen. Wir wissen aus der Erklärung des Ohm'schen Gesetzes im Kapitel „Elektrische Masseinheiten etc.“ dass, je länger ein Leiter ist, je mehr sein Widerstand wächst, und je grösser der Querschnitt des Leiters ist, je mehr sich derselbe vermindert, und hierauf fussend, spricht man von Schaltungen der Elemente auf Spannung oder hintereinander, auf Quantität, Stromquantum, nebeneinander oder parallel und von gemischter Schaltung. Um diesen wichtigsten Punkt bei der Benutzung der Elemente recht deutlich begreifen zu können,

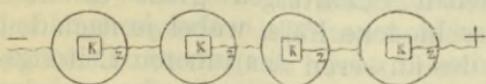


Fig. 7.

wollen wir dies an den folgenden 3 Figuren erklären. In Fig. 7 sehen wir vier Elemente, bei denen immer der negative (—) Pol mit

dem folgenden positiven (+) verbunden ist; die Elemente sind also hintereinander geschaltet. Wenn wir z. B. zu irgend einem Zwecke unbedingt einen Strom von 3,90 Volt brauchen, so müssen wir 4 Daniell-Elemente, die, wie schon erwähnt, eine elektromotorische Kraft (Spannung) von ca. 1 Volt besitzen, hintereinander schalten, um die erforderliche elektromotorische Kraft zu erhalten. Diese Schaltung muss überall da vorgenommen werden, wo der äussere Leitungswiderstand, also in dem Leitungsdraht und allen äusseren Verbindungen, gegen den Widerstand im Elemente selbst sehr gross ist. Die Stromstärke bleibt dieselbe, und diese Schaltung ist auch dann stets vorzuziehen, wenn es sich z. B. um eine schnelle, aber leichte Galvanisierung handelt, damit der Widerstand des Bades durch den Strom leicht überwunden wird. Handelt es sich jedoch um eine homogene (gleichartige) haltbare Galvanisierung, so wird man die Elemente parallel, nebeneinander,

auf Quantität oder Stromquantum schalten, welches alles ganz gleichbedeutende Benennungen sind. Man erhält auf diese Weise gleichsam ein einziges grosses Element mit einer aus mehreren negativen und positiven Platten (Elektroden)

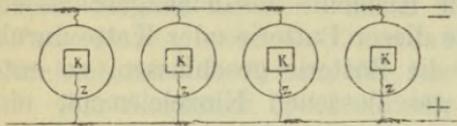


Fig. 8.

zusammengesetzten einzigen grossen Platte. Fig. 8 zeigt uns deutlich, dass alle negativen und alle positiven Platten verbunden sind, und da wir hiernach also nach

Fig. 8 eine doppelt so grosse negative und doppelt so grosse positive Elektrode haben, so wird sich selbstverständlich das Stromquantum erhöhen, während der Widerstand jedes Elementes demjenigen der ganzen Batterie gleich ist. Bei dem Abschnitt „Installation galvanischer Anlagen“ wird dies noch näher erläutert werden. Wollen wir diese beiden Schaltungs-

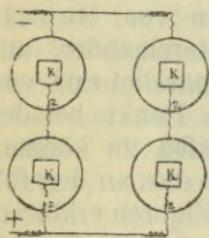


Fig. 9.

arten zu irgend einem Zweck verbinden, so richten wir uns nach Fig. 9, die die gemischte Schaltung zeigt, welche sowohl die elektromotorische Kraft (Spannung) wie die Stromstärke vermehrt. Ausser diesen drei hauptsächlich Schaltungen giebt es noch äusserst verschiedene Fälle, wobei je nach dem Verhältnis des äusseren zum inneren Leitungswiderstände die Schaltungsweise immer eine

andere ist. Je nach dem Zweck, dem die Elemente dienen sollen, dem erforderlichen Strome u. s. w., kann man genau berechnen, wieviel Elemente gebraucht werden und wie sie geschaltet werden müssen.

Elektrolyse.

Wir wissen aus dem Vorhergehenden, dass der galvanische Strom durch chemische Verbindungen hervorgerufen wird; umgekehrt ist er aber auch im stande, chemische Zersetzungen zu vollführen, und diesen Prozess nennt man die chemischen Wirkungen des galvanischen Stromes oder Elektrolyse.

Um diese Wirkungen zu verfolgen, wollen wir die Thätigkeit des, von dem hervorragenden englischen Physiker Faraday, dem wir die Entdeckung der Elektrolyse verdanken, zusammengesetzten Voltameters beobachten.

Zwei Platinelektroden, welche mittels zweier Platindrähte, die durch den Stöpsel einer Flasche gehen und in die, in letzterer enthaltene Flüssigkeit tauchen, endigen in den beiden Polklemmen. Die Flüssigkeit besteht aus einem Teile Schwefelsäure und vier Teilen Wasser. In der Mitte des Stöpsels befindet sich eine Oeffnung, durch welche die sich bei dem Zersetzungsprozess im Innern der Flasche entwickelnden Gase in eine Glasröhre, die durch diese Bohrung luftdicht eingeführt ist, entweichen. Diese S-förmig gebogene Glasröhre mündet unter dem Wasser eines zweiten Gefäßes in eine geteilte Glasglocke. An der positiven Elektrode wird sich sofort, wenn man die beiden Klemmen mit einem Element verbindet, der Sauerstoff absorbieren, während an der negativen Platte der Wasserstoff entwickelt wird. Diese beiden, so entstehenden Gase verbinden sich zu einem Gas, das man Knallgas nennt, und deshalb bezeichnet man den Apparat zum Unterschiede von den folgenden, als Knallgas-Voltmeter. Eine umgestülpte Glasglocke, die auf dem Ende der S-förmig gebogenen Röhre ruht, ist mit Wasser gefüllt, sobald jedoch das Knallgas in dieselbe eintritt, wird die Wassersäule durch dasselbe zurückgedrückt, und man kann an der Skala der Glasglocke, nachdem das Element ausgeschaltet wurde, nach einiger Zeit das angesammelte Gasvolumen ablesen und hiernach die Stromstärke der Stromquelle leicht berechnen. Es ist hierbei gezeigt worden, wie das Wasser, das mit Schwefelsäure versetzt ist, in Knallgas zersetzt wird. Die Menge, die ein Strom entwickeln kann, lässt sich durch das Faraday'sche Gesetz feststellen, welches sagt, dass die in einer bestimmten Zeit stattfindenden Zersetzungen mit der Stärke des Stromes gleichen Schritt halten. Diese Zersetzungen oder chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes beanspruchen im vorher erklärten Falle aber sehr viel Zeit, und es gelingt nur selten, mit einem einzigen Element dies zu vollführen. Ferner erfährt man erklärlicherweise nur die Stärke des Stromes, der durch das Voltmeter gegangen ist, nicht aber die ursprüngliche Stärke desselben. An Stelle des angesäuerten Wassers ist man deshalb darauf verfallen, salpetersaures Silberoxyd (Höllenstein, Silbernitrat) oder schwefelsaures Kupferoxyd (Kupfervitriol, Kupfersulfat) zu verwenden, und das erstere wird speciell zur Messung sehr schwacher Ströme, das letztere hingegen für starke Ströme benutzt. Bei diesen Apparaten dient die Menge des ausgeschiedenen Metalles zur

Berechnung der Stromstärke; denn nach dem angeführten Faraday'schen Gesetze wird selbstredend eine viermal so grosse Menge Kupfer nur durch einen viermal so starken Strom niedergeschlagen. Die Zersetzungsfüssigkeit besteht bei beiden Apparaten aus 5 Gewichtsteilen Wasser und 1 Gewichtsteile des betreffenden Metallsalzes (also Silbernitrat oder Kupfersulfat).

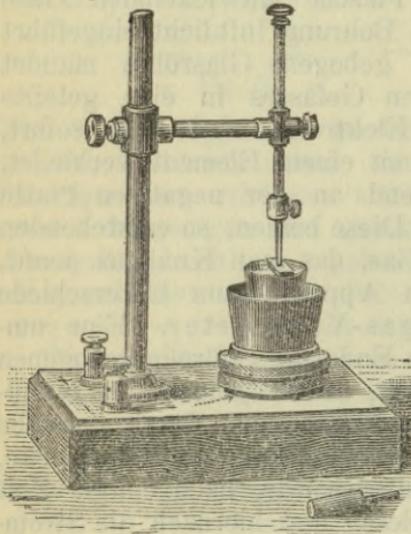


Fig. 10.

Die Voltmeter werden hauptsächlich zur Messung der Stromstärke benutzt, deren Einheit, wie schon erklärt, 1 Ampère (1 Amp. A.) ist, und ein Strom von 1 Amp. scheidet in 1 Minute 0,0671 Gramm Silber, 0,0197 Gramm Kupfer oder 10,43 cem Knallgas ab. Ferner sind die Voltmeter unentbehrlich zur Aichung der Messinstrumente, wie z. B. Voltmeter, (von Voltmeter genau zu unterscheiden!) Ampèremeter, Galvanometer u. s. w. Ein sehr empfindliches Silbervoltmeter neuerer Konstruktion von Hartmann & Braun zeigt uns Fig. 10.

Auf dem Wesen der Elektrolyse beruht auch die Galvanoplastik. So wie sich an der negativen Elektrode der Wasserstoff entwickelt und an der positiven der Sauerstoff, so wird sich z. B. bei der Lösung eines Sauerstoffsalzes durch den galvanischen Strom an Stelle des Wasserstoffs das Metall, und an Stelle des Sauerstoffs die Säure niederschlagen oder ausscheiden. In solcher Weise scheidet auch im geschlossenen Daniell-Element durch den galvanischen Strom aus dem Kupfervitriol chemisch reines Kupfer an der negativen Elektrode aus und setzt sich an diese in kohärenter (fest zusammenhängender) Form fest. Auf die Galvanoplastik ist in dem Kapitel: Installation galvanischer Anlagen u. s. w. näher eingegangen.

Wir können diesen Abschnitt mit den Bezeichnungen schliessen, welche Faraday, der Vater dieser Entdeckung, vorgeschlagen hat und die auch allverbreitet sind. Die Bezeichnung „Elektrode“ ist bereits erklärt, die positive wird „Anode“, die negative „Kathode“, der Leiter, also stets die Flüssigkeit „Elektrolyt“, der an der Kathode ausgeschiedene Stoff

„Anion“, der an der Anode „Kation“, beide „Jonen“ und der ganze Prozess, wie bekannt, „Elektrolyse“ genannt.

Die Stromquellen und ihre Hilfsapparate.

Die galvanischen Elemente.

Nachdem das Wesen der galvanischen Elemente genügend erklärt ist, gehen wir über alle diejenigen Elemente, die keinen bleibenden Platz in der Praxis behaupten, hinweg, und beginnen mit dem ersten Element, das die Möglichkeit bot, den galvanischen Strom praktisch zu verwerten. Das noch gegenwärtig vorzügliche Daniell-Element besteht aus einer cylindrisch gebogenen Zinkplatte oder einem Zinkkolben mit kreuzförmigem Querschnitt, der in verdünnter Schwefelsäure steht, die sich in einer porösen Thonzelle befindet. Das Glasgefäß ist mit einer konzentrierten Kupfervitriollösung und mit Stückchen von Kupfervitriol gefüllt und enthält den Kupfercylinder. Schliesst man ein solches Element, d. h. verbindet man den Zinkpol mit dem Kupferpol, so zerlegt der so entstandene elektrische Strom das Kupfervitriol in Kupfer, Schwefelsäure und Sauerstoff, welcher letzterer sich mit dem aus der Zersetzung des Wassers stammenden Wasserstoff zu Wasser verbindet und so die Kupferplatte, an der sich das ausgeschiedene chemische Kupfer zusammenhängend niederschlägt, depolarisiert. Nach einiger Zeit wird jedoch die Wirkung des Elementes nachlassen, da die Schwefelsäure zur Bildung des Zinkvitriols verbraucht wird, und um den Strom gleich stark zu halten, muss sodann Schwefelsäure nachgefüllt werden, was etwas umständlich ist, jedoch gegenüber dem Vorteil, dass das Daniell-Element sehr wenig giftige Dünste entwickelt nur wenig ins Gewicht fällt. Die elektromotorische Kraft des Elementes ist knapp 1 Volt, und wird, wie schon erwähnt, als Spannungseinheit angenommen. Die Thonzelle ist aus dem Grunde porös, um die Flüssigkeiten zu trennen und dennoch den elektrischen Strom durchzulassen. Alle Zinkelektroden müssen genügend verquickt (amalgamiert) werden, um einem zu raschen Verbrauch derselben entgegenzuarbeiten. Das Amalgamieren geschieht, indem das Zink mit Sand und verdünnter Salzsäure sauber gescheuert und nach dem Abspülen

in viel reinem Wasser, damit alle Säurereste entfernt werden, die Quickbeize mit einem Stahldrahtpinsel aufgetragen wird. Diese wird hergestellt, indem 12 Gewichtsteile Quecksilberoxydul in 100 Gewichtsteilen warmen Wasser gelöst werden und soviel Salpetersäure zugesetzt wird, bis die Lösung ganz klar erscheint. Um die Widerstandsfähigkeit noch zu erhöhen, mischt man auch unter die Schwefelsäure in der Thonzelle schwefelsaures Quecksilber unter tüchtigem Schütteln. Das Amalgamieren ist unbedingt nötig, um sparsam zu arbeiten, da andernfalls der Zinkverbrauch ein ganz bedeutend grösserer ist. Bei dem Amalgamieren ist die grösste Vorsicht erforderlich, um bei vorhandenen Hautabschürfungen oder Wunden Blutvergiftungen vorzubeugen.

Um das lästige Nachfüllen des Kupfervitriols zu ersparen, ist Meidinger auf die Idee gekommen, einen Ballon mit solchem anzubringen, der die Lösung selbst unterhält, und so ist das Ballon- oder Meidinger-Element entstanden, das also nur ein verbessertes Daniell-Element ist. Dasselbe liefert einen sehr konstanten Strom und ist deshalb im Telegraphenbetrieb viel in Benutzung, hingegen ist es für andere Zwecke infolge seines schwachen Stromes nur in grösserer Anzahl zu verwenden. Sein innerer Widerstand beträgt 9,9 Ohm, seine Spannung

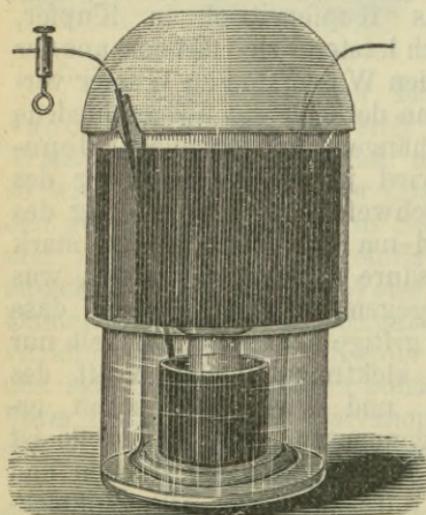


Fig. 11.

0,95 V. Wie Fig. 11 zeigt, hat das Element keine poröse Thonzelle, sondern die beiden Flüssigkeiten werden nur infolge ihres spezifischen Gewichtes getrennt gehalten. Auf der Einschnürung des Glasbehälters steht der Zinkcylinder, von dem ein Leitungsdraht nach aussen führt. Unterhalb desselben, auf dem Boden des Glasgefässes, befindet sich innerhalb eines Glascylinders die Kupferelektrode, von der ebenfalls ein Leitungsdraht nach aussen führt. Der Ballon ist, wie erwähnt, mit Kupfervitriolstücken gefüllt, das Glasgefäss hingegen mit einer Lösung von 1 Teil Bittersalz und 5 Teilen Wasser. Das Kupfervitriol löst sich im Ballon auf und fliesst durch das am unteren Teile desselben

angebrachte Röhrechen in das Glasgefäß, woselbst dadurch die spezifisch leichtere Bittersalzlösung nach oben verdrängt wird.

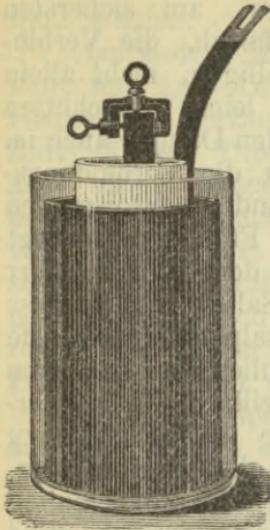


Fig. 12.

Das sehr kräftige Grove-Element sei wegen seiner Kostspieligkeit übergangen. Wir sehen in Fig. 12 das ihm in Aussehen und Stärke ziemlich gleiche, jedoch bei weitem billigere Bunsen-Element. Dieses viel gebrauchte Element besteht aus einem Glasgefäß (oder Steingut), das verdünnte Schwefelsäure enthält (15 Teile Wasser, 1 Teil Säure) und in welchem der Zinkeylinder steht, an dem ein Kupferstreifen zur Verbindung mit der Aussenleitung befestigt ist. Innerhalb des Cylinders befindet sich in der mit reiner Salpetersäure von 40° Bé gefüllten sehr porösen Thonzelle die Kohle. Die Flüssigkeiten in den beiden Gefässen müssen stets gleich hoch stehen; die Thonzelle soll den Zinkeylinder und diese wieder die Kohle

überragen. Letztere ist durch starkes Glühen aus Koks und Steinkohle hergestellt und besitzt eine grosse Leitungsfähigkeit. Das Instandsetzen der Bunsen-Elemente beginnt, wie beim Daniell-Element, mit dem Amalgamieren des Zinks. Der Kupferstreifen ist daran vielfach angelötet und die Lötstelle, wie der Streifen, kurz vor dem Ende lackiert. Diese Befestigung hat aber den Nachteil, dass von der in dem Aussengefäß befindlichen Säure zwischen den Streifen und den Zinkeylinder dringen kann, wodurch die Verbindungsstelle verunreinigt wird und zu Störungen oft Veranlassung giebt. Weit vorteilhafter ist das Befestigen mittels Klemme. Die Stelle, wo dieselbe angeschraubt wird, kann stets mit leichter Mühe gereinigt und das Zink durch Umwecheln der oberen und unteren Seite viel besser verbraucht werden. Angelötete Streifen sind nicht allein sehr hinderlich beim Amalgamieren, sondern das Quecksilber löst auch das Zinn auf und frisst Löcher um die Lötstelle in das Zink, sodass es bald unbrauchbar wird. Die Cylinder werden aus 4 mm starkem Zinkblech durch Einrollen im erwärmten Zustande hergestellt. Hat man die Zinkeylinder amalgamiert, so stellt man sie in die Aussengefässe, setzt die Thonzelle mit der Kohle

ein und stellt alle Elemente so, dass später nicht mehr daran gerückt zu werden braucht. Die Elektroden verbindet man sogleich untereinander und füllt rasch hintereinander die Aussengefässe mit der verdünnten Schwefelsäure, am sichersten mittels Glastrichters. Es ist entschieden falsch, die Verbindungen erst nach dem Füllen zu bewerkstelligen, nicht allein deshalb, weil man dabei von den Säuren leicht verschütten kann, sondern es schlagen sich die aufsteigenden Dämpfe auch im Nu an den Klemmen nieder und oxydieren die Verbindungsstellen, wodurch von vornherein Missstände hervorgerufen werden. Die ganze Batterie muss vor der Füllung unbedingt fix und fertig zusammengestellt und nach dem Füllen sofort betriebsfertig sein. Beim Einfüllen der Salpetersäure muss man besonders vorsichtig sein, da die Untersalpetersäuredämpfe giftig sind; der Mund ist daher stets zu schliessen. Zwischen die Kohle und die Klemme legt man vorteilhaft ein Kupferplättchen, um das Einbohren der Schraube in die Kohle zu verhindern. Selbstverständlich ist es, dass alle, auch die unbedeutendsten Verbindungen sorgfältig blank und rein gehalten werden müssen. Das Brett, auf dem die Batterie steht, wird am besten mit einer Cementschicht oder Ebonit überzogen, und an den Seiten bringt man Riemen, sowie in einer tiefer gelagerten Ecke ein kurzes Abfallrohr aus Ebonit oder Steinzeug an, um die etwa verschüttete Säure aufzufangen. Wegen der erwähnten Entwicklung von Untersalpetersäuredämpfen, die nicht allein gesundheitsschädlich sind, sondern auch in dem Galvanisiertraume befindliche Waren oxydieren, ist es zweckmässig, die Batterie ausserhalb des Raumes anzubringen. Ist dies zu umständlich, so stelle man sie in einen ringsum gut verschlossenen Glasschrank, von dem ein Abzugrohr nach dem Freien oder nach der Esse führt.

Wird die Batterie nicht mehr gebraucht, so muss dieselbe sofort zerlegt werden, was immer, um keinen Zeitverlust zu haben, nach einer gewissen Regel gemacht werden muss. Man löst zuerst alle Verbindungen, legt die Klemmen in reines Wasser, ebenso die Zinkstücke, die man vorher noch mit einer Bürste rasch von den grössten Unreinlichkeiten befreit hat, entfernt die Kohle aus den Zellen, füllt die Salpetersäure aus diesen in Flaschen oder in kleine Ballons, und lässt die Schwefelsäure über Nacht in den Aussengefässen stehen. Ueber das Auswaschen von Zelle und Kohle sind die Meinungen sehr geteilt und vielfach wird es auch aus Bequemlichkeit

vermieden. Die Kohle auszulaugen, ist nicht unbedingt nötig, aber man sollte es trotzdem nicht unterlassen. Die Thonzellen hingegen müssen stets und sorgfältig in reinem Wasser gespült werden.

Am andern Morgen wird zunächst die verdünnte Schwefelsäure aus dem Aussengefäß abgegossen, der Bodensatz (Zinkvitriol) als wertlos weggeworfen, das Gefäß ausgespült, der Zinkcylinder, Thonzelle und Kohle ineinander gestellt, und nach obiger Angabe weiter verfahren. Um das häufige Emporsteigen der Säuren zu vermeiden, versieht man Kohle, Zelle und Aussengefäß mit einem 2 cm breiten Rand von geschmolzenem Paraffin, das beiden Säuren ein gleich hohes Emporsteigen, jedoch nicht Ueberschäumen gestattet. Man erreicht dies, indem die betreffenden Gegenstände in das flüssige Paraffin getaucht werden, das sofort an den Körpern erstarrt.

Um die Salpetersäuredämpfe zu vermindern, giesst man auf dieselbe eine starke Oelschicht, während der Schwefelsäure noch einige Tropfen der Quickbeize zugesetzt werden. Die Salpetersäure ist alle 3 bis 4 Tage vollständig zu erneuern, falls die Elemente ununterbrochen benutzt werden, die ausgebrauchte kann aufbewahrt und zur Vorbrenne benutzt werden.

Es ist bei diesem Elemente aus dem Grunde etwas länger verweilt worden, weil es nicht allein das allerverbreitetste und seinen Zweck am besten erfüllende Element ist, sondern weil sich nach der Behandlung der Bunsenelemente auch die anderer Elemente richtet.

Die elektromotorische Kraft beträgt bei diesem Element 1,88 V, der Widerstand 0,25 Ohm (also sehr gering), wodurch ein sehr starker Strom entwickelt wird. Um die Säuredämpfe zu vermeiden, hat Dr. Langbein eine Chromsäurelösung hergestellt, die dem Element allerdings eine etwas niedrigere Spannung (1,5 V) verleiht, jedoch die Konstanz desselben auch dafür eine bedeutend längere und die Füllung billiger wie Schwefelsäure ist, weshalb es nicht in Betracht kommt, dass einige Elemente mehr angestellt werden.

Eine andere, auch sehr günstig wirkende Füllung ist die Dupré'sche. Das Aussengefäß enthält eine 30%ige Lösung von doppeltchwefelsaurem Kali in Wasser, die Zelle 600 T. Wasser, 400 T. Schwefelsäure (konz.), 500 T. Natronsalpeter, 60 T. doppeltchromsaures Kali, das gut durchmischt wird. Ein sehr ins Gewicht fallender Vorteil bei der Langbein'schen Füllung ist der, dass die Elemente nur höchstens alle 5 bis

6 Tage auseinandergenommen zu werden brauchen. Haben wir in Figur 11 bereits ein sehr praktisches Ruhestromelement kennen gelernt, so stellt Fig. 13 eine solches in ungemein einfacher und leicht verständlicher Form dar. Dieses Krüger- oder sogen. offene Element hat dieselbe Füllung, wie das Ballon-Element. Der Zinkcylinder hängt an dem Rande des Gefäßes, und die Kupferelektrode steht auf dessen Boden. Auch dieses Element, wie das Meidinger'sche, ist im Staatstelegraphenbetriebe allgemein verbreitet.

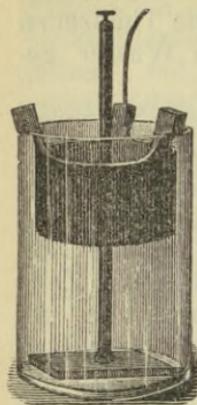


Fig. 13.

Fig. 14 zeigt das, die Haustelegraphie fast ausschliesslich wegen seiner viele Monate langen Wirksamkeit beherrschende Leclanché-Element, das, da der Telegraphen-Monteur am allerhäufigsten mit ihm umzugehen hat, eine ausführlichere Besprechung rechtfertigt.

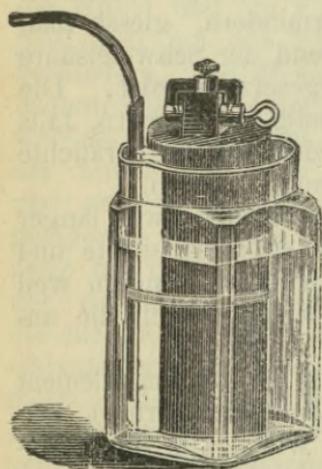


Fig. 14.

In ursprünglicher Form bestand dasselbe aus einem Zinkstäbchen in einer Salmiaklösung, die durch die Poren oder künstlichen Oeffnungen einer Thonzelle zu einem Gemisch von Stückchen aus Mangansuperoxyd (Braunstein) und Mineralkohle dringt und es benetzt. In diesem Gemisch befindet sich als Ableitungs-Elektrode eine plastische Kohlenplatte. Ist dieses Element geschlossen, so verbindet sich das Zink mit dem Chlor des Salmiaks zu löslichem Chlorzink, während im Innern

der Thonzelle Ammoniak und Wasserstoff ausscheiden. Letzterer entzieht unter Wasserbildung dem Mangansuperoxyd Sauerstoff, wobei vom Braunstein ein Rest bleibt, der Sesquioxyd heisst. Die Thonzelle ist mit einem Pechaufguss bis auf eine kleine Oeffnung, die dem Austritt der Luft dient, verschlossen, und die Kohlenplatte ragt über diesen Pechverschluss hinaus. Als Uebelstände dieses Elements hat sich indessen herausgestellt, dass das Chlorzink, das sich bei der Thätigkeit des Elements bildet, infolge seines hohen spezifischen Gewichts unten im Glase ansetzt, und dass die Salmiaklösung sich (wie Oel auf dem Wasser) darüber lagert. Da nun beide Flüssigkeiten

sehr verschiedene Leitungsfähigkeit besitzen, und die Elektroden (Zink und Braunkohle) in beide Schichten eintauchen, so entsteht auch bei offenem Element ein Strom, der vom Zink durch die besser leitende Flüssigkeit zur Kohle und von dieser durch die schlechter leitende zum Zink zurückfliesst. Die Folge davon ist, dass das Zink auch während der Ruhepausen der Batterie aufgelöst wird, und dass der dabei entstehende graue Schlamm am Boden des Glases das Element zuletzt vollständig kurzschliesst, wodurch es in kurzer Zeit unbrauchbar wird. Diese Uebelstände hat die weitbekannte Firma Mix & Genest in Berlin SW. mit der in Fig. 15 gezeigten Anordnung gründlich beseitigt, indem statt der Zinkstäbe Zinkcylinder verwandt werden, die mindestens $\frac{1}{3}$ der Glashöhe vom Boden abstehen.

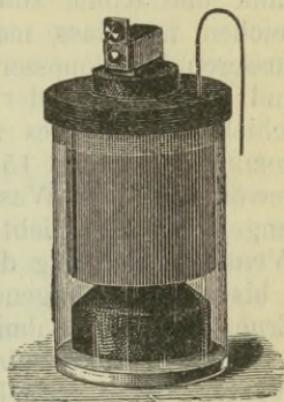


Fig. 15.

Ferner wurde der Braunkohle die Form eines Cylinders mit einem der inneren Glasweite entsprechenden Fusse gegeben, damit dieselbe ohne isolierende Zwischenstücke frei im Zinkcylinder stehen kann. Durch die Einführung des Zinkcylinders ist ferner der innere Widerstand dieser Elemente bedeutend verringert und daher unter genau denselben äusseren Verhältnissen die Stromstärke vergrössert worden. Dieses Element ist von der Reichspostverwaltung für Fernsprechbetrieb in Gebrauch genommen worden. Für kleinere Anlagen der Haustelegraphie eignet sich das in Fig. 16 abgebildete Element, das, um zufällige Berührung von Zink und Kohle zu vermeiden, um die Kohlelektrode einen Gummiring hat.

Das Ansetzen der Leclanché-Elemente geschieht, indem das Glasgefäss $\frac{1}{4}$ voll Regenwasser gefüllt wird, in das je nach der Grösse des Elementes 60—120 g Salmiakstückchen geworfen werden. Durch Drehen und Auf- und Abbewegen der Kohle kann die Auflösung beschleunigt und die Luft entfernt werden. Zuletzt setzt man das Zink ein und füllt erforderlichenfalls bis auf $\frac{3}{4}$ der Glashöhe Wasser nach. Es ist genau

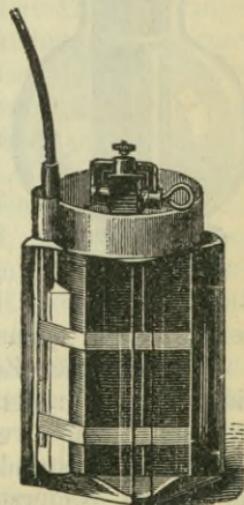


Fig. 16.

darauf zu achten, dass die ausserhalb der Flüssigkeit befindlichen Teile stets trocken sind und keine Berührung zwischen Zink und Kohle stattfindet, was sehr leicht dadurch zu erreichen ist, dass man sich ein Brettchen herstellt, das als äusseren Durchmesser die innere Weite des Zinkcylinders hat und durch ein in der Mitte angebrachtes Loch über die Kohle schiebt, so dass es zwischen dieser und dem Zink zu sitzen kommt. (S. Fig. 15.) Zum Nachfüllen der Elemente wird gewöhnlich nur Wasser verwendet, und erst nach monatelangem Betriebe giebt man einige Gramm Salmiakstückchen zu. Wenn die Leistung der Elemente je nach Beanspruchung nach 1 bis 2 Jahren abgenommen hat, dann können dieselben durch Erneuerung der Salmiaklösung, Reinigen des Zinks und Auswässern der Braunkohle in heissem, etwas Soda enthaltenden Wasser wieder brauchbar gemacht werden. Amalgamiert wird das Zink wie bei Bunsen-Elementen und ist nach der angegebenen Betriebsdauer die Kohle wieder neu zu paraffinieren, wie bereits angegeben.

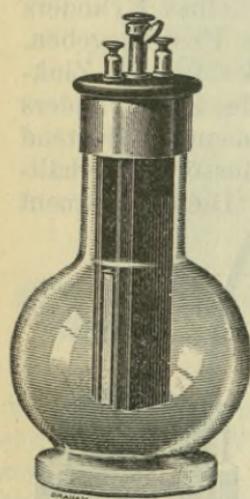


Fig. 17.

Wird nur ein zeitweiliger Strom gebraucht z. B. für Experimente, Induktionsapparate oder kleine Bäder, so leistet das inkonstante Flaschen-(Grenet)-Element gute Dienste und wird für diese Zwecke viel gebraucht. Fig. 17. lässt erkennen, dass zwei Kohlenelektroden, welche an dem durch Messingarmatur abnehmbaren Ebonitdeckel befestigt sind, in die Flüssigkeit tauchen, die aus einer Lösung von 12 Gewichtsteilen doppelchromsaurem Kali, 2 Teilen Quecksilberbisulfat und 10 Teilen Schwefelsäure in 100 Teilen Wasser besteht. Die zwischen den beiden Kohlen befindliche Zinkplatte kann man durch die im Ebonitdeckel angebrachte Führung beliebig tief in die Flüssigkeit einsenken und beim Nichtgebrauch

herausziehen, sodass das Element sehr sparsam arbeitet.

In neuester Zeit machen auch die sogen. Trockenelemente viel von sich reden, die jedoch alle keine starke Stromentnahme zulassen. Sie werden daher vor Kurzschluss durch einen kleinen Widerstand geschützt. Die elektromotorische Kraft und der innere Widerstand sind nicht konstant, und man muss im allgemeinen noch weitere Erfahrungen mit ihnen abwarten.

Die von Hartmann & Braun hergestellten, die hauptsächlich zu Messungen und zur Montage dienen, können durch Regenerieren auf ziemlich gleicher Stromstärke erhalten werden.

Die Tauchbatterien und Thermosäulen können, als für die Praxis wenig brauchbar, übergangen werden. Wir treten nun in das Gebiet der Stromquellenriesen.

Die dynamoelektrischen Maschinen.

Es kann nicht der Zweck dieses Werkchens sein, alle bestehenden Systeme der dynamoelektrischen Maschinen zu erläutern, sondern es sollen hier nur diejenigen herausgegriffen werden, die sich in der Praxis bewährt und eingebürgert haben.

Wie bereits erklärt, beruht das Prinzip der dynamoelektrischen oder kurz Dynamo-Maschinen auf dem Vorgange der Induktion. Wir wollen zum besseren Verständnis die Hauptbestandteile einer Dynamomaschine besprechen.

Der Induktor, für den auch Anker oder Armatur gleichbedeutende Begriffe sind, ist derjenige Teil der Maschine, in dem bei der Rotation der elektrische Strom entwickelt wird. Derselbe besteht aus gut geglühten isolierten Eisendrähten als Kern (Seele), die rechtwinkelig, also quer mit Kupferdrähten in einzelnen Abteilungen umwickelt ist. Das Ende der einen Spule aus dem Kupferdraht wird mit dem Anfang der nächsten zusammengelötet, so dass auf diese Weise ein einziger Leitungsdraht entsteht. An einer Seite des so entstehenden Ringes sind gegenseitig isolierte Kupferstreifen befestigt, über deren oberes, in einem Ansatz auslaufendes Ende sämtliche zusammengelötete Verbindungen der Kupferdrahtsektionen gewickelt sind. Selbstverständlich liegen die Lötstellen alle nach derjenigen Seite, an der die Kupferstreifen befestigt sind. Diese rechtwinklig gebogenen Streifen sind, wie die Dauben eines Fasses, aneinandergefügt und bilden in ihrer zusammenhängenden Vollendung den Kollektor, auf den die Schleifbürsten zu liegen kommen.

Bei dem Bau dieses Maschinenteiles ist die allergrösste Sorgfalt zu beobachten, da hiervon die Brauchbarkeit der Maschine abhängt. Die Drahtwickelungen müssen äusserst gleichmässig vorgenommen, die Isolierung darf nicht beschädigt und der Anker muss peinlich genau ausbalanciert werden. Wird die ganze Arbeit nicht äusserst gewissenhaft vollführt, so ent-

stehen Betriebsstörungen und starke Funkenbildung, die gewickelten Drähte werden bei der Rotation herausgebogen und die Isolierung zerstört. Werden die Drahtverbindungen mit dem Kollektor mittels Lötens hergestellt, so darf hierzu kein Lötwasser, sondern nur Kolophonium oder Borax genommen werden. Besser wie dies ist die Verbindung mit Schrauben, da durch Lösen derselben etwa beschädigte Teile, Segmente, herausgenommen und repariert werden können, womit jedoch der Nachteil verbunden ist, dass durch Lockerwerden der Schrauben während des Betriebes leicht ganz erhebliche Schäden an der Maschine entstehen können. Die Verbindung durch Schrauben hat aber den grossen Vorteil, dass das Auswechseln des abgenutzten Kollektors (Kommutators) weit rascher und bequemer geht. Bemerkt sei, dass die Bezeichnung Kommutator für Stromwender, Kollektor für Stromsammel und Lamellen für Segmente gleichbedeutend ist.

Ist die Bewickelung des Ankers und die Befestigung des Kommutators fertig, so umschliesse man dieselbe mit einigen Ringen harten Messingdrahtes um jedem Verbiegen der Drahtwicklung vorzubeugen. In der Regel wird auch vor Inbetriebsetzung der Maschine der Kommutator abgeschmirgelt, und hierbei müssen die dadurch abgeriebenen feinen Kupferpartikel sorgfältig von der, zwischen den Lamellen befindlichen Isolierung entfernt werden, da andernfalls leicht Kurzschluss entstehen kann. Auf die eigentliche Behandlung der Maschinen im allgemeinen kommen wir noch im Kapitel über die Installation näher zurück, um uns jetzt von dem Grundgedanken des Themas nicht zu weit zu entfernen. Der eben beschriebene Ring-Induktor wurde zuerst von dem pariser Modelltischler Grammé gebrauchsfertig auf den Markt gebracht, weshalb derselbe auch Grammé'scher Induktor genannt wird, obgleich eigentlich Pacinotti der Erfinder desselben (1860) ist.

Eine bedeutende Verbesserung dieses Induktors schuf S. Schuckert in Nürnberg dadurch, dass er anstatt des Kernes von geglühtem Eisendraht einen solchen von weichen Eisenblechstreifen herstellte. Fig. 18 zeigt uns eine nach diesem System von der Elektrizitäts-A.-G., vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg gebaute und altbewährte Gleichstrommaschine. Die Elektromagnete sind vorteilhaft rings um den Anker angeordnet und unter sich, wie die Abbildung deutlich erkennen lässt, durch Leitungskabel verbunden. Da die Maschine zur ausserordentlichen Erhöhung des Nutzeffektes anstatt der

üblichen zwei magnetischen Felder oder Elektromagnete deren vier besitzt, nennt man dieselbe vierpolige Maschine, die eine der Anzahl der Elektromagnete entsprechende Zahl von Bürstengruppen hat, wobei die gleichnamigen parallel geschaltet werden. Häufig werden indessen für solche Maschinen auch nur zwei Bürstengruppen verwendet, indem man die symmetrisch zum magnetischen Feld (Pol) liegenden Ankerspulen oder die an diese anschliessenden Kommutatorlamellen parallel schaltet, also die gleichnamigen einander gegenüber anordnet. Von der Bürstenbrücke (Bürstenhalter) führen die beiden Kabel zu den auf dem gusseisernen Gestell lagernden Klemmen, von denen sodann die Hauptleitung abzweigt. Die Elektromagnete bestehen aus weichen Eisenkernen, die systematisch derart bewickelt sind, dass sich die beiden gleichnamigen diametral gegenüberliegen.

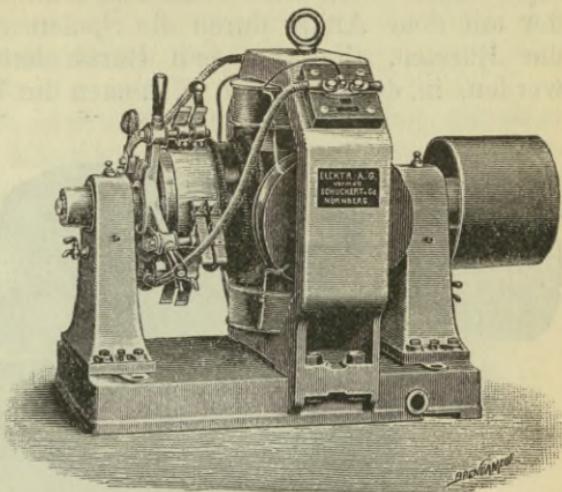


Fig. 18.

Wegen der stabilen Form und des geringen Kraftverbrauchs infolge sehr langsamen Ganges gehören die Schuckert'schen Dynamos zu den weit verbreitetsten Maschinen und sind sowohl bei Lichtanlagen, wie in galvanischen Anstalten ungewein häufig verwendet. Für beide Zwecke sind die Drahtwickelungen verschieden; für elektrisches Licht sind viele Windungen schwachen, für galvanostegische Zwecke hingegen wenige Windungen starken Drahtes nötig, denn im ersteren Falle ist immer eine höhere Spannung erforderlich, wie im letzteren.

Die beiden Elektromagnete können jedoch auch seitlich des Induktors angeordnet werden, wie z. B. bei der Maschine von F. Kröttlinger in Wien VII (Fig. 19) und es entsteht auf diese Weise der vielfach angewandte Hufeisenmagnet, den u. a. auch die Firma Siemens & Halske in Berlin bei der Konstruktion ihrer Maschinen benutzt.

Die Illustration der Kröttlinger-Dynamo zeigt die gusseiserne Fussplatte, auf der die beiden Elektromagnete montiert sind, die am oberen Ende in halbrunde Form auslaufen und den Anker teilweise umschliessen. Auf dem Kollektor, der mit dem Anker durch die Spulen verbunden ist, schleifen die Bürsten, die von dem Bürstenhalter (Brücke) getragen werden, in dessen beiden Klemmen die Wickelung der Elektro-

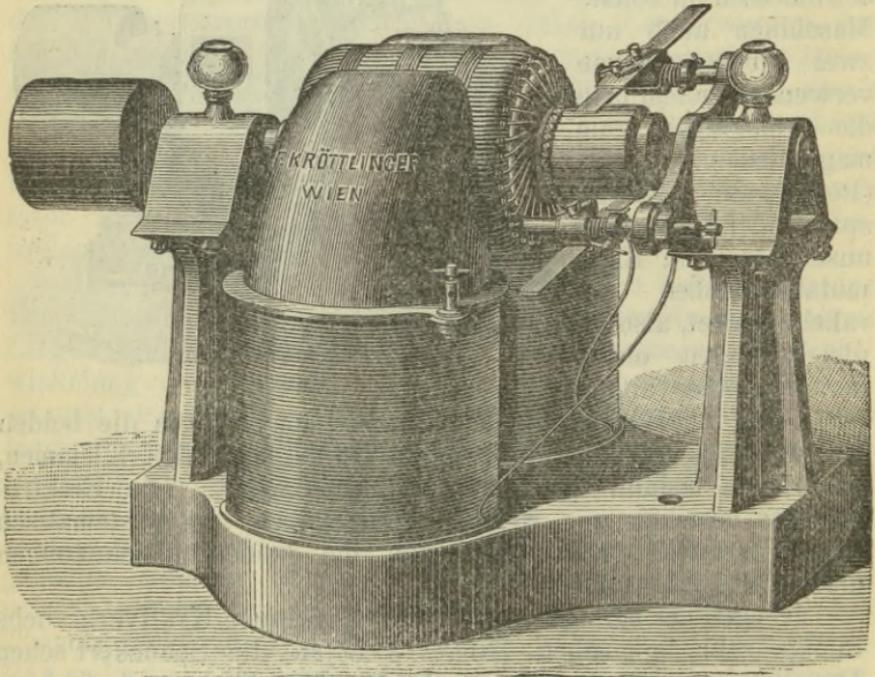


Fig. 19.

magnete endet. Die Lagerböcke, die in den Lagern die Ankerwelle tragen, sind mit der Fussplatte in einem Stück gegossen. Diese sehr bekannte Maschine zeichnet sich durch gefällige Form, Dauerhaftigkeit und gleichmässigen, fast funkenlosen Gang aus. Die Dynamo ist als Nebenschlussmaschine gebaut, der Strom geht aus dem Anker zum grösseren Teil von den Bürsten in die Leitung, während der kleinere Teil die Elektromagnete erregt. Der Trommelanker dieser Maschine besteht aus einer Anzahl schmiedeeiserner Eisenblechscheiben, die auf der Welle aneinander gereiht und mit starkem Kupferdraht bewickelt sind.

Diese Trommelform des Induktors, die v. Heffner-Alteneck von der Firma Siemens & Halske in Berlin erfunden, wird bezüglich der Herstellung des Kerns und der Wickelung in verschiedenen Variationen fabriziert; überhaupt hat fast jede Fabrik ihr eigenes System der Wickelung und der Konstruktion des Ankers, wobei entweder an den Ring- oder an den Trommelinduktor angelehnt wird.

Zu den Firmen, die gleichfalls letzteren Induktor bei dem Bau ganz vorzüglicher Maschinen annahmen, gehören auch die Deutschen Elektrizitäts-Werke in Aachen (Garbe, Lahmeyer & Co.).

Die Maschinen genannter Firma, (Fig. 20) „System Lahmeyer“, erfreuen sich grosser Beliebtheit, was am besten für die Güte derselben spricht.

Bei dem Trommelanker ist der Kern gleichfalls aus geschmiedeten Eisenscheiben hergestellt, die gegenseitig durch Papier isoliert sind. Die Wickelung ist dieser Anordnung angepasst und durch mehrere Blechstreifen gegen Schädigung geschützt. Das Gerippe der Maschine ist gleichfalls aus einem Stück gegossen und zwar, wie Fig. 21 zeigt, sind hierbei die beiden Elektro-Magnet-Kerne KK^1 seitlich des Ankers gegenüberstehend angeordnet, sodass die an den Polen $N S$ austretenden Kraftlinien fast verlustlos auf den Anker konzentriert werden.

Zur Erklärung des

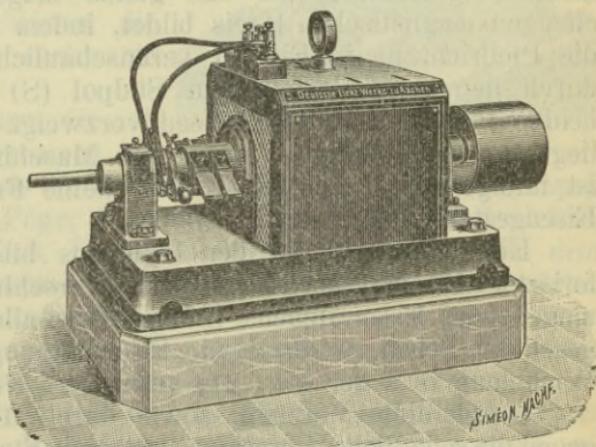


Fig. 20.

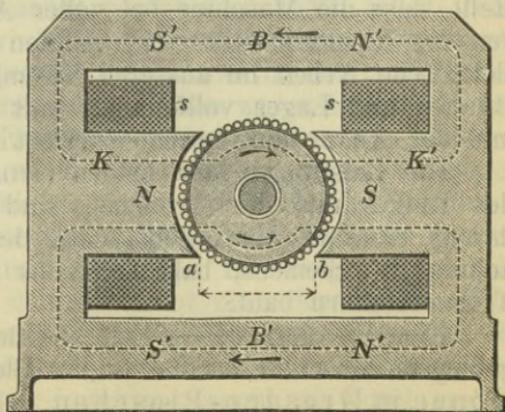


Fig. 21.

Ausdruckes „Kraftlinien“ sei bemerkt, dass man sich hierunter diejenigen Linien zu denken hat, die der am Nordpol (+) ausströmende Magnetismus auf seinem Wege zum Südpol (—) beschreibt. Ein gerader Magnetstab würde die Kraftlinien als Kurven besitzen, die von dem Nordpol zum Südpol gehen.

Diese Kraftlinien möglichst vollständig dem Anker zuzuführen, ist durch die verschiedenartigsten Systeme angestrebt worden und bei der Lahmeyer-Maschine ist dies soweit vervollkommen, dass nur 5 % der Kraftlinien verloren gehen. Durch die Konstruktion des Gestelles ist dieses Bestreben noch insofern gefördert, als das ganze magnetische Feld einen einzigen magnetischen Kreis bildet, indem die Kraftlinien, wie die Pfeilrichtung in Fig. 21 veranschaulicht, vom Nordpol (N) durch den Anker nach dem Südpol (S) laufen und in den beiden Platten BB¹ rückleitend verzweigt werden, und hierin liegt der augenfällige Vorzug der Maschine. Der Nutzeffekt ist infolge des kompakten, durch keine Fugen unterbrochenen Eisengestells sehr hoch.

Eine Neuerung an den Dynamos bildet der mittels perforierter Eisenplatten hergestellte Verschluss des die Spulen umgebenden Eisenrahmens, infolgedessen alle empfindlichen Teile geschützt liegen, wodurch die Beschädigung der Isolierung der Wickelung (s s der Fig. 21) verhindert wird.

Durch diese Vorzüge, sowie durch die ausserordentliche, gegen die schädliche Vibration schützende Stabilität der Maschine, durch den nahezu funkenlosen Gang und die Einfachheit der Konstruktion dürfte die Lahmeyer-Dynamo zur Zeit zu den besten Modellen zählen. Professor Kohlrausch hat festgestellt, dass die Maschine bei voller Arbeit mehr als 80 % der von der Riemenscheibe verbrauchten mechanischen Arbeit als elektrische Arbeit im äusseren Stromkreise wiedergibt, wobei Bürsten und Lager vollkommen kalt bleiben und die Schenkel und der Anker nur normal erwärmt werden.

Die Leistungen der beiden Grundsysteme des Induktors, des Ringes und der Trommel, sind ganz gleich, was schon daraus eklatant hervorgeht, dass der Erfinder des Trommelankers, W. Siemens, bald Dynamos mit Ringankern, bald mit Trommelankern baut.

Eine in allerneuester Zeit auf den Markt gekommene sehr gediegene Maschine ist die von der Flusstahlfabrik von Robert Ebner in Dresden-Pieschen gebaute, die sich hauptsächlich durch die Verwendung eines besondern Eisengusses für die

Magnete und einer sehr widerstandsfähigen Metallkomposition für den Kollektor erfolgreich ausgezeichnet. Ein Auswechseln der Segmente ist ganz ausgeschlossen, da sich diese niemals abnutzen. Auch bei dieser solid gebauten Maschine (Fig. 22) ist der Trommelanker angewendet, die Magnete sind praktisch an die Lagerarme angegossen, und die beliebige Lockerung des Treibriemens kann durch die Spindel bewirkt werden, die auf den beiden Gleitschienen die Maschine vor- und rückwärts bewegen kann.

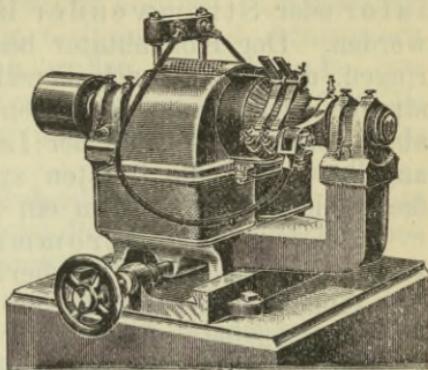


Fig. 22.

Von anderen Firmen, die sich mit dem Bau von Dynamos be-

fassen, sind besonders C. u. E. Fein, Stuttgart, Alwin Hempel, Dresden, Hermann Pöge, Chemnitz, Aktiengesellschaft Helios, Köln, Maschinenfabrik Esslingen, und die speziell auf dem Gebiete des Dynamomaschinenbaues bedeutende Firma Gebr. Naglo, Berlin, hervorzuheben.

Die Erregung und der Lauf des Stromes in den Dynamomaschinen geschieht folgendermassen:

Wir erinnern uns, dass in dem Kapitel „Induktion“ erklärt wurde, dass, wenn die beiden Drahtspulen einander rasch genähert und wieder entfernt werden, die Hauptspule in der benachbarten einen neuen Strom induziert. Ferner ist erinnerlich, dass ein weicher Eisenkern, der regelmässig, wie beschrieben, umwickelt ist, einen schwachen Strom zurückhält, selbst wenn er sich in vollkommener Ruhe befindet. Dieser sogenannte remanente Magnetismus genügt jedoch, um in dem rotierenden Anker gleichfalls einen schwachen Strom zu erzeugen. Dieser wirkt wiederum auf die Elektromagnete, diese wieder auf den Anker und so fort, so dass mit der Schnelligkeit der Umdrehungen die Stärke des Stromes bis zu einem durch die Induktion bedingten Grade wächst. Bei der halben Umdrehung des Ankers ändert sich aber der Strom in seiner Richtung, d. h. bald positiv, bald negativ, und deshalb nennt man diese Art von Maschinen Wechselstrommaschinen. Der Ausdruck dynamoelektrische Maschine oder kurz Dynamo ist darauf begründet, dass das Prinzip derselben auf der Induktion beruht, die durch mechanische (dynamische) Kraft (die Rotation) unterhalten wird.

Der in obiger Maschine entstehende Strom kann durch eine Gleichstrommaschine erzeugt werden oder durch Selbsterregung, und die Wechselströme können durch den Kommutator oder Stromwender in gleichgerichtete verwandelt werden. Der Kommutator besteht aus zwei metallenen Halbringen, die durch eine Isolierschicht getrennt sind; zwei Metallstreifen oder Bürsten schleifen auf ihnen und leiten die Ströme ab. Anfang und Ende der Leitung sind an dem Kommutator angelötet, und die Bürsten springen in dem Augenblick über die Isolierschicht, in dem ein Stromwechsel stattfindet.

Bei den Gleichstrommaschinen werden selbst Ströme von stets gleicher Richtung hervorgerufen, die unmittelbar durch den Kollektor den auf diesem schleifenden Bürsten und sodann dem Leitungsnetz durch zwei mit den Kollektorbürsten verbundenen Leitungsdrähten zugeführt werden.

Bei den Innenpol-Maschinen wird das magnetische Feld durch mehrere, aus einem Stück gegossene feststehende Eisenkerne gebildet, die, wie bei den vorher beschriebenen Maschinen, umwickelt sind. Um dieses Feld rotiert ein flacher Ringanker, der aus gut isolierten Eisenblechstreifen besteht, die durch Bolzen zusammengehalten werden. Es ist klar, dass durch die Ausdehnung des Ringinduktors solche Maschinen einen bedeutenden Umfang erreichen, und deshalb werden sie nur für grosse Anlagen oder Zentralen benutzt. Einen grossen Vorteil besitzen die Maschinen auch darin, dass der Stromabgeber weggelassen werden kann. Die Berliner Elektrizitätswerke verwenden z. B. in ihrer Zentrale Dynamos, die anstatt der isolierten Kupferdrahtwicklung blanke Kupferstreifen für die Bewickelung des Ankers besitzen. Diese Streifen sind gegenseitig isoliert, und die Bürsten schleifen unmittelbar auf ihnen, sodass die Stromentnahme direkt vom Induktor aus geschieht. Die Anordnung des Ankers und der Elektromagnete ist also hier die umgekehrte, wie bei den eben erläuterten Maschinen.

Wenn man auf eine Magnetnadel den Strom einer Gleichstrommaschine einwirken lässt, so bleibt dieselbe in ihrer Ruhe verharren, bei der Einwirkung eines Wechselstromes wird sie indes in vibrierende Bewegung geraten, bei mehreren Wechselströmen in lebhaftere Rotation. Ströme, welche den letzteren Fall hervorrufen, nennt man Drehströme und Dynamos, die mehrere Wechselströme erzeugen: Drehstrommaschinen, die eine grosse Zukunft vor sich haben.

Im Gegensatz zu den bisher ins Auge gefassten dynamoelektrischen Maschinen stehen die magnetelektrischen, die an Stelle der unwickelten weichen Eisenkerne permanente Stahlmagnete ohne Bewickelung zur Erregung besitzen. Da dieselben indessen nur noch sehr selten in Gebrauch sind, können wir darüber hinweggehen. Bemerken wollen wir, dass bis zur epochemachenden Entdeckung Werner Siemens', der 1866 die erste Dynamomaschine baute, nur magnetelektrische Maschinen bekannt waren.

Ebenso wie der Strom galvanischer Elemente durch Schaltung beliebig verändert werden kann, so ist dies auch bei den Dynamos der Fall. Ist eine bestimmte Stromstärke erforderlich, so muss der Strom vom Anker ausgehend erst die Magnete und dann den äusseren Stromkreis, also das Leitungsnetz in gleicher Stärke durchfliessen, bei offenem Stromkreis findet hierbei keine Erregung statt. Diese Hauptstrom-, Serien- oder direkte Schaltung wird fast nur für hintereinander geschaltete Bogenlampen und Kraftübertragung gewählt, und man bezeichnet diese, auf diesem Prinzip gebauten Maschinen als „reine Dynamos“.

Bei der Nebenschlussmaschine geht der Strom von den Bürsten so ab, dass er durch den äusseren Stromkreis wieder in dieselben zurückkehrt, ein kleiner Teil dieses Hauptstromes speist durch viele dünne Umwickelungen die Magnete, und diese Abzweigung von dem Hauptstrom nennt man den Nebenschluss, weil dieselbe neben der Hauptleitung angeschlossen ist. Während also der Stromlauf in der Hauptschlussmaschine ist: + Bürste, äussere Leitung, Elektromagnete, — Bürste, muss dieselbe in der Nebenschlussmaschine sein: positiver Pol (Bürste), Hauptleitung, negativer Pol (Bürste), von hier Abzweigung: Elektromagnete, + Pol. In der Nebenschlussabzweigung ist stets ein Stromregulator eingeschaltet, um den Widerstand bzw. die Klemmenspannung der Maschine stets regulieren zu können, da dieselbe für konstante Spannung bei variabler Stromstärke, z. B. für Glühlichtbeleuchtung, gemischte Anlagen, d. h. Glüh- und Bogenlicht, Laden von Akkumulatoren und galvanische Metallniederschläge berechnet ist. Ein grosser Vorteil dieser Maschine besteht darin, dass sie bei kurzem Schluss stromlos ist, was sie speziell für das Laden von Akkumulatoren ganz unentbehrlich macht, wie wir noch später sehen werden.

Die dritte Schaltung ist die Verbund-, gemischte, Gleichspannung- oder Compound-Schaltung. Diese be-

zweckt die Ersetzung der mechanischen Regulierung durch eine selbstthätige, hauptsächlich aber eine konstante Klemmenspannung selbst bei Aenderung der Tourenzahl und der Stromstärke. Dies wurde durch Kombination der eben beschriebenen beiden Schaltungen zu einer zu erreichen gesucht. Die Magnete haben also eine Wickelung dicken kurzen und eine dünnen langen Drahtes. Gut ist es, wenn zur Fürsorge bei Schwankungen ein Regulator, wie bei der Nebenschlussmaschine, eingeschaltet ist. Compoundmaschinen werden viel zu Kraftübertragung, Glühlicht und gemischter Beleuchtung verwendet.

Transformatoren.

Um an einer, von der Stromerzeugungsstelle weit entfernten Stelle elektrische Energie zu erhalten, also Beleuchtung, Kraftübertragung u. s. w. zu installieren, würden oft nicht allein die langen Drahtleitungen von der bedingten Stärke den Nutzen solcher Anlagen illusorisch machen, sondern es würden auch häufig lokale Schwierigkeiten die Leitungsanlage sehr erschweren. Man benutzt daher, von der stromerzeugenden Maschine ausgehend, entsprechend viele dünne Leitungsdrähte bis zur Arbeitsstelle. Da aber diese hochgespannten Ströme nicht für Beleuchtung u. s. w. geeignet sind, so müssen sie in solche von niedrigerer Spannung umgewandelt, transformiert werden. Hierzu sind elektrische Maschinen erforderlich, die Gleich- oder Wechselstrommaschinen sein können. Der Wechselstromtransformator ist nichts weiter, wie ein einfacher Induktionsapparat mit primärer und sekundärer Spule, die, um die Induktionswirkung zu erhöhen, mit einer, mit Draht bewickelten Eisenarmierung versehen ist. Die primäre Spule nimmt den von der Stromquelle ankommenden Strom auf und muss infolgedessen mit vielen Windungen dünnen Drahtes umwickelt sein, sie induziert in der sekundären Spule einen zweiten Strom, der infolge der Umwicklung dieser Spule mit wenigen Windungen dicken Drahtes den empfangenen hochgespannten Strom in einen solchen von niedrigerer, dem Zweck dienlichen Spannung umwandelt.

Bei grösseren Anlagen sind je nach der Anzahl der Lampen oder der Arbeitspunkte mehrere Transformatoren erforderlich, die entweder hintereinander oder parallel geschaltet werden. Bei letzterer Schaltung, welche die gebräuchliche ist, werden die gleichnamigen² Spulen untereinander verbunden oder einzelne Transformatoren zu kleinen Gruppen.

Am bekanntesten sind die von der Firma Ganz & Co. in Budapest gebauten Zipernowsky-Déri-Blatty-Transformatoren, welche neben denen von Gaulard & Hybbs gebauten vorzüglich verwendet werden.

Der Gleichstrom- Transformator besteht aus zwei Gleichstrommaschinen, von denen die eine den hergeleiteten Strom aufnimmt und als Elektromotor die andere Maschine in Bewegung setzt, die sodann den Strom für die Leitung erzeugt. Wir kommen auf diese interessante Thätigkeit der ersten Maschine bei dem Kapitel „Elektromotoren“ ausführlich zu sprechen. Wickelt man den Anker einer Gleichstrommaschine abwechselnd mit starkem und schwachem Draht, so genügt diese eine Maschine als Transformator, da die dünne Wickelung den Strom aufnimmt, während die dicke ihn weitergiebt. Transformatoren sind nicht allein bei jeder Fernleitung unentbehrlich, sondern auf ihnen basiert auch das elektrische Schweiss-, Schmelz- und Lötverfahren, Arbeitsübertragung u. v. a. Es sind also äusserst wichtige Faktoren in der Elektrotechnik.

Akkumulatoren.

Nachdem wir soeben die Stromumwandler kennen gelernt haben, wollen wir in folgendem die Stromsammler erläutern, die gleichfalls in der Elektrotechnik von grosser Wichtigkeit sind. Zum besseren Verständnis wollen wir einen solchen nach Plante zusammen bauen. Zwei 1 mm starke Bleiplatten schneidet man so aus, dass an dem einen der vier Winkel ein etwa 10 mm breiter und 10 cm langer Streifen stehen bleibt, der den Pol der Platte bildet. Die beiden Platten werden derart übereinander gelegt, dass beide Polstreifen nach einer Seite, jedoch an den beiden entgegengesetzten Ecken zu liegen kommen. Um die Platten von einander zu isolieren und einen gleichmässigen Zwischenraum zu lassen, legt man Gummistreifen dazwischen und rollt nun die beiden Platten spiralförmig zusammen, so dass der eine Polstreifen den inneren Anfang, der andere jedoch das äussere Ende bildet. Den entstandenen Bleizylinder stellt man in ein Glasgefäss, das verdünnte Schwefelsäure enthält. Dasselbe wird darauf verkittet, so dass nur zwei kleine Oeffnungen zum Nachfüllen der Säure bleiben. Der Deckel des Gefässes trägt zwei Klemmen, welche die Verbindung mit der Stromquelle und den Bleiplatten herstellen. Sobald der Akkumulator mit

einer Stromquelle (Dynamo, galvanischer Batterie) verbunden wird, bildet sich in demselben Bleisuperoxyd. Die mit dem positiven Pol verbundene Platte überzieht sich allmählich mit einem braunen Ueberzug, während die mit dem negativen Pol verbundene die Oberfläche des reinen Bleies behält. Sobald sich an der braunen, also positiven Bleiplatte Gasbläschen zeigen, hört man mit dem Einleiten des Stromes, dem Laden, auf; es ist jedoch gut, lieber kräftiger, wie zu schwach zu laden. An Stelle dieser beiden Bleiplatten (auch Elektroden genannt) kann man auch eine grössere Anzahl verwenden, oder man biegt die Platten U-förmig, und stellt sie gegenseitig so ineinander, dass immer eine positive zwischen zwei negativen zu stehen kommt. Natürlich müssen die Platten gegenseitig isoliert und untereinander verbunden sein. Eine solches Gefäss mit Bleiplatten und Säurefüllung nennt man anstatt Akkumulator auch nur Zelle oder Sekundärelement. Schaltet man mehrere zusammen, so entsteht, ganz wie bei den galvanischen Elementen, eine Batterie. Fast jede Fabrik baut ihre Zellen nach ander-

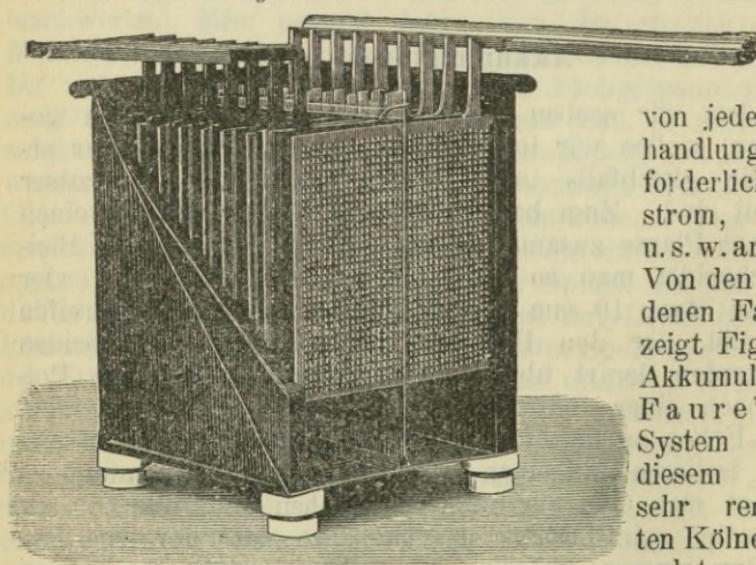


Fig. 23.

rer Kon-
struktion
und wird

von jeder die Be-
handlung, der er-
forderliche Lade-
strom, Füllung
u. s. w. angegeben.
Von den verschiede-
nen Fabrikaten
zeigt Fig. 23 den
Akkumulator nach
Faure'schem
System der auf
diesem Gebiete
sehr renommier-
ten Kölner Akku-
mulatoren-Werke
Gottfr. Hagen

in Kalk. Die Illustration zeigt dies Sekundärelement in schräg durchschnitener Form. An die Längswände der Zelle werden Stützplatten mit Nuten gestellt, die genau die innere Länge der Zelle besitzen. Die Nuten sind nicht bis zum Boden der Zelle durchgeführt, sondern endigen ca. 75 mm über dem-

selben in horizontalen Flächen, sodass die in diese Nuten eingeschobenen Elektroden zwischen sich nur senkrechte Flächen haben, an denen ein Ansetzen hineinfallender oder sich etwa ablösender Teilchen ausgeschlossen ist, während unter ihnen ein 75 mm hoher freier Raum ist, der diese Teilchen lange Jahre aufnehmen kann, sodass ein Kurzschluss durch dieselben vollständig ausgeschlossen ist. Es ist diese Bauart ein grosser Vorzug gegenüber manchen anderen Konstruktionen. Unter Kurzschluss bei Akkumulatoren versteht man die Verbindung eines Plattensystems mit dem anderen durch fremde Körper, wodurch der elektrische Strom von einem Plattensystem zu einem entgegengesetzten gelangt, ohne die Säure zu berühren. Eine kurzgeschlossene Zelle ist dadurch leicht erkenntlich, dass sie keine oder nur sehr wenig Gase entwickelt, wenn alle anderen Zellen am Schlusse der Ladung schon heftig gasen. Solche Zellen sind sofort durch Reserven zu ersetzen, zu reinigen und kräftig von neuem zu laden, bis sie sich im gleichen Zustande wie die anderen befinden.

Während nun die Nuten für die negativen Platten nur so tief sind, dass diese gerade bequem hineinzuschieben gehen, sind diejenigen für die positiven Platten erheblich tiefer, sodass diese in der Mitte der Zelle nach beiden Seiten hin frei stehen. Die Folge davon ist, dass die Positiven sich im Betriebe frei ausdehnen können, und ein Werfen der Platten durch dieses stets auftretende sogenannte Wachsen ausgeschlossen ist. Damit schliesslich beim Montieren die Positiven genau in der Mitte der Zelle den Negativen gegenüber gesetzt werden müssen, ist der Boden der Nuten für die Positiven, soweit er über die Plattenlänge hinausgeht, abgeschrägt, sodass die Platten beim Einsetzen von selbst in die richtige Lage gleiten. Die Platten sind Bleigitter, die aus zwei Hälften mit nach aussen stärker werdenden Rippen bestehen. Die beiden Hälften decken sich völlig, liegen aber nicht dicht aufeinander, sondern sind durch einen freien Raum von einander getrennt und nur durch kleine Stege an den Kreuzungspunkten der Rippen und durch einen festen Rahmen miteinander verbunden. Es wird hierdurch ausser dem festen Halt der in den Kästchen des Gitters befindlichen Füllmasse erreicht, dass diese ein einziges Stück bildet und hierdurch der Halt verstärkt und ungleiches Arbeiten der einzelnen Teile und damit ein Werfen der Platten ausgeschlossen ist.

Ausser diesem ganz vortrefflich arbeitenden Sekundärelement sind noch die Akkumulatoren von de Khotinsky in Amster-

dam, der Akkumulatorenwerke, System Pollak, in Frankfurt a. M., der Tudor-Akkumulator der Akkumulatoren-Werke in Hagen i. W., der Mulden-Akkumulator von Lehmann & Mann in Berlin und auch besonders der Correns-Akkumulator von E. v. Winterfeld in Charlottenburg hervorzuheben.

Der Zweck der Akkumulatoren ist vornehmlich die volle Ausnutzung der elektrischen Maschine oder der galvanischen Elemente, indem zu Zeiten, wo dieselben nur schwachen Strom liefern, das Laden der Sekundärelemente vor sich gehen und der Strom in ihnen bis zur geeigneten Zeit aufgespeichert werden kann, wo er dann die Maschine oder die galvanischen Elemente unterstützt. Dieser gesammelte Strom liefert bei momentaner Betriebsunfähigkeit der Maschine den Strom allein, der unregelmässige Gang der Maschine wird ausgeglichen, was namentlich beim Turbinenbetrieb unerlässlich ist, und man braucht bei Verwendung von galvanischen Elementen diese nicht ständig behufs Reinigung auseinander zu nehmen, sondern man lässt durch sie die Akkumulatoren im Tage laden; um dieselben abends zu benutzen, oder auch umgekehrt. Wo nur wenig elektrische Maschinenkraft vorhanden ist, sind diese Stromsampler ganz unentbehrlich; auch bei dem Elektromotorbetriebe haben sie eine bedeutende Zukunft.

Bei dem Laden muss man genau beobachten, wann genügend Elektrizität in den Zellen aufgespeichert ist. Man benutzt, um dies sicher zu erkennen, die nötigen Messinstrumente (Aräometer). Eine kräftige Gasentwicklung zeigt an, dass die Ladung stark genug ist. Es ist besser, stärker zu laden, wie zu schwach; letzteres ist schädlich, ersteres nicht. Auch muss sorgfältig bei Akkumulatoren Kurzschluss vermieden werden, der furchtbar zerstörend wirkt. Man untersucht täglich mittels eines Voltmeters, der noch 0,1 Volt richtig zeigt, oder einer kleinen Glühlampe, die bei 2 Volt oder besser 1,85 Volt noch hell leuchtet, jede einzelne Zelle; bei grossen Anlagen nimmt man jeden Tag einen Teil derselben vor. Alle Zellen, die kein lebhaftes Funkensprühen bei momentanem Kurzschluss mittels eines Stückchen Kupferdrahtes zeigen, sind zu entfernen. Zwischen den Bleiplatten muss gut nachgesehen werden, ob nicht fremde Körper dazwischen gekommen sind, die man entfernen muss. Das Füllen der Gefässe darf erst unmittelbar vor beginnender Ladung geschehen, die in allen Zellen zugleich erfolgen soll. Die verdünnte Schwefelsäure

muss unbedingt chemisch rein und garantiert frei von allen Beimischungen oder fremden Körpern sein.

Das Laden der Akkumulatoren mit galvanischen Elementen muss mit solchen geschehen, die einen ziemlich kräftigen und konstanten Strom liefern, damit die Säule nicht zu gross wird. Es ist gut, wenn die Spannung der Säule derjenigen der Akkumulatoren über ist, wenn z. B. die Klemmenspannung der letzteren 2 V beträgt, soll die der ladenden Batterie mindestens bei z. B. 8 hintereinander geschalteten Zellen 20—25 V betragen, da die 8 Zellen à 2 V = 16 V elektromotorische Kraft ergeben. Hätten wir aber nur eine von 6 V, so müssten die Akkumulatoren nebeneinander geschaltet werden, und zwar so, dass die Spannung dann etwa nur 4 V beträgt, also 2 hintereinander und die 4 entstehenden Säulen nebeneinander.

Sollen die Zellen mittels einer Dynamomaschine geladen werden, so benutzt man mit Vorteil die Nebenschlussmaschine, die zur Regulierung einen Stromregulator (Widerstand) im Nebenschluss hat, da andernfalls die Isolierung des Ankers durch Kurzschluss verbrennen könnte. Auch die Umdrehungsgeschwindigkeit muss gleichmässig bleiben, da sich infolge nachlassender Geschwindigkeit die Akkumulatoren leicht entladen können. Die Maschine darf auch erst abgestellt werden, wenn die Batterie schon ausgeschaltet ist, da sonst eine sofortige Entladung stattfinden würde. Auch bei den Dynamos muss die Klemmenspannung höher sein, wie bei den Akkumulatoren, und man kann dies leicht berechnen, wenn man die hintereinander geschalteten Zellen mit ihrer Spannung, die ungefähr 2,5 V beträgt, multipliziert. Die Summe der elektromotorischen Kraft muss dann von derjenigen der speisenden Maschine überschritten werden, was die Messapparate leicht konstatieren.

Während beim Laden der Zellen die Spannung nach Vollendung derselben bis 2,7 V beträgt, soll beim Entladen die Klemmenspannung nicht unter 1,85 V sinken, da sonst die Zellen zu sehr erschöpft und abgenutzt werden. Das spezifische Gewicht der Füllung der Zellen soll bei der Entladung 1,125 betragen, und man kann hieran erkennen, dass die Entladung regelmässig von statten geht. Die elektromotorische Kraft sinkt beim Entladen nur nach und nach, und um eine Konstanz zu behalten, reguliert man durch den Stromregulator oder schaltet neue Zellen durch den Zellschalter ein.

Um nicht durch Laden mit zu starkem Strome oder durch zu reichliches Entladen die Platten zu zerstören, muss jeder

der beiden Vorgänge genau kontrolliert und beobachtet werden. Bei längerer Ruhe einer Akkumulatorenbatterie muss dieselbe stets gesättigt geladen werden, um die Zellen schadlos zu halten. Dasselbe gilt bei allen Reservezellen, deren man immer mehrere zur Hand haben soll.

Zu den besonderen Vorteilen der Akkumulatoren gehört auch deren absolute Betriebssicherheit. Eine Maschine kann warmlaufen, ein Riemen reißen, eine Dampfleitung oder ein Ventil undicht werden, alles Gründe, die zu einem plötzlichen Stillstand des Betriebes zwingen; — ein Akkumulator hingegen kann nie plötzlich versagen. Bedenkt man, welche entsetzlichen Folgen das plötzliche Erlöschen des Lichtes in einem Theater, Konzertsaal u. s. w. haben kann, so wird man es erklärlich finden, dass für solche Etablissements die Aufstellung von Akkumulatoren in allen Fällen geboten erscheint. Der Akkumulator ist stets betriebsbereit und kann das Doppelte und Vielfache seiner normalen Leistung, ohne Schaden zu nehmen, auf kurze Zeit hergeben. Dieses Eintreten der Akkumulatoren beim Versagen der Maschine tritt bei Parallelschaltung von Dynamo und Batterie absolut automatisch ein.

Der Akkumulator ist das einzige Mittel zum bequemen Transport elektrischer Energie ohne jede Leitung. Die tragbaren Lampen sind also nur in Verbindung mit dem Akkumulator denkbar. Der Akkumulator bietet auch die alleinige Möglichkeit, die mancherlei Gefahren, welche die elektrischen Leitungsdrähte an öffentlichen Strassen und Plätzen für Unberufene in sich birgt, zu verhindern, und nach der Ansicht vieler ist die mit Akkumulatoren betriebene Trambahn die Lokalbahn der Zukunft.

Nachdem wir nun in den vorhergehenden Kapiteln die Entstehung und Wirkung des elektrischen Stromes in allen seinen Quellen und Arten eingehend kennen gelernt haben, wollen wir nun das grossartige Gebiet seiner praktischen Nutzbarmachung beschreiten.



Praktischer Teil.

Die elektrische Beleuchtung und deren Installation.

Die Bogenlampen.

1. Entstehung des Bogenlichtes. Es ist bereits darauf hingewiesen worden, dass Licht nichts weiter ist, wie sichtbare, also sehr verstärkte Wärme, und die Bogenlampe zeigt uns dies praktisch. Wenn wir nämlich die Enden zweier Leitungsdrähte eines elektrischen Stromes mit sich einander gegenüber stehenden Kohlenspitzen (Fig. 24) versehen, so wird, wenn der Stromkreis geschlossen ist, ein Glühen derselben stattfinden, das beim Entfernen der beiden Spitzen in ein intensives Leuchten übergeht. Bekanntlich muss der elektrische Strom einen Widerstand bei dem Durchgange durch einen Leiter überwinden, er muss also Arbeit leisten, welche immer derjenigen im Werte gleich ist, die zu seiner Erzeugung aufgewandt worden ist. Den sichtbaren Erfolg dieser Arbeit zeigt uns diese wahrnehmbare Wärme, — das elektrische Licht. Der elektrische Strom ist im stande, die kleinsten Teilchen eines Körpers, die Moleküle, in heftige Schwingungen zu versetzen. Diese Schwingungen geschehen um die eigene Gleichgewichtslage jedes einzelnen Moleküls, sodass diese Körperteilchen in keinem anderen Zusammenhange stehen, als wie durch den Aether, dem ungemein feinen Stoffe, der die losesten, wie die festesten Körper bis in ihre Atome (die durch chemische Mittel zersetzten Moleküle) durchdringt. Durch diese Bewegung der Moleküle entsteht die Wärme, und zwar wird diese um so stärker, je höher der Widerstand ist, den der elektrische Strom überwinden muss, um einen Kreislauf zu bilden.

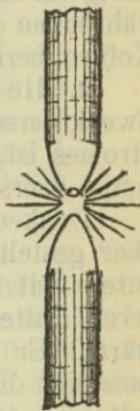


Fig. 24.

Da der Strom an den Kohlenspitzen einen solchen starken Widerstand findet, so versetzt er die Kohlenmoleküle in jene heftigen Schwingungen, wodurch ein Zwischenraum zwischen den beiden Spitzen entsteht, da der Strom in positiver Richtung die Teilchen fortreisst und andere verbrennen. Diesen Zwischenraum, über den die glühenden Teilchen gerissen werden, nennt man den Volta-Bogen.

Es ist klar, dass, wenn einzelne Teilchen von der positiven Kohle abgerissen werden und an der negativen verbrennen, sich die erstere kraterförmig aushöhlt, während letztere spitz bleibt. Hierdurch wird der Zwischenraum zwischen den Spitzen aber immer grösser, so dass derselbe schliesslich von dem Strom nicht mehr überbrückt werden kann, und das Glühen, die Schwingungen, — das Licht würde aufhören. Darum ist es notwendig, dass die beiden Spitzen einander derart genähert werden, dass, noch ehe die positive Kohle wieder soweit ausgebrannt ist, dass infolge ihrer Entfernung von der negativen das Licht verlöschen würde, bereits wieder eine Annäherung stattgefunden hat, und hierauf, auf dem Princip der fortwährenden Berührung bezw. Näherung und Entfernung der Kohlen beruht

2. die Konstruktion der Bogenlampe. Da also der Zweck derselben die Regulierung der Arbeit des elektrischen Stromes ist, so soll diese zum besseren Verständnis der Bogenlampe zuerst erklärt werden.

Denken wir die beiden Kohlenspitzen so einander gegenüber gestellt, dass die obere mit der Spitze nach unten, die untere mit der Spitze nach oben zeigt. Die obere Kohle oder deren Halter bewegt sich vermöge seines Gewichtes nach abwärts. Er ist mit dem Halter der unteren Kohle so verbunden, dass sich dieser zugleich nach oben bewegt. Der obere Kohlenhalter ist teilweise aus Eisen, welches durch den Strom einer Spule (Magnetismus) emporgezogen werden kann. Dies kann nun auf drei verschiedene Arten geschehen.

a. Die Hauptstromlampe. Dieselben lehnen sich in der Anordnung den Hauptstrommaschinen an, denn die emporziehende Spule liegt im Hauptstrom und besteht aus dickem, kurzem Draht. An dem positiven Pol der Spule tritt der Strom ein, durchfliesst dieselbe, wird durch einen Kontakt nach dem oberen Kohlenhalter geleitet, und tritt, nachdem er auch die obere und untere Kohle durchflossen hat, an der negativen Klemme der Lampe wieder heraus. Die Regulierung, die hierbei

nur auf konstante Stromstärke stattfindet und durch den Strom fast stets selbst in Thätigkeit gesetzt wird, ist nur für den Betrieb von Einzellicht, z. B. Scheinwerfer auf Leuchttürmen u. s. w. verwendbar, oder in seltenen Fällen für parallel geschaltete Bogenlampen.

b. Die Nebenschlusslampe. Diese Lampe ist in ihrer Konstruktion der vorigen ähnlich; die Spule liegt hingegen hierbei im Nebenschluss, d. h. es ist von der positiven zur negativen Klemme ein Stromkreis vom Hauptstrom abgezweigt, und dieser Draht ist um die Spule gewickelt (Fig. 25); der Hauptstrom geht also von der positiven Klemme durch beide Kohlen bis zum negativen Kohlenhalter, von diesem aber nicht, wie in der Hauptstromlampe, direkt durch die Spule, sondern der Kohlenhalter ist mit der negativen Klemme verbunden, und erst die erwähnte Zweigleitung umschliesst auf dem Wege vom positiven zum negativen Pol die Spule.

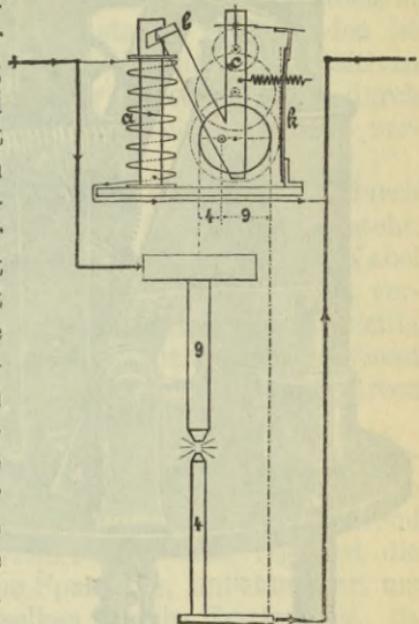


Fig. 25.

Um den Mechanismus dieser Lampe recht klar zu verstehen, wollen wir eine Nebenschlusslampe für Gleichstrom von Körting & Mathiesen, Leipzig-Leutzsch, die mit Recht einen grossen Ruf besitzen, an der Hand der Fig. 26 erklären.

Der Reguliermechanismus besteht aus einem Schwebemagnet a in Verbindung mit einem Laufwerk c, über dessen Rolle d eine Kette gelegt ist, die beide beweglichen Kohlenhalter trägt.

Beim Einschalten der Lampe müssen die Kohlenstifte ca. 5—10 mm Abstand haben. Es wird dann der Anker b in den seitlichen Einschnitt der Polschuhe des Magnetes a hineingezogen, und da das Laufwerk an der Drehung des Ankers teilnimmt, so werden die Kohlenstifte einander genähert. Sollten dieselben dabei noch nicht in Berührung kommen, so tritt das jetzt freigegebene Laufwerk durch das Übergewicht des oberen Kohlenhalters in Thätigkeit, bis die beiden Kohlenstifte zu-

sammenstossen. In diesem Moment ist Magnet a stromlos geworden, und die Feder e zieht den Anker b wieder zurück, wobei der Lichtbogen gebildet wird und der Anker sich auf

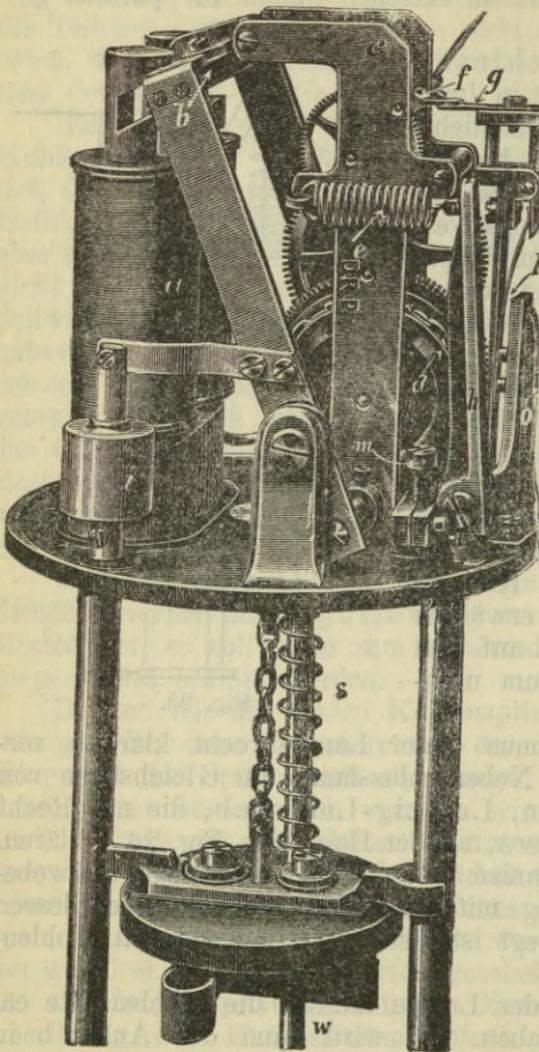


Fig. 26.

wobei die Produkte aus Hebellänge und Kohlengewichte (4 und 9 i) gleiche Grössen ergeben. Die Verhinderung eines übermässigen Anwachsens der Lichtbogenspannung durch die Erwärmung des Nebenschlussmagneten geschieht durch einen

Gleichgewicht zwischen magnetischer Anziehung und Zugkraft der Feder e einstellt. Der Nachschub der Kohlenstifte regelt sich in der Weise, dass der Anker b bei Maximalspannung k des Lichtbogens sich so einstellt, dass das Flügelrad f sich von der Anschlagzunge g abhebt, wodurch das Laufwerk eine langsame Annäherung der Kohlenstifte gestattet, die im nächsten Moment durch die Arretierung des Flügelrades wieder gehemmt wird.

Die Regulierung der Licht - Bogenspannung geschieht durch die Feder e, die mittels des Hebels h eingestellt wird. Der Luftdämpfer i mässigt die Bewegung des Ankers b. Die Kohlengewichts - Ausgleichung resultiert aus einem den Kohlengewichten entsprechenden Hebelverhältnis, das durch Fig. 25 veranschaulicht wird, und

Kompensationskörper*) k, der den Anschlagbock bildet. Dieser Körper besteht aus zwei Metallstreifen von verschiedenem Ausdehnungsvermögen, die so angeordnet sind, dass die im Werkraum der Lampe vorhandene Wärme den Körper derart durchbiegt, dass die Einstellung des Ankers b relativ**) unverändert bleibt. Durch die Anordnung des blanken Kabels s, welches spiralförmig um die Führungsstange w gewunden ist und das eine leitende Verbindung zwischen der positiven Klemme und dem oberen Kohlenhalter herstellt, sowie durch die Anwendung des unteren Kabels sind Schleifkontakte vermieden worden.

Der Hauptstrom tritt in die positive Klemme, die durch das Kabel s mit dem oberen Kohlenhalter in Verbindung steht, passiert den Lichtbogen und gelangt durch das zweite Kabel in den Lampenkörper, womit die negative Klemme direkt verbunden ist. Von der positiven Klemme teilt sich gleichzeitig der Zweigstrom ab, der die Nebenschlusswicklung durchfließt und dann ebenfalls durch den Lampenkörper zur negativen Klemme gelangt.

Die Regulierung der Lampe auf Lichtbogenspannung geschieht lediglich durch Einstellen der Feder e; das Anziehen der Feder durch den Hebel h erhöht die Spannung, während das Nachlassen derselben diese vermindert. Man reguliert die Lampe sofort auf die erforderliche Spannung, unbekümmert um ein nachheriges Anwachsen derselben durch Erwärmung, da dies der Kompensationskörper verhindert. Die Lampe eignet sich sowohl für Gruppenschaltung von 2—6 Stück in einer Reihe, wie auch für Parallelschaltung. Der untere, in der Abbildung fehlende Teil der Lampe besteht aus der Kabelverlängerung und dem unteren Kohlenhalter nebst den beiden Kohlen.

c. Die Differentillampe. Bei der Konstruktion der Differentillampe sind beide Spulen der vorher beschriebenen Lampen vereinigt, sodass eine solche mit dickem und eine mit dünnem Draht umwickelt ist. Letztere liegt im Nebenschluss, während erstere vom Hauptstrom durchflossen wird.

*) Kompensation bezeichnet in der Physik die Ausgleichung der Wirkung einer Kraft, die ohne dieselbe störend eingreifen würde.

**) Relativ ist der Gegensatz zum Absoluten, Thatsächlichen und bezeichnet nur etwas Bestimmtes im Verhältnis zu einem anderen Begriff, hier also bezieht sich die Einstellung des Ankers auf die Thätigkeit des Kompensationskörpers, von der sie abhängig ist.

Der Hauptstrom tritt nach Schema Fig. 27 rechts oben durch die positive Klemme in das Leitungskabel, das mit dem oberen Kohlenhalter in direkter Verbindung steht. Von hier aus fliesst der Strom durch die obere Kohle und den Lichtbogen zur unteren Kohle, von wo aus derselbe im Lampenkörper in die mit dickem Draht umspinnene Spule und von dieser in die negative Klemme links oben gelangt. Von der positiven Klemme teilt sich gleichzeitig der Nebenstrom ab, der die dünne Wicklung durchfliesst, und tritt dann ebenfalls in den Lampenkörper, um sich hier wieder mit dem Hauptstrom zu vereinigen und mit ihm durch die dicke Wicklung zur negativen Klemme zu gelangen.

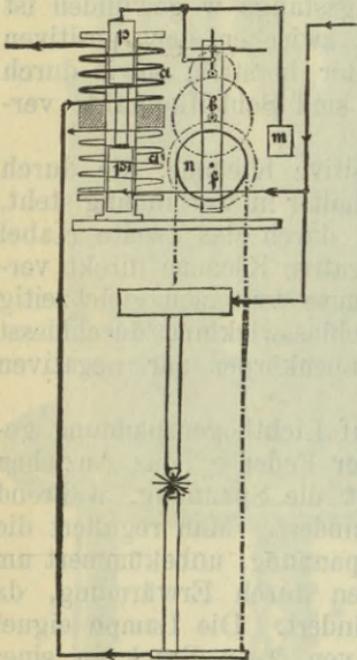


Fig. 27.

Das Prinzip der Differentiallampe ist kurz folgendes: Die beiden Spulen ruhen auf einem gemeinsamen Eisenkern, auf den sie infolge ihrer verschiedenartigen Wicklung entgegengesetzt einwirken, und zwar ist die Hauptstromspule a infolge ihres geringen Widerstandes bestrebt, den Lichtbogen zwischen den Kohlen spitzen zu vergrössern, während die Nebenschlusspule a¹ vermöge ihres hohen Widerstandes denselben zu ver-

kleinern sucht. Bei normalem, d. h. für den Betrieb der Bogenlampe vorgeschriebenem Strome bleibt der Lichtbogen genau gleichmässig, während bei der kleinsten Aenderung eine Spule die andere an Effekt überholen würde, und dieses Verhältnis ist zur Regulierung vorteilhaft ausgenutzt. Wenn durch Abbrennen der Kohlen der Lichtbogen grösser wird, so entsteht auch, wie schon zu Beginn dieses Kapitels erklärt wurde, ein grösserer Widerstand zwischen den Kohlenspitzen. Die Stromstärke im Nebenschluss wird entsprechend grösser, die untere Spule a¹ hat nun das Uebergewicht, zieht infolgedessen den Eisenkern pp¹ weiter herab, und die Entfernung zwischen den Kohlenspitzen wird wieder kürzer, wodurch der normale Lichtbogen hergestellt ist.

Zum besseren Verständnis des Wesens der schematisch

erläuterten Differential-Lampe diene die Fig. 28, welche eine solche für Wechselstrom darstellt und die gleichfalls von Körting & Mathiesen, Leipzig-Leutzsch, gebaut wird.

Das Regulierungswerk besteht in der Hauptsache aus der Doppelspule aa^1 in Verbindung mit einem Laufwerk b , das um die Achse f schwingt und von einem Eisenkern pp^1 (siehe schematische Darstellung) mittels Hebel d und Zugstange e bewegt wird.

Durch das Schwingen des Laufwerkes werden beide beweglichen Kohlenhalter, die an einer, über die Rolle n gelegten Kette hängen, von einander entfernt oder einander genähert, je nachdem die Eisenkerne sich verstellen. Nach stattgehabter Bogenbildung geschieht die Annäherung so lange, bis das Flügelrad g von der Anschlagzunge i frei geworden, womit die Arretierung des Laufwerkes aufgehoben ist. Durch das Uebergewicht des oberen Kohlenhalters senkt sich dieser, bis im nächsten Moment das Laufwerk wieder arretiert wird. Zur Dämpfung der Bewegung der Eisenkerne ist an dem Hebel d die Luftbremse l angebracht. Auf diese Luftbremse sind Belastungsscheiben m gelegt, durch deren Gewicht die Länge des Lichtbogens reguliert wird. Durch die Anordnung des blanken Kabels s , welches spiralförmig um die Führungsstange w gewunden ist und das eine leitende Verbindung zwischen der positiven Klemme und dem oberen Kohlenhalter herstellt, sowie durch die Anwendung des Kabels t sind Schleifkontakte ver-

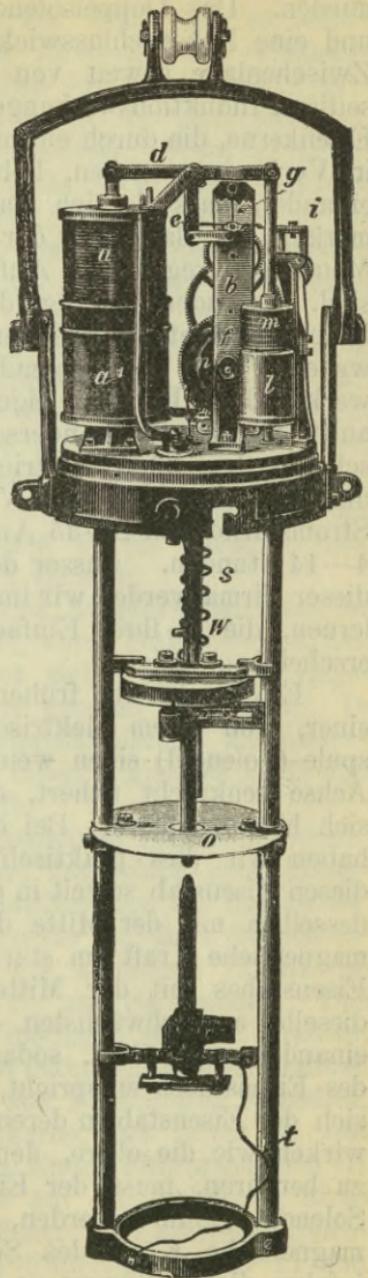


Fig. 28.

sind Schleifkontakte ver-

mieden. Das Doppelsolenoid hat eine Hauptstromwicklung a und eine Nebenschlusswicklung a¹, die durch eine isolierende Zwischenlage soweit von einander getrennt, dass die gegenseitigen Induktionswirkungen aufgehoben sind. Auch die beiden Eisenkerne, die durch ein nicht magnetisches Metall mit einander in Verbindung stehen, haben einen so grossen Abstand untereinander, dass sie sich magnetisch nicht beeinflussen. Zu bemerken ist, dass bei der Lampe alle in Frage kommenden Metallteile gegen das Auftreten von Wirbelströmen geschützt sind. Besondere Vorzüge der Bogenlampe sind: der Lichtpunkt bleibt konstant in gleicher Höhe der Glocke, die Lampe hat weder Feder noch irgend welche Schnur im Regulierungswerk. Die Lampen eignen sich sowohl für Parallel-, wie auch für Hintereinanderschaltung und brennen einzeln geschaltet bei 36 V Betriebsspannung, zu zweien bei 72 V und zu dreien bei 100 V. Sie werden hergestellt für eine Stromstärke von 2—35 Ampère und für eine Brenndauer von 4—14 Stunden. Ausser den tadellos funktionierenden Lampen dieser Firma werden wir im folgenden eine Konstruktion kennen lernen, die in ihrer Einfachheit von diesen grundverschieden erscheint.

Es ist bereits früher erklärt worden, dass, wenn man einer, von einem elektrischen Strome durchflossenen Drahtspule (Solenoid) einen weichen Eisenstab in der Richtung ihrer Achse senkrecht nähert, diese bestrebt ist, den Eisenstab in sich hineinzuziehen. Bei den eben beschriebenen Bogenlampen haben wir dies praktisch angewendet gesehen. Senkt man diesen Eisenstab soweit in die Drahtspule, dass das untere Ende desselben mit der Mitte der Spule gleichsteht, so wird diese magnetische Kraft am stärksten sein, fällt jedoch die Mitte des Eisenstabes mit der Mitte des Solenoides zusammen, so ist dieselbe am schwächsten. Werden nun zwei Solenoide untereinander angeordnet, sodass ihr Abstand der knappen Hälfte des Eisenstabes entspricht, dann wird die untere Spule, wenn sich der Eisenstab in deren unmittelbarer Nähe befindet, stärker wirken wie die obere, denn um das untere Solenoid oberhalb zu berühren, muss der Eisenstab bis zur Mitte in das obere Solenoid geführt werden, wo aber, wie schon erwähnt, die magnetische Kraft des Solenoides am schwächsten ist, und infolge dieses Vorganges wird sich der Stab nach abwärts bewegen. Vorausgesetzt ist, dass der Strom in beiden Spulen gleich stark ist.

Würde nun der Eisenstab von der Mitte aus zu seinen Enden spitz verlaufen, so würde er innerhalb der Solenoide nicht bewegt werden, sondern in allen Stellungen ruhig verharren, da sein Querschnitt in dem Masse ab- oder zunimmt, wie die Kraft der Anziehung des Solenoides. Steht z. B. die untere Spitze des Eisenstabes mit der Mitte des oberen Solenoides gleich, so wird die Anziehungswirkung genau dieselbe sein, als wenn die Mitte des Eisenstabes mit der Mitte des Solenoides zusammenfällt. Anders ist indessen die Wirkung, wenn beide Spulen von verschiedenen Strömen durchflossen werden. Der Stab kann sich dann nicht mehr im Gleichgewicht befinden, sondern er wird in jene Spule hineingezogen, durch die der stärkere Strom cirkuliert. Es ist in diesem Falle ganz gleich, ob der Stab mehr oder weniger tief in den Solenoiden steht, die Anziehung ist stets von der Differenzwirkung in beiden Spulen abhängig. Dieses Prinzip und die Konstruktion des doppelkonischen Eisenkerns liegen dem Patent Piette-Křizik über deren Differentialbogenlampe zu Grunde.

Diese Lampe, die in verschiedenen Ausführungen von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg fabriziert wird, erfreut sich wegen ihrer ungemeinen Vollkommenheit dauernd einer grossen Beliebtheit. In der praktischen Anwendung des doppelkonischen Eisenkerns ist derselbe geteilt, sodass jeder von ihnen in gleicher Form von einem Ende zum andern spitz zuläuft.

Fig. 29 stellt eine Bogenlampe genannter Firma für Serienschaltung dar. Bei dieser fällt sofort das Fehlen jedes Räderwerkes ins Auge, was einer der Hauptvorzüge der Lampe ist. Auf der Rolle N, die zugleich Bremsrolle ist, läuft die Seidenschnur J, an deren beiden Enden die konischen Eisenkerne hängen, die in die beiden Solenoide S_1 und S_2 tauchen. Das Solenoid S_1 besteht aus wenigen Windungen starken Drahtes, das Solenoid S_2 hingegen aus vielen Windungen dünnen Drahtes. Die Kohlenhalter H_1 und H_2 , die aus Blechröhren bestehen, umgeben die beiden konischen Eisenkerne, mit denen sie fest verbunden sind, und tragen an ihren Enden Führungsrollen B_1 und B_2 , sowie F_1 und F_2 (letztere auf der Abbildung nicht ersichtlich). Die Doppelrollen B_1 dienen dem Lauf des Eisenkerns in Solenoid S_1 zwischen den Führungsstangen T_1 und T_1 , die beiden Rollen B_2 hingegen der Führung des Eisenkerns in Solenoid S_2 zwischen T_2 und T_2 . Die beiden Kabel, die je von einer Führung an die Bremsrollen gehen, regeln den

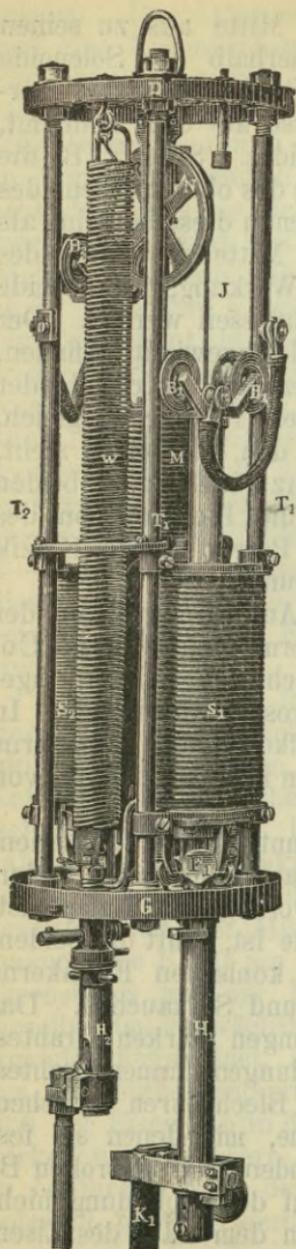


Fig. 29.

höchsten und tiefsten Stand der Eisenkerne bzw. der Kohlen. Zwischen den beiden Schalen G und D bemerken wir eine lange Spirale w, die den Ersatzwiderstand bildet, der sich sofort einschaltet, wenn die Lampe erlischt. K_1 ist die obere Kohle.

Der Strom tritt bei der positiven Klemme in die Lampenmasse und von da in die Kohle K_1 und durch diese, die Kohle K_2 und Blechröhre H_2 in die Führungsstange T_2 , von dieser nach dem Kontaktmagnet M und nach Durchlauf dessen Windungen durch die Hauptspule in die negative Klemme. Dies ist der Hauptstrom. Der Nebenstrom läuft von der positiven Klemme durch den Lampenkörper, die Spule S_1 , den Kontaktmagnet, und tritt durch den Widerstand w an der negativen Klemme wieder heraus. Die Spule S_1 wird also den Eisenkern, als von dem stärkeren Strome umflossen, in sich hineinziehen und die Kohle senken. Der Lichtbogen nimmt durch Abbrennen der Kohlen an Länge zu und vergrößert hierdurch den Widerstand im Hauptstromkreise. Der Strom im Nebenschluss gewinnt an Stärke und wird endlich kräftig genug, um den zweiten Eisenkern durch die Spule S abermals anzuziehen, somit die Kohlen wieder einander zu nähern. Die Hauptspule zieht den Eisenkern hinein, entfernt also die beiden Kohlen von einander, und es entsteht der Lichtbogen. Nun ist aber auch der Kontaktmagnet M magnetisch geworden und hat seinen Anker angezogen, wodurch er den Nebenstrom unterbricht. Dieser muss jetzt folgenden Weg einschlagen: Von dem positiven Pol durch die Lampenmasse nach Spule S_1 , durch die Windungen derselben nach der Spule M, aus der herauskommend er sich

weiter durch die Spule M, aus der herauskommend er sich

wieder mit dem Hauptstrom vereinigt und mit diesem gemeinsam den weiteren Weg desselben verfolgt. Bei vollständigem Abbrand der Kohlen nimmt der Strom, wie schon erwähnt, seinen Weg durch den Widerstand w . Die Lampe erzeugt durch den Mangel an jeder mechanischen Uebersetzung oder Auslösung ein mildes, sehr angenehmes, ruhiges Licht.

Der Mechanismus der Lampe Fig. 30, welche dieselbe Firma baut, ist noch klarer und einfacher, wie der der vorhergehenden Lampe. In Fig. 30 sehen wir, dass die Gleitschienen T_1 und T_2 der eben beschriebenen Lampe weggelassen sind, und die beiden Solenoide haben oben und unten zu deren Ersatz Führungsrollen, zwischen denen sich die beiden Hülsen bewegen, die die konischen Eisenkerne enthalten. Die Seidenschnur geht gleichfalls über die obere Rolle, die durch eine besondere Vorrichtung dafür sorgt, dass beide Eisenkerne gleich lange Wege durchlaufen. Diese Lampe dient speziell zur Beleuchtung von Innenräumen bei Parallelschaltung und auf sie sind dieselben Vorzüge zu beziehen, die bei der vorher beschriebenen Bogenlampe angeführt worden sind.

Zum Schluss sei bemerkt, dass nicht jede Bogenlampe mit zwei Spulen eine Differentiallampe sein muss, sondern es gibt z. B. auch Lampen mit zwei Spulen, von denen die Hauptspule die Bildung des Lichtbogens und die Nebenspule die Regulierung desselben zur Aufgabe hat. Diese Lampen sind dann entweder Hauptstrom- oder Nebenschlusslampen.

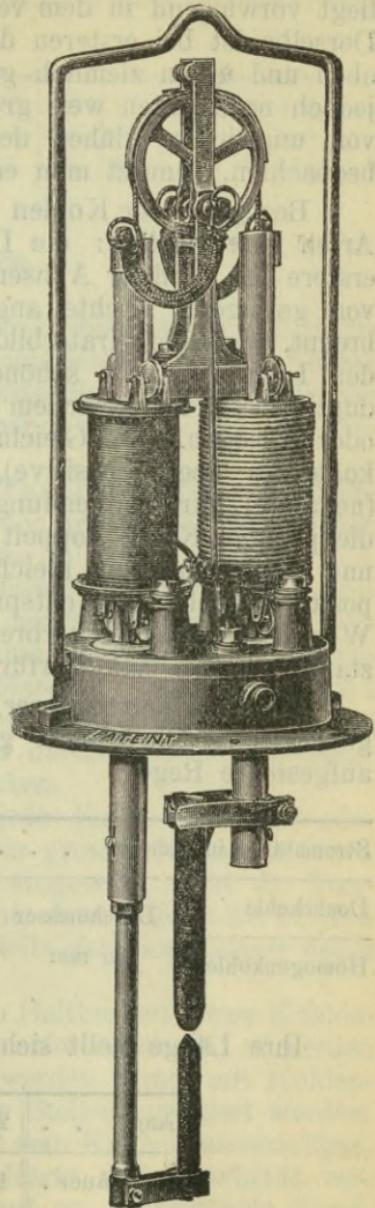


Fig. 30.

Der Unterschied bei Wechselstrom- und Gleichstromlampen liegt vorwiegend in dem verschiedenen Lichtbogen der Lampen. Derselbe ist bei ersteren derart, dass die Lichtwirkung nach oben und unten ziemlich ganz gleich ist, bei letzteren ist diese jedoch nach unten weit grösser, wie nach oben; dies kommt vom ungleichen Glühen der Kohlen. Um den Lichtbogen zu beobachten, benutzt man ein dunkles Glas oder Brille.

Bezüglich der Kohlen sei erwähnt, dass man hierbei zwei Arten unterscheidet: die Docht- und die Homogenkohle. Die erstere hat in ihrer Achsenrichtung eine Röhre, die mit Kohle von geringerer Dichte angefüllt ist. Da diese schneller verbrennt, wird die Kraterbildung in ihr sehr gefördert, wodurch der Lichteffect ein schönerer ist. Die zweite Art besteht durchgehend aus gleichem Material; sie ist also gleichförmig oder homogen. Bei Gleichstrombogenlampen kommt die Dochkohle als obere (positive), die homogene Kohle als untere (negative) zur Verwendung. In Gleichstromlampen verbrennt die positive Kohle doppelt so rasch, wie die untere negative, und man wählt, um gleiche Brenndauer zu erzielen, für die positive Kohle einen entsprechend grösseren Durchmesser. Bei Wechselstromlampen verbrennen beide Kohlen annähernd gleich stark, weshalb man hierfür nur Dochkohlen wählt.

Für den Durchmesser der Kohlen im Verhältnis zu der gewünschten Lichtstärke gilt folgende von Siemens & Halske aufgestellte Regel:

Stromstärke in Ampère . . .		3	4,5	6	9	12	15	20	35
Dochtkohle	} Durchmesser	11	13	16	18	20	20	22	25
Homogenkohle		} in mm	6	7	9	11	12	12	13

Ihre Länge stellt sich zur Brenndauer, wie folgt:

Länge . .	20	25	29	32,5 cm
Brenndauer .	10	14	16	18 Stunden.

Bei Wechselstromlampen rechnet man für die Dochkohlen bei einer Stromstärke von 7 Ampère eine Kohle von 7 mm, von 12 Ampère eine solche von 10 mm Durchmesser.

Die Lichtbogenlänge soll zur Erhaltung eines gleichmässigen Lichtes ungefähr sein:

Stromstärke	4	6	8	10	16	20	50	70 Ampère
Länge des Lichtbogens	1,5	2	2,5	3	4	4,5	7	9 mm

Glühlampen.

Wenn in einen ununterbrochenen Stromkreis ein schlechter Leiter eingeschaltet wird, so wird sich derselbe bis zum Glühen erhitzen und infolgedessen Licht ausstrahlen. Hierauf beruhen die Glühlicht- oder, wie sie auch genannt werden, Inkandescenzlampen.

Die erste Glühlichtlampe, die Thomas Edison herstellte hatte als Glühkörper Platindraht, der jedoch der praktischen Verwendung verschiedene Hindernisse in den Weg legte, u. a. seine zu grosse Kostspieligkeit. Edison untersuchte daher eine Anzahl vegetabilischer Stoffe, um den Glühfaden durch Verkohlung derselben herzustellen, und erachtete endlich die Bambusfaser als das geeignetste Material. Der Bambus wird durch Maschinen entschält und den Fasern eine Breite von 1 mm, eine Länge von 12 cm und durch äusserst sinnreiche Maschinen die Gestalt eines Ω gegeben.

Nach dieser Vorarbeit wird jede Faser in Eisen- oder Chamotte-Formen verschlossen und in grossen Massen in einen für den Zweck konstruierten Ofen eingesetzt. Hat die Temperatur eine genügende Höhe erreicht, dann werden die Formen herausgenommen, geöffnet und an Stelle der Bambusfaser findet sich der Kohlenfaden vor.

Da zur Erreichung einer langen Haltbarkeit dieser Kohlenfäden eine ganz gleichmässige Dicke erforderlich ist, so werden dieselben karbonisiert, d. h. sie werden derart mit Kohlenstoff überzogen, dass alle ungleichen Stellen egalisiert werden. Als Karbonisierungsmittel verwendet man Kohlenwasserstoffgas, das den Kohlenfäden stahlähnliche Härte und Elastizität verleiht. Der Kohlenfaden wird hierauf an Platinbügeln durch Kohlenstoffkitt, dem als Klebstoff Zucker beigefügt ist, befestigt, und diese sodann in eine Glasglocke eingeschmolzen, welche luftleer ausgepumpt wird, um die Verbrennungsdauer des Glühfadens zu erhöhen. Edison schickt während des Auspumpens

durch den Kohlenfaden einen elektrischen Strom, der den Zweck hat, durch Erwärmen der Kohle die von dieser absorbierten Gase auszutreiben, was zur Festigkeit der Kohlenfäden unbedingt erforderlich ist. Um den Kohlenfaden vollkommen gegen die Einwirkung von Sauerstoff zu schützen, hat man ausser dem Auspumpen versucht, die Glasbirne mit Stickstoff zu füllen, was jedoch nur die Folge hatte, dass die Temperatur der Glasbirnen ausserordentlich hoch und demnach dem Glühfaden nutzlos entzogen wurde. Die Platinbügel werden nach ihrer Verbindung mit dem Kohlenfaden entweder in den Boden der Birne eingeschmolzen oder in einen, mit diesem verschmolzenen Glasstöpsel. Diese Arbeit ist die schwierigste der Fabrikation, da es wesentlich darauf ankommt, dass Temperaturveränderungen die Drähte nicht lockern und dadurch undichte Stellen erzeugen. An die kleinen überstehenden Enden der beiden Platindrähte werden zur billigeren Verlängerung kurze Stückchen verzinnnten Kupferdrahtes angelötet und diese mit der, den Hals der Glasbirne umgebenden Metallhülse oder Sockel verbunden und so mit der Fassung in Kontakt gebracht.

Als Fassungen waren in erster Zeit der Glühlichtbeleuchtung die mit angedrücktem Schraubengewinde beliebt, und auch noch heute sind dieselben sehr viel in Verwendung. Daneben haben

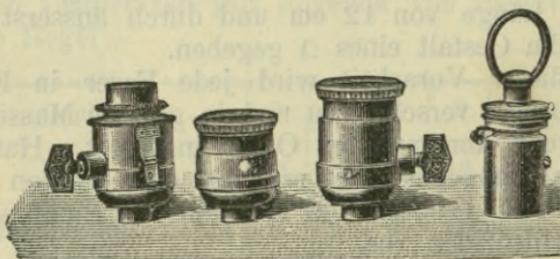


Fig. 31.

sich jedoch der Bajonettverschluss und in neuerer Zeit ausser den in Fig. 31 abgebildeten, von Voigt & Haeffner fabrizierten Fassungen mit und ohne Hahn, die von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vorm. Schuckert & Co., hergestellten eingebürgert.

Um die Leuchtkraft zu erhöhen, versuchte man dem Kohlenfaden eine grössere Länge zu geben, und er wurde daher in Form einer einfach überschlagenen Schlinge, wie die Lampen

letzgenannter Firma (Fig. 32) oder als einfache und doppelte Spirale hergestellt, wie z. B. die weitverbreiteten Lampen der



Fig. 32.

Elektrizitäts-Gesellschaft in Hamburg zeigen. Die Lampen dieser Firma (Fig. 33) sind gleichfalls in einen Sockel gefasst, der ein angedrücktes Gewinde nach der Methode von Edison zur Befestigung in der Fassung besitzt.

Swan verbesserte die Edisonlampe sehr sorgfältig und beachtete namentlich eine gute Auspumpung der Lampe. An dem spiralförmigen, etwa 10 cm langen Kohlenfaden, den Swan aus Baumwollfaser bereitet, ist unter möglichster Vermeidung allen Widerstan-

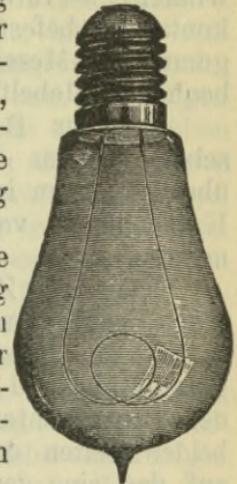


Fig. 33.

des an beiden Enden ein Platindraht befestigt, die in ein, in den Boden der Birne verschmolzenes Glassäulchen eingeschmolzen sind. Die beiden Platindrähte sind voneinander isoliert, ihre Enden, die aus der Glasbirne herausragen, in kleine Oesen umgebogen. Die Fassung besteht aus einer Drahtspirale, die an einer Hartgummifassung befestigt ist, welche zur Aufnahme der Lampe innerhalb zwei Platinhäkchen enthält. Die Baumwollfaser wird vor dem Verkohlen durch ein Gemisch von 2 Teilen Schwefelsäure und 1 Teile Wasser gezogen. Dadurch wird sie zäh und konsistent. Nachdem den so behandelten Fasern die gewünschte Form gegeben, werden sie in kleinen Mengen lagenweise in einen Schmelztiegel gelegt, jede Lage mit feinem Kohlenstaub bedeckt und einer mehrstündigen Weissglut ausgesetzt. Die Hartgummifassung hat unten ein Gasgewinde, sodass man die Lampe direkt nach Entfernung des Brenners an jeden beliebigen Gasarm anschrauben kann.

Die von Siemens & Halske in Berlin hergestellte Glühlampe ähnelt im Aussehen sehr der Edison-Lampe. Der Kohlenfaden ist mit seinen verkupferten Enden an Kupferdrähten befestigt, die, ehe sie nach aussen gelangen, durch eine isolierende Glimmerschicht und eine Lage Gips gehen.

Um den Fuss der Glasbirne ist eine Messingblechhülse gelegt, deren Hohlraum mit Gips ausgefüllt ist, und aus denen zwei, mit den Kupferdrähten in Kontakt befindliche Messinglappen winkelig hervorstehen, die in der inneren Fassung an Federkontakten befestigt werden. Die Fassung besteht aus Hartgummi mit Messingkappe, an der der Ausschalter in gefälliger, bequemer Hebelform angebracht ist.

Bei der Boston-Lampe, der Erfindung eines Deutschen namens Bernstein, die aus Amerika zu uns herübergekommen ist, ist eine besonders grosse Oberfläche des Kohlenbügels vorgesehen, um die Lichtausstrahlung zu vermehren.

Denselben Zweck verfolgte Maxim, indem er dem Kohlenfaden seiner Lampe die Gestalt eines M gab. Der Faden besteht aus Bristolpapier, aus dem ein M-förmiges Stück ausgeschnitten und schwach verkohlt wird. Hierauf wird er an den Platindrähten mittels Schraubchen so befestigt, dass zu beiden Seiten des Kohlenfadens je ein Kohlenplättchen und auf das eine desselben ein Platin-, auf das andere ein Goldplättchen zu liegen kommt. Der Kohlenfaden ist, ebenso wie die Platindrähte, an den Enden abgeflacht und durchbohrt. Die Luft wird durch eine, an dem Fusse der Glasbirne angebrachte Röhre mittels Quecksilberpumpe entfernt. Der Vorgang bei dem Auspumpen der Lampe ist zu kompliziert, um hier angegeben zu werden. Da dies für den Laien und Installateur weniger Interesse hat, soll hier nur die hauptsächlichste Gestaltung der Lampen erläutert werden.

Von weiteren beachtenswerten Glühlichtlampen seien noch die nach Lane Fox, die sehr solid und vorteilhaft gebaut ist, die nach Böhm, bei welcher gleichfalls, wie bei der nach Maxim, auf die Erhaltung der Glasbirne nach der Vernichtung des Kohlenbügels Rücksicht genommen wurde, erwähnt. (Bekanntlich platzen bei den meisten Konstruktionen die Glasbirnen, sobald der Kohlenfaden durchgebrannt ist.)

Ferner ist zu erwähnen die Lampe von Gebr. Siemens & Co. und endlich die, von Uppenborn mehrfach geprüften Glühlampen von Greiner & Friedrichs, die einen sehr geringen Stromverbrauch erfordern (60 Volt bei 1,1 Ampère) Die in neuerer Zeit hergestellten, sogenannten präparierten Fäden aus künstlichen Materialien brauchen nur ca. 53 Volt-Ampère pro 16 Normalkerzen und halten bis zu 2000 Brennstunden. Ein Nachteil dieser Kohlenfäden ist der Umstand,

dass dieselben am Ende ihrer Lebensdauer merklich (17—45 %) an Leuchtkraft abnehmen.

Die hier erwähnten Glühlichtlampen werden auch als „Glühlichtlampen mit unvollständiger Leitungsfähigkeit“ bezeichnet, im Gegensatz zu den Glühlichtlampen mit unvollständigem Kontakt. Bei diesen letzteren entsteht das Licht dadurch, dass an der Berührungsstelle zweier Elektroden ein grosser Widerstand durch unvollständigen Kontakt herrscht, infolgedessen an dieser Stelle ein Erglühen der betreffenden Körper stattfindet. Obgleich diese Lampen in der Praxis keinerlei bemerkenswerte Verwendung haben, sei ihrer dennoch hier gedacht, weil sie häufig in Lehrbüchern einbezogen sind. Die ersten derartigen Lampen wurden von Reynier, Werdermann und Markus im Jahre 1878 erdacht und brennen in freier Luft. Als Elektroden sind in den meisten Fällen Kohlenstifte benutzt. Auch die elektrischen Kerzen finden in der Praxis keine Verwendung.

Wenn es auch gelungen war, Bogenlampen von sehr niedriger Leuchtkraft herzustellen, so sind doch solche von weniger wie 200 Normalkerzen im Betriebe unrentabel. Erst der Glühlampe war es vorbehalten, der elektrischen Beleuchtung die Ausdehnung in ihrer vielfachen Anwendung zu geben, die diese heute besitzt, und Edison ist mit vollem Recht als Begründer der Popularität der elektrischen Beleuchtung zu schätzen, denn seine erste Glühlichtlampe bewies überzeugend alles das, was er schon lange vorher behauptet hatte. Ist seine Lampe auch mannigfaltig verändert und verbessert worden, so bleibt ihm doch das Verdienst, dieselbe zuerst in das praktische Leben eingeführt zu haben, und dieses Verdienst kann die Thatsache nicht schmälern, dass Swan schon lange vor Edison sich mit demselben Problem beschäftigte.

Die Installation von Beleuchtungsanlagen.*)

Vorbedingungen.

Ehe man die Installation einer Beleuchtungsanlage in Angriff nimmt, muss man sich über Anzahl und Art der Lampen, Konstruktion der Maschine, über Hilfsapparate, Leitungsdrähte und endlich über die erforderliche Betriebskraft im klaren sein.

*) Zur speziellen praktischen Orientierung sei empfohlen: „Taschenbuch für Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen“ von Freiherr v. Gaisberg, Verlag von R. Oldenbourg, München.

Angenommen, es sollen 10 Bogenlampen zu 6 Ampère à 600 Normalkerzen (NK) und 60 Glühlampen zu 16 Normalkerzen verwandt werden, so ist eine Dynamomaschine erforderlich, die bei 110 Volt Klemmenspannung einen Strom von 90 Amp. liefert. Zum Betriebe dieser Dynamomaschine brauchen wir eine Kraft von 13 PS. Man berechnet dies sehr leicht, wie folgt: Die 10 Bogenlampen erfordern $10 \times 6 = 60$ Amp., die 60 Glühlampen $60 \times \frac{1}{2}$ Amp. = 30 Amp., also zusammen 90 Ampère. Im Kapitel „Elektrische Masseinheiten“ ist erklärt worden, dass die Einheit des elektrischen Effektes, also der Gesamtleistung des elektrischen Stromes, das Produkt von $V \times \text{Amp.}$ ist, oder deutlicher Spannung \times Stromstärke. Der richtige Ausdruck für diese Einheit wäre infolgedessen die Vereinigung beider Bezeichnungen: Voltampère (VA), jedoch hat sich hierfür allgemein die Benennung Watt eingebürgert. Das Watt ist bei der elektrischen Maschine dasselbe, was in der Mechanik die Pferdekraft (PS) ist, und man rechnet 736 Watt einer PS gleich. Hat nun obige elektrische Maschine 110 V Spannung und giebt einen Strom von 90 Amp., so besitzt dieselbe $110 \times 90 = 9900$ Watt oder VA. Da nach dem vorhin Gesagten aber 736 Watt einer Pferdestärke gleichkommen, so würde man zum Betriebe dieser Maschine von 9900 Watt $\frac{9900}{736} = 13,3$ PS verwenden müssen, d. h. der Motor müsste

mindestens 13 PS leisten, um den Strom auf konstanter Höhe zu erhalten und dementsprechend die Anlage dauernd gut funktionieren zu lassen.

Man kann zu diesem Resultat auch auf eine andere Weise gelangen. Eine Bogenlampe, die zur Hervorrufung des Lichtes einen Strom von 6 Amp. bei 60 V Betriebsspannung braucht, erfordert eine Maschine, die $6 \text{ A} \times 60 \text{ V} = 360 \text{ VA}$ oder Watt leistet und von einem Motor getrieben wird, der $\frac{736}{360} = \text{rund } 0,5 \text{ PS}$

besitzt. Umgekehrt kann man mit einer Dynamomaschine, die bei 110 V Klemmenspannung einen Strom von 150 Amp. = 16500 Watt liefert, entweder 37 Bogenlampen zu 4 Amp. à 200 Normalkerzen (NK) oder 10 Bogenlampen zu 14 Amp. à 2000 NK oder 300 Glühlampen zu 16 NK speisen u. s. w. Bemerkt sei, dass man auf eine Bogenlampe von 2000 NK 14 Amp., 1200 NK 9 Amp., 500 NK 6 Amp., unabhängig von der Maschinenspannung, rechnet, auf eine Glühlampe der

besseren Systeme, also Edison, de Khotinsky, Siemens & Halske, Swan, Venus u. s. w. bei 65 V Spannung 0,85 Amp., bei 110 V Klemmenspannung 0,50 Amp. oder ohne Rücksicht auf die Spannung 55 Watt. Besitzt man einen Motor von 25 PS, so kann man mit demselben eine Dynamo von 25×736 Watt (denn 736 Watt gleich 1 PS) = 18400 Watt betreiben, und ist nach jeder der genannten Regeln dann stets schnell zu berechnen, wie viel Lampen man hiermit speisen könnte. — Nachdem man dies erledigt hat, muss man die richtige Wahl des einzuschlagenden Leitungssystems treffen.

Schaltungen.

Die Serien- oder Hintereinanderschaltung der Lampen. Dieselbe besteht darin, dass, von der Maschine ausgehend, eine Lampe nach der anderen in der Leitung angebracht ist (Fig. 34), sodass der ganze Stromkreis keinerlei Abzweigungen aufweist, sondern nur eine gleichmässige

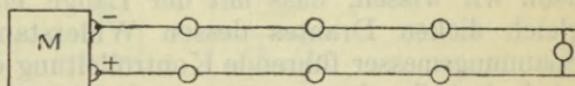


Fig. 34.

Leitung. Wenn alle Lampen, die nur alle zusammen brennen können, gleich gut funktionieren, so ist diese Schaltung sehr gut zu gebrauchen. Da dies aber für die Dauer sehr selten der Fall ist, so verwendet man dieselbe meistens nur für Bogenlampen, seltener für Glühlampen. Um diese Schaltung verwenden zu können, muss man zuerst dafür Sorge tragen, dass, wenn eine Lampe erlöscht, die anderen weiter brennen können, denn da die Stromleitung sämtliche Lampen in unmittelbare Verbindung setzt, so bedingt das Unterbrechen des Stromes an einer Lampe ein Erlöschen sämtlicher anderen. Die Hintereinanderschaltung hat indessen den grossen Vorteil, dass man ein kompliziertes Leitungsnetz und damit viel Leitungsmaterial ersparen kann. Es ist deshalb schon verschiedentlich versucht worden, Vorrichtungen an den Lampen zu ersinnen, die eine von der andern unabhängig machen, wie z. B. mittels Kurzschluss, was indes bis jetzt nur unvollkommen gelungen ist.

Die Parallelschaltung. Diese kann auf drei verschiedene Arten erfolgen, und zwar durch das Zweileiter-, Dreileiter- und Fünfleiter-System.

1. Das Zweileitersystem kann wiederum nach verschiedenen Methoden erfolgen. Entweder liegt die Zentralstelle mit der Maschine inmitten des Leitungsnetzes, oder es werden

von der Maschine nach dem Zentrum des Leitungsnetzes mehrere Hauptleitungen geführt, die sodann jede für sich einen bestimmten Teil der Anlage zu speisen haben, oder die Hauptleitung wird direkt von der Maschine aus an den zu beleuchtenden Gebäuden, Plätzen u. s. w. entlang geführt und die Lampen werden durch Seitenleitungen angeschlossen. Die passende Schaltung findet man nicht allein durch Berechnung der Anlage, sondern auch die lokalen Verhältnisse fallen hierbei sehr ins Gewicht.

Von der Maschine aus muss man möglichst die ganze Anlage kontrollieren können, und durch zweckmässig verbundene Spannungsmesser ist die Klemmenspannung der Lampen stets auf konstanter Höhe zu halten. Zu diesem Behufe sind jedoch die Leitungen, die ja sehr verschiedene Länge je nach der Lage der Lampen haben, in ihrem Widerstand zu regulieren, denn wir wissen, dass mit der Länge eines, an allen Stellen gleich dicken Drahtes dessen Widerstand wächst. Die zum Spannungsmesser führende Kontrollleitung eines ferneren Punktes wird deshalb einen grösseren Leitungswiderstand zeigen, wie eine kürzere. Da hierdurch aber eine gleichmässige Spannungsregulierung nicht möglich wäre und die Lampen ungleich brennen würden, so müssen alle einzelnen Kontrollleitungen durch eingeschaltete Widerstände (Vorschaltwiderstand) gleichmässig ausgeglichen werden. Es kann nun sowohl für alle diese Kontrollleitungen ein Spannungsmesser angebracht werden, wie auch für

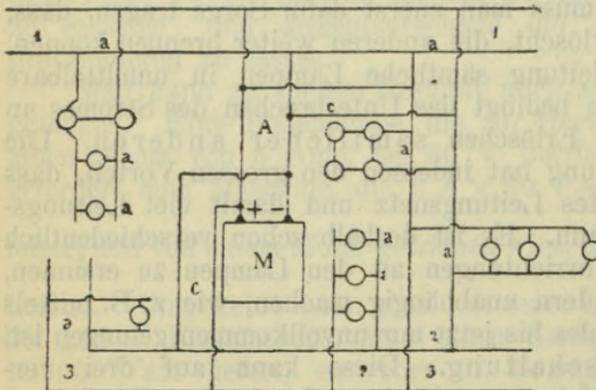


Fig. 35.

jede einzelne Leitung ein separater; in letzterem Falle müssen selbstverständlich alle gleich hohe Spannung aufweisen. Fig. 35 lässt erkennen, dass von der Maschine die Hauptleitung A nach drei verschiedenen Richtungen (1 2 3) durch Abzweigungen geführt

ist, und jede der Zweigleitungen bildet einen Lampenkomplex für sich, der von dem Anschlusspunkt a aus ein- und ausgeschaltet werden kann. Die beiden Leitungen C ermöglichen

ein Weiterbrennen der einzelnen Lampenkomplexe; das Ausschalten des ganzen äusseren Stromkreises kann auf einmal erfolgen, wie auch im Bedarfsfalle jede Leitung von der anderen unabhängig ist. Fig. 36 stellt eine Zentrale dar, wo an die

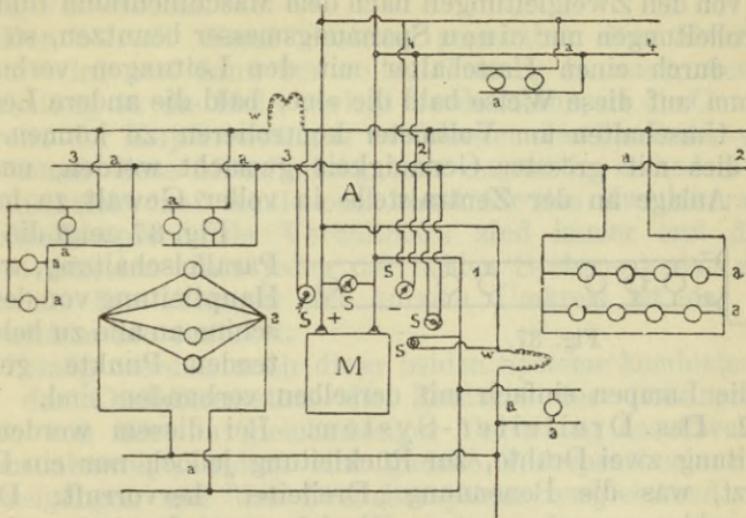


Fig. 36.

von der Hauptleitung A abzweigenden Nebenleitungen 1, 2, 3, 4 einzelne Lampen oder Lampengruppen angeschlossen sind, sodass entweder bestimmte Gruppen oder einzelne Lampen ein- oder ausgeschaltet werden können. Jede der Nebenleitungen ist durch eine Kontrolleitung mit dem Voltmeter S im Maschinenraum verbunden, um von dort aus die Regulierung der Spannung gleichmässig zu besorgen. Der ausgleichende Widerstand w ist in Leitung 1 und 3 vorgeschaltet. Obgleich man durch Probieren den, für den Widerstand erforderlichen Draht sicher bestimmen kann, so ist es doch besser, dies nach folgender Tabelle für Kupferdrähte zu berechnen.

Durchmesser mm	Querschnitt qmm	bei 10 m Länge Widerstand Ohm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Widerstand Ohm
0,5	0,20	0,891	4,0	12,57	0,0139
1,0	0,79	0,223	4,5	15,90	0,0110
1,5	1,77	0,0990	5,0	19,63	0,00891
2,0	3,14	0,0557	5,5	23,76	0,00737
2,5	4,91	0,0357	6,0	28,27	0,00619
3,0	7,07	0,0248	6,5	33,18	0,00527
3,5	9,62	0,0182	7,0	38,48	0,00455

Bei dem Einschalten des Widerstandes durch Probieren muss man solange den Draht an dem vorzuschaltenden Widerstand verlängern oder verkürzen, bis alle Spannungsmesser (Voltmeter) gleich hohe Spannung zeigen. Will man für sämtliche, von den Zweigleitungen nach dem Maschinenraum führende Kontrolleitungen nur einen Spannungsmesser benutzen, so muss dieser durch einen Umschalter mit den Leitungen verbunden sein, um auf diese Weise bald die eine, bald die andere Leitung durch Umschalten am Voltmeter kontrollieren zu können. Es muss dies mit grösster Genauigkeit gemacht werden, um die ganze Anlage an der Zentralstelle in voller Gewalt zu haben.

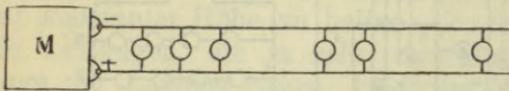


Fig. 37.

Fig. 37 zeigt die reine Parallelschaltung, wo die Hauptleitung von der Maschine an alle zu beleuchtenden Punkte geführt

und die Lampen einfach mit derselben verbunden sind.

2. Das Dreileiter-System. Bei diesem werden zur Hinleitung zwei Drähte, zur Rückleitung jedoch nur ein Draht benutzt, was die Benennung „Dreileiter“ hervorruft. Dieses

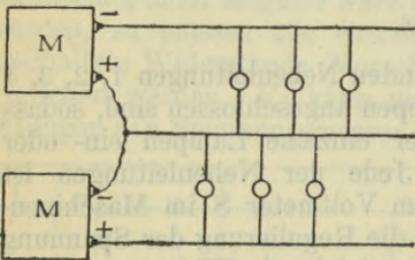


Fig. 38.

System, nur für grössere Anlagen wegen der Drahtersparnis im Gebrauch, erfordert zwei Dynamomaschinen, wie Fig. 38 zeigt. Die Leitung geht von der positiven (+) Klemme der einen Maschine zur negativen (-) der zweiten; die + Klemme dieser Maschine ist mit der - der ersten verbunden, und von dieser kurzen Zwischenverbindung zweigt die Mittelleitung ab.

Wir haben es hier also nur mit einem doppelten Zweileiter-system zu thun, wobei eine Rückleitung weggelassen und die bestehende so angeordnet ist, dass sie für jede der beiden Hauptleitungen verwendet werden kann. Die Maschinen müssen derart geschaltet sein, dass sie je nach Bedarf entweder für die gesamte Anlage oder nur für eine der Hauptleitungen in Dienst gestellt werden können. Aus diesem Grunde bezeichnet man die Mittel-(Rück-)Leitung als positiv-negative Leitung, da sie bald (nach Fig. 38) als Rückleitung der linken oder der rechten Hauptleitung benutzt werden kann. Ist die gesamte Anlage in Thätigkeit, so gleicht sie den Strombedarf

der einen oder anderen Hauptleitung aus, welcher z. B. durch Einschalten einer verschiedenen Anzahl Lampen entstehen kann. Man wählt als Mittelleiter in der Regel Draht, der einen halb so grossen Querschnitt besitzt, wie der zur Hauptleitung verwendete.

Der Vorteil dieses Systems gegenüber dem Zweileitersystem wird erst dann zur vollen Geltung kommen, wenn die Rückleitung in die Erde verlegt werden kann, da die Gewichtsdifferenz der Kupferleitungen zu Gunsten des Dreileitersystems eben durch diese Mittelleitung sehr ungünstig verändert wird. Mit Rücksicht auf lokale oder sonst für das Zweileitersystem vorteilhaft sprechende Verhältnisse sind immer erst die Installationskosten eines jeden der beiden Systeme genau zu berechnen. Für Anlagen mit kurzem Umkreis ist das Dreileitersystem nie rentabel.

Häufig werden auch diese beiden Systeme kombiniert, sodass das Dreileitersystem die Zentrale des Leitungsnetzes bildet, von dem in gleichmässiger Verteilung das Zweileitersystem abzweigt, sodass eine gleiche Inanspruchnahme aller Abzweigungen auf das Dreileitersystem ausgleichend wirkt. Dies geschieht dadurch, dass die grössere Lampenzahl auf die Hauptleitung entfällt, während auf das, als Nebenleitung dienende Zweileitersystem entsprechend grosse Lampengruppen verteilt werden.

3. Das Fünfleitersystem. Ist das Dreileitersystem ein zweifaches Zweileitersystem, so ist das Fünfleitersystem ein doppeltes Dreileitersystem, wie wir aus Fig. 39 ersehen. Hier geht die Hauptleitung vom + Pol der Maschine 1 nach dem - Pol der Maschine 4. Der + Pol dieser Maschine ist mit dem - Pol von Maschine 3, deren + Pol mit dem - Pol von Maschine 2, und deren positiver mit dem negativen von Maschine 1 verbunden. Auch diese hier gebrauchten Maschinen müssen durch Umschaltung für die eine oder andere Parallelleitung bei besonderen Fällen zu benutzen gehen und auch bei diesem System kann eine Vereinigung mit einem der vorher beschriebenen herbeigeführt werden. Die Angaben bei dem Dreileitersystem sind

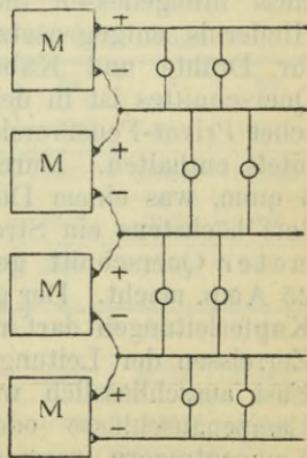


Fig. 39.

bezüglich der Mittelleitungen auch auf dieses System anzuwenden, welches, wie erklärlich, nur bei grössten Anlagen in Betracht gezogen werden kann und das auch vielfach zu Gunsten des Dreileitersystems unberücksichtigt bleibt, weil bei diesem System auch mehrere Dynamos parallel geschaltet werden können. Der pekuniäre Vorteil liegt nur in der Ersparung einer Leitung und steht also zum Dreileitersystem im gleichen Verhältnis.

Berechnung der Leitungsdrähte.

Dieselbe ist für die Veranschlagung und die Installation ein vielfach vernachlässigter Faktor, woraus nicht nur wirtschaftliche Nachteile, sondern auch Störungen im Betriebe entstehen können, wodurch oft die ganze Anlage unrentabel wird. Es ist bereits früher erklärt worden, dass Leitungen von grösserem Querschnitt sich schneller erwärmen, wie solche mit kleinem Querschnitt, sobald gleiche Stromstärke in beiden vorhanden ist. Darum dürfen im Verhältnis zu ihrem Querschnitt dickere Leitungen nicht so stark in Anspruch genommen werden, wie dünne. Obgleich man bei dem Berechnen der Leitungsdrähte ihre grösste Belastung ins Auge fasst, so wird doch selten, schon mit Rücksicht auf den Spannungsverlust, diese höchste Leistung gefordert und meistens nur dann, wenn es sich um Vorschaltwiderstände bei Bogenlampenleitungen handelt, wo also ein Teil der elektromotorischen Kraft, ehe der Strom in die Lampe tritt, hinweggeleitet, vernichtet werden soll. Der Draht, der zu diesem Widerstande benutzt wird, muss infolgedessen dieser zu hohen Spannung ein starkes Hindernis entgegensetzen. Die höchst zulässige Stromstärke für Drähte und Kabel aus Leitungskupfer auf 1 qmm des Querschnittes ist in den „Bestimmungen des Verbandes deutscher Privat-Feuerversicherungsanstalten“ am Ende dieses Kapitels enthalten. Durch die Drähte mit einem Querschnitt bis 5 qmm, was einem Durchmesser von rund 2,5 mm entspricht, darf höchstens ein Strom von 5 Amp. pro Quadratmillimeter Querschnitt geschickt werden, was bei 5 qmm also 25 Amp. macht. Der geringste Querschnitt für zu verwendende Kupferleitungen darf nicht unter $\frac{3}{4}$ qmm sein, da sonst durch Zerreißen der Leitungen Störungen leicht vorkommen können. Fast ausschliesslich werden diese 1 mm starken Drähte für Lampenanschlüsse oder für bewegliche Spiralleitungen an Lampenträgern verwendet, jedoch kann man sie auch zu kurzen Leitungen benutzen.

In früheren Erläuterungen ist erklärt worden, dass sich die Spannungsdifferenz durch Multiplikation von Widerstand und Stromstärke und Dividieren dieses Faktors durch die Spannung, oder nach der Formel $\frac{J \cdot W}{E}$ berechnen lässt. Diese Spannungsdifferenz (Verlust) muss bei dem Berechnen der Leitungen festgestellt werden, da der Draht so gewählt werden muss, dass beim Brennen sämtlicher Lampen der Verlust 3% nicht übersteigt. Man berechnet dies, indem man die Stromstärke der zu verwendenden Lampen zusammenzählt, und zwar veranschlagt man die Gesamtsumme immer etwas höher, wie die nachfolgende Tabelle für die einzelnen Lampen feststellt.

Die Stromstärke für

bei Volt	Glühlampen von Normkerzen				Bogenlampen betragt unabhängig von der Maschinenspannung	
	8	10	16	30	Normalk.	Amp.
35	0,70	0,85	1,05	1,95	2000	14
50	0,60	0,70	0,95	1,75	1200	9
65	0,50	0,60	0,85	1,55	600	6
100	0,35	0,40	0,45	1,00	200	4

Den Widerstand findet man aus folgender Tabelle:

Der Widerstand von Kupferdrähten betragt auf 1 m Länge bei

Durchmesser mm	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
Querschnitt qmm	0.1964	0.7856	1.7671	3.1416	4.9087	7.0686	9.6211
Ohm	0.0891	0.0223	0.00990	0.00557	0.00357	0.00248	0.00182
1 m wiegt gr	1.747	7.00	15.73	28.00	43.62	62.09	85.63
1 Kg enthält m	572.4	142.9	63.50	35.71	22.86	15.87	11.66
Durchmesser mm	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
Querschnitt qmm	12.566	15.904	19.635	23.758	28.274	33.183	38.480
Ohm	0.00139	0.00110	0.000891	0.000737	0.000619	0.000527	0.000455
1 m wiegt gr	111.8	141.5	174.8	211.4	251.6	305.3	342.5
1 Kg enthält m	8.93	7.55	5.714	4.723	3.970	3.381	2.784

Hieraus ergibt sich z. B. folgende Berechnung. Von der Maschine führt eine 46 m lange Leitung von 3,5 mm Stärke, an der 19 Glühlampen von à 16 NK und 7 von à 10 NK angeschlossen sind. Eine Lampe von 16 NK bedingt eine Stromstärke von 0,45 Amp. bei 100 V Spannung, giebt also $19 \times 0,45 = 8,55$ Amp. Stromstärke, ferner 7 Lampen von à 10 NK ergeben nach ersterer Tabelle bei 100 V $7 \times 0,40 = 2,80$ Amp., macht zusammen $8,55 + 2,80 = 11,35$ Amp. Die Leitung ist $3\frac{1}{2}$ mm dick, was nach letzterer Tabelle einen Widerstand von 0,00182 Ohm pro Meter Länge ausmacht. Da die Leitung aber 46 m lang ist, ergibt das $46 \times 0,00182 = 0,083$ Ohm. Hiernach stellt sich der Spannungsverlust, der in der Leitung entsteht, auf $11,35 \text{ Amp.} \times 0,083 \text{ Ohm} = 0,93$ Volt. Das prozentuale Verhältnis bezieht sich auf die Spannung der, in der zu berechnenden Leitung eingeschalteten Lampen. Sind z. B. Lampen von 65 Volt verwendet, so darf der höchste zulässige Spannungsverlust 1,95 V nicht überschreiten, oder die Lampenspannung beträgt 110 V, so darf höchstens ein Verlust von 3,3 Volt entstehen, andernfalls Drähte von stärkerem Durchmesser verwendet werden müssen. Bei den Bogenlampenzuleitungen ist ein höherer Spannungsverlust angängig, da diese durch den, bei jeder derselben angebrachten Vorschalt-Widerstand ohnedies geschützt sind. In den Hauptleitungen kann ein Spannungsverlust von 15 % entstehen, solange an dieselben direkt Lampen nicht angeschlossen sind. An den Stellen, wo die Zuleitungen zum beginnenden Leitungsnetz führen, muss indessen der Verlust verändert und konstant gehalten werden.

Wenn man die vorbesprochenen Arbeiten erledigt und den Anschlag zu Ende geführt hat, kann an die praktische Ausführung der Anlage gegangen werden und schreiten wir zuerst zum

Montieren der elektrischen Maschine.

Zum Aufstellen derselben soll ein separater Raum gewählt werden, wo Explosionsgefahr, Entzündung von Gasen ausgeschlossen, Staub, Fasern und Späne nicht vorhanden sind, und der thunlichst nur einer bestimmten Person zugänglich ist. Ist die Benutzung eines separaten Raumes nicht möglich, so muss zum mindesten jede Verunreinigung der Maschine vermieden, sowie alle leicht entzündlichen Stoffe fern gehalten werden. In allen Fällen muss die Maschine auf feuersicherer Unterlage ruhen,

jedoch ist eine isolierende Holzlage zwischen dieser und der Maschine gestattet. Auch muss von vornherein darauf geachtet werden, dass die vom Kollektor abspringenden Funken und Kupferteilchen keine Entzündung hervorrufen können. Um einem Oxydieren und Rosten der einzelnen Teile vorzubeugen, muss der Raum trocken sein, und um Störungen zu vermeiden, darf Eisen in der Nähe der Maschine nicht bearbeitet werden. Endlich muss der Platz zum Aufstellen der Dynamo so gewählt werden, dass der Antrieb von einer Transmission, nicht direkt von dem Motor erfolgt, da sonst ungleichmässiger Gang entsteht.

Ein solides Fundament der elektrischen Maschine ist eines der Hauptfordernisse einer tadellosen Anlage. Dasselbe besteht aus dem 25 cm über dem Fussboden hervorragenden Mauerwerk, auf dem als isolierende Schicht eine trockene Holzlage im Mauerwerk verankert oder eine Asphaltschicht befestigt ist. Die Bolzen, mit denen die Maschine befestigt, sowie die Löcher, Unterlegscheiben u. s. w. sind gut zu isolieren, sodass nicht die unscheinbarste Verbindung mit der Erde entsteht. Ist eine Riemenspannvorrichtung vorhanden, so soll diese nur bis zu der höchst erforderlichen Kraft benutzt werden.

In der Regel gelangt die Maschine, teilweise oder ganz zerlegt, an den Ort der Installation und ist eine gewissenhafte Säuberung aller Teile, namentlich aber der Verbindungsstellen die erste Arbeit des Monteurs. Ueberhaupt sollte der die Installation leitende Monteur die Maschine niemals eher aus seiner Obhut geben, bis die Anlage abgenommen ist. Das Montieren der Dynamo sollte jeder Monteur unbedingt von Anfang bis zu Ende selbst besorgen. Das Aufschrauben des Gestelles geschieht in der Weise, dass die eingelegte Welle des Ankers in genau paralleler Richtung zur Welle des Vorgeleges zu liegen kommt, da andernfalls, abgesehen von mangelhafter Fundamentierung, die Maschine vibriert und hierdurch ungleiches Brennen der Lampen, sowie schnelle Abnutzung einzelner Teile hervorgerufen wird. Beim Einstellen des Ankers ist damit sehr vorsichtig umzugehen, sodass keine Beschädigung der Wickelung geschieht; er muss sich leicht und sicher in den Lagern drehen lassen und letztere müssen, am besten durch Selbstöler, gut geschmiert werden.

Die Bürsten sind derart zu befestigen, dass sie erforderlichenfalls angehoben werden können, um ein Verstauchen

derselben bei entgegengesetzter Drehrichtung des Kollektors zu verhindern. Während des Betriebes muss unbedingt ein Abheben der Bürsten unterbleiben, da hierdurch der Kollektor stark angegriffen und abgenutzt wird. Ein funkenloser Gang der Dynamo ist hauptsächlich anzustreben. Man erreicht dies durch leichtes, gleichmässiges Aufliegen der Bürsten. Sind die Bürsten an einer Seite oder an den Spitzen abgenutzt oder beschädigt worden, so macht man sich von einigen Brettchen eine Form, in welche die Bürste durch einen Deckel fest in ihre ursprüngliche Lage gepresst wird. Nachdem man dieses Kästchen in den Schraubstock gespannt hat, schneidet man die überstehenden schadhaften oder abgenutzten Spitzen ab und feilt die übrige Bürste schön glatt.

Bevor die Maschine in Betrieb gesetzt wird, muss man sich sorgfältig davon überzeugen, dass sich alle Isolierungen in gutem Zustande befinden. Alle leitenden Stellen sind rein metallisch zu halten, der Anker wird mittels eines Handblasebalges von allem Staub befreit und der Kollektor mit Glaspapier sauber abgerieben. Man hebt zu diesem Zwecke die Bürsten ab und befestigt das Glaspapier auf eine kurze Holzleiste, die man auf die Kollektorteile drückt, nachdem die Maschine langsam in Gang gesetzt worden ist.

Verlegen der Leitungen.

Für Innenräume benutzt man vorzüglich nur isolierte, d. h. umspinnene Leitungsdrähte und zwar für trockene Räume den asphaltierten oder Wachsdraht, für feuchte hingegen sehr gut isolierten Guttaperchadraht. Da Feuchtigkeit ein guter Leiter ist, so muss man zur Vermeidung des feuergefährlichen Kurzschlusses die Drähte stets genügend von der Wand isolieren, was am besten auf den Porzellanisolatoren erfolgt, wie Fig. 40 zeigt. Diese Leitungen müssen aus demselben Grunde ziemlich weit von einander entfernt



Fig. 40.

verlegt werden oder doppelt umspinnen sein. Besonders ist dies zu beachten, wenn die Leitungen durch die Aufhängerohre von Glühlampen geführt werden, die in Räumen angebracht sind, wo sich Wasserdünste entwickeln, die sich nämlich innerhalb des Rohres niederschlagen. Die Befestigung der Porzellanisolatoren geschieht, indem kernige Holzdübel (Fig. 41) mit ihrer grösseren Quadratfläche nach innen in die Wand eingepist werden,



Fig. 41.

sodass dieselben 1 cm über letztere hervorste-
hen, worauf dann die Isolatoren mit, der Lochweite genau entsprechenden Schrauben
aufgeschraubt werden. Wird die Leitung an Holzverschalung
entlang geführt, so werden die Isolatoren, falls nicht eine
andere Verlegung der Leitung vorgesehen ist, selbstverständlich
direkt eingeschraubt. Die Befestigung der Leitungen an den
Isolatoren geschieht durch verzinkten Eisendraht von ca.
1 1/2 mm Durchmesser. Das erforderliche Stück wird schräg
an den zu befestigenden Leitungsdraht so gelegt, dass zu
beiden Seiten gleichlange Hälften entstehen. Sodann wird er
mit einer Flachzange auf der, dem Berührungspunkte der
Leitung mit dem Isolator diametral gegenüberliegenden Stelle
zusammengewürgt und etwa zu lange Enden werden abgezwickt.
Will man sich die Holzdübel ersparen, so kann man auch die
von Voigt & Haeffner in den Han-
del gebrachten praktischen Isolatoren,
wie Fig. 42, anwenden. Diese sog.

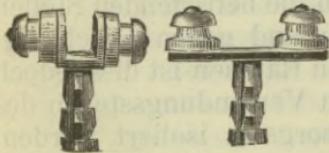


Fig. 42.

Rollen-Isolatoren können nur für schwache oder mittelstarke Drähte benutzt werden,

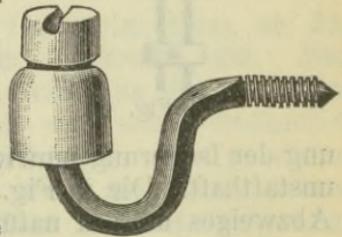


Fig. 43.

den, wohingegen für starke Drähte, Kabel u. s. w. ausschliesslich die Isolierglocken (Fig. 43) zur Verwendung kommen, die entweder in einen Dübel eingeschraubt oder mit Steinschraube eingegipst werden. Da es nicht angängig ist, die dicken Drähte und Kabel um den Isolator herumzuschlingen, so werden vielfach die Porzellanglocken oben mit einem halbrunden Einschnitt versehen, in den der Leitungsdraht durch verzinkten Eisendraht, wie oben angegeben, festgebunden

wird. Ganz schwache, gut geschützte, einzelne Leitungen in trocknen Räumen kann man einfach in den Nuten der Holzdübel, die man genügend hervorragen lässt, durch Krampen von entsprechender Stärke befestigen. Will man die Verlegung schwacher Leitungen in trocknen Räumen solider herstellen,

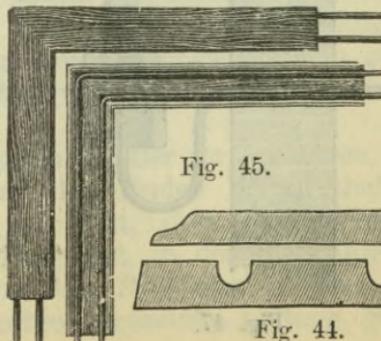


Fig. 45.

Fig. 44.

so benutzt man hierzu Holzkanäle. Es sind dies kräftige Holzleisten, die, wie Fig. 44 im Durchschnitt und Fig. 45 in Totalansicht vorstehend veranschaulicht, mit zwei, in entsprechender Entfernung (in der Regel $2\frac{1}{2}$ —3 cm) abstehenden Kanälen versehen sind, die der Stärke des zu verlegenden Drahtes entsprechen sollen. Die Holzleisten werden an die Wand genagelt

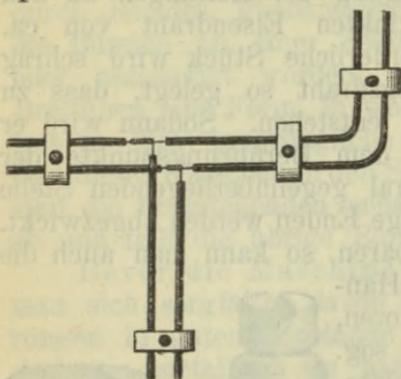


Fig. 46.

und die Deckleisten auf ihnen derart befestigt, dass die Nägel nirgends den Draht berühren, da andernfalls eine Verbindung mit der Erde hergestellt wird, die stets sorgfältig zu vermeiden ist. Eine primitive Befestigung der Leitungen geschieht auch dadurch, dass man dieselben direkt an die Wand oder Verschalung mit Krampen, oder, wie Fig. 46 zeigt, annagelt, wobei man die betreffenden Stellen mit Isolierband gegen Beschädigung

der Isolierung umwickelt; in feuchten Räumen ist dies jedoch unstatthaft. Die in Fig. 46 gezeichneten Verbindungsstellen des Abzweiges müssen natürlich ebenfalls sorgsam isoliert werden.

Geht die Leitung durch Mauerwerk, so muss der Durchgang oder die Leitung selbst gut isoliert werden. Am vorteilhaftesten

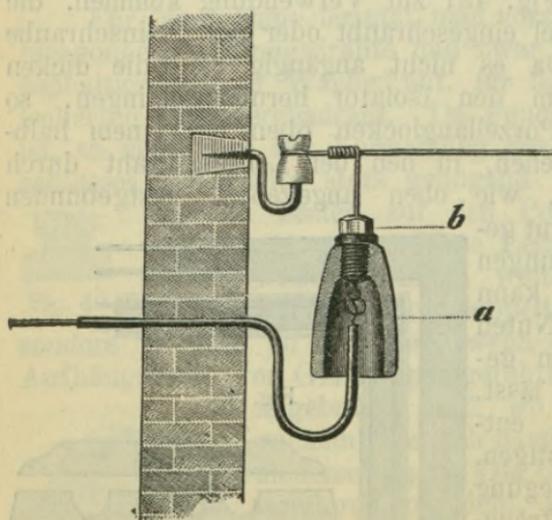


Fig. 47.

verwendet man hierbei Porzellan-, Glas- oder Hartgummi-Tüllen und -Pfeifen, und zwar führt man bei wichtigeren und dickeren Leitungen jeden Draht durch eine separate Tülle oder schwache Drähte gemeinsam durch eine derselben. Im letzteren Falle müssen jedoch beide Leitungs-Drähte an der Berührungsstelle sehr gut isoliert werden. Eine andere Einführung geschieht mittels der in Figur 47 abgebildeten

Einführungsglocke aus Hartgummi. Um den Leitungsdraht am Endisolator wird der aus dem Kopfe b hervorragende Draht gewickelt und verlötet. Innerhalb der Einführungsglocke, die der Deutlichkeit wegen in grösserem Massstabe gezeichnet ist, befindet sich ein Drahttring a, der mit einer, aus dem Innern des Gebäudes kommenden Leitung verlötet wird. Um die Arbeit auszuführen, muss man den oberen Teil des Isolators b abschrauben und die Glocke über das Kabel schieben, sodass die Stelle a frei liegt. Um eine gute Dichtung herbeizuführen, muss die Schraube b vor dem Zusammenschrauben mit Talg eingeschmiert werden. Bei dieser Art der Einführung kann die Einführungsstelle wegfallen, wenn die Leitung an einer geschützten Stelle, z. B. einem Fensterrahmen, eingeführt wird. Die Aussenleitung wird erst im Innern mit der Zimmerleitung verbunden.

Bei allen Uebergängen zweier Leitungen muss an den Kreuzungspunkten eine gute Isolation angebracht sein. Man erreicht dies dadurch, dass über die Drähte an diesen Stellen ein Stück Gummirohr gezogen wird, was selbstverständlich vor der Lötung geschehen muss, da dasselbe sonst geschlitzt werden müsste. Bei Abzweigungen wird die obere Leitung zur Vermeidung gegen Berührung über die untere hinweggebogen. Auch bei Uebergangsstellen von Gas- und Wasserleitungsröhren müssen die Leitungen sorgfältig geschützt sein. Mitunter wird darauf Wert gelegt, dass die Leitung nicht zu sehen ist oder etwas dekorativ verlegt wird, wie z. B. in Wohnräumen und bei Schauzwecken. Entweder werden in diesem Falle im Mauerwerk zur Verlegung der Leitung Kanäle ausgespart und diese sodann mit Schiefer überdeckt und mit dem übrigen Mauerwerk gleichmässig verputzt, oder die Leitungen werden in, gegen Feuchtigkeit imprägnierte Isolierröhren geschlossen und in das Mauerwerk eingelassen. Hartmann & Braun haben in neuester Zeit ein System eingeführt, nach welchem die schön umsponnenen Leitungsdrähte in gefälligen Formen in Porzellanringen hängen, die in metallenen Fassungen ruhen.

Um schwächere Drähte aneinander zu schliessen, werden sie von der Isoliermasse an den Enden befreit und gegenseitig umwickelt, was so geschieht, dass die beiden Enden ganz gleich lang übereinander gelegt, in der Mitte ihrer Länge mit der Flachzange oder mit dem Feilkloben gehalten werden und jedes Ende um die entgegengesetzte Leitung gewickelt

wird. (Fig. 48.) Stärkere Drähte kröpft man an ihrem äussersten Ende ein wenig an, legt sie ebenfalls gleichlang übereinander und umwickelt die Verbindungsstellen mit min-

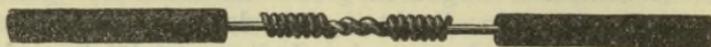


Fig. 48.

destens 1 mm starkem blanken Kupferdraht. Sollen Litzen (Kabel) mit einander verbunden werden, so verfährt man so, wie vorher angegeben, oder aber dieselben werden aufgedreht und an den Enden in einander versponnen.

Abzweigungen müssen gleichfalls mehreremal um die Hauptleitung gewickelt werden. Sollen schwache Drähte direkt von starken Litzen abzweigen, so biegt man soviel Einzeldrähte heraus, dass deren Gesamtquerschnitt demjenigen des anschliessenden Drahtes ungefähr entspricht, wickelt die Abzweigung um die Litzendrähte einigemal herum und drückt nach dem Verlöten der Stelle alles ziemlich regelmässig in die frühere Lage zurück.

Sämtliche Verbindungsstellen müssen unbedingt, wenn Umwickelungen stattgefunden haben, verlötet werden, und zwar müssen die Leitungen vor dem Umwickeln mit Glas- oder Schmirgelpapier sauber metallisch rein gemacht und unmittelbar nach der Verbindung gelötet werden. Es ist verwerflich, erst eine Reihe Verbindungen herzustellen und diese vielleicht erst nach Tagen zu verlöten, wie dies viele Monteure machen, ohne zu bedenken, dass das reine Kupfer und Eisen schon nach Verlauf von einigen Stunden vollständig mit einer feinen Oxydschicht überzogen ist, die dem Durchgang des elektrischen Stromes einen umso stärkeren Widerstand entgegensetzt, je länger die Stelle ungelötet bleibt. Selbst die provisorische Umhüllung mit Isolierband schützt nicht gegen Oxydation. Das Lötwasser sei säurefrei und rein. Mit Zink gesättigte, verdünnte Salzsäure, als solches verwendet, ist zu vermeiden. Je nach örtlichen Verhältnissen lötet man mit dem Kolben oder der Lötlampe. Nachdem das Zinn gut durchschwemmt ist, wäscht man die Stelle nach dem Erkalten mit reinem Wasser ab und trocknet mit einem reinen Lappen. Isolierte Leitungen müssen nach dem Löten in möglichst ursprünglicher Güte isoliert werden, was durch erwärmtes Isolierband am saubersten vorgenommen wird. Eine treffliche Isolierungsmasse für Kabel ist folgende: 40 T. Magnesia, 28 T. Talg, 15 T. feingepulverter Asbest, 30 T. flüssiger Leim, 15 T.

Glyzerin und 0,25 T. doppeltchromsaures Kali. Der Teig wird mit Russ gefärbt. Das vorher mit vulkanisiertem Kautschuk überzogene Kabel wird darauf durch ein Bad genommen, das auf 180 l Wasser 27 kg Wasserglas und 13,5 kg Alaun enthält. Nach dem Trocknen wird das Kabel mit einem, aus 8 T. Asphalt und 10 T. Schwefelkohlenstoff bestehenden Lack gestrichen.

Um die Isolierhülle vor dem Umwickeln der Zweigleitung zu entfernen, soll nicht, wie häufig üblich, mit dem Messer rund herum ein Einschnitt in dieselbe gemacht werden, da hierdurch leicht eine Bruchstelle in der Leitung entstehen kann, sondern die Isoliermasse soll abgeschabt werden.



Fig. 49.

Die Verbinder (Fig. 49) ermöglichen in vielen Fällen eine schnelle und praktische Verbindung von Leitungen; dieselben ersparen nicht nur das Verlöten der Verbindungsstellen, sondern man kann sie auch jederzeit lösen und reinigen.

Auch die von Hartmann & Braun konstruierten Verbinder (Fig. 50 u. 51) sind zur Herstellung sehr sicherer Endverschlüsse zu empfehlen. Diese erübrigen gleichfalls das Verlöten. Die blanken Draht- und



Fig. 50.

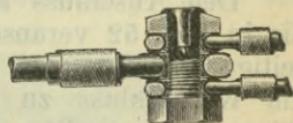


Fig. 51.

Kabelenden werden in Metallringe (Oeillets) gerollt und deren Ränder mit geeigneten Zangen umgebörtelt und flach gedrückt. Zur Verbindung derartig hergestellter Enden dienen teils einfache Hohlknoten, teils besondere Schraubknoten.

Dieselbe Firma hat übrigens auch einen neuen Mauerbohrer auf den Markt gebracht, womit man geräuschlos und in kürzester Zeit die dicksten Mauern cylindrisch in sauberster Weise zu durchbohren vermag.

Das Kreuzen verschiedener Leitungen ist, wenn irgend thunlich, zu vermeiden. Jedenfalls müssen verschiedene Leitungen in einer genügenden Entfernung von einander verlegt werden, bei offenen soll dieselbe mindestens 5—6 cm, bei in Holzkäufen laufenden 3 cm betragen. Je höher die Spannung, desto weiter muss der Abstand sein. Es sei im allgemeinen darauf aufmerksam gemacht, dass Nachlässigkeit und Flüchtigkeit sich bei der Installation bitter rächen, und nirgends ist peinlichste Gewissenhaftigkeit mehr am Platze, wie hier.

Beim Einführen von Luftleitungen (d. h. aus dem Freien) in Gebäude ist es unstatthaft, die Leitung von oben direkt in den Isolationstrichter zu legen, sondern man führt die Leitung an der Gebäudemauer ein Stück bei dem Einführungs-trichter vorbei, stützt sie auf zwei Isolator-glocken und führt sie sodann stets von unten durch den Trichter in das Innere des Gebäudes. Ueberhaupt muss stets darauf geachtet werden, an allen Einführungen, Abzweigungen oder an den Stellen, wo die Lampenleitung angeschlossen ist, jede Leitung unmittelbar an den Verbindungsstellen durch Isolationsrollen oder -Glocken zu stützen, sodass niemals die Leitung bei Belastung geknickt oder zerrissen werden kann.

Das Befestigen der Porzellanglocken auf die eisernen Isolatorstützen geschieht durch Eingipsen oder durch Umwickeln der Stütze mit in Oel getränktem Hanf. Um dem Leitungsnetz ein gefälliges Ansehen zu geben, ordne man alle Leitungen symmetrisch nach einem bestimmten Plane an und beachte immer, dass jede Stelle derselben bei Schadhafwerden zum Reparieren leicht zugänglich ist.

Den Anschluss an Glühlampen stellt man am besten auf die in Fig. 52 veranschaulichte Weise her, wobei die gegenseitige Isolierung der Drähte gut nachgeholfen werden muss, um Kurzschluss zu vermeiden. Die bei allen Lampeneinführungen angerollten Spiralen haben den Zweck, bei etwaigen Beschädigungen der Leitungsanschlüsse stets noch genügend Ersatz zu haben und bei beweglichen Hängearmen dem Zerreißen der Leitung vorzubeugen. Bewegliche Arme montiert man in der

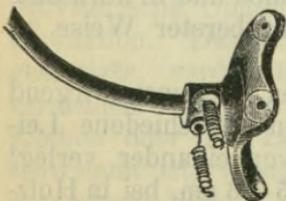


Fig. 52.

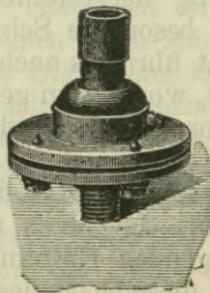


Fig. 53.

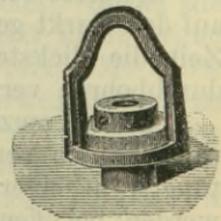


Fig. 54.

Regel mit Kugelgelenk (Fig. 53), an das man unten ein kreuzförmiges Verbindungsstück anschraubt, welches rechts und links die Leitungsdrähte aufnimmt. Eine viel verwendete Vorrichtung zeigt auch Fig. 54, wobei die Leitung von oben eingeführt

wird, während Fig. 55 eine wasserdichte Drahteinführung für Hängearme veranschaulicht. Das Wickeln der Spiralen geschieht am schnellsten und regelmässigsten über ein nicht zu dickes rundes Holz. Man wickele lieber die Spirale immer etwas länger, wie zu kurz; eine Ersparnis an Material ist hier nicht am Platze. Unmittelbar

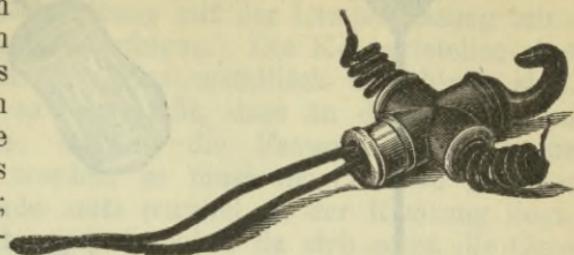


Fig. 55.

vor der Einführung der Leitung wird dieselbe, wie bereits vorher angegeben, durch Isolierrollen gehalten.

Feste Wand- und Deckenarme befestigt man durch kräftige Holzschrauben oder bei Mauerwerk an vorher eingesetzte Dübel. Die Einführung der Leitung erfolgt ebenso, wie bei beweglichen Armen, entweder in feuchten Räumen, wie bei Fig. 56, durch Zwischenschrauben eines Kreuzstückes, oder von der Wand oder Decke direkt in das Gasrohr, das mit dem Bock an der Decke befestigt ist (Fig. 57).

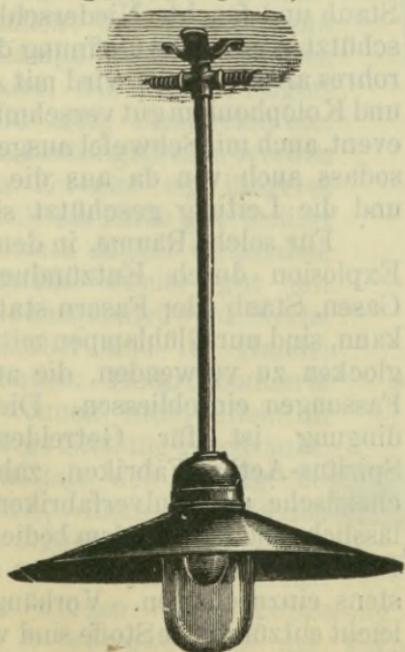


Fig. 56.

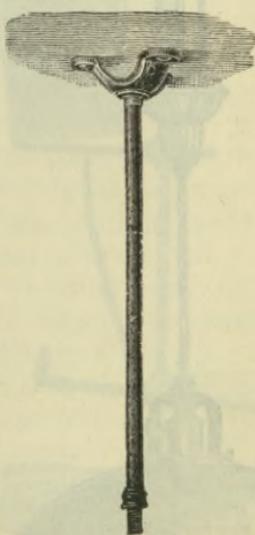


Fig. 57.



Fig. 58.

In Arbeitsräumen, hauptsächlich bei Staub, Feuchtigkeit u. s. w. werden die eigentlichen Lampen mit Schutzglocken versehen, wie bei Fig. 56 und Fig. 58. Dieselben besitzen an ihrer offenen Seite einen rauhen Rand von etwa 1 cm, der entweder durch einen Gummiring zwischen zwei, an dem Gasrohre angeschraubten Flanschen befestigt oder nur eingepipst wird, wodurch die Lampe genügend gegen Staub und feuchte Niederschläge geschützt wird. Die Oeffnung des Gasrohres an der Decke wird mit Asphalt und Kolophonium gut verschmiert und event. auch mit Schwefel ausgegossen, sodass auch von da aus die Lampe und die Leitung geschützt sind.

Für solche Räume, in denen eine Explosion durch Entzündung von Gasen, Staub oder Fasern stattfinden kann, sind nur Glühlampen mit Ueberglocken zu verwenden, die auch die Fassungen einschliessen. Diese Bedingung ist für Getreidemühlen, Spiritus-Aether-Fabriken, zahlreiche chemische und Pulverfabriken unerlässlich, und ist dies dem bedienenden Personal in solchen Fabriken strengstens einzuschärfen. Vorhänge oder leicht entzündliche Stoffe sind von den Glühlampen zu entfernen, da durch

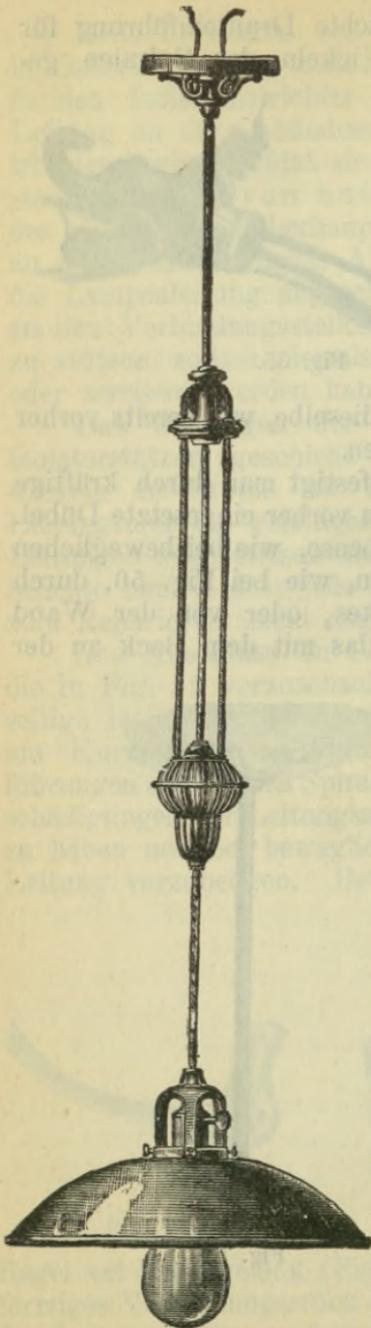


Fig. 59.

die längere Wärmeausstrahlung auf eine und dieselbe Stelle leicht eine Entzündung stattfinden kann.

Die Verbindung der Leitung mit der Lampenfassung muss sehr vorsichtig und accurat erfolgen. Die Kontaktstellen sind gut zu reinigen, sodass sie ganz metallisch und blank sind. Wird die Verbindung so hergestellt, dass an den Drahtenden runde Oesen gebogen, die an die Fassung durch kleine Schräubchen befestigt werden, so muss die Oese so gebogen sein, dass das Drahtende stets parallel zu der Richtung liegt, in welcher die Schraube gedreht wird, da sich sonst die Oese beim Festschrauben wieder aufdreht. Dasselbe gilt beim Montieren aller anderen Schaltapparate.

Sehr häufig werden zu verschiedenen Zwecken Zuglampen verlangt und sind hierfür mancherlei Vorrichtungen in Gebrauch. Eine gewisse sichere Vollkommenheit bieten jedoch die Rentz'schen Patent-Zugpendel (Fig. 59) mit gleichgrossen Rollen, die Voigt & Haeffner, welche auch Fabrikanten der oben beschriebenen Armaturen und der nachfolgenden tragbaren Lampe sind, herstellen.

Diese letztere (Fig. 60) soll dazu dienen, dass an verschiedenen Stellen durch eine und dieselbe Lampe Licht geschaffen werden kann, wie z. B. in Lager-räumen, Bureaux, Brauereien etc. Die beiden Leitungsdrähte werden zu diesem Zwecke ein längeres Stück vor ihrem Ende gut isoliert und zu einem Kabel verbunden, das gleichfalls wieder gut mit Baumwolle umspunnen wird. Solche Anschlusskabel sind im Handel fertig zu haben. Derart montierte Lampen können nicht allein in jede beliebige Stellung geschraubt, sondern mittels der in Fig. 60 ersichtlichen, links am Boden liegenden Kuppelung auch an beliebig verschiedenen Stellen verwendet werden. Die Kuppelung (s. umstehende Fig. 61) von Mix & Genest lässt die Verbindung solcher Lampen deutlich erkennen. Der untere Teil nebst der links aufliegenden

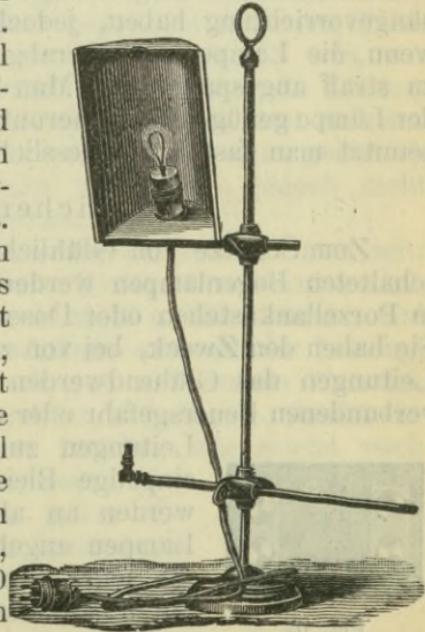


Fig. 60.

Rosette wird an die abgezweigte Leitung geschlossen, während an die beiden Schraubchen des Stöpsels die Anschlussleitung

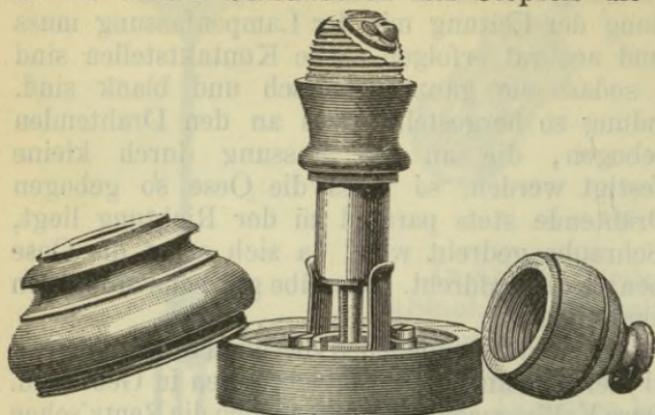


Fig. 61.

nach der Lampe befestigt ist. Der rechts aufliegende Knopf wird auf den Stöpsel aufgeschraubt und dieser dann mit den beiden aufrechtstehenden Federn durch einfaches Einstecken in Kontakt gebracht.

Der Anschluss der Leitungen an Bogenlampen ist bei weitem schneller hergestellt, da diese stets eine besondere Aufhängevorrichtung haben, jedoch ist hierbei zu beachten, dass, wenn die Lampe ganz herabgelassen wird, die Leitung nicht zu straff angespannt ist. Man lässt sie deshalb zu beiden Seiten der Lampe genügend weit herunterhängen. Als Stromzuführungen benutzt man fast ausschliesslich gut isolierte Kupferdrahtlitzen.

Sicherungen.

Zum Schutze von Glühlichtleitungen, oder bei parallel geschalteten Bogenlampen werden Bleistreifen, die in der Regel in Porzellankästchen oder Dosen angebracht sind, eingeschaltet. Sie haben den Zweck, bei von zu starkem Strome durchflossenen Leitungen das Glühendwerden zu verhindern, und der damit verbundenen Feuersgefahr oder der Zerstörung von Lampen und

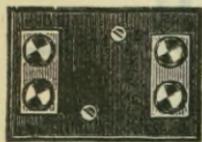


Fig. 62.

Leitungen zu begegnen. Fig. 62 zeigt eine einpolige Bleisicherung. Die Bleischaltungen werden an allen Abzweigungsstellen zu den Lampen angebracht und zwar am sichersten für jede einzelne Lampe, wenn diese nicht durch besondere Verhältnisse dies als überflüssig erscheinen lässt, wie z. B. bei mässigem Gebrauch

oder genügenden vorgeschalteten Sicherungen. Die Hauptleitung wird, direkt von der Maschine ausgehend, ehe eine Nebenleitung abzweigt, mit einer Bleisicherung versehen, sodann jede, nach dem Leitungsnetz führende Nebenleitung und alle die Stellen,

wo schwächerer Draht an stärkeren angeschlossen ist. Um eine Anzahl Sicherungen zu sparen, teilt man die zu schützenden Lampen in Gruppen von 8 Stück oder weniger und sichert diese zusammen, wobei man den Bleidraht von einer solchen Stärke wählt, dass sein Querschnitt der schwächsten gesicherten Leitung entspricht. Als Anhalt sei zur Berechnung der erforderlichen Abschmelzdrähte angegeben, dass der Durchgang eines Stromes von 1 Amp. einen Bleidraht von 0,127 qmm erfordert, also ein Bleidraht oder ein Streifen von 1 qmm Querschnitt einen Strom von ca. 8 Amp. leitet. Bei der Gruppensicherung ist zu beachten, dass die Stromstärke der gesamten gesicherten Lampen 5 Amp. nicht übersteigen darf.

In der Regel wendet man die Gruppensicherung nur bei festhängenden Lampen an, tragbare müssen einzeln geschützt werden. Die Feuerversicherungsbedingung lautet: „An jeder Stelle, an welcher sich der Querschnitt der Leitungen verringert, muss eine Sicherung eingeschaltet sein; ist die Anbringung derselben unmittelbar an den Abzweigstellen der Leitungen nicht angängig, so muss die von den Abzweigstellen nach der Sicherung führende Leitung von dem gleichen Querschnitt sein, wie derjenige der Leitung, von welcher die zu sichernde Leitung abzweigt. Ist in letzterem Falle eine Leitung von solchem Querschnitt an der Sicherung nicht verwendbar, so ist gestattet, dieselbe von kleinerem Querschnitt zu wählen, jedoch nicht unter der Hälfte dieses Querschnittes.“

Bei dem Einsetzen neuer Abschmelzdrähte sei man sehr vorsichtig, dass niemals ein stärkerer Bleidraht verwendet wird, da sonst die Sicherung ihren Zweck nicht erfüllen könnte, und niemals verbinde man den Abschmelzdraht offen mit der Leitung, sondern umgebe denselben stets mit gut isolierendem Material, wie z. B. Porzellan. Vielfach werden anstatt der Abschmelzdrähte Lamellen aus Komposition benutzt, wie solche nach Fig. 63 Voigt & Haeffner fabrizieren. Der Vorteil derselben ist, dass bei jedem die höchste zulässige Stromstärke aufgestempelt ist, wodurch eine Verwechslung zu starker Streifen ausgeschlossen ist. Die Patrone ist zu beiden Seiten in Messingschuhe eingelötet.



Fig. 63.

Für Aussenleitungen oder solche in feuchten Räumen leistet der, von derselben Firma fabrizierte, wasserdichte Bleischalter Fig. 64 (s. umstehend) gute Dienste, da der hierbei verwendete Glasdeckel das Zusammenrosten mit dem Eisen des Gehäuses

vermeidet. Die Drahteführung wird mit Chatterton — Compound ausgegossen. Wie hier, so müssen bei allen Sicherungen

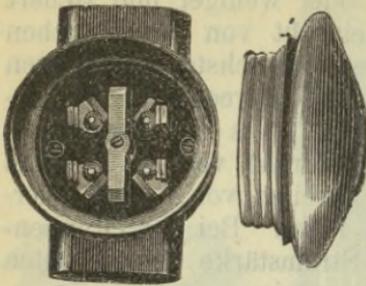


Fig. 64.

innerhalb des Isolierbehälters die Leitungen gut von einander geschieden sein. Die Leitung wird unterbrochen und (Fig. 64) an der Schraube links unten befestigt. Zwischen der, auf demselben Messingsteg befindlichen zweiten Schraube und der, auf dem oberhalb angeordneten Messingsteg sitzenden Schraube spannt man den Abschmelzstreifen, und die Fortsetzung der Leitung wird unter die

obere zweite Schraube geklemmt. Wird nun durch Ueberschreiten der doppelten normalen Stromstärke der Leitungsdraht glühend, so muss dies also auch mit der eingeschalteten Bleisicherung geschehen. Diese verträgt jedoch die hohe Temperatur nicht, schmilzt infolgedessen durch, und der Strom wird unterbrochen. Man ersieht hieraus die grosse Wichtigkeit der Bleischaltungen.

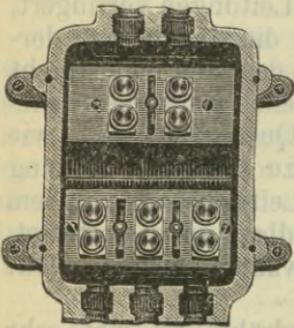


Fig. 65.

Auch wenn die Leitungssysteme geändert werden, muss an den Abzweigestellen eine Umschaltensicherung zum Uebergang z. B. vom Dreileiter- zum Zweileiter-System (Fig. 65) angebracht

sein. Bei dieser Sicherung, die häufig von einem gusseisernen Gehäuse umgeben ist, sind die Schraubenpaare von einander isoliert, bezw. getrennt.

Es ist zu verwerfen, nur sog. einpolige Sicherungen (Fig. 62)

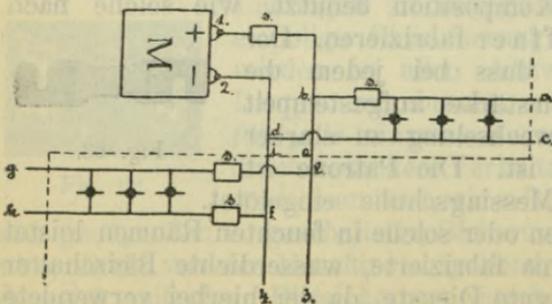


Fig. 66.

zu verwenden, d. h. nur eine Leitung zu schützen, wie wir an der Hand von Fig. 66 verfolgen werden. Erfolgt durch irgend einen Zufall zwischen den Leitungen a c i Kurzschluss, so gerät die dünne Leitung e d ins Glühen, ohne von der

Sicherung geschützt zu sein. Es kann ferner Kurzschluss erfolgen zwischen o g h. In diesem Falle würde diese Leitung jedoch unterbrochen werden, da beide Leitungsdrähte gesichert sind. Im ersteren Falle geht der Strom von Punkt 1 nach b. Dort wird er in der Nebenleitung durch die Sicherung s unterbrochen und verhindert, von b nach a c d zu fließen, jedoch geht der Hauptstrom, von 1 kommend, bei b vorüber nach o, von dort nach i infolge des Kurzschlusses und tritt sodann bei seinem Weitergang nach 2 in d c, welche Leitung er ins Glühen versetzt. Anders ist es im letzteren Falle. Der Strom kommt von 1, stösst bei o auf Kurzschluss und fliesst dieser Verbindung nach, tritt bei g und h in die Nebenleitung, diese wird durch die doppel-(zwei-)polige Bleisicherung unterbrochen und die Leitung ist geschützt.

Eine genügende Gewähr bietet infolgedessen nur eine zweipolige Sicherung, d. h. ein Schutz beider Leitungen. Ehe man einen abgeschmolzenen Bleidraht oder -Streifen durch einen neuen ersetzt, vergesse man nie den Stromkreis auszuschalten.

Ausschalter.

Je nachdem eine Lampe brennen oder erlöschen soll, muss ihr Stromkreis verbunden oder unterbrochen sein, und dies ist der Zweck der Ausschalter. Für Glühlichtleitungen ist in der Regel ein Ausschalter zur Unterbrechung des Hauptstromkreises, sowie für die Einzelleitungen erforderlich. Soll jede Glühlampe einzeln ein- und auszuschalten sein, so muss erklärlicherweise jede Lampe einen eigenen Ausschalter besitzen. Sind hingegen Gruppen auszuschalten, so bringt man den Ausschalter in der gemeinsamen Zuleitung an einer leicht zugänglichen Stelle an. Nun kommt es vor, dass bei normalem Betriebe durch irgend eine Zufälligkeit in unmittelbarer Nähe befindliche Gegenstände leicht entzündet werden können. Da eine übermässige Erhöhung der Stromstärke hierbei nicht stattfindet, so würde auch die Bleisicherung nicht in Thätigkeit treten. Um bei so entstehender Feuergefahr das ganze gefährdete Leitungsnetz von der Hauptleitung zu sondern, genügt in dem Falle kein Ausschalter, der nur einfach den Strom in einem Leitungsdrahte unterbricht, sondern die Leitung muss vollständig abgeschlossen werden, was nur dadurch geschehen kann, dass beide Leitungsdrähte einen Ausschalter erhalten. Diese Ausschalter, die man als zweipolige bezeichnet, ermöglichen auch eine ökonomische

Ausnutzung der Stromstärke, da nicht benutzte Leitungen vollständig isoliert werden können.

Fig. 67 stellt den zweipoligen Hebelausschalter, Fig. 68 hingegen einen einpoligen Drehausschalter auf Porzellanfuss mit Metallkappe dar, deren Schaltung in Fig. 69 veranschaulicht ist, wobei s die Bleisicherung markiert.

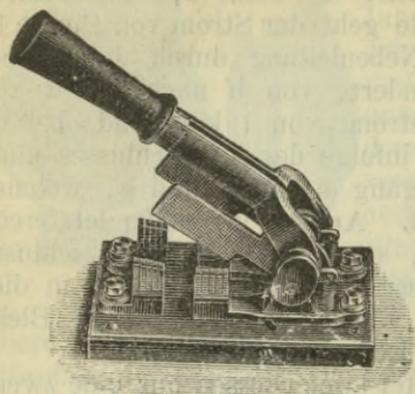


Fig. 67.

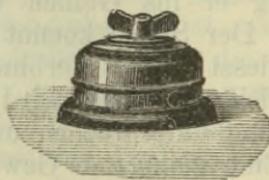


Fig. 68.

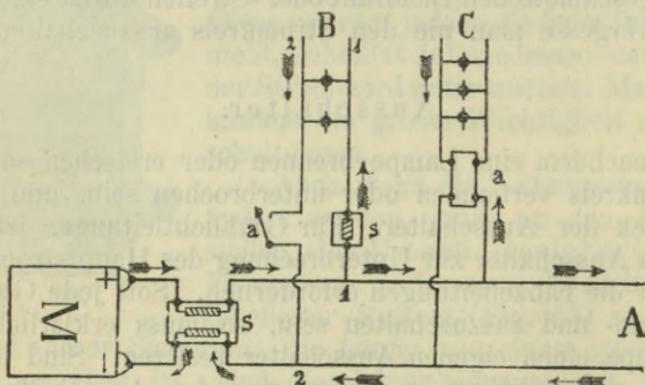


Fig. 69.

In der Leitung 1 1 entsteht beispielsweise auf irgend eine Art durch Funkenüberspringen in der Nähe der Lampen Feuergefahr, die Bleischaltung in Leitung 1 1 schützt hiergegen nicht, der Ausschalter a unterbricht jedoch nur die Leitung 2 2, sodass also der Strom durch die Leitung 1 1 bis zum Ausschalter in die Leitung 2 2 ungehindert fließen kann. Die Stromzuführung kann nur durch Ausschalten der betreffenden Nebenleitung, an die die entzündete Zweigleitung angeschlossen ist, geschehen, oder, falls wie bei Fig. 66 eine Nebenleitung selbst entzündet ist oder die Veranlassung zu einer Feuergefahr bildet, nur durch den Hauptausschalter unterbrochen werden. Anders würde es sich bei Leitung C verhalten, die sofort durch

den zweipoligen Ausschalter unterbrochen und vom Hauptnetz gesondert werden kann.

Sind in einer Leitung nur einpolige Sicherungen angebracht, so schaltet man den Ausschalter in die ungeschützte Leitung ein, da man so beim Aufsuchen von Fehlern durch Lösung der Sicherung und Ausschalten der Leitung diese von der Gesamtanlage bequem trennen kann.

In feuchten oder feuergefährlichen Räumen, sowie im Freien sind die Ausschalter sehr gut zu isolieren und wasserdicht zu machen. Der Feuchtigkeit ausgesetzte oder die in Räumen, wo durch Gase eine Oxydierung der Kontaktflächen leicht statt-

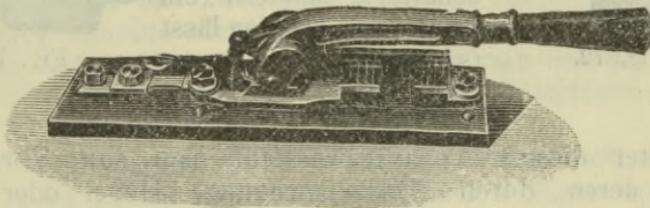


Fig. 70.

finden kann, montierten Ausschalter sind häufig zu untersuchen, bezw. die Kontakte zu reinigen. Das Reinhalten aller Kontakte in sämtlichen, zur Verwendung kommenden Apparaten kann nicht genug anempfohlen werden.

Sehr vorteilhaft werden häufig Ausschalter mit Bleisicherung zusammen montiert, wie der einpolige Hebelausschalter Fig. 70 von Voigt & Haeffner zeigt, während in Fig. 71 ein wasserdichter mit Bleisicherung gezeichnet ist. Derselbe hat denselben Glasverschluss, wie Fig. 64.

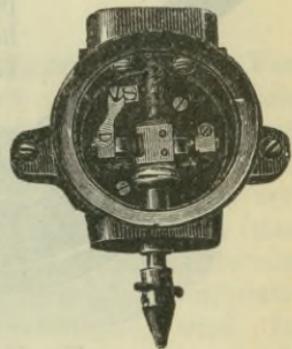


Fig. 71.

Selbstverständlich werden für Wohnräume die Ausschalter in entsprechend gefälligen Mustern hergestellt, z. B. in Form von Rosetten, Birnen u. s. w., oder für tragbare Lampen und zu besonderen Zwecken als Stöpselausschalter (s. Fig. 61).

Soll die Stromstärke oder Spannung über eine bestimmte Grenze weder steigen noch sinken, so müssen automatische Ausschalter (s. umstehende Fig. 72, 73) verwendet werden, die in Funktion treten, sobald diese Grenze überschritten wird. Um die gänzliche Ausschaltung des Stromkreises zu vermeiden,

kann hinter diese automatischen Ausschalter ein Widerstand angebracht und bei Veränderung der Wickelung können dieselben

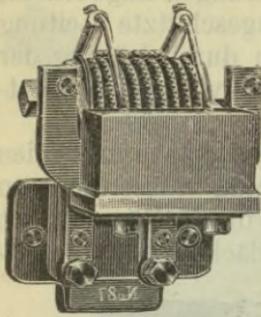


Fig. 72.

auch für genaue Innehaltung einer bestimmten Spannung benutzt werden. Zu demselben Zwecke wird auch der Signalapparat benutzt, der in dem betreffenden Augenblick den Stromkreis nicht ausschaltet, sondern ein Läutewerk ertönen lässt (s. Relais).

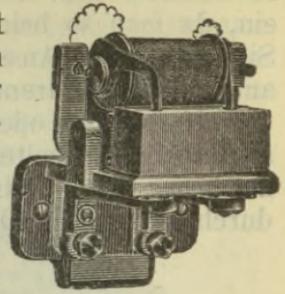


Fig. 73.

Umschalter (Fig. 74).

Unter diesem Apparat versteht man eine Vorrichtung, mittels deren durch Kurbelbewegung, Hebel oder Stöpsel eine beliebige Verbindung zwischen jedem Stromkreise einer Maschine und jeder Lampengruppe, bzw. jeder einzelnen Lampe hergestellt oder unterbrochen, somit jede Lampe unabhängig von den übrigen desselben

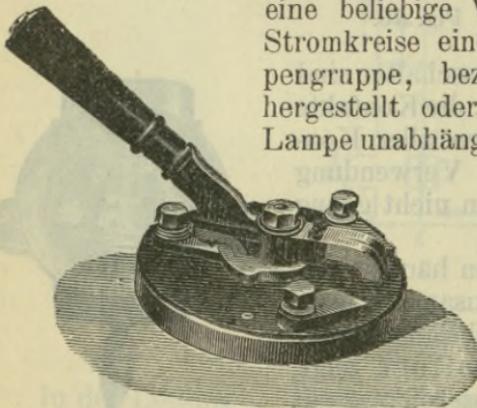


Fig. 74.

Stromkreises angezündet oder ausgelöscht werden kann, wobei meist zugleich eine Regulierung der Lichtstärke gestattet ist. Die Montierung der Umschalter geschieht wie bei den Ausschaltern, und gilt das dabei Gesagte auch hier.

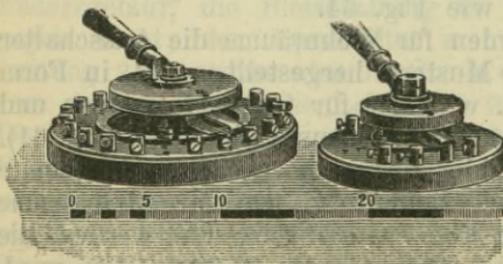


Fig. 75.

Während zur beliebigen Wechselung des Stromkreises ein einfacher Apparat mit soviel Kontakt-Klemmen, wie Stromkreise oder Lampen umgeschaltet werden sollen, genügt, ist der Voltmeterumschalter (Fig. 75) etwas komplizierter. Derselbe dient dazu,

den Spannungsverlust in den verschiedenen Nebenleitungen an einem Voltmeter (Spannungsmesser) erkennen zu lassen, da wir durch diesen Umschalter eine beliebige Leitung mit demselben in Verbindung bringen können und deshalb nicht nötig haben, für jede einzelne Leitung ein Voltmeter zu benutzen.

Zum Umschalten von mehreren Maschinen in einen oder mehrere Stromkreise wird der Generalumschalter verwendet. Soll z. B. bei dem Dreileitersystem ein Stromkreis durch beide Maschinen oder beide Stromkreise durch eine Maschine gespeist werden, so kann dies sicher nur mittels des Generalumschalters geschehen. Derselbe Fall tritt ein, wenn ein Zweileitersystem mit zwei oder mehreren Maschinen betrieben wird, und wenn eine oder die andere derselben unbenutzt bleiben soll. Bei hohen Stromstärken verbindet man einfach mehrere Umschalter derart, dass ein gleichzeitiges Verändern der Maschinen möglich ist.

Auf dem Prinzip des Umschalters beruht auch der Polwender, der jedoch wegen seiner äusserst wenigen Anwendung übergangen werden kann. Er hat den Zweck, die Stromrichtung zeitweise zu ändern.

Erdschlussprüfer.

Um festzustellen, ob in einer Glühlichtanlage eine Verbindung mit der Erde stattfindet, wodurch unnötig mehr Elektrizität verbraucht wird, schliesst man direkt an die Hauptleitung mehrere Glühlampen hintereinander, die die gleiche Spannung besitzen, wie die in dem übrigen Leitungsnetz verwendeten. In der Mitte dieser Zweigleitung verbindet man durch Leitungsdraht die Erde mit derselben, indem entweder dieser Draht an eine, in die Erde zu versenkende Metallplatte oder an eine Gas- oder Wasserleitung angeschlossen wird. Ist die Leitung fehlerfrei, so brennen die Probelampen ganz gleichmässig, tritt jedoch an irgend einer Stelle Erdschluss hinzu, so wird diejenige Lampe sofort dunkler brennen oder erlöschen, welche in der Leitungsfortsetzung des Fehlers liegt. Ein Auffinden desselben ist hiernach mit einer Glühlampe oder einem Galvanoskop leicht zu bewerkstelligen. Man verbindet streckenweise solange die Lampe oder den Apparat mit einem Teil des in Frage kommenden Leitungsnetzes, bis man die Stelle bemerkt. Jede der benutzten Probelampen in der Zweigleitung muss einen Ausschalter besitzen, um zeitweise kontrollieren zu können, ob, wenn eine Lampe ausgeschaltet ist, die andere gleich hell weiter-

brennt; in diesem Falle ist Erdschluss vorhanden. Erlischt hingegen bei dem Ausschalten der einen Lampe auch die andere, dann ist kein Fehler zu entdecken.

Elektrizitätszähler.

Sind an eine Centrale verschiedene Anlagen angeschlossen, wie z. B. wenn grössere Werke den elektrischen Strom an Konsumenten abgeben, so muss für jeden Konsumenten eine Kontrolle bestehen, wieviel Strom er verbraucht, genau wie dies die Gasuhr bei Gasverbrauch ermöglicht, und diesen Apparat nennt man Elektricitätszähler. Man unterscheidet zwei Arten dieser Apparate, den Coulomb- oder Ampèrestundenzähler und den Voltcoulomb- oder Wattstundenzähler. Zum besseren Verständnis sei bemerkt, dass ein Coulomb die praktische Einheit der Quantität, der Elektrizitätsmenge, ist, die während einer Sekunde einen Leiter durchströmt, wenn die Intensität (Stärke) des Stromes gleich 1 Amp. ist.

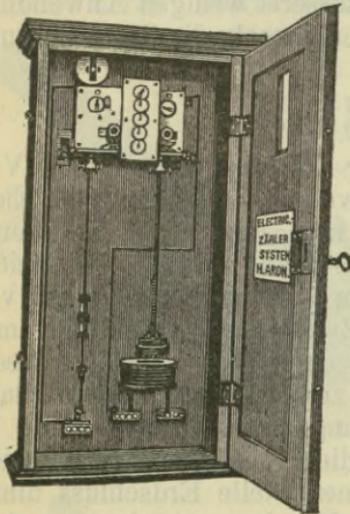


Fig. 76.

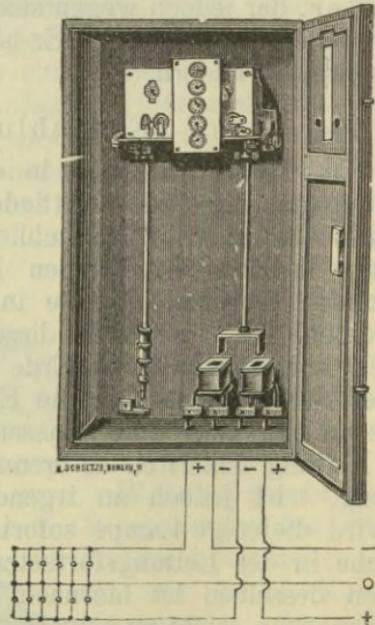


Fig. 77.

Ein Voltcoulomb ist demnach das Produkt von Spannung und Quantität des zu messenden elektrischen Stromes. Der Ampèrestundenzähler besitzt nur eine Spule mit dickem Draht, während der Wattstundenzähler eine solche von dickem und dünnem

Draht besitzt, was für den Laien das beste Merkmal ist, da sich beide Apparate im übrigen ziemlich ähnlich sehen. Bei dem Montieren des Zählers ist darauf zu achten, dass mit demselben insofern nicht Missbrauch getrieben wird, als falsche, nicht dem Konsumenten gehörige Leitungen angeschlossen werden. Man muss darum stets alle eigenen Leitungen leicht an dem Zähler übersehen können. Speziell bei diesen Apparaten muss man auf tadellos funktionierende, gediegene Konstruktion sehen; in Fig. 76 ist einer der bekanntesten Wattstundenzähler und in Fig. 77 einer der weitverbreitetsten Ampèrestundenzähler abgebildet. Dieselben, von Dr. H. Aron, Berlin, ersonnen und fabriziert, zeichnen sich durch grösste Präzision aus, sodass jede Leistung von 0 bis zum Maximum gleichmässig gemessen werden kann. Die Firma fabriziert Ampèrestundenzähler für Gleichstrom, Zwei-, Drei- und Fünfleitersystem, Wattstundenzähler für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom. Auch der Elektrizitätszähler der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vormals Schuckert & Co., zu Nürnberg (Fig. 78) ist ein altbewährter Apparat vortrefflichster Konstruktion, der sich namentlich in der äusseren Form recht gefällig repräsentiert. Die Vorzüge des einen oder anderen Apparates bemessen sich nach lokalen Verhältnissen, dem Installationssystem u. a.

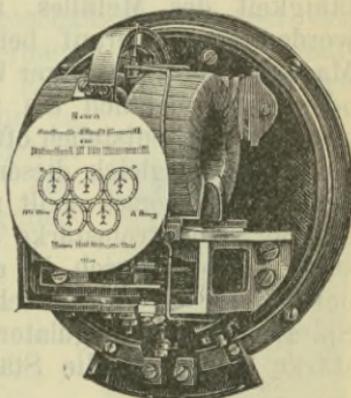


Fig. 78.

Da die Ablesung der verbrauchten Elektrizitätsmenge an den Zeigertafeln etwas Uebung erfordert, so ist in neuester Zeit ein Strompreisanzeiger auf den Markt gekommen, der den verbrauchten Strom direkt anzeigt und zwar pro Stunde in Mark und Pfennigen. Dieser Apparat zeigt nicht allein die Kosten der gesamten Anlage an, sondern giebt auch Ausweis, wieviel die einzelnen Leitungen, z. B. die Beleuchtung im Arbeitsraume, die Arbeitsmaschine, der Ventilator u. s. w. kosten. Der Apparat kann ferner für die Kontrolle zur richtigen Einstellung der Bogenlampen gewählt werden, da diese häufig eine bedeutend grössere Summe Elektrizität verbrauchen, als der Konsument in Aussicht genommen hatte. Er kontrolliert zugleich den, selbstverständlich neben diesem Apparate nicht entbehrlichen Elektrizitätszähler, als dessen Ergänzung er nur

zu betrachten ist. Der Strompreiszeiger von Dr. P. Meyer, Berlin, der sowohl für Licht- wie für Kraftzwecke angefertigt wird, weist ferner grössere und möglicherweise gefährliche Erdschlüsse nach und ist wegen seiner vielen praktischen Vorzüge als Hilfsapparat bei allen Elektrizitätszählern zu empfehlen. Auch Hartmann & Braun, Bockenheim, stellen einen recht praktischen Strompreisanzeiger her.

Stromregulator.

Es ist früher schon gesagt worden, dass, je dünner und länger ein Draht, desto höher auch sein Widerstand ist. Dieser kann auch noch durch die mehr oder weniger grosse Leitungsfähigkeit des Metalles, aus dem derselbe besteht, verändert werden, und hierauf beruht der Stromregulator. Wird die Maschine bezüglich ihrer Umdrehungen nicht genau kontrolliert, oder wird plötzlich ein grösserer Lampenkreis ein- oder ausgeschaltet, so entstehen oft ganz erhebliche Stromschwankungen, zu deren Ausgleich dieser Apparat dient. Je nach der Stärke des Betriebstromes stellt man die Kurbel auf den Knopf, der mit der, der Stromstärke entsprechenden Spirale in Verbindung steht und hierdurch in die Leitung eingeschaltet wird. Da der Strom von der Maschine immer erst durch die bezügliche Spirale des Stromregulators geleitet wird, so bedingt die Drahtstärke derselben die Stärke des hindurchgehenden Stromes.

Je stärker der Strom nötig ist, desto stärker wird man den Draht wählen, aus der die Spirale gewickelt ist, und je schwächer der Strom sein soll, desto dünner und länger wählt man den Draht. Fig. 79 zeigt einen Stromregulator, der 21 Kontaktknöpfe besitzt, die ebensoviele Abstufungen in der Ein- oder Ausschaltung von Widerstandsspiralen bedingen. Man unterscheidet Stromregulatoren für Nebenschlussmaschinen und Maschinen mit direkter Schaltung; erstere schaltet man durch einfache Unterbrechung der Nebenschlusswicklung an irgend einer passenden Stelle in diese

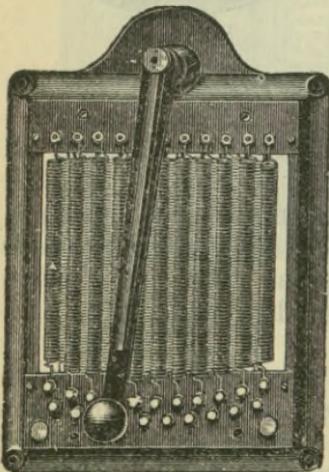


Fig. 79.

ein, letztere ebenfalls an günstig liegender Stelle in den Hauptstrom.

Ausser diesem Apparat, der durch Drehen der Kurbel nach der gewünschten Richtung gehandhabt wird, sind auch vielfach automatische Regulatoren in Gebrauch, die selbstthätig die zu hohe Spannung vernichten. Für die Beschaffenheit des Regulators ist massgebend: das Maximum der zu regulierenden Spannungsdifferenz, mittlere Normalspannung, ob für Nebenschluss-, Compound- oder Hauptstrommaschinen, die Tourenschwankungen u. s. w.

Widerstände.

Vorschaltwiderstände. Wie schon weiter vorn erklärt wurde, ist zur Erreichung eines ruhigen gleichmässigen Lichtes bei parallel geschalteten Bogenlampen ein Widerstand erforderlich, welcher denselben vorgeschaltet wird, um den Strom auf der richtigen Höhe zu erhalten. Den Vorschaltwiderständen liegt ebenso wie den Ersatzwiderständen dasselbe Prinzip, wie dem Stromregulator, zu Grunde, und dieselben unterscheiden sich in regulierbare und feste Widerstände. Der von Voigt & Haeffner gebaute regulier-

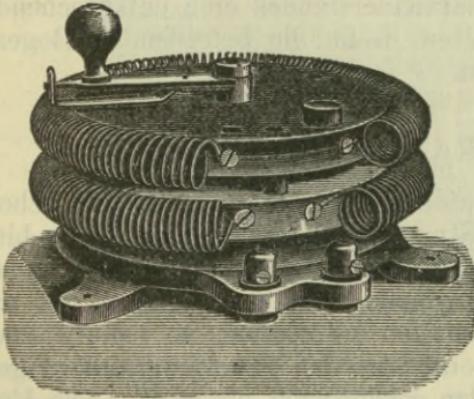


Fig. 80.

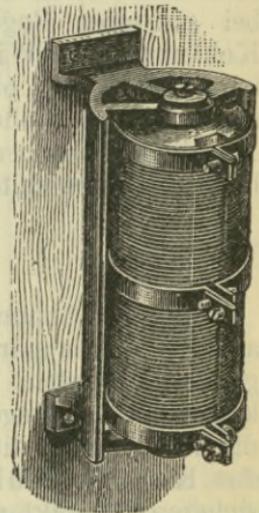


Fig. 81.

bare Widerstand (Fig 80) vermindert in einem, 4—8 Ampère starken Strome von 65 Volt Spannung diese um 22 Volt, bei 110 Volt Spannung um 24 Volt. Der in Fig. 81 abgebildete Zusatzwiderstand von Körting & Mathiesen ist sehr praktisch und einfach gebaut und in einem trogartigen Gestell gelagert. Derselbe besteht aus einer Schieferwalze, in der ein Gewindegang eingedreht ist, worin der den Widerstand vorstellende Neusilberdraht gewickelt ist. Die Walzen haben

Lüftungsritzen in axialer Richtung, die bei vertikaler Befestigung des Apparates abkühlend wirken. Selbst auf Holzwand aufgeschraubt, würde bei Kurzschluss der Leitung jede Feuersgefahr ausgeschlossen sein. Die Montierung der Widerstände erfolgt am besten in verschlossenen Kästen.

Ersatzwiderstände. Sollen bei Bogenlampen, die hintereinander oder in Gruppen parallel geschaltet sind, einzelne oder mehrere ausgeschaltet werden, so muss ein Widerstand eingeschaltet werden, der dem Widerstand der ausgeschalteten Lampen gleichkommt. Diese Widerstände, die äusserlich dem Stromregulator ganz ähnlich sehen, sind so gebaut, dass sie sofort an Stelle der auszuschaltenden Lampe treten können. Vielfach verwendet sind kombinierte Ersatz- und Vorschaltwiderstände mit zweipoligem Umschalter. Es können also entweder zwei Lampen zusammen brennen oder je nach Stellung der Kontakthebel die eine oder die andere. Ein Ausschalten kann nach zwei Seiten hin stattfinden. Der Apparat gestattet bei grösseren Bogenlichtanlagen eine namhafte Ersparnis an Kohlenstiften. Will man den Strom genügend ausnutzen und ist es nach den obwaltenden Verhältnissen thunlich, so kann man auch an Stelle des Ersatzwiderstandes eine entsprechende Anzahl Glühlampen einschalten, wenn die betreffenden Bogenlampen ausgeschaltet werden.

Relais.

Bei Erwähnung der automatischen Ausschalter ist schon auf die Signalapparate, die Stromveränderungen markieren, hingewiesen worden. Da jedoch innerhalb des betreffenden Stromkreises in der Regel ein zu starker Strom vorhanden ist, um die Läutewerke direkt einschalten zu können, so benutzt man das Kontakt-Voltmeter, das stets bei Spannungsänderungen sicheren Kontakt nach beiden Richtungen unterhält. Die Empfindlichkeit desselben ist so gross, dass das Ueber- oder Unterschreiten der Normalspannung um $\frac{1}{2}$ % durch ein Licht- oder Glockensignal angezeigt wird. Die Kontakte leiten höchstens nur einen Strom von 0,5 Ampère, und deshalb müssen als Signallampen Glühlampen mit einem geringen Stromverbrauch angewendet werden. Sind aber nun z. B. für mehrere Signalvorrichtungen stärkere Ströme erforderlich, so muss ein Relais eingeschaltet werden, wodurch Stromstärken bis 1,5 Ampère in Gebrauch genommen werden können, da das Relais

infolge seines hohen Widerstandes selbst sehr wenig Strom verbraucht.

In Fig. 82 ist ein Doppelrelais mit schematischer Schaltung dargestellt, das Hartmann & Braun herstellen. Sollen nämlich durch das Kontaktvoltmeter zwei verschiedene Arbeitsstromkreise bethätigt werden oder bei verminderter Spannung die Stromrichtung im Arbeitsstromkreise eine andere sein, als bei zu hoher Spannung, so sind zwei Relais anzuwenden, wobei jedem derselben eine gesonderte Aufgabe zufällt.

In der Schaltungsskizze zweigt vom positiven (+) Hauptstrom nach links eine Leitung zum Voltmeter (510 a), nach

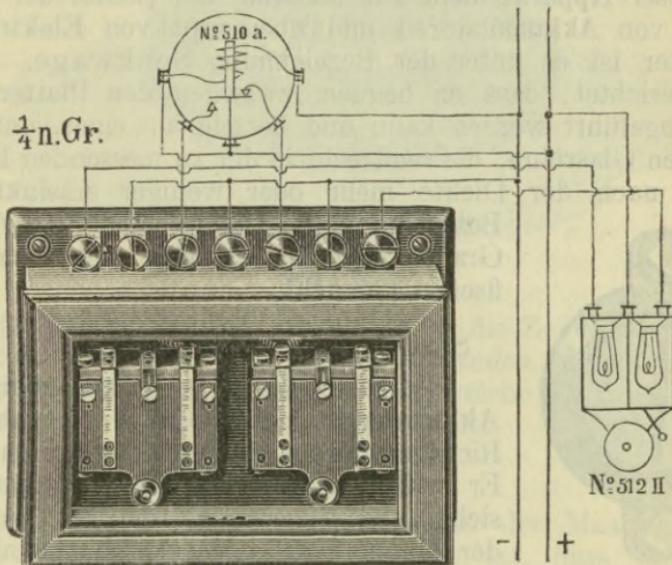


Fig. 82.

rechts eine solche zu dem Signalapparat (512 II) ab, und zwar bildet die letztere Leitung eine positive Doppelleitung, da sie von der Mittelklemme zu beiden Lampen führt. Die linke Lampe ist mit dem linken, die rechte Lampe mit dem rechten Relais verbunden und beide mit der Klingel; das Voltmeter steht mit beiden Relais in Kontakt. Ist die Spannung zu niedrig, so wird z. B. die eine Glühlampe hinter rotem Glase aufleuchten, ist hingegen die Spannung zu hoch, so wird die andere Glühlampe hinter grünem Glase aufleuchten, während in beiden Fällen die Klingel ertönt. Der wichtigere Apparat hierbei ist zweifelsohne das Kontakt-Voltmeter. Wir haben aber absichtlich das

Relais vorangestellt, weil dieser Apparat häufig allzusehr vernachlässigt wird.

Derselbe Signalapparat (512 II) kann auch mit einer Lampe als Erdschluss-Alarmapparat (s. d.) dienen, wenn die eine Klemme an Erde, die andere entweder dauernd an den einen Pol der Leitung oder unter Vermittlung eines Umschalters abwechselungsweise an den positiven und negativen Pol gelegt wird. Die Lampe wird zu glühen beginnen und die Klingel ertönen, wenn der Isolationswiderstand etwa unter 1000 Ohm sinkt.

Aräometer.

Dieser Apparat dient zur Messung der Dichte der Säurefüllung von Akkumulatoren und überhaupt von Elektrolyten. Bekannter ist er unter der Bezeichnung Senkwage. Er ist so eingerichtet, dass er bequem zwischen den Platten einer Zelle eingeführt werden kann und besteht aus einer, unten beschwerten Glasröhre, die senkrecht in der zu messenden Flüssigkeit je nach der Dichte mehr oder weniger einsinkt. Die Bestimmung der Dichte erfolgt entweder in Graden nach Baumé oder nach dem spezifischen Gewicht.

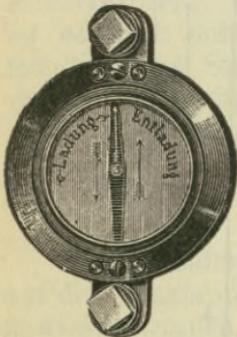


Fig. 83.

Stromrichtungsanzeiger (Fig. 83).

Derselbe dient bei Verwendung von Akkumulatorenanlagen zur Angabe der Richtung, die der Akkumulatorenstrom nimmt. Er wirkt beim schwächsten Strome noch sicher und zuverlässig, und der Ausschlag der Magnetnadel beweist, ob sich die Akkumulatoren laden oder entladen.

Zellenschalter (Fig. 84)

von Voigt & Haeffner. Bei Beleuchtungsanlagen ist für die Dynamomaschine und Akkumulatoren meistens dieselbe Klemmenspannung erforderlich. Da das Laden indessen eine höhere Spannung braucht, so müssen die Zellen für Ladung und Entladung entsprechend kombiniert und der Strom also reguliert werden. Es geschieht dies durch Ab- oder Zuschalten von einzelnen Zellen, wobei ein, an dem Apparat angebrachter Widerstand beim Drehen des Schalthebels von einem Kontakt zum andern eine Unterbrechung des Stromkreises verhindert. Man verwendet einfache und doppelte Zellenschalter.

Erstere haben den Nachteil, dass nur die Entladung reguliert werden kann, während die letzteren auch das Laden gleich-

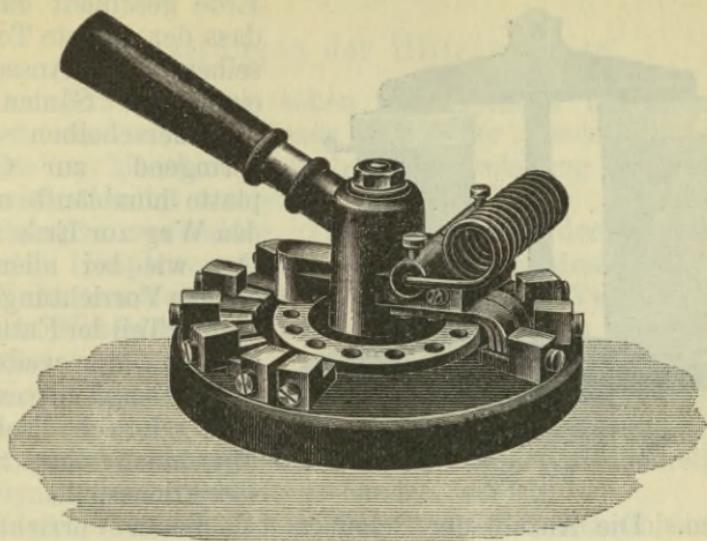


Fig. 84.

mässig gestatten. In der Regel werden die Zellschalter mit dem Stromrichtungsanzeiger direkt verbunden, wobei letzterer in diejenige Leitung eingeschaltet ist, welche von den Akkumulatoren zum äusseren Stromkreise führt.

Tachometer

sind Messapparate für die Umdrehungen der Maschine, die direkt mit dem Tachometer so verbunden ist, dass von einer kleinen aparten Riemenscheibe der Treibriemen nach der Riemenscheibe des Geschwindigkeitsmessers geht. Die Umdrehungszahl ist an einem Zifferblatt abzulesen.

Blitzschutzvorrichtungen (s. umstehend Fig. 85)

von Voigt & Haeffner. Um Leitungen im Freien oder solche, die über Gebäude emporragen, die mit keinem Blitzableiter versehen sind, und hiermit auch die Gebäude, an denen die Leitung befestigt ist, sowie gleichfalls die Dynamomaschine vor Blitzschlag zu sichern, sind die Blitzschutzvorrichtungen unbedingt erforderlich. Eine solche für Innenleitungen, bezw. für die elektrische Maschine besteht je nach der Polzahl aus zwei oder drei säulenförmig aufeinander geschichteten Zink- und Glimmerscheiben,

die mittels eines Bügels und einer Druckschraube auf die Grundplatten aufgepresst werden. Die Ableitung des Blitzes zur

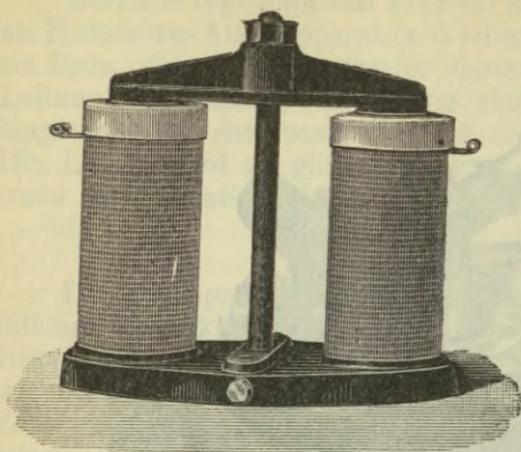


Fig. 85.

Erde geschieht dadurch, dass der grösste Teil desselben an der Aussenseite einer der Säulen, die Glimmerscheiben überspringend, zur Grundplatte hinabläuft und so den Weg zur Erde findet. Da, wie bei allen derartigen Vorrichtungen, ein kleiner Teil der Entladung zur Maschine weiter abfließt, empfiehlt es sich, bei schwach isolierten Maschinen eine Selbstinduktionsspule vorzu-

schalten. Die Anzahl der Scheiben bei diesen Vorrichtungen richtet sich nach der Betriebsspannung.

Bezüglich anderer Vorrichtungen für Aussenleitungen lese man das Kapitel Blitzableiter.

Schalttafeln.

Alle die hier angeführten Hilfsapparate, mit Ausnahme derjenigen, welche unmittelbar an die Lampen oder an bestimmte Stellen der Leitung eingeschaltet werden müssen, werden der Uebersicht halber auf bequem zugänglichen Schalttafeln in einer einheitlichen Weise angebracht. Eine Schalttafel bei Anwendung von Akkumulatoren mit einer Schaltung, welche die Ladung derselben bei gleichzeitigem Lichtbetrieb, die Speisung des Lampennetzes allein von der Maschine, oder auch nur von der Batterie und zudem die Parallelschaltung des Batterie- und Maschinenstromes gestattet, müsste nach einem bestimmten Schema folgende Apparate enthalten: 6 einpolige Bleischaltungen und zwar je zwei für Dynamo, Akkumulatoren und Lampenleitung, für dieselben ferner je einen einpoligen Ausschalter, ferner 1 Zellschalter, 1 einpoligen Umschalter für Ladung und Entladung der Akkumulatoren, 1 Stromrichtungsanzeiger, 1 zweipoligen Voltmeter-Umschalter für die die Kontrolle haltenden Rückleitungen zum Voltmeter, 1 Ampèremeter, 1 Voltmeter, 1 Relais mit Signalapparat. Natürlich können sich die Art

und Anzahl der Apparate verändern. In fast allen Fällen liefert die installierende Firma diese Schalttafeln fertig montiert.

Schaltungen der Hilfsapparate.

Der Kürze halber sollen im folgenden die Regeln angegeben werden, nach denen die bisher beschriebenen Hilfsapparate im Maschinenraum bez. Aussenleitung in den Stromkreis eingeschaltet werden.

Hauptausschalter. Direkt in den, an der Maschine austretenden Hauptstrom durch Unterbrechung desselben.

Nebenausschalter. Auf die gleiche Weise in die betreffende Nebenleitung, also an der Stelle, wo diese von der Hauptleitung abzweigt.

Umschalter. Derselbe hat eine der Anzahl der in Betracht kommenden Stromkreise oder Dynamos entsprechende Klemmenzahl, die mit dem umzuschaltenden Stromkreise oder den Dynamos unmittelbar verbunden werden.

Elektrizitätszähler. Der Ampèrestundenzähler wird in die positive Leitung des zugeführten Hauptstromes eingeschaltet. Der Wattstundenzähler wird ausserdem auch mit der negativen Leitung verbunden.

Stromregulator. Durch einfache Unterbrechung des Hauptstromes.

Widerstände. Der Vorschalt-, Zusatz- oder Beruhigungs-Widerstand, welche Bezeichnungen gleichbedeutend sind, wird in die zu schützende Lampenleitung durch einfache Unterbrechung derselben eingeschaltet, bei dem Ersatzwiderstand hingegen führt die unterbrochene Leitung nach dem Umschalter, der durch den Hebel mit den Widerstandsspulen und von der zweiten Klemme des Umschalters in den Lampen verbunden werden kann. Der Widerstand ist dann mit der Lampenleitung derart verbunden, dass er die in Frage kommenden Lampen mit einem zweiten Stromkreise umschliesst. Brennen die Lampen, so wird der Stromlauf folgender sein: Leitung — Umschalter, (+ Klemme), — Umschalter, (— Klemme), Leitung. Sollen die Lampen jedoch ausgeschaltet und der Ersatzwiderstand zugleich eingeschaltet werden, so geht der Strom, wie folgt: Leitung — Umschalter, (+ Klemme), — Widerstand, (+ Klemme), — Widerstand, (— Klemme) und wird von dieser bis hinter die ausgeschalteten Lampen in eine Zweigleitung geführt. Im ersteren Falle wird also die Leitung durch den Umschalter geschlossen, im letzteren

hingegen unterbrochen und dafür durch den Umschalter der Widerstand eingeschaltet.

Relais, siehe Schaltungsskizze auf Seite 103.

Stromrichtungsanzeiger. Dieser wird in die zu messende Leitung an einer unterbrochenen Stelle eingeschaltet.

Zellenschalter. Der Stromlauf ist derselbe, wie beim Stromregulator unter Einbeziehung der Akkumulatorenleitung, also z. B. vom positiven Maschinenpol nach dem positiven Pol der Akkumulatoren, (die Klemmen bei Akkumulatoren und Maschinen sind stets genau von der Fabrik bezeichnet), von da zum Zellenschalter, dann zurück zu der eingeschalteten Zelle und durch diese in die negative Leitung zum Stromrichtungsanzeiger und sodann vom Zellenschalter nach den Lampen. Selbstverständlich müssen auf diesem Wege alle anderen erforderlichen Apparate, wie Spannungsmesser, Strommesser, Ausschalter eingeschaltet werden.

Akkumulatoren. Der + Pol derselben wird mit dem + Maschinenpol und der — Akkumulatorenpol mit dem — Maschinenpol verbunden, wobei man genau auf die Polbezeichnung sehen muss.

Strommesser (Ampèremeter). Derselbe wird durch Unterbrechung der Leitung wie der Stromregulator eingeschaltet.

Spannungsmesser (Voltmeter). Dieser wird nicht durch Unterbrechung der Leitung, sondern durch eine Nebenleitung angeschlossen. Die positive sowohl, wie die negative Leitung ist mit je einer der beiden Klemmschrauben leitend verbunden.

Montierung und Unterhaltung der Bogenlampen.

Bei der Projektierung von Beleuchtungseinrichtungen spielt die richtige Verteilung der Bogenlampen eine sehr wichtige Rolle und sind hierbei für Aussen- und Innenbeleuchtung verschiedene Regeln zu beachten.

Bei Aussen- also Strassen- und Hofbeleuchtung rechnet man 1500—2000 qm. zu beleuchtende Fläche für eine Lampe von 8 Ampère. Man findet die entsprechende Höhe, in der die Lampe aufgehängt werden muss, um einen bestimmten Platz zu beleuchten, indem man sich diesen Platz als einen Kreis berechnet, dessen Radius die Höhe angiebt, in der sich der Lichtpunkt der Lampe befinden muss. Eine vielfach angewandte Regel ist auch in folgender Tabelle angegeben:

Innenbeleuchtung	qm pr. Lampe	Aussenbeleuchtung			
Maschinenfabriken .	200	Entfernung zwischen den Lampen			
Giessereien . . .	300	50	100	150	200 m
Webereien . . .	200	bei einer Stromstärke von			
Spinnereien . . .	200	6	8	10	16 Amp.
Druckereien . . .	125	Höhe der Aufhängung			
Vergnügungslokale	70	6	10	16	24 m

Um z. B. die gebräuchliche Lichtstärke der Gasbeleuchtung im Freien zu erreichen, rechnet man Bogenlampen von 8 Amp. bei gleichgerichtetem Strome, die, horizontal gemessen, 250 NK und unter 45° 1460 NK besitzen und in 90—100 m Entfernung voneinander in der Mitte der Strasse aufgehängt sind. Jedenfalls muss bei der Verteilung der Lampen darauf gesehen werden, dass eine Lampe den bei der anderen entstehenden Schatten erhellt. Für Innenbeleuchtung ist die Bogenlampe nur dann zu empfehlen, wenn der betreffende Raum eine genügende Deckenhöhe hat, denn die Lichtverteilung kann nur dann günstig wirken, wenn die Lampe in verhältnismässiger Höhe angebracht ist. Vorteilhaft werden für grosse Innenräume lieber mehr Lampen kleinerer Lichtstärke benutzt, als wenige Lampen hoher Lichtstärke, und durch Dazwischenschaltung von Glühlichtlampen kann der Gesamteindruck des Lichtes sehr angenehm abgetönt werden.

Zum Auf- und Niederbewegen der Bogenlampe werden Drahtseile aus verzinktem Stahldraht und Aufzugswinden oder Gegengewichte benutzt, von deren Güte man sich vor dem Gebrauch gut überzeugen muss. Hanfseile sind entschieden zu verwerfen. Die beweglichen Zuleitungskabel dürfen weder zu lang noch zu kurz bemessen sein; beim vollständigen Herunterlassen der Lampe müssen sie gut herunterreichen, ohne straff zu spannen. Die Winden müssen so konstruiert sein, dass die Lampe in jeder beliebigen Höhe stehen bleiben kann, und bei Verwendung von Gegengewichten bringt man gleichfalls eine ähnliche Vorrichtung an.

Ehe die Lampe aufgehängt wird, setzt man die Kohlen ein, wobei zu beachten ist, dass deren Spitzen ein wenig zusammengerieben werden, um den Widerstand thunlichst zu verringern. Das genaue Geradesitzen der Kohlen, sowie die leichte Beweglichkeit des mit diesen verbundenen Mechanismus ist für

ein tadelloses Funktionieren der Lampe unerlässlich. Die Reinigung der gesamten Lampe soll am sichersten in bestimmten Zwischenräumen erfolgen. Bei dieser sind alle Schrauben anzuziehen, der Staub zu entfernen, die freiliegenden Teile des Mechanismus mit Benzin oder Mohnöl abzuwischen, die Aufzugrollen zu ölen, die Kontakte rein metallisch zu machen und ausser der Armaturverbindung auch den Aufzug in allen Teilen zu prüfen.

Ein- und Ausschalten der Bogenlampen ist bei ihren verschiedenen Schaltungen nicht gleichmässig zu befolgen. Hintereinandergeschaltete Lampen schaltet man erst nach regelmässigem Gang der Maschine ein; das Ausschalten geschieht am besten nach vollständigem Stillstand der Maschine. Ist letzteres nicht ausführbar, so muss soviel Widerstand eingeschaltet werden, bis dass die vorhandene Stromstärke auf $\frac{1}{4}$ der ursprünglichen Stärke sinkt, andernfalls die Maschine zu sehr leidet und auch die ausschaltende Person Gefahr läuft.

Parallel und in Gruppen geschaltete Lampen schaltet man bei normalem Gang der Maschine ein und zwar sowohl einzeln geschaltete, wie bestimmte Gruppen. In einzelnen Fällen richtet man sich ausserdem nach den Vorschriften der Lampenfabrikanten. Nachdem eine einzelne Lampe oder eine Gruppe eingeschaltet ist, lässt man diese erst richtig brennen, worauf man in dem Einschalten der folgenden fortfährt, um die Maschine nicht zu sehr zu belasten. Das Ausschalten geschieht auf dieselbe Weise, und beim Abstellen der Maschine dürfen keine Lampen mehr brennen.

Wahl der Schaltungsart.

Die Hintereinanderschaltung von Bogenlampen wird sich überall da empfehlen, wo die einzelnen Stromkreise eine sehr bedeutende Ausdehnung haben, oder wo es sich nur um gelegentliche und zeitweise Gesamtbeleuchtung grosser Plätze, öffentlicher Anlagen u. s. w. handelt. Die Hintereinanderschaltung ist, wie ersichtlich, nicht allein sehr einfach zu handhaben, sondern sie ist auch viel ökonomischer, wie Parallelschaltung. Diese, in ihren verschiedenen Anordnungen als einfache, doppelte, mehrfache oder als Gruppen verwandt, ist vor allem dann unbedingt notwendig, wenn Bogenlampen und Glühlampen gleichzeitig brennen sollen. Ferner bei Verwendung von Bogenlampen verschiedener Lichtstärke und bei kürzeren Stromkreisen, letzteres aus dem Grunde, weil bei

dieser Schaltung viel stärkerer Leitungsdraht benutzt werden muss, wie bei ersterer. Bei der einfachen Parallelschaltung beträgt die Spannung 65 Volt, also für Glühlampen dieser elektromotorischen Kraft berechnet. Ist hingegen eine Spannung von 100 und mehr Volt in Anwendung, so werden die Lampen in Gruppen geschaltet; es werden also mehrere Lampen hintereinander verbunden und diese Gruppe parallel in die Leitung geschaltet.

Klemmenbezeichnung.

Ausser mittels des Ampère'schen Gesetzes wird die Bezeichnung der Maschinenklemmen durch folgende Probe festgestellt. Jede der Klemmen wird mit einem blanken Kupferdraht verbunden und dessen Enden in angemessener Entfernung in eine Mischung von 9 Gewichtsteilen Wasser und 1 Gewichtsteile Schwefelsäure gehalten. Das positive Ende wird sich sofort schwarz färben und rufförmiges Kupferoxyd absondern, das negative Ende bleibt hingegen rein und veranlasst eine sehr heftige Gasentwicklung. Vielfach wird zu demselben Zweck auch das Polreagenzpapier von Wilke benutzt. Dasselbe wird an die beiden Drahtenden gehalten, wobei der negative Draht einen roten Fleck auf dem Papier hinterlässt. Diese Probe macht man auch auf dieselbe Weise, um die Klemmen an den Bogenlampen u. s. w. richtig feststellen zu können.

Wahl der Bogenlampen.

Es ist in allen Fällen von grossem Vorteil, sich darüber ein Urteil zu bilden, ob man Nebenschluss- oder Differentiallampen wählen soll, zudem oft beide Lampengattungen bei Gleichstrommaschinen für gleiche Schaltungsarten empfohlen werden. Körting & Mathiesen schlagen die Nebenschlusslampe in dieser Beziehung als die unbedingt praktischere vor und zwar auf Grund folgender Verhältnisse:

Die reine Nebenschlusslampe ist möglichst universell, d. h. eine und dieselbe Lampe kann beispielsweise sowohl mit 3 als auch mit 15 Ampère brennen, wobei natürlich die Lichtbogen- spannung entsprechend geändert werden muss. Die Möglichkeit dieser verschiedenen Einstellung ist für den Installateur von grossem Wert. Die Differentiallampe gestattet dagegen eine derartige verschiedene Beanspruchung nicht, sie ist vielmehr für eine bestimmte Stromstärke gebaut.

Bei Nebenschlusslampen, auch bei denen, die zu zweien oder mehreren hintereinander geschaltet werden, ist die Regulierung der Lichtbogenlänge eine sehr einfache, da jede Lampe unabhängig von der anderen reguliert. Bei Differentiallampen beeinflussen sich hingegen alle Lampen in einem Stromkreise untereinander, wodurch die Regulierung sehr erschwert wird. Ihr grosser Vorzug, der darin besteht, dass die Nachregulierung wegfällt, soll jedoch auch ins Auge gefasst werden.

Die angeführten Verhältnisse sind nur für Gleichstrom gültig; für Wechselstrommaschinen werden nur Differentiallampen angewandt. Dass ferner für Serienschaltung in Verbindung mit Hauptstrommaschinen gleichfalls nur Differentiallampen zu verwenden sind, bedarf keiner Erläuterung.

Behandlung des Galvanoskops.

Da dieser, in einem früheren Kapitel erwähnte Apparat der für den Monteur unentbehrlichste ist, so erscheint die Beschreibung seiner Handhabung geboten. Obgleich man zur Speisung des Galvanoskops den direkten Betriebsstrom benutzen kann, so ist dem doch abzuraten, vielmehr sind alle Untersuchungen mittels des leicht transportablen Trockenelementes zu bewerkstelligen. Man verbindet die + Klemme des Apparates mit der entsprechenden Klemme des Elementes, von dessen zweiter Klemme ein Kupferdraht nach dem zu untersuchenden Gegenstand geht, mit dem gleichfalls die — Klemme des Galvanoskops leitend verbunden ist. Der Ausschlag der Magnetonadel orientiert über die Güte des Gegenstandes oder der Leitung u. s. w. Trotz des viel genauer anzeigenden speziellen Isolationsprüfers wird auch das Galvanoskop zu diesem Zweck benutzt. In diesem Falle darf die Magnetonadel keinen Ausschlag zeigen. Soll in einem Leitungsnetz ein Fehler aufgesucht werden, so verbindet man streckenweise das Galvanoskop und Element in der oben angegebenen Weise, und man erkennt am Ausschlag dann leicht die Strecke, in der der Fehler liegt, worauf man sodann dessen nähere Aufsuchung auf dieselbe immer mehr beschränkt.

Es ist praktisch, alle Apparate, Lampen und Leitungen, die bei der Montage zur Verwendung kommen sollen, vorher mit diesem Apparate zu untersuchen. Ehe man dies jedoch beginnt, soll das Galvanoskop selbst untersucht werden, ob es auch gut und sicher funktioniert.

Batteriebeleuchtung.

Zu besonderen Zwecken wird mitunter eine Glühlichtbeleuchtung nötig, wo Maschinenstrom nicht zur Verfügung steht; in diesem Falle muss man zu galvanischen Elementen greifen. Obgleich dieses Gebiet bis jetzt noch wenig Beachtung gefunden und deshalb nur mangelhafte Erfolge erfahren hat, so sind doch schon verschiedene Versuche in dieser Richtung gemacht worden, um den Maschinenstrom auch für Bogenlampen durch Elementstrom zu ersetzen. Eine der vollkommendsten Anlagen, die ohne Dynamomaschine betrieben wird, ist die Beleuchtung des Comptoir d'escompte de Paris, für die eigens die Grenet-Jarriant-Säule konstruiert wurde. Diese beruht auf einer ziemlich komplizierten Umgestaltung von Chromsäure-Elementen, die fast ausschliesslich für Batteriebeleuchtung benutzt werden, da Elemente anderer Konstruktion entweder zu schwach oder zu umständlich in ihrer Zusammensetzung sind.

Die Tauchelemente sind verhältnismässig sehr kräftig, sehr einfach und in der Behandlung bequem. Die Anzahl derselben richtet sich nach der Spannung der Glühlampe, die man durch die Spannung des Elementes dividiert.

Ein ferner noch erprobtes Element für denselben Zweck ist das von E. Reynier, das ein verbessertes Daniell-Element ist und als Flüssigkeit aufgelöstes Kupfervitriol enthält, das die Zinkstücke sehr wenig angreift. Dieser Vorteil wird erhöht durch die, während des chemischen Vorganges im Element hervorgerufene Gewinnung von 90 g Kupfer, das bei einem Verbrauch von 400 g Kupfervitriol während 24-stündiger Arbeit entsteht. In derselben Arbeitszeit verbraucht das Element 110 g Zink. Dieser geringe Zinkverbrauch macht es dem beliebten Bunsenelemente gegenüber, das gleichfalls für die Batteriebeleuchtung umgeändert worden ist, sehr wertvoll. Der innere Widerstand des Reynier-Elementes beträgt 0,14 Ohm. Die Säule wird monatlich einmal gereinigt, der Zink erneuert und das entstandene Kupfer entfernt, welches den Zink samt der Zelle bezahlt macht. Die Verwendung von Akkumulatoren ist für Batteriebeleuchtung fast ausnahmslos angebracht, nicht nur aus Sparsamkeitsrücksichten, sondern auch im Interesse eines gleichmässigen Lichtes. Umbreit & Matthes in Leipzig bringen in neuerer Zeit ein Kupferoxyd-Zink-Alkali-Element unter dem Namen Cupron-Element in den Handel, das

speziell für kleine Beleuchtungsarten gebaut und bei dem bewährten Ruf der Firma zu empfehlen ist. Von der Verwendung von Lokalbatterien mit amalgamierten Zinkplatten und verdünnter Schwefelsäure ist wegen der damit verbundenen Gefahr der bei schlechtem oder ungenügend amalgamiertem Zink möglichen Knallgasexplosionen abzuraten.

Von den vielen, auf den Markt gekommenen Konstruktionen von Lampen mit Batteriebetrieb sei zunächst die Pollak'sche, tragbare elektrische Gruben- und Sicherheitslampe erwähnt. Diese Lampen haben Akkumulatoren als Stromquelle und sind auf einem solchen in starkem Glasgehäuse montiert. Die Lampen können in Pulver, Schiessbaumwolle, Knallgas u. s. w. gestellt werden, ohne dass irgend eine Explosion zu befürchten wäre. Daher ist die Pollak'sche Lampe von allergrösster Bedeutung für Kohlengruben, Naphta-industrie, Pulvermühlen, Gasanstalten, Petroleumlager u. s. w., zumal da dieselbe nur komplett 1800—1900 g wiegt und ihre konstante Lichtstärke 0,7—0,8 Kerzen bei einer Dauer von 10—12 Stunden nach jeder Ladung beträgt. Die Konstruktion und Handhabung ist äusserst einfach und weder durch Zufall, noch durch Unwissenheit kann eine Explosion verursacht werden.

Mehr für die Wohnzimmer sind die von der Akkumulatorenfirma G. E. Heyl & Co. in Berlin-Charlottenburg ausgeführten elektrischen Tischlampen. Dieselben erhalten ihren Strom ebenfalls von einer kleinen Akkumulatorenbatterie, die sich entweder separat in einem Beikasten befindet, oder die Batterie ist in den hohlen Lampenfuss montiert. Beide Ausführungen sind solid gebaut und haben ein sehr ansprechendes Aeussere. Wo irgend Gelegenheit zum Laden ist, was man durch eine primäre Batterie auch selbst besorgen kann, dürfte sich die elektrische Tischlampe rasch einführen.

Die Kosten des elektrischen Lichtes im Verhältnis zur Gasbeleuchtung.

Um sich einen klaren Ueberblick über dieses Verhältnis zu bilden, diene folgendes Beispiel. Kostet 1 kbm Arbeitsgas zum Betriebe von Motoren 12 Pf., was 1 PS per Stunde entspricht, so wird man für denselben Preis eine Hellig-

keit von 170 NK bei Verwendung von ca. 10 Glühlichtlampen von à 16 NK erhalten. Kostet für direkte Beleuchtung das Gas 15 Pf. für 1 kbm, so erhält man für 12 Pf. 0,8 kbm oder 28,3 Kubikfuss. Ein 6 Kubikfussbrenner entspricht einer Lichtstärke von 16 NK. Man würde demnach auf diese Weise eine Helligkeit von $\frac{28,3 \cdot 16}{6}$ oder rund 75 NK erhalten, was gegen die elektrische Beleuchtung ein Minus von ca. 90 NK ergibt. Auf andere Art rechnet man für eine Normalkerze pro Stunde 0,06 Pf., sodass eine Glühlampe von 16 NK pro Stunde rund 1 Pf. kosten würde; eine Gasflamme derselben Kerzenstärke würde hingegen nach obiger Rechnung rund 2 Pf. betragen. Dies sind allerdings die reinen Kosten des Gases bzw. elektrischen Stromes. Bei Einbeziehung der Anschaffungskosten, Armortisation etc. wird sich der Preis um etwas zu Gunsten des Gases verschieben, was teilweise durch die Erneuerung der Glühlampen und Kohlenstifte bedingt ist. Jedenfalls ist aber das Verhältnis immer ein derartiges, dass dem elektrischen Lichte der Vorzug zusteht. Berechnet man den Durchschnittspreis der Glühlampen mit 2 Mark bei einer 800-stündigen Brenndauer, so wäre das Resultat immer noch ca. 1,9 Pf. pro Stunde und 16-kerzige Glühlichtlampe, wohingegen der Gaspreis in demselben Verhältnis auf etwa 2,1 Pf. pro Stunde für einen 6 Kubikfussbrenner steigen würde.

Die Bogenlampenbeleuchtung ist noch billiger, als das Glühlicht; man rechnet hierbei pro Normalkerze und Stunde 0,055 Pf. Angenommen, es sollen 50 Glühlampen à 10 NK, 30 Glühlampen à 30 NK, 90 Glühlampen à 8 NK, 18 Bogenlampen à 600 NK und 6 Bogenlampen à 1200 NK brennen. Die 170 Glühlampen würden demnach zusammen eine Lichtstärke von 2120 NK spenden, welche rund 1,25 M. pro Stunde kosten, die 24 Bogenlampen von zusammen 18 000 NK hingegen 9,90 M. pro Stunde, wobei der Verbrauch der Kohlenstäbe einbezogen ist. An der Hand der bereits im vorhergehenden Texte zusammengestellten Tabellen und der eingangs des Kapitels „Installation elektrischer Beleuchtungsanlagen“ angegebenen Kraftberechnung kann man leicht jede beliebige Anlage berechnen, den Gas- oder Petroleumkonsum damit vergleichen und das Facit ziehen. Die vorstehenden Glühlampen benötigen z. B. bei 100 Volt Spannung einen Strom von 81 Amp., die Bogenlampen, unabhängig von der Maschinenspannung, einen solchen von 162 Amp., zusammen also 243 Amp.

Zur Erzeugung dieses Stromes würde eine Dynamomaschine erforderlich sein, die von einem Motor von ca. 42 PS angetrieben werden muss.

Hygienische Vorzüge und Verbreitung des elektrischen Lichtes.

Es ist eine leicht erklärliche Thatsache, dass das elektrische Licht gegenüber allen anderen Beleuchtungsarten auch in hygienischer Beziehung in erster Linie steht, und der harte Kampf zwischen Gaslicht und elektrischer Beleuchtung neigt sich trotz aller Anstrengung von Scharfsinn bei der Gasbeleuchtung mehr und mehr dem Ende zu, die letztere auf einen immer kleiner werdenden Wirkungskreis verdrängend. Die rapiden Fortschritte der elektrischen Beleuchtung, der hierbei aufgebotene wissenschaftliche Spürsinn, und der grossartig hohe Stand der Elektrotechnik machen die gänzliche Herrschaft des elektrischen Lichtes nur zu einer Frage der Zeit, und es ist von Interesse, gerade in gesundheitlicher Beziehung die Güte dieser beiden Lichtquellen zu vergleichen. Prof. v. Pettenkofer hat festgestellt, dass die Sehschärfe beim Gaslicht herabgesetzt wird, während sie beim elektrischen Licht besonders bei Erkennung der Farben erhöht ist. Während man bei Gaslicht die Lichtquelle wegen der hohen Wärmeentwicklung in einer angemessenen Entfernung von der Gebrauchsstelle anbringen muss, kann man das elektrische Licht, das nur eine sehr geringe Wärme erzeugt, nahe an die Arbeitsstelle heranziehen und dann soweit abblenden, dass eine Belästigung durch die Intensität nicht mehr stattfindet. Die Belästigung durch die Wärme ist bei gleicher Lichtstärke bei elektrischem Licht verschwindend gering gegenüber dem Gaslicht. Nach Untersuchungen von Renk entwickelt ein Edison-Brenner von 17 Kerzen Lichtstärke in einer Stunde 46 Wärme-Einheiten*), eine Gasflamme von derselben Lichtstärke aber in einer Stunde 908 Wärme-Einheiten, also nahezu das 20-fache. Versuche im Münchener Hoftheater ergaben bei leerem Hause, dass die Wärme auf der Gallerie bei Gasbeleuchtung in einer Stunde von 16° auf 27° , bei elektrischer Beleuchtung in derselben Zeit von 16° auf $16,8^{\circ}$

*) Eine Wärmeeinheit (Calorie) ist gleich der Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 kg Wasser von 0° auf 1° Celsius zu erwärmen.

stieg. Bei vollem Hause ist der Unterschied nicht so gross, weil da die Menschen sehr viel Wärme ausströmen; es zeigte sich nämlich bei Gasbeleuchtung schliesslich auf der Gallerie eine Wärme von $22,8^{\circ}$ R., bei der nächsten Vorstellung, die unter elektrischer Beleuchtung stattfand, eine solche von $17,6^{\circ}$ R., also eine Temperatur, die man aushalten kann, während eine solche von $22,8^{\circ}$ R. im höchsten Grade unangenehm ist. Ein erwachsener Mensch giebt 92 Wärme-Einheiten in der Stunde ab, das ist das Doppelte der Wärmeproduktion eines Glühlichtes von 17 Kerzen Helligkeit. Nach Voit verbraucht der Mensch in der Stunde etwa 38 gr Sauerstoff, eine Gasflamme von 17 Kerzen Helligkeit 214 gr, eine Luftverschlechterung bei elektrischem Lichte ist hingegen garnicht vorhanden.

Alle diese Vorzüge legen ein so beredtes Zeugnis von der Vollkommenheit des elektrischen Lichtes ab, dass seine Verwendung eine universelle geworden ist, und das gesamte öffentliche und private Leben wird von ihm umfasst. In dem Vaterlande der Glühlichtlampen Nordamerika brannten i. J. 1889 83755, 1891 190636, 1892 217036, 1893 293676 Glühlichtlampen von 15—25 NK und 1889 11529, 1891 15338, 1892 18382, 1893 19400 Bogenlampen von 800—2000 NK und es waren hierzu 1889 23478, 1891 38782, 1892 45062, 1893 53828 PS notwendig. In Frankreich waren bis zum Frühjahr 1894 359 elektrische Anlagen im Betriebe. Von diesen wurden 136 mit Wasserkraft getrieben und repräsentierten zusammen 7102 PS. 114 Anlagen arbeiteten mit Dampf und verfügten über 10527 PS, 33 benutzten Wasser (2911 PS) und Dampf (2095 PS), 9 Anlagen haben Gasmotoren mit 560 PS und der Rest arbeitet mit Gas, Dampf und Wasser. Die ganze aufgewandte Kraft verteilt sich auf: Dampfmaschinen 22618 PS, hydraulische Motoren 9526, Gasmotoren 782 PS. Eine einzige deutsche Firma hatte bis Oktober 1894 allein 350000 Glühlichtlampen installiert.

Am hervorragendsten ist von Industrien die Textilindustrie bei der Verbreitung der elektrischen Beleuchtung beteiligt, nächst dieser die Montan- und Eisenindustrie nebst Maschinenbau, sowie Mühlen, Brauereien, Gas- und Zuckerfabriken.

Befolgt man alle jene Erfordernisse, welche die elektrische Beleuchtung bedingt, und beobachtet man mit Sorgfalt den Betrieb, so wird uns das elektrische Licht in seiner ruhigen Klarheit und imposanten Stärke als ein angenehmes in allen Arten seiner Verwendung erscheinen, als ein Licht, das berufen

ist, in unserer schnelllebigen Zeit die Nacht zum Tage zu gestalten, würdig der Errungenschaften der Wissenschaft und Industrie.

Vorsichtsbedingungen für elektrische Licht- und Kraft-Anlagen

des Verbandes deutscher Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften.

Betriebs-Anlagen.

Dynamomaschinen und Elektromotoren dürfen nur in Räumen aufgestellt werden, in denen eine Explosion durch Entzündung von Gasen, Staub oder Fasern ausgeschlossen ist.

Dynamomaschinen und Elektromotoren sind derart aufzustellen, dass etwaige Feuererscheinungen im Anker oder am Kollektor keine Entzündung hervorrufen können.

Stromführende Apparate sind von entzündlichen Gegenständen durch feuersichere Zwischenlagen zu trennen.

In Akkumulatorenräumen darf keine andere, als elektrische Glühlichtbeleuchtung stattfinden, und während der Ladung dürfen darin brennende oder glühende Gegenstände nicht geduldet werden.

Leitungen.

Leitungen müssen an gefährdeten Stellen vor Verletzung geschützt sein.

Holzleisten müssen mit einem fäulnisverhindernden Stoffe vollständig getränkt sein und dürfen nur in dauernd trockenen Räumen verlegt werden.

Blanke Leitungen sind nur ausserhalb von Gebäuden und in feuersicheren Räumen ohne brennbaren Inhalt, soweit sie vor Beschädigungen oder zufälliger Berührung gesichert sind, ferner in Maschinen- und Akkumulatorenräumen, die nur dem Bedienungspersonale zugänglich sind, gestattet. In allen anderen Räumen sind nur isolierte Leitungen zulässig.

Die Entfernung zwischen blanken Leitungen, die verschiedene Spannung haben, soll mindestens 30 cm, zwischen isolierten Leitungen mindestens 2¹/₂ cm betragen.

Leitungen, die auf ihrer ganzen Länge durch isolierende Befestigungen gehalten sind, dürfen so dicht neben einander gelegt werden, als es die isolierende Zwischenlage gestattet.

Die Anwendung von Zwillingingleitungen, die mit einer kräftigen Umhüllung versehen sind, ist zulässig.

Verbindungen zwischen zwei Leitungen dürfen nur durch Verlöten oder eine dem Verlöten gleichwertige Verbindungsart hergestellt werden und sind bei isolierten Leitungen mindestens ebensogut zu isolieren, wie die Leitungen selbst.

Verbindungen zwischen Leitungen und Apparaten dürfen nur durch Verschraubung oder Verlöten hergestellt sein.

Abzweigstellen müssen durch feste Unterstützungen von Zug entlastet sein.

Leitungen dürfen nicht zur Aufhängung benutzt werden, sondern müssen durch besondere Aufhängevorrichtungen, die jederzeit kontrollierbar sind, entlastet sein. Für Bogenlampen sind Ausnahmen gestattet.

Die höchst zulässige Stromstärke für Drähte und Kabel aus Leitungskupfer ist für Querschnitte

bis 5 qmm	5	Ampère	pro	1	qmm
„ 10	„	4	„	„	1
„ 50	„	3	„	„	1
über 50	„	2	„	„	1

Der geringst zulässige Kupferquerschnitt ist $\frac{3}{4}$ Quadratmillimeter.

Sicherungen.

Sämtliche Leitungen müssen zweipolig gesichert sein.

Sicherungen müssen den Strom unterbrechen, sobald die Stromstärke das Doppelte des Normalen überschritten hat.

Auf den Sicherungen und den Sockeln derselben muss die normale Stromstärke, welche dieselben durchfließen soll, angegeben sein.

Sicherungen sollen thunlichst derart konstruiert sein, dass das Einsetzen falscher Sicherungen verhindert wird.

An jeder Stelle, an der sich der Querschnitt der Leitungen verringert, muss eine Sicherung eingeschaltet sein. Ist die Anbringung derselben unmittelbar an den Abzweigstellen der Leitungen nicht angängig, so muss die von den Abzweigstellen nach der Sicherung führende Leitung von dem gleichen Querschnitt sein, wie derjenige der Leitung, von der die

zu sichernde Leitung abzweigt. Ist in letzterem Falle eine Leitung von solchem Querschnitte an der Sicherung nicht verwendbar, so soll es gestattet sein, dieselbe von kleinerem Querschnitte zu wählen, jedoch nicht unter der Hälfte dieses Querschnittes.

Einzelne Lampenleitungen dürfen mit einer gemeinsamen Sicherung versehen sein, falls die gesamte Stromstärke dieser Leitungen 5 Ampère nicht überschreitet.

Zwillingsleitungen und bewegliche Leitungen müssen jedoch jede einzeln gesichert sein.

Apparate.

Die stromführenden Teile sämtlicher, in einer Leitung eingeschalteten Apparate müssen von feuersicheren Hüllen so weit umgeben sein, dass sie sowohl vor Berührung durch Unbefugte geschützt, als auch von brennbaren Gegenständen feuersicher getrennt sind.

In Räumen, in denen eine Entzündung von Gasen, Staub oder Fasern stattfinden kann, dürfen Apparate, in denen eine Erhitzung oder Stromunterbrechung möglich ist, nicht angebracht werden.

Sämtliche Apparate müssen mindestens ebenso sorgfältig von der Erde isoliert sein, wie die in den betreffenden Räumen verlegten Leitungen.

Lampenträger sollen thunlichst von der Erde isoliert sein.

Apparate, die zur Stromunterbrechung dienen, müssen derartig eingerichtet sein, dass die Stromunterbrechung selbstthätig rasch erfolgt, und dass dabei ein Stehenbleiben der Ausschaltkontakte in einer anderen als in der Ausschaltlage ausgeschlossen ist.

Glühlampen.

Glühlampen dürfen in Räumen, in denen eine Explosion durch Entzündung von Gasen, Staub oder Fasern stattfinden kann, nur mit dichtschiessenden Ueberglocken, die auch die Fassungen einschliessen, verwendet werden.

Glühlampen, die mit entzündlichen Stoffen in Berührung kommen können, müssen mit Schalen, Glocken und Drahtgittern versehen sein, durch welche die unmittelbare Berührung der Lampen mit entzündlichen Stoffen verhindert wird.

Bogenlampen.

Bogenlampen dürfen in Räumen, in denen eine Explosion durch Entzündung von Gasen, Staub oder Fasern stattfinden kann, nicht verwendet werden.

Bogenlampen müssen mit Glocken und mit dichtschiessenden Aschentellern versehen sein.

Prüfung und Revision.

Neuanlagen sind bei Inbetriebsetzung durch Sachverständige zu prüfen. Alle Anlagen sind in der Regel jährlich mindestens einmal zu revidieren. Diese Prüfung und Revision hat sich insbesondere dahin zu richten, ob die betreffende elektrische Anlage obigen Bedingungen entspricht.

Telegraphie und Telephonie.

Die elektrischen Haustelegraphen.*)

Im früheren ist bereits ausführlich erörtert worden, dass ein Eisenstab, von einem elektrischen Strom umflossen, elektromagnetisch wird. Wickelt man z. B. um einen Eisenkern einen gut umsponnenen, also isolierten Kupferdraht in mehreren Lagen und verbindet in der entgegengesetzten Wicklungsrichtung einen ebenso mit Leitungsdraht umgebenen zweiten Eisenkern mit demselben, so wird sich, wenn wir die beiden Drahtenden mit einem galvanischen Element verbinden, in beiden Eisenkernen gleichstarker Magnetismus entwickeln und zwar wird dieser, wie leicht erklärlich, von den beiden Magnetisierungsspiralen hervorgerufen. Zum Verständnis der Wicklungsrichtung in beiden Spulen denke man sich beide Eisenkerne mit ihren Polen so aneinander verbunden, dass sie nur einen geraden Stab bilden. (Fig. 86). Der Draht muss vom Anfang bis zum Ende desselben in einer Richtung laufen. Wird der Stab in der Mitte hufeisenförmig umgebogen, so ist die Wickelrichtung anscheinend in beiden Schenkeln entgegengesetzt. Wickelt

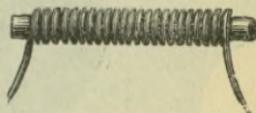


Fig. 86.

*) Zur eingehenden Orientierung sei auf das ausführliche Werk: „Anleitung zum Bau elektrischer Haustelegraphen, Telephon- und Blitzableiter-Anlagen, herausgegeben von Mix & Genest, A.-G., Berlin (4.50 M.), verwiesen.

und verbindet man in derselben Weise zwei nebeneinander stehende Eisenkerne (Fig. 87), so werden diese durch die Umwicklung und den elektrischen Strom zu Elektromagneten; ziehen also ebenfalls Eisen an. Um die beiden Pole zu bestimmen, greifen wir wieder auf das Ampère'sche Gesetz zurück: Denkt man sich in der Richtung des den Eisenkern in dem Draht umkreisenden Stromes eine Figur so schwimmend, dass der Strom

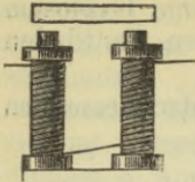


Fig. 87.

bei den Füßen ein- und bei dem Kopfe austritt, wobei das Gesicht der Figur dem Eisenkern zugekehrt ist, so entsteht zur Rechten der Figur der Südpol, zur Linken der Nordpol.

Die einfachste Nutzbarmachung der Elektromagnete sind die elektrischen Läuteapparate. Diese unterscheiden sich in erster Linie in Einschlags- und Rasselglocken; erstere geben nur einen einzelnen Schlag auf die Glocke, letztere hingegen klingeln (rasseln) so lange, bis der Kontakt geschlossen ist, bzw. auf den Druckknopf gedrückt wird. Dieselbe, in der Ausführung von Mix & Genest in Berlin ist in

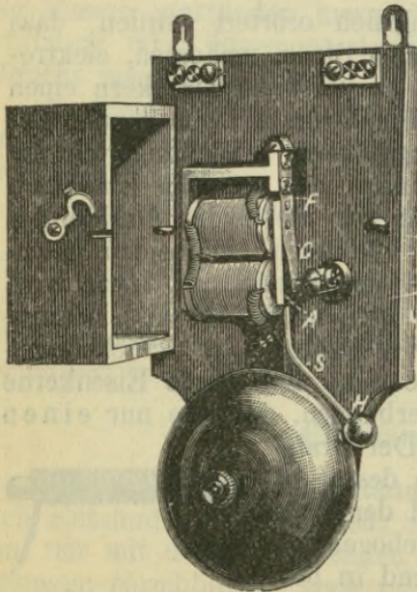


Fig. 88.

Fig. 88 abgebildet. Die Klemmschraube links oben ist mittels eines, auf der Rückwand des Brettchens eingelassenen, mit Wachs überzogenen isolierten Kupferdrahtes mit der unteren Magnetwicklung verbunden, die wiederum durch die ersichtlichen Wicklungen mit der darüberliegenden vereinigt ist. Das Schlussende der oberen Wicklung des Elektromagneten ist mit dem Eisengestell leitend verbunden. Die Klemmschraube rechts oben ist auf dieselbe Weise auf der Rückwand mit der Kontaktschraube *c* verbunden, die von der Feder *F* durch eine kleine Schraube beliebig mehr oder weniger entfernt werden kann. Wird die Glocke

mit einem Element verbunden, so nimmt der Strom folgenden Weg. Er tritt bei der linken Klemmschraube ein, umkreist den Elektromagnet in den Wicklungen, tritt in das Eisengestell

und kehrt, nachdem er die Feder F, die ihn nach der Kontaktschraube c geleitet, durchströmt hat, durch die rechte Klemmschraube nach der Batterie zurück.

Der Elektromagnet zieht bei diesem Stromdurchgang den Anker A an und dieser schlägt hierbei mit dem Klöppel H, der durch die Verlängerung S mit dem Anker fest verbunden ist, gegen die Glocke. Der Magnetismus der Eisenkerne ist aber, wie wir wissen, sehr schwach und vorübergehend, infolgedessen sind die Eisenkerne nicht im stande, den Anker entgegen der Spannung der Feder F zu halten. Derselbe wird deshalb von der Feder F an den Kontakt c geschleudert, wodurch der Strom wieder geschlossen ist. Sobald jedoch der Anker die Eisenkerne verlassen hat, erstarken diese wieder im Magnetismus, sie ziehen den Anker wieder an, dieser schleudert den Klöppel wieder an die Glocke, die Feder F schliesst jedoch sofort wieder durch ihren Kontakt den Strom und so wechselt dies, allerdings mit einer Schnelligkeit, bei der man den Vorgang nur undeutlich bemerken kann, fortwährend, solange der Strom durch den Apparat geleitet wird. Je weiter man den Federkontakt von einander entfernt, desto leiser und gemessener wird die Glocke ertönen. Man kann dann jeden Schlag einzeln hören, wenn normaler Strom vorhanden ist, je mehr man indes die Kontakte zusammenbringt, umso stärker und schneller wird der Ton sein; es entsteht eben dann ein natürliches Rasseln.

Soll eine Rasselglocke zu einer Einschlagsglocke umgeändert werden, dann verbindet man das Schlussende der oberen Wickelung des Elektromagneten mit der Batterie durch die rechte Klemmschraube direkt, sodass der Strom durch die linke Klemmschraube um die Eisenkerne herum eintritt und an der rechten Klemmschraube wieder zum Element geht. Auf diese Weise entsteht bei jedem Druck auf den Taster ein einziger Schlag.

Um den Ton der Klingel zu verstärken oder zu verändern, benutzt man die Schalmeinglocken (Fig. 89), von Mix & Genest in Berlin. Sie haben den Vorteil, dass man sie zwischen

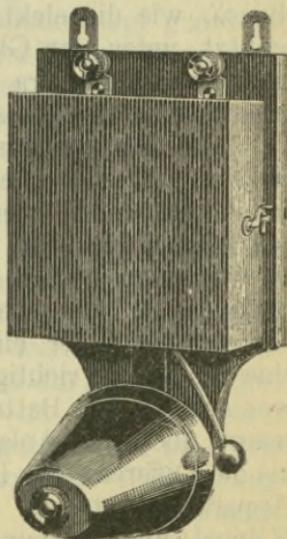


Fig. 89.

anderen Kuppelglocken heraushört, was namentlich bei grösseren Anlagen notwendig ist. Im letzteren Falle verwendet man nicht die gewöhnlichen Klingeln, wie sie unter Figur 88 beschrieben sind, sondern solche mit Nebenschluss, da diese eine bessere Regulierung der Kontaktschrauben zulassen. Dieselben werden von der Reichspost bei dem Fernsprechbetriebe ausschliesslich als Wecker verwandt. Das Grundprinzip dieser Klingeln ist dasselbe, wie aller anderen, nur dass das Eisen-gestell mit beiden Klemmschrauben verbunden ist und die Kontaktschraube *c* in dieser Form wegfällt. Einen besonderen Zweck besitzen hingegen die sogenannten Fortschellklingeln, die dazu dienen, nach einmaligem Druck auf den Knopf die Glocke solange ertönen zu lassen, bis sie mittels einer Schnur abgestellt wird. Sie finden vorteilhafte Verwendung als Nachtglocken für Aerzte und Apotheker, zum Wecken der Bediensteten in entlegenen Räumen und als Alarmsignal in Verbindung mit geeigneten Tret- oder Thürkontakten für Diebessicherung. Diesen Läuteapparaten gleich sind die Unterbrecher- oder Markierglocken, die einen dauernden Ruf anzeigen, bis sie abgestellt werden. Sobald der Druckknopf berührt wird, beginnt die Klingel zu schellen und vorn am Kästchen markiert ein Schild oder eine Nummer den Ort, wo geschellt worden ist. Zur Verwendung im Freien oder in Fabriken sind die Tyroler- oder Turmglocken zu empfehlen. Dieselben tragen ebenso, wie die elektrischen Tischglocken, das Werk, gut geschützt, unter der Glocke, und die Drahtrollen des Elektromagneten sind extra mit Paraffin überzogen, um diese gegen äussere Einflüsse zu schützen.

Auf eine genügende Isolation muss neben sauberer mechanischer Arbeit bei elektrischen Klingeln in erster Linie Bedacht genommen werden. Einzelne Fabrikate, die jetzt auf den Markt gebracht werden, lassen in dieser Beziehung viel zu wünschen übrig. Auf Kosten des Preises wird nicht berücksichtigt, dass die Wirksamkeit einer elektrischen Anlage von der Güte der einzelnen Apparate abhängig ist, und dass eine Glocke mit richtigen elektromagnetischen Verhältnissen eine weniger starke Batterie erfordert. Ein Element mehr verteuert aber die Anlage und deren Unterhaltung erheblicher, als die Differenz der Preise zwischen den guten und schlechten Apparaten beträgt. Die elastischen Teile müssen bei jeder Klingel aus bestem Uhrfederstahl hergestellt werden, der Draht mit Seide umspinnen sein und alle zu Störungen etwa

Veranlassung gebenden Teile sich durch beste magnetische Disposition auszeichnen.

Wird eine Klingel von verschiedenen Stellen aus in Thätigkeit gesetzt, so muss der Gerufene auch ein Zeichen haben, wer und wo gerufen worden ist, und für diesen Zweck sind die Tableauklappen bestimmt. Die Tableauklappe von Schuch & Wiegel in Berlin O. besteht aus dem die Aufschrift tragenden Schild, das vertikal mittels seines Halters auf dem Ende einer, in einer Eisenplatte befestigten Achse schwingt. Unterhalb der Achse ist ein eiserner Stab angebracht, dessen Gewicht die Stellung der Scheibe beeinflusst. Ein Elektromagnet bewerkstelligt bei hindurchgeschicktem Strome das Vorfallen der Scheibe in die betreffende Tableauöffnung. Die einzelnen Teile sind sorgfältig gearbeitet und zusammengesetzt, sodass schon ein schwacher Strom den Apparat funktionieren lässt. Die Abstellung erfolgt hierbei mechanisch, bei neueren Konstruktionen jedoch mit Hilfe des elektrischen Stromes; dieselben sind aber häufigeren Störungen ausgesetzt. Entgegen diesen Tableauklappen, die bis zur mechanischen Abstellung in ihrer Lage verharren, treten die Stromwechselklappen bei Unterbrechung des Stromes sofort selbstthätig zurück, und da hierdurch das Markieren nur einen Augenblick, bzw. solange erfolgt, wie man auf den Knopf zur Glocke drückt, so werden in der Regel die Tableauklappen vorgezogen. Wird z. B. in einem Badehause in Zelle 1 auf den Kontaktknopf gedrückt, so erscheint an der entsprechenden Stelle des Tableaukastens die Nummer der Zelle. Ist dies bemerkt, so wird durch einen einfachen Fingerdruck die Klappe wieder entfernt, und das Zeichen kann von neuem gegeben werden. Selbstverständlich kann eine ganz beliebige grosse Anzahl Klappen angebracht werden.

In vielen Fällen ist es erforderlich, dass die Glocke ertönt, ohne dass derjenige, der dies verursacht, es merkt und ihm bewusst ist, z. B. beim Oeffnen einer Thür, beim Betreten eines bestimmten Raumes u. s. w.; hier werden die Druckkontakte derart verborgen angebracht, dass die Klingel in dem Augenblick des Oeffnens ununterbrochen zu läuten beginnt oder solange, als die Thür nicht wieder geschlossen ist. Die hierzu nötigen Kontakte werden der speziellen Verwendung angepasst, und man bezeichnet sie mit dem Gemeinnamen Sicherheitskontakte. Man unterscheidet Thür-, Fenster-, Streich-, Faden-, Jalousie- und Tretkontakte. Um die ge-

wünschte Wirkung aber auch sicher zu erreichen, muss die Leitung gleichfalls unsichtbar verlegt werden, da sonst leicht

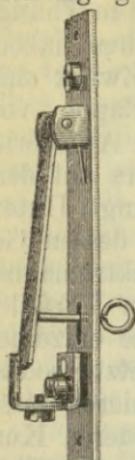


Fig. 90.

die Möglichkeit nahe liegt, dieselbe zur Verhinderung des Läutens zu durchschneiden. Sehr empfindlich ist der Fadenkontakt von Mix & Genest, Fig. 90, zur Sicherung von Geldschränken u. s. w. Derselbe wird im Innern des Schrankes angeschraubt und mit der Thür durch einen leicht zerreisbaren Faden verbunden, sodass die Kontaktverbindung unterbrochen ist. Wird die Thür gewaltsam geöffnet, so reisst der Faden, und die Klingel schellt. Fig. 91 zeigt einen Fensterkontakt derselben Firma, der, in das Fenster oder Thürfutter eingelassen, beim Oeffnen die Glocke in

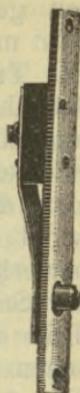


Fig. 91.

Bewegung setzt.

Um die Leitung beliebig öffnen und schliessen zu können, werden am häufigsten die Druckkontakte benutzt, die aus einer zweiteiligen polierten oder geschnitzten Holzrosette bestehen, in deren Innern sich zwei Federn aus Neusilber oder Nickelblech befinden, die nur soweit von einander entfernt sind, dass sie durch einen leichten Druck auf einen, im Zentrum der Rosette sitzenden Horn- oder Metallknopf verbunden werden können. Jede der beiden Federn ist mit einem Draht der Leitung verbunden, sodass durch ihre, durch den Druckknopf bewirkte Verbindung der Strom geschlossen ist, während sie andernfalls durch ihr gegenseitiges Entfernen den Strom öffnen. Diese Druckknöpfe werden in den verschiedenartigsten Formen als Birnen-, Tisch-, Press- und transportable Taster ausgeführt, oft auch mehrere zu einem einzigen vereinigt, wo es sich z. B. darum handelt, von einer Stelle aus mehrere Klingeln in Thätigkeit zu setzen, um auf diese Weise eine Anzahl Taster zu ersparen. Verschieden von diesen Druckkontakten sind die Zugkontakte, deren Einrichtung darauf beruht, dass mittels einer Spiralfeder die Kontaktverbindung auseinander gehalten und erst, wenn an einem mit der Spiralfeder verbundenen Knopf gezogen wird, eine Schleiffeder den Leitungskontakt berührt, und dadurch die Klingel ertönt.

Es ist nicht immer notwendig, bei Verwendung mehrerer Klingeln für jede einzelne einen separaten Druckknopf zu haben, es kann dies vielmehr mit einem einzigen Druckknopf geschehen,

jedoch muss dann diesem ein Umschalter beigegeben werden, wie ihn in üblichster Form Fig. 92 darstellt. Derselbe ist für drei Leitungen eingerichtet. Aendert man denselben so ab, dass man von einer Leitung je einen Draht mit einer der Metallplatten nebeneinanderliegend verbindet, so ist derselbe auch als einzelner Ausschalter zu verwenden. Die Kurbel muss dann stets in der Mitte zwischen den beiden Metallplatten der betreffenden Leitung zu stehen kommen, wenn die Glocke schellen soll.

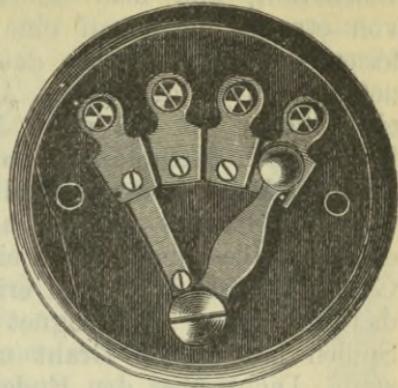


Fig. 92.

Die Telephonie.

Die Telephonie (Fernsprechen) ist mit der Klingeltelegraphie fast immer verbunden, und erst durch das Telephon haben die elektrischen Lätwerke ihren Zweck erreicht, da es nunmehr durch ihre Verbindung mit dem Telephon möglich ist, abgesehen von den Linientelegraphen, eine schnelle und regelmässige Verständigung von Personen in gewissen Entfernungen mündlich zu gestatten.

Das erste elektrische Telephon wurde von Philipp Reis, Lehrer und Physiker zu Friedrichsdorf bei Homburg in Hessen-Nassau wahrscheinlich 1860 erfunden und 1861 näher beschrieben. Bei demselben wurde durch eine Membran, gegen die gesprochen oder gesungen wurde, der Strom einer galvanischen Batterie abwechselnd in schneller Folge geschlossen und unterbrochen. In der Empfangsstation aber durchlief der Strom eine Drahtspule und versetzte den in dieselbe eingelegten dünnen Eisenkern in tönende Längsschwingungen, deren Tonhöhe von dem Tempo der Stromschliessungen, also von der dieselben bewirkenden schwingenden Membran abhängig war.

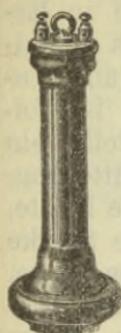
Verschiedene Uebelstände, die diesem Apparat anhafteten, verhinderten dessen Einführung in die Praxis. Man gab sich jedoch daran, den ergriffenen Gedanken weiter zu verfolgen und dem öffentlichen Verkehr dienstbar zu machen. Professor Weinhold in Chemnitz stellte 1870 das sogenannte Bindfaden-Telephon her, indem er zwei Zigarrenkistchen ohne Deckel durch einen straffgespannten Bindfaden durch den Boden der-

selben verband. Später verwandte er an Stelle des Bindfadens Eisendraht, und man konnte bei einer Resonanzbodenfläche von etwa 4 qdem auf eine Entfernung von mehr als 600 m leises Klopfen und den deutlichen Klang der Stimme vernennen. Der zu diesem Apparat benutzte Eisendraht hatte eine Stärke von 0,6 mm. Nimmt man anstatt der Resonanzböden zwei Membranen, so lässt sich die Sprache mehrere Hundert Meter weit vollständig deutlich übertragen. Bei diesem Telephon handelt es sich also um die natürliche Fortsetzung eines Schalles durch einen einfachen Schalleiter. Alexander Graham Bell in Boston erhielt 1877 ein Telephon patentiert, das aus einem Stabmagnet bestand, an dessen Enden zwei Spulen mit feinem Draht und weichem Eisenkern aufgesetzt sind. Dicht über den Enden dieser Polschuhe ist eine Eisenblechplatte ausgespannt, die durch einen hölzernen Schallbecher überdeckt wird. Spricht man gegen die Eisenblechplatte, so gerät sie in Schwingungen, und durch die Veränderung ihrer Entfernung von den Polschuhen wird Elektrizität in der Spule induziert. Bei der Empfangsstelle eines gleichen Apparates wirken dann diese Induktionsströme in der Weise, dass sie die Eisenplatte in genau dieselben Schwingungen versetzen, wodurch auch die Luft in Mitschwingungen gerät, sodass dieselben Töne, wie auf der Aufgabestelle, wenngleich in etwas schwächerem Maasse, gehört werden können. Zwei nach diesem Prinzip konstruierte Telephone bedürfen demnach keiner Batterie oder sonstiger Nebenapparate. Man bezeichnet diese Apparate mit Magnettelephone.

Es ist klar, dass, wenn man auf jeder Sprechstelle (Station) nur ein Telephon verwendet, eine längere Unterhaltung durch den Umstand, dass man das vorhandene Telephon bald zum Munde, bald um zu hören, an das Ohr führen muss, sehr erschwert werden würde. Deshalb hat man auf jeder Station zwei Telephone verbunden, wodurch es möglich ist, ununterbrochen zu sprechen und zu hören, also ein Gespräch, wie bei unmittelbarer mündlicher Verhandlung zu führen.

Das Bell'sche Telephon suchte Weinhold zu verbessern, was ihm auch, ohne die ursprüngliche Gestalt zu verändern, insofern gelang, als er sehr starke Magnete verwandte und den davor gelegten Anker mit nahezu 3000 Windungen umwickelte. Der Firma Siemens & Halske wurde bereits 1878 ein Telephon patentiert, das an Stelle des Stabmagnetes einen solchen in Hufeisenform enthielt, dessen beide Pole neben-

einander auf eine grosse Eisenplatte wirken. Den Hufeisenmagnet kann man durch eine, durch seinen Bug gehende Schraube samt den Spulen der Eisenplatte beliebig nähern. An dem einen Ende des Apparates befindet sich ein eiserner



Bügel, womit man das Telephon an den Haken eines selbstthätigen Umschalters hängen kann. Fig. 93 stellt ein Telephon mit Stabmagnet, Fig. 94 ein solches mit Hufeisenmagnet von J. Berliner in Hannover dar.



Fig. 93.

Fig. 94.

Bei der blossen Verbindung zweier Telephone wird man sich nur dann verständigen können, wenn man ein hörbares Rufzeichen zu geben vermag, da ja der Ton des Telephons nicht so laut ist, dass er in demselben Zimmer gehört werden kann. Für diesen Anruf kann man eine gewöhnliche elektrische Klingel nebst Batterie oder eine Wechselstromglocke mit Magnet-Induktor anwenden. Der Magnet-Induktor besteht aus einem mehrfachen Hufeisenmagnet, in dem ein Eisenkern in rasche Rotation versetzt wird, wodurch die Glocken in Thätigkeit gesetzt werden. Diese erstere Art stellt sich auf kürzere Entfernungen billiger als die zweite und lässt sich unter Anwendung eines Relais fast auf dieselben Entfernungen benutzen, wie der Magnet-Induktor. Indessen erfordert die Unterhaltung einer grösseren Batterie immerhin Beaufsichtigung und Ersatzmaterial, die bei der zweiten Art des Anrufes wegfallen. Nun sind aber, wo Telephone allein benutzt werden sollen, den heutigen Anforderungen an eine lautreine, kräftige Uebertragung der Sprache nur die allerbesten und daher auch teuersten Telephone gewachsen. Deshalb finden wir, besonders bei kleinen Anlagen, wobei es auf Billigkeit ankommt, fast stets kleine gewöhnliche Telephone in Verbindung mit Mikrophonen angewendet, durch die die Sprache ebenso laut, ja noch lauter übertragen wird, als wie durch die besten Telephone, obgleich der Preis ein wesentlich niedrigerer ist.

Ein sehr einfaches Mikrophon, das sehr verständlich ist, stellt man sich folgendermassen her: Zwei Holzbrettchen werden rechtwinklig aneinander befestigt, an dem vertikalen in entsprechender Entfernung Oeffnungen gemacht, in die man Re-

tortenkohlestückchen einpresst, die mit einem galvanischen Element verbunden werden. In die beiden, einander gegenüberstehenden Seiten bringt man kleine Vertiefungen an, in die in vertikaler Stellung ein Kohlestäbchen lose eingesetzt wird, sodass es durch die Schwingungen der Platte in Erschütterung versetzt werden kann. Alle in der Praxis befindlichen Mikrophone unterscheiden sich nur in der Art und Anordnung ihres Widerstandes. Das Prinzip derselben ist folgendes: In einen Stromkreis wird an beliebiger Stelle ein Widerstand (vorwiegend Kohle) eingeschaltet. Die Erschütterung, die dieser Widerstand z. B. durch Sprechen gegen eine Platte, womit er in Verbindung steht, erhält, wirkt auf die Stärke des durch ihn geleiteten Stromes in raschwechselnder Folge. Der durch die Leitung mit dem Mikrophon verbundene Empfänger (das Hörtelefon) wird genau in derselben Weise erschüttert, wie die Platte des Mikrophons, gegen die gesprochen wird.

Die bekanntesten und bewährtesten Mikrophone sind die von Mix & Genest, Berlin, Hartmann & Braun, Bockenheim-Frankfurt a. M., Schäfer & Montanus, Frankfurt a. M., und J. Berliner, Hannover. In dem bekannten Blake-Mikro-

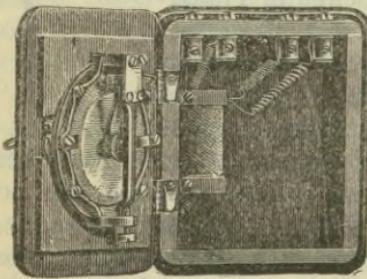


Fig. 95.

phon der letzteren Firma (Fig. 95) wird gegen die schwingende Platte ein, an einer schwachen Feder hängendes Platinhämmerchen durch eine, von einer kräftigeren Feder getragene Kohlenplatte gedrückt, während die schwächere Feder das Hämmerchen von der Eisenblechplatte hinwegzudrücken und abzuheben strebt. Beide Federn, das Platinhämmerchen, wie die Kohlenplatte liegen im Stromkreise der Mikrophonbatterie. Die in der Rückwand befindliche Induktionsrolle dient zur Verstärkung der Wirkung. Der kürzere stärkere Draht der Induktionsrolle wird mit ein oder zwei Elementen verbunden, die längere schwächere aber mit der Leitung und dem Telefon.

Professor D. E. Hughes kam 1878 auf die Erfindung des Mikrophons und konstruierte das oben beschriebene Brettchenmikrophon. Bemerkenswert ist aber hierbei die Thatsache, dass das amerikanische Patentamt trotzdem 1881 J. Berliner die Priorität der Erfindung zusprach, da dieser die erste prak-

tisch brauchbare Konstruktion auf den Markt brachte. Diese besteht in verbesserter Form nach dem System von Ader aus folgendem. Hinter einem Schalltrichter liegt eine Eisenblechplatte, die auf ihrer Rückseite in der Mitte eine Neusilberhülse mit eingelegten Kohlenplättchen trägt. Auf die Kohlenplatte legt sich durch sein Gewicht mit seinem abgerundeten Ende ein Kohlenzylinder, der in einer Messinghülse steckt. Die Messingblechhülse ist an einem Messingblech befestigt, das durch zwei Schrauben am Ende eines dickeren Blechstreifens festgemacht ist und sich pendelnd um beide Schrauben bewegen kann.

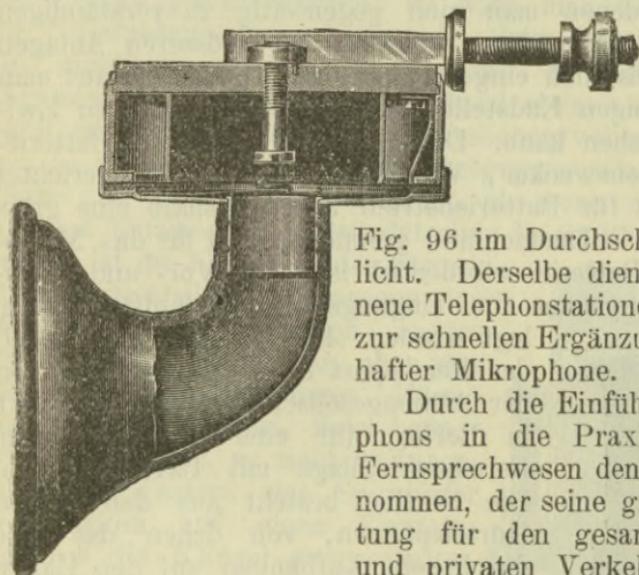


Fig. 96.

Ebenfalls in diese Kategorie von Apparaten gehört Berliners Universal-Transmitter, den

Fig. 96 im Durchschnitt veranschaulicht. Derselbe dient nicht allein für neue Telephonstationen, sondern auch zur schnellen Ergänzung älterer fehlerhafter Mikrophone.

Durch die Einführung des Mikrophones in die Praxis hat erst das Fernsprechwesen den Aufschwung genommen, der seine grossartige Bedeutung für den gesamten öffentlichen und privaten Verkehr hervorgerufen hat. 1883 hielt man es noch für ganz unmöglich, durch den Fernsprechapparat weiter, als wie auf 75 Kilometer mittels des Telephons und auf 150 Kilometer mittels des Mikrophones leicht und deutlich zu sprechen, und schon am 1. Dezember 1894 ist die Fernsprechanlage Berlin-Wien von 660 km in tadellose Funktion getreten, dank den vortrefflichen Verbesserungen der Mikrophone.

Ein Mikrophon erfordert zu seinem Betriebe eine galvanische Batterie, die gleichzeitig zum Betriebe der elektrischen Klingeln zum Anruf benutzt werden kann. Bei kleineren Entfernungen genügen zwei Elemente, während bei grösseren Strecken die Anzahl entsprechend vermehrt werden muss, je

nach dem Widerstand der Leitung und dem Wecker (der elektr. Klingel). Auf allen Fernsprechnetzen, die von der Reichspostverwaltung in den verschiedenen Städten eingerichtet worden sind, werden nur Mikrophone benutzt. Deshalb hat man auch hier, wo schon zum Sprechen Elemente notwendig sind, auch solche für den Anruf (Klingel) aufgestellt und Stationen mit Batterie-Anruf allgemein eingeführt.

Eine Fernsprechanlage besteht aus der Leitung, den Telephons, Mikrophons, den Batterien und den Weckern (Klingeln). Als Hilfsapparate treten dann noch Blitzableiter, Umschalter und Relais hinzu. Bei den einfachen Anlagen sind die zwei Stationen, von denen man sich gegenseitig zu verständigen wünscht, direkt verbunden, während bei grösseren Anlagen einzelne Zwischenstellen eingeschaltet sind, von denen aus man nach einer beliebigen Endstelle oder nach einer anderen Zwischenstation sprechen kann. Die Apparate können für Batterie- oder für Induktionswecker, wie schon erwähnt, eingerichtet sein. Diejenigen für Batteriebetrieb haben deshalb eine grössere Verbreitung in Deutschland gefunden, weil für das Mikrophon doch eine Batterie erforderlich ist. Die Vor- und Nachteile der beiden Systeme sind eingangs des Abschnittes darge-

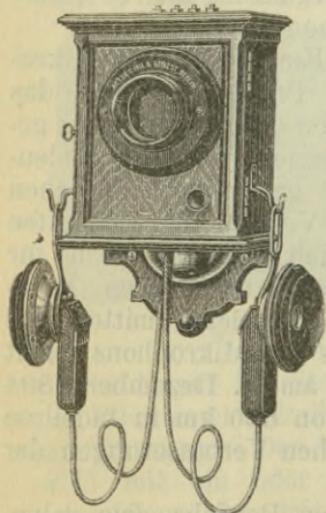


Fig. 97.

legt worden. Fig. 97 zeigt das Modell der Reichspost in der Ausführung von der Aktiengesellschaft Mix & Genest in Berlin, für eine Endstelle einer Fernsprechanlage mit Batteriebetrieb. Die Station besteht aus den beiden Hörtelephonen, von denen das eine durch sein Aufhängen auf den Haken links einen, im Innern des Kastens befindlichen, selbstthätigen Umschalter in Thätigkeit setzt. Die inmitten des Kastens befindliche runde Aushöhlung schliesst an das, an der Innenseite der Thür befestigte Mikrophon mit Induktionsrolle. Die elektr. Klingel (Wecker) ist in einer Oeffnung des Bodens an der Rückwand angebracht, sodass sie gegen äussere Einwirkungen geschützt

ist. Durch den Taster rechts unter der Sprechhöhlung setzt man die Klingel an der Empfangsstelle, oder wenn die Station von einer Zentralstelle verbunden wird, den Wecker an dieser

in Thätigkeit. Ferner enthält diese Station noch einen Spindelblitzableiter. Bei Betrieb mit diesen Apparaten wird in der Regel die Batterie, aus der entsprechenden Anzahl Elemente bestehend, in unmittelbare Nähe der Sprechstelle angebracht, wozu verschliessbare Schränkchen (Spinde) benutzt werden. Will man bei einer einfachen, nur aus zwei Stationen bestehenden Anlage z. B. von Station A die Station B anrufen, so drückt man zunächst auf den Taster, nimmt sodann die beiden Telephone von den Haken und legt sie an beide Ohren. Ist man auf der anderen Station verstanden, d. h. ist dort die Glocke gehört worden, so wird man dort anrufen und die Unterredung kann beginnen. Beim Sprechen stelle man sich nicht zu nahe an den Apparat. Spricht man aus einer angemessenen Entfernung, den Mund etwa 4—5 cm vom Apparat entfernt, in mässigem, gewöhnlichem vollen Unterhaltungston, so ist jedes Wort auf der entgegengesetzten Station viel klarer und schöner zu verstehen, als wenn man laut in den Apparat hineinschreit. Befindet sich die Station ausser Thätigkeit, so ist die Klingel in den Stromkreis eingeschaltet, wohingegen das Mikrophon mit Telephone ausgeschaltet ist. Hebt man aber das Telephone (den Empfänger, Hörer) von dem beweglichen, links befindlichen Haken ab, so zieht im Innenraum des Kastens eine Spiralfeder den Haken auf einen Kontakt, wodurch die Klingel ausgeschaltet, das Mikrophon und Telephone hingegen eingeschaltet werden.

Eine Telephonstation der Firma J. Berliner, Hannover, für Induktionsbetrieb veranschaulicht recht deutlich die Fig. 98. Wir sehen hier zunächst in dem geöffneten Batterieschrank zwei Braunsteinzylinderelemente, die zum Betrieb des Berliner'schen Universal-Transmitters, der auf dem Kästchen darüber nebst den beiden Glocken montiert ist. Das Kästchen enthält den Magnetinduktor, automatischen Umschalter

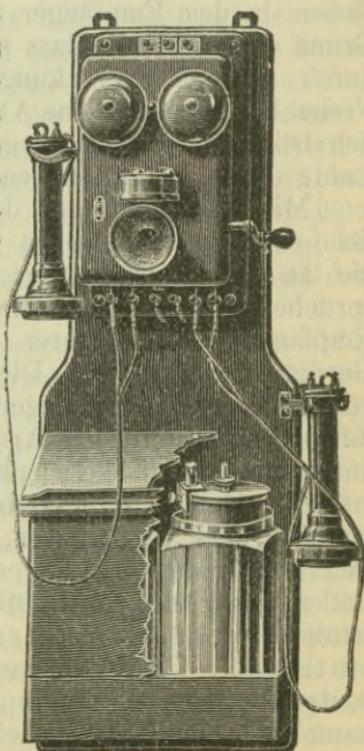


Fig. 98.

und Plattenblitzableiter. Will man sich mit der andern Station verständigen, so dreht man die Kurbel, die auf der rechten Seite des Kästchens gezeichnet ist, und führt die beiden Telephone an die Ohren. Der Betrieb ist genau derselbe, wie vorhin beschrieben, dort drückt man auf den Taster, hier kurbelt man, wenn man anrufen will; ein weiterer Unterschied ist bei Anwendung von Mikrophonen nicht vorhanden. Anders wird die Sache, wenn auf kurzen Strecken nur Telephone (also auch zum Sprechen) benutzt werden, dann erspart man durch den Induktionsbetrieb die Batterie. Die Berliner'sche Telephonstation ist auf einem gemeinsamen Grundbrett montiert und kann an der Wand aufgehängt werden. Natürlich fabriziert eine, wie die andere Firma Telephonstationen sowohl für Batteriebetrieb als auch mit Magnetinduktoren.

Nicht selten kommt es vor, dass, wenn man Teilnehmer einer zentralen Fernsprechanlage ist, plötzlich, wenn man mitten in dem Gespräch, also richtig verbunden ist, abgerissene Töne und Geräusche, wohl auch ein bald höheres, bald dumpferes Sausen in dem Empfänger entsteht. Einesteils kann dies seinen Grund darin haben, dass sich bei einem dichten Leitungsnetz durch äussere Einwirkungen einzelne blanke Leitungen im Freien berühren und eine Ableitung stattfindet oder, was namentlich bei feuchter Witterung der Fall ist, die Uebertragung der Laute durch Induktion benachbarter Leitungen erfolgt.

Mit dem Eindringen des Telephons in das gesamte öffentliche und private Leben steigerten sich auch gleichmässig die an die Apparate bei ihrer Handhabung gestellten Ansprüche. In erster Linie beschränkte man sich auf die Empfänger, die in ihrer ursprünglichen Façon ein längeres Gespräch erschwerten. Die Telephone mit Stabmagnet in Hartgummihülse, die bei längerem Gebrauch bald ermüdend durch ihre Haltung auf den Arm wirken, wurden mehr und mehr durch die sog. Löffeltelephone mit Hufeisenmagnet (Fig. 97) ersetzt. Ein weiterer Uebelstand machte sich dadurch später geltend, dass man immer erst bei Benutzung des Telephons sich von seinem Platze entfernen musste, wodurch in vielen Fällen das Fernsprechen überaus unbequem wurde. Man konstruierte deshalb die transportablen Tisch-Telephonstationen. Hierdurch gewann das Fernsprechwesen eine bedeutend grössere Ausdehnung, denn mittels dieses Apparates kann man von jeder beliebigen Stelle aus telephonieren, ohne sich von seinem Platze zu bewegen. Namentlich den Personen,

die sich des Fernsprechers täglich viel bedienen mussten, wurde die Nützlichkeit desselben gegenüber der Unbequemlichkeit der feststehenden Wandapparate immer augenscheinlicher.

Zuerst half man sich dadurch, dass man einfach den ganzen Wandapparat, natürlich in möglichst gedrungener Form, auf den Tisch stellte. Hierbei blieb aber immer noch der Nachteil, dass man jedesmal den Apparat zu sich heranziehen musste, um hineinzusprechen, oder man musste sehr stark in zu weiter Entfernung sprechen. Später vereinigte man den Geber und Empfänger an einer Stelle und es entstanden auf diese Weise die Mikrotelephone, die bis heut als der einfachste, handlichste Fernsprechapparat gelten können. Dieselben bestehen aus einem Löffeltelephon, das am unteren Ende an einer metallenen Verlängerung das Mikrophon trägt. Der ganze Apparat ist derart geformt, dass sich das Telephon in vertikaler, das Mikrophon in horizontaler Lage befindet, die Höhlungen der Hör- bzw. Sprechmuschel nach einer Seite gekehrt. Man kann also in den Apparat sprechen und zugleich hören. Von demselben geht eine bewegliche Leitungsschnur (eingespinnene Drahtlitze) nach dem Untersatz, auf dem der Apparat bei Nichtgebrauch ruht, und dieser ist wiederum durch eine bewegliche Leitung mit der Klingel u. s. w. verbunden, die ihrerseits die Vermittelung mit der Fernleitung bewerkstelligt. Die Tischtelephonstationen werden sowohl für Batterie-, wie für Induktionsbetrieb angefertigt. Das Umschalten bei derartigen Stationen geschieht durch einen Hebel, der an dem Löffeltelephon bequem angebracht ist, sodass, wenn man es in die Hand nimmt, auch der Hebel niedergedrückt und der Umschalter bethätigt wird.

Durch die Einführung der transportablen leichten Telephonstationen eroberte sich der Fernsprecher zugleich ein anderes, höchst wichtiges Gebiet, nämlich die Feldtelephonie. Bisher hatte man zwar einen Ersatz in der Feldtelegraphie, welche die höchsten Proben ihrer Leistungsfähigkeit in dem deutsch-französischen Kriege 1870/71 abgelegt hat, jedoch ist es klar, dass man das einfache, von jedermann zu handhabende Telephon hier an erste Stelle setzte, während das Telegraphieren immer erst angelernt werden muss. Für diesen Zweck werden sowohl eigene Leitungen, die in einem Kasten oder loser Rolle mitgetragen werden, lose verlegt, oder man benutzt einfach die Telegraphenleitungen. Der ganze Apparat, aus Mikrotelephon (Telephon-Transmitter) mit automatischem Umschalter und Neben-

teilen bestehend, wird an Riemen auf den Rücken geschnallt und kann an jeder beliebigen Stelle an die Telegraphenleitung angeschlossen werden. Die mitgeführte Batterie besteht aus Trockenelementen. Der ganze Apparat wiegt ca. 7 kg.

Wird ein Fernsprechnet in Städten, grossen Etablissements u. s. w. eingerichtet, so ist hierbei ein Zentralumschalter oder ein Linienwähler erforderlich, um von einer Stelle aus verschiedene Telephonstationen untereinander zu verbinden. Würde man z. B. ein Fernsprechnet von 10 Stationen anlegen, die gegenseitig in Verkehr treten sollen, so müsste man jede einzelne Station mit den übrigen 9 durch eine separate Leitung verbinden. Hierdurch würde nicht allein sehr leicht Verwirrung entstehen, sondern die Kosten für die Leitung würden auch ganz erheblich werden. Der Zentralumschalter oder Linienwähler behebt diesen Uebelstand insofern, als in diesen Apparaten die Leitungen von den einzelnen Stationen zusammenlaufen, wodurch es, wie erwähnt, möglich ist, die Verbindung beliebiger Stationen untereinander herzustellen.

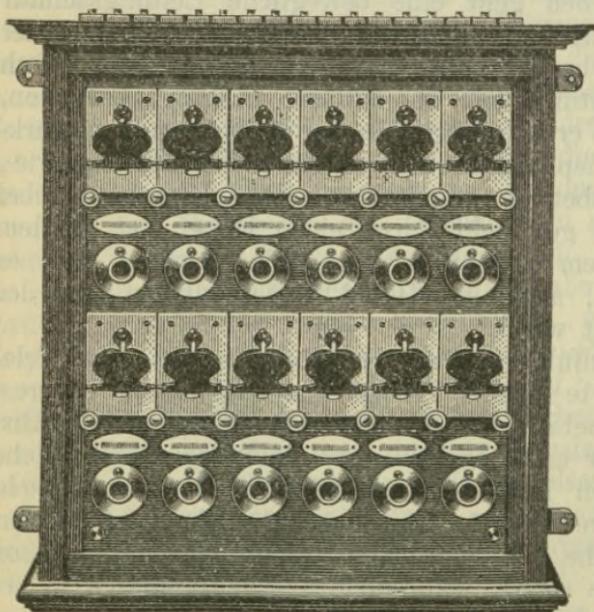


Fig. 99.

Der in Fig. 99 abgebildete Zentralumschalter der Aktiengesellschaft Mix & Genest, Berlin, würde folgenden Betrieb regeln: Durch Anruf mittels Batteriestromes oder eines Magnet-Induktors auf irgend einer Seitenstation fällt die mit ihr durch eine Leitung verbundene Klappe des Zentral-Umschalters, und es ertönt die Rasselglocke. Der Beamte verbindet sein Telephon

durch Einstecken des an dem Apparat hängenden Stöpsels mit der anrufenden Station und stellt nach Anhörung der Nummer, die gewünscht wird, die Verbindung der beiden Stationen unter-

einander durch zwei mittels Leitungsschnur zusammenhängende Stöpsel her. Gleichzeitig hat der Beamte die gefallene Klappe wieder einzustellen, damit nach Beendigung der Unterredung durch Drücken auf den Knopf oder Drehung der Induktor-Kurbel auf den Stationen das abermalige Herabfallen der Klappe bewirkt wird und so die Zentrale Mitteilung vom Schluss des Gesprächs erhält.

Die Linienwähler stellen gleichfalls eine besondere Art Umschalter dar, die entweder an der Wand oder auf dem Tisch benutzt werden können. Die Linienwähler finden hauptsächlich dort Verwendung, wo man von einer Stelle aus nach mehreren bestimmten Stationen sprechen will. Von jeder der Stationen führt die Leitung nach einem Loch im Linienwähler, der seinerseits mit der Tischstation verbunden ist. Die Anzahl der Löcher in dem Apparat richtet sich also nach der Anzahl der in Frage kommenden Stationen. Der Wandlinienwähler (Fig. 100) von J. Berliner, Hannover, zeigt die einfachste Form des sehr zweckdienlichen Apparates. Derselbe ist für 3 Linien (Stationen) eingerichtet. Will man mit Station 1 sprechen, so wird der Stöpsel in die, mit dieser Nummer versehene Oeffnung gesteckt, wodurch sofort die Verbindung hergestellt ist. Die Leitungsdrähte werden mittels der auf dem Brettchen befindlichen Klemmschrauben mit dem Apparat fest verbunden.

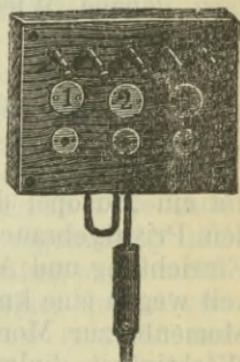


Fig. 100.

Die Linienwähler können natürlich denselben Zweck, wie die Umschalter, erfüllen, nur macht ihre Konstruktion sie mehr für den ersteren Zweck passend, oder aber für ein kleineres Telephonnetz.

In neuester Zeit hat E. Gray in New-York einen Fernschreib-Apparat erfunden, der geeignet ist, dem Telephon ebenso, wie dem Linientelegraphen, starken Abbruch zu thun, wenn er sich bewährt. Der „Telautograph“, für dessen Einführung bereits eine Gesellschaft thätig sein soll, wird vom Erfinder, wie folgt, beschrieben: Der Schreibapparat am Abgangsorte kann in irgend einem Hause, in das eine telephonische oder telegraphische Drahtleitung hineinreicht, auf einem Schreibtisch o. dgl. angebracht werden. Ein gewöhnlicher Bleistift dient zur Niederschrift. An seiner Spitze sind im rechten Winkel zu einander zwei seidene Schnüre befestigt, die, mit

dem Apparat verbunden, der Bewegung des Bleistiftes genau folgen und den Empfangsstift am anderen Ende der Leitung in entlegener Stadt, bezw. dem Wohnort des Adressaten, elektrisch beherrschen. Das gewöhnliche, 5 Zoll breite Briefpapier auf der Aufgabestation läuft über eine, an dem Apparat befestigte Rolle und wird, ähnlich wie bei der Schreibmaschine, durch Druck auf einen Hebel, Zeile für Zeile, elektrisch weiter geschoben. Am Empfangsende des Adressaten halten zwei Aluminiumarme die fortwährend mit Tinte gespeiste, haarfeine Glasröhre, die als Feder zur Niederschrift dient und, durch den elektrischen Strom vom Absender der Mitteilung aus geleitet, sich gleichzeitig und in gleicher Richtung und Ausdehnung mit jeder Bewegung des fernen Bleistiftes am Abgangsende bewegt, derart, dass ihre Niederschrift in Tinte eine ganz genaue Wiedergabe dessen ist, was der Urheber am Abgangsende mit dem Bleistift schreibt.

Die elektrische Linien-Telegraphie.

Obgleich es sich bei Anwendung der Linien-Telegraphie um ein Monopol des Staates handelt und dieselbe deshalb für den Privatgebrauch eigentlich wenig Interesse bezüglich ihrer Einrichtung und Apparate hat, so soll dennoch der Vollständigkeit wegen eine knappe Erläuterung folgen. Die entscheidenden Momente zur Monopolisierung der Telegraphie waren in der Wichtigkeit diplomatischer, militärischer, administrativer und kommerzieller Korrespondenz, ungerechten Bevorzugung einzelner Telegramme, z. B. bei Börsenmanövern, und vor allem in der Wahrung des Telegraphengeheimnisses gegeben. Nachdem bereits verschiedene Versuche, elektrische Telegraphen für die Praxis herzustellen, gescheitert waren, wurde ein elektromagnetischer Telegraph 1833 von Gauss und Weber in Göttingen angelegt. Steinheil gestaltete diesen Telegraphen 1838 so um, dass er einzelne Punkte in bestimmten Zwischenräumen abgab, legte eine Telegraphenlinie von München nach Bogenhausen an und entdeckte, dass die Erde als Rückleiter des Stromes benutzbar sei. Morse machte 1837 seinen Telegraphen bekannt und baute 1843 die erste längere Linie von Washington nach Baltimore. In Deutschland, wo 1843 der erste Telegraph für die Rheinische Eisenbahn von einem Engländer gebaut ward, wurde dann rasch eine grössere Anzahl Linien ausgeführt. Von jener Zeit an kann der elektromagnetische Telegraph,

als in den Dienst des menschlichen Verkehrs gestellt, erachtet werden.

Man unterscheidet Klopfer, Nadel-, Zeiger-, Schreib- und Drucktelegraphen. Die Klopfer sind nur noch sehr selten in Gebrauch. Bei ihnen musste der Beamte die hörbaren Zeichen unterscheiden und aus ihnen die Schriftzeichen zusammensetzen. Die Nadeltelegraphen, zu denen auch die von Gauss und Weber konstruierten gehören, haben sich in ihrer alten Form am längsten erhalten und sind den jetzt in Gebrauch befindlichen deshalb am meisten ähnlich, weil auch sie sichtbare Zeichen (Punkte) geben, aus denen die Buchstaben gruppiert werden. Die Doppelnadeltelegraphen enthalten zwei Magnetnadeln, die einzeln oder gemeinschaftlich, nach links oder rechts ein-, zwei- oder dreimal abgelenkt werden, um dadurch den betreffenden Buchstaben zu markieren.

Die gleichfalls veralteten Zeigertelegraphen tragen die Buchstaben auf einer Scheibe im Kreise herum. Ein Zeiger läuft, wie bei der Uhr, auf ihnen und bleibt stets auf dem telegraphierten Buchstaben stehen. Die Bewegung des Zeigers geschieht schrittweise und wird von dem Beamten auf einer Klaviatur abgespielt. Wird der Zeiger mit einem Typenrade versehen, das erhabene Lettern trägt, die regelmässig mit Druckfarbe versorgt werden, und ist eine Vorrichtung angebracht, die den telegraphierten Buchstaben auf das Papier druckt und hierauf um Buchstabenbreite weiter rückt, so entsteht der Typendrucktelegraph. Der bekannteste und verbreitetste ist der von Hughes hergestellte, der allerdings eingehend umgearbeitet ist. Von hervorragender Bedeutung sind die Schreibtelegraphen für vereinigte Schrift. Da diese Schreibtelegraphen auch ein ununterbrochenes Klopfen ertönen lassen, an dessen hellem oder dumpfem Ton man deutlich die Punkte und Striche des Morse-Alphabets heraushören kann, so hat man an einigen Stellen (Amerika) den Stift und Papierstreifen, auf den die Schriftzeichen gedrückt werden, ganz wegfällen lassen und dafür den Klopfer derart präzise ausgebildet, dass er ganz besonders hell und gleichartig ertönt. Bei dem üblichen Modell des Schreibtelegraphen treten die Punkte und Striche auf der Oberseite erhaben in einer langen Reihe hervor. Zwischen je zwei Buchstaben ist ein grösserer Zwischenraum, und der Telegraphist liest dies, wie jede andere gedruckte oder geschriebene Schrift und kann bei Uebung in der Minute bis 100 Buchstaben oder etwa 20 Wörter tele-

graphieren. Die Buchstaben sind aus Strichen und Punkten oder nur aus Strichen oder nur Punkten zusammengesetzt. Den zur Erzeugung dieser Punkte und Striche nötigen Strom der

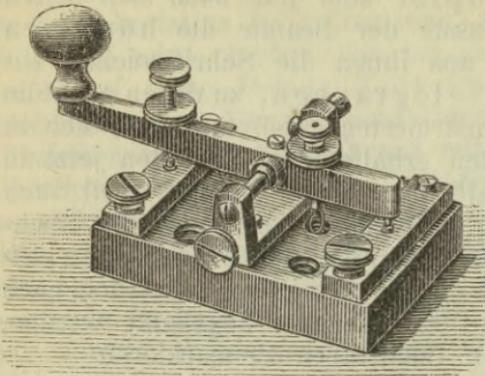


Fig. 101.

galvanischen Batterie sendet der Telegraphist auf der sprechenden Station durch wechselweises Niederdrücken und Emporheben des Tasters oder Schlüssels, den Figur 101 in der Ausführung von Mix & Genest, Berlin SW veranschaulicht. Durch Niederdrücken des, um eine Achse vertikal beweglichen metallenen Hebels durch den

Tastknopf tritt der Strom in die Linie, während die Unterbrechung des Stromes selbstthätig durch die, rechts von der Achse, unterhalb des Hebels befindliche Feder erfolgt, die den Endkontaktstift des Hebels mit einem, in der rechts auf die Holzplatte aufgeschraubten Messingschienen befestigten Kontaktstift verbindet. Die Spannung der Feder kann ebenso durch eine oberhalb des Hebels angebrachte Schraube reguliert werden, wie die Stellung des links, dicht am Tastknopf befindlichen Kontaktstiftes. Die Achse, die den Hebel trägt, ruht beweglich in zwei Messinglagern, an deren beiden Seiten je eine Klemmschraube nebst den auf den Schienen befindlichen zur Anschliessung der Leitungsdrähte bestimmt ist. Nun unterscheidet man zunächst das Telegraphieren mit Arbeitsstrom. Hierbei ist die gesamte Linie stromlos, solange der Hebel nicht niedergedrückt wird; erst die Verbindung der beiden, im Ruhezustande von einander entfernten Kontaktstifte links schliesst den Strom, und erst dann fliesst dieser durch die Linie (Leitung). Indem nun der Tastknopf mit der Hand niedergedrückt wird, entsteht auf der Empfangsstation, je nachdem der Druck nur ganz kurz oder anhaltend geschieht, ein Punkt oder ein Strich; lässt man den Knopf einige Zeit unberührt, so entsteht ein beliebiger Zwischenraum. Ist hingegen die Leitung stromerfüllt, so nennt man es ein Telegraphieren mit Ruhestrom. Das Verhältnis ist also ganz genau dem erst beschriebenen entgegengesetzt. Solange die Leitung unbenutzt

ist, ist dieselbe mit Strom erfüllt, sobald indes telegraphiert wird, wird der Strom abwechselnd unterbrochen und wieder geschlossen.

Um die Deutlichkeit der Schriftzeichen zu erhöhen, wurden bereits 1854 von Siemens & Halske Farb- oder Blauschreiber hergestellt. Fig. 102 stellt den trefflichen Morse-Farbschreiber von Mix & Genest (Modell der Reichs-Telegraphenverwaltung) dar. Seine Erklärung ist kurz folgende. In dem Holzuntersatzkasten liegt die Papierrolle, deren Streifen über die Führungsstifte und Röllchen zwischen zwei Walzen des Papierzuges hindurchläuft. In der runden, vor dem Apparat

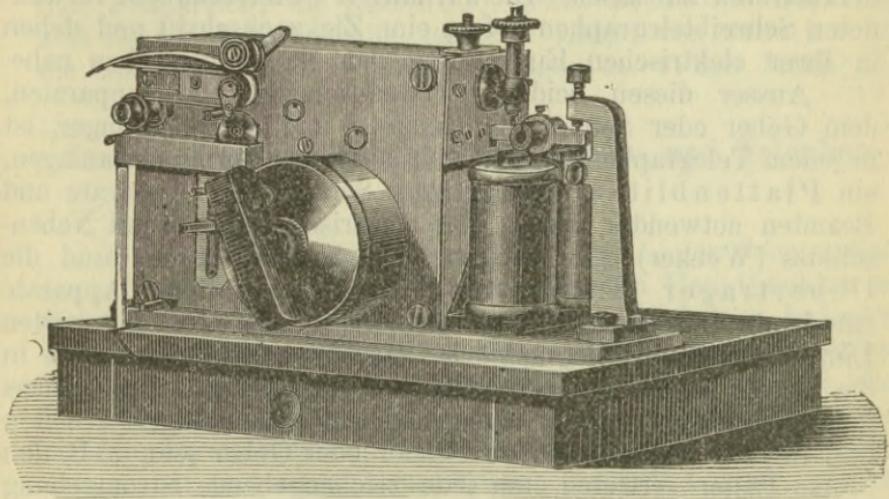


Fig. 102.

befindlichen Trommel liegt die Triebfeder, die mittels des hervortretenden Griffes aufgezogen wird. Rechts ist auf einer Grundplatte der Elektromagnet angeordnet, der durch die auf dem Gehäuse befindliche Schraube stellbar ist. Der oberhalb des Elektromagnetes lagernde Anker bewegt den Schreibhebel und wird durch die Schraube in dem Ständer reguliert. Er bewegt dabei beständig das links über der Federtrommel angebrachte, in das längliche Farbgefäß tauchende kleine Schreibrädchen. Dieser Farbbehälter ist mit einer Schraube links dicht neben der Trommel derart befestigt, dass derselbe durch den Schlitz verschoben oder gänzlich entfernt werden kann. Die rechts, oberhalb des Elektromagnetes, an der Apparatwand angebrachte Schraube, die auf den Anker drückt, reguliert

die Abreissfeder desselben. Die Farbschreiber aller Systeme arbeiten, wie leicht erklärlich, viel leiser, als die Stiftschreiber, die auch den Vorzug haben, reinlicher zu sein. Oft kann die Schrift bei ersteren ganz ausbleiben, wenn unversehends die Farbe zu Ende gegangen ist, oder aber die Schrift wird klecksig und dadurch unleserlich. Diesen Nachteilen gegenüber fällt der Vorteil der Farbschreiber sehr ins Gewicht, dass sie einen bedeutend leichteren Hebel erfordern, also auch mit viel schwächerem Strome gespeist werden können wie Stiftschreiber, die eine grössere Gewalt des Aufschlags des Stiftes auf den Papierstreifen verlangen, um die Schriftzeichen genügend erhaben hervortreten zu lassen. Die auf langen Unterseekabeln verwendeten Schreibtelegraphen liefern eine Zickzackschrift und stehen in ihrer elektrischen Einrichtung den Nadeltelegraphen nahe.

Ausser diesen beiden vorbeschriebenen Hauptapparaten, dem Geber oder Sender (Transmitter) und dem Empfänger, ist in jedem Telegraphenamte, gleichfalls wie bei Fernsprechanlagen, ein Plattenblitzableiter zum Schutze der Apparate und Beamten notwendig, ferner eine elektrische Klingel mit Nebenschluss (Wecker) zur Erregung der Aufmerksamkeit und die Uebertrager (Translatoren), die zwei in diese Apparate mündende Leitungen so verbinden, dass jedes aus der ersten Linie einlaufende telegraphische Zeichen selbstthätig sofort in die zweite weiter gegeben wird und umgekehrt. Dazu muss jeder Translator in der einen Linie als Empfänger arbeiten und für die andere zugleich Sender oder Geber sein, z. B. den Morse-Taster vertreten, um jede zeichengebende Stromgebung oder Stromunterbrechung, die in jener ersten Linie auftritt, in die letztere durch Schliessung oder Unterbrechung einer neuen Linienbatterie weiter geben. Das Relais hat die Aufgabe, mittels eines leichten metallenen Hebels auf der Empfangsstation einen elektrischen Strom (den Lokalstrom) durch die Elektromagnetspulen eines Empfängers oder Weckers zu schliessen.

Der Umschalter (Fig. 103) hat den Zweck, den Stromlauf umzuändern, ohne die Drähte zu lösen, wie schon in den vorhergegangenen Abschnitten mehrfach erläutert wurde. Je ein Draht zweier Leitungen wird mit den Mittelschrauben in der Klinke vereinigt und die übrigen Drähte an den Seitenschrauben.

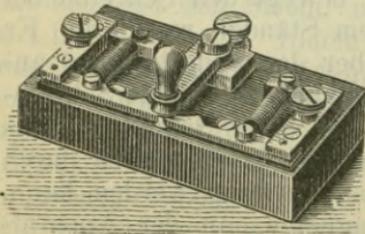


Fig. 103.

Um die Grossartigkeit der Linien-Telegraphie zu begreifen und von der gewaltigen Macht des elektrischen Stromes und der durch ihn hervorgerufenen grossen Umwälzungen ein Verständnis zu erwecken, sei angeführt, dass allein in dem kleinen Europa 490 000 Kilometer Linien vorhanden sind, die eine Drahtlänge von ca. 1 415 000 Kilometer repräsentieren und ca. 67 000 Apparate untereinander verbinden. Hinsichtlich deren steht Deutschland mit 80 263 Kilometer Linien, 289 000 Kilometer Drahtlänge und 17 414 Apparaten in 12 498 Telegraphenanstalten an der Spitze, hinsichtlich der beförderten Telegramme (ca. 19 000 000) aber erst hinter Grossbritannien und Frankreich, die 35 000 000 bzw. 31 000 000 aufweisen. Das längste Unterseekabel hat eine Länge von 5100 km und die Gesamtkosten einer Meile betragen ca. 17 500 Mark.

Installation elektrischer Telegraphen- und Telephon-Anlagen.

Die Installation elektrischer Haus- und Linien-Telegraphen-, sowie Telephon-Anlagen stützt sich in den Hauptpunkten auf diejenige elektrischer Lichtanlagen, jene ist jedoch bedeutend einfacher und schneller herzustellen wie diese, wobei eine grosse Anzahl der Hilfsapparate wegfällt, und der Umstand, dass hier immer galvanische Elemente, abgesehen von den seltenen Induktoren, als Elektrizitätsquellen verwandt werden und infolgedessen nur mit schwachen Strömen gearbeitet wird, erfordert nicht die bedeutenden Vorsichtsmassregeln der Lichtanlagen und die Beachtung vieler Nebensachen.

Von den Elektrizitätsquellen finden vorwiegend Leclanché-, Marié-Davy- und Meidinger-Elemente in verschiedenen Abänderungen Verwendung, letztere hauptsächlich in ausgedehntem Maasse in der Grosstelegraphie. In neuerer Zeit sind ferner die Trockenelemente bei Hausteleggraphie und im Fernspreverkehr in Aufnahme gelangt. Auch bei diesen Anlagen ist, wie bei Lichtanlagen, falls es sich um eine grössere Ausdehnung handelt, ein bestimmender Plan zu entwerfen. Den Elementen gebe man einen leichten und luftigen Ort, der leicht zugänglich ist. Die Elemente sollen nicht offen stehen, sondern in einem verschliessbaren Schrank, der mit einigen Luftlöchern, die so angebracht sind, dass Staub nicht zur Batterie dringen kann, versehen ist. Die Instandhaltung und Füllung der Ele-

mente ist bereits in dem Abschnitt „Stromquellen“ ausführlich beschrieben.

Leitung.

Für Innenräume wird am meisten der mit Baumwolle umspinnene Kupferdraht benutzt. Für Tapetenwände hingegen wird derselbe ausserdem mit Wachs getränkt und mitunter findet auch Asphalt- oder Guttaperchadraht Anwendung. Bei

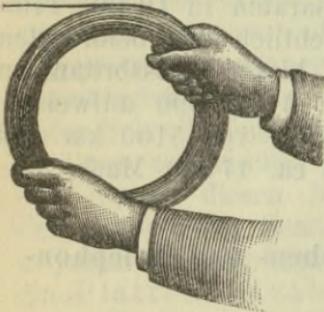


Fig. 104.

dem Aufrollen des Drahtes verfähre man, wie Fig. 104 veranschaulicht, damit keine Schleifen entstehen, die einen Bruch im Draht verursachen können. Bei trockenen Wänden wird der Draht einfach mittels verzinkten oder verzinneten Eisenstiften oder kleinen Drahtkrampen befestigt, bei ersteren macht man zum besseren Halt eine Schleife um den Nagel. Liegen die Leitungen offen, so wählt

man verschiedenfarbigen Draht, damit jede Leitung genau verfolgt werden kann, was beim Aufsuchen von Fehlern von grossem Vorteil ist. Sollen die Drähte nicht sichtbar sein, so stösst man in den Mauerputz der Drahtstärke entsprechende Nuten, legt die Drähte hinein und streicht hierauf alles mit Gips wieder glatt. Einfacher und günstiger für Reparaturen ist es, die Leitung ohne Nuten glatt auf die Wand unter die Tapeten zu legen. Holzkanäle, wie bei elektrischen Lichtanlagen beschrieben (Fig. 45), finden nur in besonderen Fällen Anwendung. Soll die Leitung unter den Fussboden gelegt werden, so empfiehlt sich Bleirohrkabel, das aus, mit Guttapercha umhülltem Kupferdraht besteht, der in ein Bleirohr gezogen ist, das jedoch vermöge seiner leichten Biegsamkeit dem Verlegen der Leitung keinerlei Hindernisse in den Weg legt. Wie bei Lichtanlagen, so lege man auch bei Telegraphen- und Telephon-Anlagen die Drähte in schön gleichmässigem Abstände, um den Gesamteindruck nicht zu stören. Die Isolation beachte man genau, damit nirgends Kurzschluss, d. h. eine direkte Verbindung, oder etwa durch metallene Gegenstände (Wasser-, Gas-Leitung etc.) zwischen den einzelnen Leitungsdrähten ausserhalb der Elemente und Apparate entstehen kann. Findet nämlich der Strom, ehe er in die Apparate tritt, einen kürzeren Weg, was durch vorherige unbeabsichtigte Ver-

bindung geschieht, so kehrt er auf diesem in die Batterie zurück, ohne den Apparat in Thätigkeit zu setzen. Bei trockenen Wanddurchführungen kann man die Drähte direkt durchführen, sind die Wände aber feucht, so zieht man Porzellan- oder Hartgummitüllen ein, bei Decken- und Fussbodendurchgängen Bleirohre. Für Innenräume, wo Dekoration beabsichtigt ist, kann das System von Hartmann & Braun gut angewandt werden, wobei die verschieden- oder einfarbigen gut isolierten Drähte in einen Strang zusammengedreht sind und in eigens für diesen Zweck konstruierten, gesetzlich geschützten Haken und Oesen mit Porzellanlagen in gefälligen Bogen durch das Zimmer gezogen werden.

Bei Kreuzungen isoliere man die Auflagestellen extra durch Isolationsband, bei dem Uebergang über Gas- und Wasserleitungen jedoch durch Holz- oder Guttaperchaunterlagen oder besser durch kurze Röhren aus Hartgummi. Verbindungen einzelner Drähte stelle man durch gegenseitiges Umwickeln der Drahtenden, wie bei den Lichtanlagen, her, und die Isolation muss genau ebensogut, wie vordem, ausgeführt werden. Die gegenseitige Drahtumwicklung geschieht am besten folgendermassen. Die beiden Drahtenden werden ca. 6 cm übereinandergelegt, nachdem sie natürlich vorher von der Isolation befreit worden sind. Den Ueberlag hält man mit einer Flachzange derart fest, dass sich auf einer Seite der Zange etwa 3 cm, die genaue Hälfte des Ueberlags, befindet. Das auf dieser Seite befindliche Drahtende wickelt man nun fortlaufend um den zweiten Draht, eine Windung immer dicht an der andern, und nach Fertigstellung dieser Wickelung hält man den Draht an derselben mit der Zange fest, unter Wiederholung der Wickelung bei dem zweiten Draht. Die letzten Enden drücke man mit der Zange gut an und umhülle die ganze Stelle mit angewärmtem Isolierband (Fig. 48).

Um der Leitung einen soliden Halt zu geben, kann man auch dort, wo das nicht störend wirkt, zum Befestigen die Holzdübel (Fig. 41) verwenden. Diese werden derart in die Wand eingegipst, dass sie etwas über dieselbe hervorragen, wodurch die Leitung, wenn sie dann von Dübel zu Dübel gespannt wird, zugleich in gewisser Entfernung von der Wand zu liegen kommt, was also bei feuchten Mauern zu empfehlen ist. Denselben Zweck haben die Porzellanisolatoren, die entweder direkt ins Mauerwerk oder auf eingegipste Dübel geschraubt oder genagelt werden. Da der Leitungsdraht immer nur

schwach ist (0,8—1,2 mm), so wird an das Befestigungsmaterial auch kein grosser Anspruch bezüglich ihrer Haltbarkeit gemacht.

Für Leitungen im Freien wird verzinkter Eisendraht von entsprechender Stärke, für Telephon-(Fernsprech-)Anlagen solcher von 2—2,5 mm Durchmesser verwandt. Vielfach empfohlen wird auch Phosphor- und Siliziumbronzedraht von 1—1¹/₂ mm Durchmesser. Derselbe ist sehr zähe, biegsam, luftbeständig, leitet Elektrizität gut, ist aber verhältnismässig teuer. Freileitungen werden ausschliesslich auf Glockenisolatoren verlegt (Fig. 43, 47), auf die der Draht durch Kupfer- oder Siliziumbronzebindedraht von ungefähr ¹/₂ mm Stärke festgebunden wird und zwar geschieht dies entweder in der Kehle oder auf dem Kopfe des Isolators.

Ist die Verlegung an Gebäuden nicht angängig, so müssen Trägerstangen angewandt werden, die meistens aus Holz (Tanne, Fichte, Kiefer, Lärche), seltener aus Eisen (Rohre oder T-Eisen) hergestellt werden. Die Holzstangen werden zur wesentlichen Erhöhung ihrer Dauer mit Kupfervitriol, Sublimat, Zinkchlorid oder kreosothaltigen Theerölen imprägniert, wo dies nicht thunlich, mit Karbolineum gestrichen. Die Stangen werden etwa 1 m über dem Erdboden gestützt und mittels eines, an doppeltem verzinkten Eisendraht durch einen Knüppel hergestellten Knebels verankert. Die Stangen sind 6—10 m hoch und stehen 50—100 m auseinander. Alle Aussenverbindungen der Leitung müssen sorgfältig verlötet werden, namentlich erfordern dies Telephonanlagen. Der Draht darf nicht zu straff gespannt und Unberufenen nicht zugänglich sein. Das Spannen des Drahtes erfolgt mit dem sog. Frosche. Laufen mehrere Leitungen parallel, wie es z. B. in städtischen Fernsprechanlagen in grosser Anzahl der Fall ist, so muss man genau aufpassen, dass zwei Leitungen sich nicht berühren, oder dass ein neuer Draht bei seiner Verlegung nicht auf andere fällt, da hierdurch die klare Verbindung zerstört wird. Der Anschluss der Luftleitungen an Innenleitungen muss in möglichster Nähe des Innenraumes erfolgen, woher die Leitung kommt, um eine sicher leitende Verbindung bewerkstelligen zu können. Man benutzt hierbei gleichfalls Schutzkappen von Porzellan und führt den Draht nicht direkt, oder von oben kommend, in die Porzellaneinführungspfeife, sondern man lässt den Draht nach unten einen kleinen Bogen machen und führt ihn stets von unten ein, da hierdurch die scharfe Biegung an der Einführung vermieden wird (s. auch Fig. 47).

Für unterirdisch zu verlegende Leitungen werden Bleikabel verwandt. Dieselben bestehen aus einer gut isolierten Kupferlitze, die gegen das Eindringen der Feuchtigkeit durch einen Bleimantel genügend geschützt ist. Letzterer ist ausserdem mit asphaltierter Jutespinnung umgeben, in besonderen Fällen auch mit einer doppelten Eisenbandumwicklung. Bei Bleikabeln ist zu berücksichtigen, dass der Bleimantel durch Kalk und Zementmörtel zerstört wird. Das Gleiche geschieht bei Berührung mit fäulniserregenden Stoffen. Holzkänäle sind deshalb beim Verlegen der Kabel zu vermeiden. Auch in dem Falle, wo sie mit Asphalt ausgegossen sind, ist eine gute Eisenbandumwicklung zu empfehlen, damit verfaultes Holz keine Einwirkung auf das Kabel erlangen kann. Da Reparaturen an unterirdischen Leitungen wegen des jedesmaligen Aufgrabens nicht allein sehr umständlich, sondern auch kostspielig sind, so verwende man bei ihrer Verlegung besonders grosse Sorgfalt, vermeide zu scharfe Krümmungen und bessere jeden, noch so unbedeutenden Isolationsfehler sofort und sorgsam aus. Verbindungen gleichlaufender Kabel stellt man entweder durch gegenseitiges Verflechten des freigelegten Kupferseils und nach dem Isolieren durch Umgeben mit einem neuen Bleimantel her, oder es kommen hierbei Gusseisenmuffen in Verwendung. Sonstige Kuppelungen macht man, wie schon bei der Installation von Lichtanlagen beschrieben, durch Einwickeln der Ableitung in einen Teil Drähte der Kupferlitze; nachheriges Verlöten, Isolieren und Umhüllen mit Blei möglichst mittels geeigneter Muffen. Bei kurzen Strecken, wo die Anbringung von Masten oder Isolatoren nicht thunlich ist, können auch die Leitungen freischwebend gezogen werden, und man kann zwei gut isolierte Leitungen zusammenschliessen, z. B. bei Strassentübergängen, Gewässern u. s. w.

Für alle Luftleitungen ist ein bestimmter Durchgang zu beobachten, der sich nach der durchschnittlichen Tagestemperatur richtet. Nachstehende Tabellen stellen dies übersichtlich dar. Die dritte Tabelle giebt einige Zahlen bezüglich des Preises von verzinkten Eisendraht an die Hand.

Felten & Guilleaume in Mülheim a. Rh. sind infolge ihrer speziell für elektrische Zwecke eingerichteten, ausgedehnten Drahtfabrikation besonders für den Bezug von Kupfer-(elektrolytisch)-Silizium-Eisendraht und Kabel jeder Art (auch Untersee-) zu empfehlen. Ein guter Leitungsdraht erhöht stets den Effekt.

Silizium-Telephon-Draht
(Lazare Weillers Patent).

Temperatur in Grad Cels.	Spannweite in Meter (Drahtstärke 1—1,5 mm)								
	300	250	200	175	150	125	100	75	50
	Durchhang in Zentimeter								
— 5	424	294	188	144	106	72	47	25	11
0	448	310	198	152	112	76	49	27	11
+ 5	472	327	209	160	118	80	52	29	12
+10	495	343	220	168	123	85	55	30	13
+15	506	349	226	171	126	87	57	32	14
+20	513	356	231	176	129	90	60	33	15
+25	521	362	235	180	133	93	62	35	15

Silizium-Telegraphen-Draht
(L. Weillers Patent).

Temperatur in Grad Cels.	Spannweite in Meter (Drahtstärke 1,5—2,5 mm)						
	150	125	100	75	60	50	40
	Durchhang in Zentimeter						
— 5	175	122	79	43	28	20	13
0	185	129	84	46	30	21	14
+ 5	197	135	88	49	31	22	15
+10	206	143	92	52	33	23	16
+15	212	147	95	54	35	25	17
+20	221	153	99	57	37	26	18
+25	228	158	102	59	39	27	20

Verzinkte Eisen-Telegraphen-Drähte von Felten & Guilleaume
in Mülheim a. Rhein.

Nr. der mm-Lehre . . .	17	20	25	30	40	50
Durchmesser in mm . . .	1,7	2	2,5	3	4	5
Gewicht pro 1000 m in kg	18	24	38	55	100	150
Ungefährer Preis pro 100 kg in M.	41—45	37,5—41,5	34—38	31—35	27—31	25,5—29,5

Um den Durchhang zu bestimmen, macht man an der Stange in der, der Tabelle entsprechenden Entfernung, also z. B. bei 100 m Spannweite bei 4^o Tagestemperatur 52 cm unterhalb des Isolatorkopfes, ein weithin sichtbares Zeichen, etwa in einer unwickelten roten Schnur oder in einem Strich mit Mennige-

farbe oder angebundenem Stück Holz bestehend, und visiert die Leitung in richtiger Höhe. Auch eine, in der Mitte der Leitung eingegrabene oder gehaltene Massstange kann zum Messen des Durchhanges verwendet werden. Hat man gleich lange und hohe Leitungen zwischen den einzelnen Masten zu ziehen, so misst man nur die ersten zwei oder drei, bei den nachfolgenden nur stets die richtige Länge des zu verlegenden Drahtes.

Die bedeutendste Verwendung in der Praxis für oberirdische Leitungen findet der verzinkte Eisendraht, sowie der Patent-Siliziumbronzdraht in den Stärken von 1, 1,1, 1,25 mm für Telephon- und Feuerwehr-Telegraphen-Anlagen und für Stadtleitungen (auch über Dächer), ferner für sehr lange Telephon-Linien, mittlere Telegraphen-Linien und Eisenbahn-Blocksignale derselbe Draht 1,25, 1,50 mm stark, für Staats-Telegraphen-Linien endlich der von 1,50, 2, 2,50 mm Durchmesser. Felten & Guilleaume stellen für grössere Entfernungen ein 7adriges, mit Flachdrähten armiertes Telegraphenkabel her, das sich, ebenso wie ihr Patent-Bleikabel (D. R. P. 65311), in der Praxis vortrefflich bewährt.

Für den Anschluss der Leitungen an die Apparate gilt das schon früher Gesagte. Die Oesen für die Klemmschrauben biege man stets in der Richtung des Schraubengewindes, also von links nach rechts, damit dieselben sich beim Anschrauben nicht aufbiegen. Die Berührungsstellen seien rein metallisch, und der Draht muss bis dicht an den Apparat seiner übrigen Beschaffenheit nach gleichmässig isoliert sein. Man kratze also nur soviel Isolationsmaterial ab, wie unbedingt zum Biegen der Oese nötig ist. (Des weiteren s. Seite 80 u. folg.)

Beistehendes Schema (Fig. 105) erklärt die einfachste Klingelanlage, bestehend aus einer Batterie von zwei Leclanché-Standkohlen - Elementen, der Klingel und zwei Druckknöpfen. Der Draht geht vom Kohlepol direkt zur Klingel, vom Zinkpol erst nach den beiden Druckknöpfen und dann gleichfalls zur Klingel. Während der erstere (obere) Draht in einem Stück bis zur Glocke führt, geht der zweite (untere) nur bis

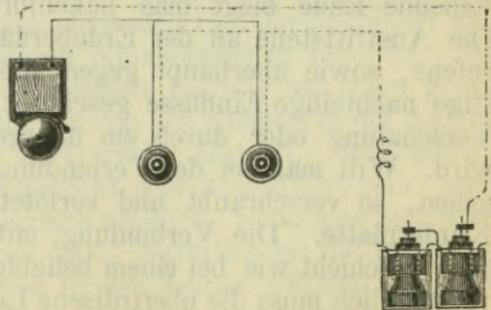


Fig. 105.

zum zweiten Knopf (links); die Zuleitung zum ersten Knopf (rechts) wird extra angeschlossen. Dasselbe geschieht bei dem Draht, der von der rechten Klemme der Glocke ausgeht. Derselbe wird ununterbrochen bis zum ersten Knopf (rechts) geführt, und die Zuleitung zum zweiten Knopf (links) ist extra angeschlossen. Von welchem Batteriepole die Leitung ausgeht, ist im allgemeinen ganz gleichgültig und gleichfalls die Stelle, wo die Batterie an der Leitung liegt. Sollen Sicherheitskontakte eingeschaltet werden, so verfährt man genau, wie bei einem Druckknopf, nur muss der Strom erst durch einen Ausschalter geleitet werden, der den Kontakt beliebig in Thätigkeit setzen kann.

Bei längeren Leitungen erspart man sich die Rückleitung durch den teuren Kupferdraht, indem man an Stelle dessen die Erde benutzt. Am Anfang, wie am Ende der einfachen Hinleitung wird zu diesem Zwecke ein Loch in die Erde gegraben, das das Grundwasser in seinem niedrigsten Stande freilegt. In dieses wird eine $1 \times \frac{1}{2}$ m grosse und $1\frac{1}{2}$ —2 mm starke Kupferplatte an einem Drahte derart versenkt, dass sie auch bei dem niedrigsten Stande des Grundwassers von ihm vollständig bedeckt ist. Die Verbindung mit dem Leitungsdraht muss äusserst accurat hergestellt sein, da eine Stromunterbrechung die sehr umständliche und auch immerhin kostspielige Aufgrabung der Stelle nötig macht. Den von der oberirdischen Leitung ausgehenden Draht steckt man durch 4—6, in gleichen Abständen in der Mitte der Längsseite der Kupferplatte gebohrte, dem Drahtdurchmesser genau entsprechende Löcher, bald von der einen, bald von der anderen Seite, und das überstehende Ende biegt man hakenförmig festaufliegend zurück. Die Austrittsstelle an der Erdoberfläche muss gut gegen Unberufene, sowie überhaupt gegen alle Beschädigungen oder sonstige nachteilige Einflüsse geschützt sein, was durch genügende Verschalung oder durch ein übergestülptes Eisenrohr erreicht wird. Will man bei der Verbindung der Erdleitung sehr sicher gehen, so verschraubt und verlötet man die Leitung mit der Kupferplatte. Die Verbindung mit der oberen einfachen Leitung geschieht wie bei einem beliebigen Zweiganschluss. Selbstverständlich muss die oberirdische Leitung dort, wo sie zur Erde neigt, auf kräftigem Isolator gegen Zug und Bruch geschützt sein.

Bedeutend einfacher lässt sich die Rückleitung ausführen, wenn man bequem an Gas- oder Wasserleitungen den Anschluss herstellen kann. In diesem Falle geht der Erdleitungsdraht von

der oberirdischen Leitung direkt an eine blank geschabte oder gefeilte Stelle der Leitungsrohre. Der blanke Kupferdraht muss an einem Rohre gleichfalls dauerhaft und sehr gut leitend befestigt werden. Bevor man aber eine solche Befestigung vornimmt, hat man sich gewissenhaft von der Leitungsfähigkeit an allen Muffenverbindungen der Rohre zu überzeugen, da nicht selten, namentlich bei Gasröhren, an diesen Stellen durch Dichtungsmaterial die metallische Verbindung aufgehoben oder doch wesentlich beeinträchtigt ist, was vor einem Leitungsanschluss abgeändert werden muss. Die Untersuchung bewerkstelligt man ebenso, wie bei dem Aufsuchen von Leitungsfehlern mit dem Galvanoskop.

Beistehende Fig. 106 veranschaulicht die Verbindung zweier Fernsprechstationen mit Induktoranruf und je zwei Elementen. Bei einer Station sind diese separat angeordnet, bei der anderen hingegen in dem als Notizpult dienenden Unterstell. Die Klemmschrauben sind genau bezeichnet, so dass der Anschluss an die Leitung sehr leicht von statten geht; E bezeichnet die Leitung, die zur Erde geht, und L die oberirdische Leitung. Die Verbindung der Elemente ist dieselbe,

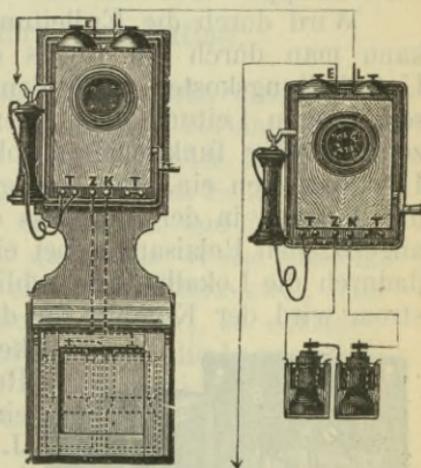


Fig. 106.

wie bei der vorhergehenden Schaltungsskizze. Es sind hiermit die beiden, in Anwendung kommenden Leitungsmethoden angegeben, auf denen alle anderen Kombinationen beruhen. Stets muss man auch hier sich die gesamte Leitung als einen grossen geschlossenen Kreis denken, der von den Elementen der Anfangsstation ausgeht und auch dort wieder eintritt. Mag das Leitungsnetz auch noch so ausgedehnt oder kompliziert sein; immer wird man schnell und erfolgreich arbeiten, wenn man sich diesen Fundamentalsatz vor Augen hält. Natürlich ist die Installation nicht immer so einfach, wie in den beiden Skizzen angegeben ist. Handelt es sich z. B. um Tableaus, grössere, bzw. mehrfache Fernsprechstationen u. s. w., so lasse man sich klüglich in solchen Fällen eine Schaltungsskizze vom Lieferanten begeben, an deren Hand die Anlage leicht installiert werden kann.

Bei einer Anlage mit Tableauklappen führt man den einen Leitungsdraht von dem Kohlepol zu dem am entferntesten liegenden Druckknopf direkt und schliesst die anderen Druckknöpfe an diese Hauptleitung durch einen isolierten Kupferdraht an. Vom Zinkpol der Elemente, die selbstverständlich unter einander zu einer Batterie verbunden sind, führt die Leitung zur Klingel, die beim Herabfallen einer Klappe anruft. Von der zweiten Klemme der Klingel geht eine Zweigleitung zu der angezeichneten Tableauleitung, und von jeder zweiten Klemmschraube der einzelnen Druckknöpfe führt je ein Draht nach einer Klemmschraube auf dem Tableaustand, die wiederum mit je einer Klappe verbunden ist.

Wird durch die Erdleitung an Leitungsdraht gespart, so kann man durch ein Relais eine grosse Batterie und deren Unterhaltungskosten vermeiden, wenn ein Läutewerk an einer sehr langen Leitung liegt, oder wenn mehrere Glocken gleichzeitig kräftig funktionieren sollen; man schaltet dann kleine Lokalbatterien ein. Bei Anlagen mit Ruhestrombetrieb wirken die Anlagen in der Art, dass die durch den konstanten Strom angezogenen Relaisanker bei einer Unterbrechung abfallen und dadurch die Lokalbatterie schliessen. Bei Anlagen mit Arbeitsstrom wird der Kontakt für die kleine Lokalbatterie in umgekehrter Weise durch Anziehen der Relaisanker gebildet.

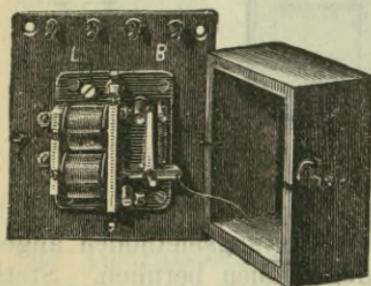


Fig. 107.

Fig. 107 stellt ein Relais für Induktionsstrom von J. Berliner mit Fortschellvorrichtung dar. Bei Benutzung desselben schellt also die angerufene Station solange, bis die Klingel abgestellt wird. B bezeichnet die Klemmschrauben, die die Leitung von der Batterie aufnehmen, L die zur Glocke etc. führenden. Die Anwendung des

Relais beruht auf denselben wirtschaftlichen Rücksichten, wie etwa die Transformatoren bei elektrischer Beleuchtung oder Kraftübertragung auf weite Entfernungen, und zwar aus dem Grunde, weil eine übermässig lange Leitung dem Strom einen solchen Widerstand bei normaler Batterie entgegensetzen würde, dass er schliesslich an der Arbeitsstelle nicht mehr das Läutewerk in Thätigkeit zu setzen vermag, und so müsste man die Batterie zum Nachteil der Rentabilität der Anlage erheblich verstärken, damit sie den Widerstand zu überwinden imstande

ist. Durch die Vermittelung des Relais aber, das ungemein empfindlich gebaut ist, wird eine kleine Lokalbatterie durch den eigentlichen Betriebsstrom beliebig ein- oder ausgeschaltet und hierdurch der erforderliche Strom hervorgerufen. Da die Linien-Telegraphie die weitaus längsten Leitungen besitzt, so findet auch bei ihr das Relais die grösste Verbreitung. Bei der Linien-Telegraphie findet die Rückleitung ausschliesslich durch die Erde, bezw. durch das Wasser statt, weil hier stets grössere Strecken in Betracht kommen.

Die Blitzableiter und ihre Installation.

Aus den bisherigen Erläuterungen wissen wir, dass, wenn sich die positive mit der negativen Elektrizität verbindet, dies unter Ueberspringen eines Funkens geschieht. Am leichtesten beobachtet man diese Erscheinung, wenn man den Schliessungsdraht eines galvanischen Elementes unterbricht und die beiden Enden einander nähert. Genau auf die gleiche Weise entsteht der Blitz. Treffen sich während eines Gewitters zwei, mit entgegengesetzter Elektrizität geladene Wolken, so entladen sich dieselben im Moment der Berührung durch die herrschende Spannung in Form des Blitzes. Je stärker hierbei die Anhäufung der atmosphärischen Elektrizität in den Wolken ist, desto höher ist auch die Spannung — das Bestreben, sich auszugleichen, — und desto intensiver, verheerender ist der Blitz.

Dieser ist also weiter nichts, wie ein riesiger elektrischer Funken. Die Elektrizität in den Wolken ist jedoch gleichfalls bestrebt, sich mit derjenigen der Erde zu verbinden. Direkt geschieht dies aber nur dann, wenn das Ausströmen der atmosphärischen Elektrizität durch höhere Gegenstände, Bäume, Häuser, Masten nicht mit genügender Schnelligkeit stattfinden kann. Befindet sich z. B. während eines Gewitters über einem Hause eine mit positiver Elektrizität geladene Wolke, so zieht diese die negative Erdelektrizität an; das Haus wird elektrisch geladen und dient als Ausgleichspunkt der beiden Elektrizitäten, da ja die Feuchtigkeit des Mauerwerks oder ebenso feuchte Holzwand die Elektrizität gut leitet. Benjamin Franklin war nun der erste, der auf den Gedanken kam, den Blitz aufzufangen, bezw. die Entladung der beiden entgegengesetzten Elektrizitäten von dem Hause abzuleiten

und ein ruhiges Ausströmen herbeizuführen. Die erste sichere Beobachtung machte Franklin an einem, während eines Gewitters aufgestiegenen Drachen, woran ein mit der Erde in Verbindung stehender Schlüssel befestigt war.

Bringen wir nun von einer tiefen Stelle des Erdreichs eine metallene Leitung bis über die höchste Spitze des zu schützenden Hauses an, so wird dieselbe der Luft, bzw. den über dem Hause schwebenden Wolken fortgesetzt Elektrizität entziehen und in die Erde leiten. Ist jedoch die Spannung so hoch, dass eine Entladung stattfinden muss, dann wird dies immer nur an denjenigen Punkten geschehen, die sich der atmosphärischen (positiven) Elektrizität zuerst mit der Erde leitend verbunden darbieten, und deshalb ist die grösste Wichtigkeit bei den Blitzableiterleitungen auf die denkbar beste Leitungsfähigkeit zu legen und den Widerstand auf das möglichste zu verringern. Diese kurzen Erläuterungen mögen bei der nachfolgenden Installation scharf eingepägt werden.

Die Anlage der Blitzableiter besteht aus der unterirdischen oder Erdleitung, aus der oberirdischen oder Luftleitung, der Verbindung mit der Auffangstange und endlich der Spitze. Letztere, die in der üblichsten Form in Fig. 108 von Mix & Genest abgebildet ist, besteht aus im Feuer vergoldetem Kupferguss mit einer aufgeschraubten oder eingelöteten Platinspitze, die dem Blitz einen grösseren Abschmelzwiderstand entgegensetzt. Ausser dieser Façon sind noch runde, kegelförmige und sogenannte Stachelspitzen in Gebrauch. Letztere bestehen aus mehreren, nach verschiedenen Richtungen von einer gemeinschaftlichen Auffangstange ausgehenden Spitzen, wodurch selbstverständlich eine grössere Menge Elektrizität aufgefangen und abgeleitet wird. Günstiger wie diese Stachelspitzen wirken hingegen einzelne, in gewissen Abständen angebrachte Spitzen. Für kleinere Anlagen werden auch mitunter einfache, vergoldete Kupferspitzen ohne Platin angewendet, obgleich dies nicht empfehlenswert ist. Die Kernaul'schen Spitzen bestehen aus Kohle und haben sich in neuerer Zeit sehr verbreitet. Die Kegelspitzen bestehen in der Regel aus einem 22 mm starken, 15—30 cm langen Kupferstück. Der eigentliche Kegel soll noch einmal so hoch sein, wie die Länge des Durchmesser seiner Basis.



Fig. 108.

Die Auffangstangen, auf denen die Spitzen befestigt werden, werden entweder aus massivem Rundeisen gefertigt, oder man benutzt etwa $\frac{3}{4}$ -zölliges Gasrohr, das jedoch gegenüber gezogenen Eisenrohren stets im Nachteil bezüglich seiner Haltbarkeit ist. Auf die Befestigung der Auffangstangen ist besondere Sorgfalt zu verwenden, da sie dem Winde sicher Trotz bieten und auch senkrecht stehen müssen; höher wie 4 m sollte man deshalb nicht über den Dachfirst oder die Schornsteinkante hinausgehen. Bei der Abschätzung und der Berechnung des Wirkungskreises der Auffangstange sind hervorragende Gegenstände, wie beispielsweise Essen, Giebel u. s. w. mit in Rechnung zu ziehen, d. h. die Höhe der Stange muss so genommen werden, dass jene höchsten Punkte noch in den Schutzkreis der Stange fallen. Eine sehr lange Auffangstange an einem Gebäude müsste sehr tief in dasselbe hineinragen, um genügenden Halt zu erlangen. Da es jedoch unvorteilhaft erscheint, das Innere des Gebäudes mit der Auffangstange zu weit in Verbindung zu bringen, so wendet man lieber mehrere kurze Stangen an, die man unter sich gut leitend verbindet. Es muss aber immer berücksichtigt werden, dass eine derselben den höchsten Punkt des Gebäudes um mindestens 2,8 m überragt. Die Nebenstangen wähle man 1,3 m über der Stelle, die sie schützen sollen. Die Zahl der Stangen wähle man so, dass ihr Abstand untereinander nicht mehr als das Doppelte bis Dreifache ihrer Länge beträgt. Der Abstand der äusseren Fangstangen am Ende des Dachfirstes oder von einer Ecke des flachen Daches sei höchstens gleich der Länge dieser Fangstange. Eine grössere Anzahl kleinerer Auffangstangen ist einer kleineren Anzahl grösserer vorzuziehen. Die Verbindungsleitung derselben wird 10 cm über dem Dachfirst geführt und durch zähe schmiedeeiserne Halter befestigt. Diese Halter bestehen aus einem entsprechend langen, nach unten spitz verlaufenden Stück Flach- oder Quadrastein, an dessen oberem Ende ein gabelförmiger Ansatz mit einem langen und kurzen Ende angeschmiedet ist, die nach Einlegen des Verbindungsdrahtseiles gegenseitig überschlagen werden. Durch eine geeignete Verschraubung oder Hartlötung werden die Spitze und die Leitung an der Fangstange befestigt und diese bei ihrer Einführung in das Gebäude durch eine Metallkappe, die aus starkem verzinkten Eisenblech oder Zinkblech aus zwei gleichen Hälften besteht, geschützt. Wird der Blitzableiter an einer Esse angebracht, so darf die Auffangstange nicht unmittelbar

über deren Schlunde stehen, weil in diesem Falle die Leitungsfähigkeit derselben durch aufsteigende Gase und Russ bald erheblich beeinträchtigt werden würde; sie wird deshalb seitlich placiert. Ihre Befestigung geschieht durch verzinkte eiserne Schellen mittels Steinschrauben. Ueberhaupt müssen alle, bei der Installation in Verwendung kommenden eisernen Befestigungsmaterialien, wie Ueberleger, Stützen, Schellen, Klemmen u. s. w. zur längeren Haltbarkeit und Schutz vor Rost verzinkt sein.

Die oberirdische Leitung besteht entweder aus Kupferdraht, Kupferseil, verzinktem Eisenseil oder Kupferstreifen. Kupferdraht findet wegen der unbequemen Handhabung nicht so ausgedehnte Verwendung, wie Kupferseil. Felten & Guillaume, Karlswerk, Mülheim am Rhein wenden derartige Seile aus 4 Litzen zu 3, je 2 mm starken Drähten an, die 0,35 kg für das Meter wiegen, wobei eine Leitungsfähigkeit von 90⁰/₀ von der des reinen Kupfers angenommen wird. Kupferdraht darf nicht unter 8 mm verwendet werden. Eisendrahtseile müssen sechsmal so stark sein, wie Kupferdrahtseile, da ersteres sechsmal schlechter leitet, wie letzteres. Für Eisendrahtleitung nimmt obige Firma nicht unter 3,35 kg per Meter; ein Kabel aus 49 je 3,2 mm starken verzinkten Eisendrähten wird etwa diesem Gewicht entsprechen. Es ist unstatthaft, ein zu schwaches Kabel oder Draht zu wählen, da hierdurch der Zweck des Blitzableiters illusorisch wird. Muss sich derselbe nämlich durch eine zu dünne Leitung gleichsam erst durchzwängen, so liegt die Gefahr sehr nahe, dass er an irgend einer Stelle, ehe er in die Erde geführt wird, überspringt und dadurch das zu vermeidende Unheil doch anrichtet. Obwohl die Leitung selbst viel weniger vom Blitz zu leiden hat, als die Stellen, wo er ein- und austritt, so ist doch in Betracht zu ziehen, dass die Leitung durch den Zahn der Zeit angegriffen wird, und dass die anfangs genügenden Dimensionen im Laufe der Jahre unbrauchbar werden können, wenn sie zu knapp bemessen sind. Hier, wo es sich um den Schutz unseres Hab und Gutes handelt, ja um unser Leben, ist Sparsamkeit gewiss nicht am Platze. Man wähle deshalb immer reichlich starkes Kupferkabel, das in allen Fällen vor Eisen und Kupferstreifen unbedingt den Vorzug verdient. Kupferdraht von richtiger Stärke hat ferner noch den Vorteil, dass er Witterungseinflüssen weniger zugänglich ist, wie Kabel, bei dem sich in den Zwischenräumen Oxydationsstoffe lagern können, die nach und nach das Metall

angreifen. Für Kupferkabel wird ein Querschnitt von mindestens 40—60 qmm verlangt.

Bei dem Verlegen der Leitung beginnt man am besten an der Auffangstange und führt sie auf gut befestigten Stützen (bei Mauerwerk Steinschrauben) an dem Gebäude herab, wobei keine winkligen Biegungen entstehen dürfen, sondern jede derselben muss in einem Bogen nicht unter 40 cm im Radius ausgeführt werden, weil sonst dem Blitz ebenfalls Gelegenheit geboten wird, abzuspringen. Vielfach herrscht die üble Gewohnheit, dass, wenn die Leitung Metalldächer berührt, diese als Leitung zu benutzen und die eigentliche Leitung zu unterbrechen. Dem ist jedoch eindringlich zu widerraten und auch beim direkten Anliegen an das Metalldach ist die Stützenbefestigung vorzuziehen, denn die andere Art der Verlegung der Leitung zeugt von Unkenntnis oder Nachlässigkeit des Installateurs. Die Stützen werden entweder aus einem Stück mit ausgebohrtem Loch oder in Form eines gekröpften Hakens, der durch einen Ueberleger zu einer Schelle hergerichtet ist, angefertigt, oder man benutzt die bekannten Schraubenklemmen der Installateure. Bedingung ist in allen Fällen, dass die Leitung vollkommen fest in den Stützen lagert, da sie sonst durch das Hin- und Herschleudern in den Löchern von den eisernen Stützen durchgescheuert werden kann. Besteht die Leitung nicht aus einem Stück, so werden die einzelnen Enden genau so verbunden, wie es bei Installation der Beleuchtungsanlagen angegeben ist. Selbstverständlich fällt hier die Isolation weg, da sie von dem einschlagenden Blitz doch vernichtet werden würde.

Bei Verbindung der oberirdischen mit der unterirdischen Leitung ist die Kuppelung von Hartmann & Braun (Fig. 109) zu empfehlen, die ein bequemes Ablösen der beiden Leitungen ermöglicht und wobei diese nicht durchgeschnitten und wieder verlötet zu werden brauchen. An einer Leitung sollen nicht mehr wie drei Auffangstangen, die sich möglichst symmetrisch an die Verbindungsleitungen anschliessen, vorhanden sein. Die unterirdische oder Erdleitung ist der wichtigste Bestandteil der Anlage und muss deshalb gleichfalls, wie bei früheren Installationen bereits beschrieben wurde, mit äusserster Sorgfalt ausgeführt werden.

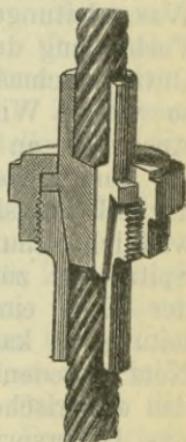


Fig. 109.

Die Leitung wird ebenfalls bis zum Grundwasser oder aber bis zu einem Brunnen geführt. Dieselbe wird in der Erde zweckmässig mit getheertem Hanf umwickelt und muss gegen mechanische Beschädigungen vollständig gesichert werden. Zu diesem Zweck umgibt man sie mindestens 3 Meter oberhalb der Erdoberfläche mit einem Eisenrohr oder Steinplatten. Man führt sie in einem Winkel von 45° vom Gebäude in der Regel in die Erde. Kann man Grundwasser oder einen Brunnen nicht erreichen, so genügt auch ständig feuchtes Erdreich. Die angeschlossene Ableitungsplatte muss aber in diesem Falle noch einmal so gross sein, wie in ersterem Falle. Die Entladestellen, also dort, wo die Platte zu liegen kommt, sind durchaus nicht gleichwertig. Man unterscheidet vielmehr Grundwasser, Teiche und Bäche mit natürlichem Untergrunde, Gas- und Wasserleitungsrohre und eiserne Pumpbrunnen. Nur im alleräussersten Notfalle kann man sich mit Entladestellen begnügen, wie Regenrinnen, Küchenabflüsse, Senkgruben, Orte, wo das Erdreich durch Rasen oder Buschwerk feucht erhalten wird. Beim Anschluss der Blitzableitung an die Gas- und Wasserleitung (erstere ist wegen der Eisenrohre vorzuziehen) müssen Gasuhren und Wassermesser überbrückt werden, was man durch, am Ein- und Austrittsrohr angebrachte Kupferblechschellen und dazwischen gespannte Kupferdrähte erreicht. Bei den bis ins oberste Stockwerk sich verästelnden Gas- und Wasserleitungen muss namentlich auf eine gute metallische Verbindung durch eine Nebenleitung gesehen werden, denn der Blitz verschmäht den besten Blitzableiter, wenn sich ihm eine, so wenig Widerstand leistende Erdleitung bietet. Bei dem Anschluss an Wasserleitungen muss dies an das Hauptrohr vor dem Keller geschehen. Blitzableiter, bei denen dies nicht der Fall ist, sind unbedingt gefährlich. Soll eine Blitzableitung wirklich Schutz gewähren, so muss ihr Widerstand von der Spitze bis zur Erde möglichst klein sein. Befindet sich in der Erde ein grösseres Röhrennetz für Gas- oder Wasserleitung, so kann der Anschluss der Bodenleitung an ein solches Netz unbedenklich erfolgen, weil die grössere Metallmasse für das elektrische Fluidum einen willkommenen Weg bildet; nur das Ueberspringen des elektrischen Stromes wird gefährlich. Deshalb muss die Leitung metallisch gut mit dem Rohrnetz verbunden sein. Zu diesem Zwecke wird die Rohrwand gut blank gefeilt, eine zweiteilige Rohrschelle, die an ihrer Innenfläche ebenfalls gut blank sein muss, darum geschraubt und

der besseren Dichtung wegen eine dünne Bleiplatte zwischen Schelle und Rohr gelegt. Die Behörden gestatten jedoch nicht immer den Anschluss an die gemeinsamen Leitungsrohre. Man muss sich deshalb nach den örtlichen Bestimmungen richten. Die Leitung wird, falls es auf die beschriebene Weise erlaubt ist, an dem einen Teile der Schelle vorher hart angelötet. Ist ein solches Röhrennetz in der Erde nicht zu erreichen und man deshalb genötigt, das Grundwasser der Erde aufzusuchen, so erfordert der Abschluss der Erdleitung immer noch eine besondere Vorsichtsmassregel. Denn obschon Wasser und feuchte Erde die Elektrizität viel besser leiten, wie trockene, so ist diese Fortleitung doch immer noch eine erheblich geringere, als die des Kupfers oder gar des Eisens. Infolgedessen hat der elektrische Strom am Ende stets einen gewissen Widerstand zu überwinden, wodurch das Metall nicht selten bis zum Glühen und Schmelzen erhitzt werden kann. Um nun diesen Widerstand zu beheben und einen möglichen Rückschlag zu verhüten, wird an das Ende der Leitung eine Kupferplatte befestigt, die mit ihrer grösseren Oberfläche einen bequemeren Uebergang — eine Art Brücke — zur Erde oder dem Wasser bildet. Die Grösse dieser Platte richtet sich nach der Grösse und Länge der ganzen Anlage; sie hat gewöhnlich einen Flächenraum von $\frac{1}{2}$ bis 1 qm und eine Stärke von $1\frac{1}{2}$ bis 3 mm. Besser ist es, diese Platte in zwei Platten mit dem Gesamtflächeninhalte zu teilen. Gewöhnlich rechnet man eine Platte ausreichend für 2—3 Auffangstangen. Oft gewährt es einen Vorteil, dieser Platte eine zylindrische Form zu geben, da sie dann leichter einzubetten ist. Man kann in diesem Falle mit einem Erdbohrer den Erdschacht herstellen und die zylindrische Platte einfach in die Tiefe versenken.

Bei Erdplatten von Eisen ist eine Verzinnung erforderlich, die aber nicht nötig ist, wenn bei eisernen Leitungen der Wohlfeilheit Zinkplatten verwendet werden. Für Zink wird dieselbe Stärke, wie für Kupfer vorgeschrieben, für Eisen aber 4 mm. Ist man gezwungen, die Platte in nicht sehr feuchtes Erdreich zu legen, so sucht man mindestens die Stelle zu erreichen, wo die Regentraufe abläuft, und umbettet die Platte mit kleinen Koksstücken, da diese die Feuchtigkeit besser ansaugen und festhalten. Die Erdleitungen dürfen weder in der Nähe anderer Häuser münden, noch dicht daran vorüberführen, und niemals soll eine solche vom Hause weiter abführen, als nach den angegebenen Regeln unbedingt notwendig

ist. Endlich dürfen auch nicht zu viele Leitungen an einer Seite des Gebäudes endigen. Als Prinzip muss stets im Auge behalten werden, alle metallischen Gegenstände am Hause, eiserne Fahnenstangen, Metaldächer und Metallgesimse, Metallornamente und Metallfiguren (Statuen), Regenabfallrohre u. s. f. gut metallisch durch eine Nebenleitung zu verbinden. Bei besonders günstigen Erdverhältnissen kann man auch die Ableitungsplatten ganz und gar weglassen und sie durch das Seil ersetzen. Dasselbe wird dann am Ende in seine einzelnen Stränge aufgelöst, die dann strahlenförmig bis auf einen Meter Länge ausgebreitet werden, oder das Seilende wird nicht aufgelöst, sondern zu einer, der Grösse der zu verwendenden Ableitungsplatte entsprechenden runden Scheibe aufgerollt. Die Befestigung der Erdleitung an der Platte geschieht, wie bei der Telegraphen-Installation angegeben wurde.

Die Prüfung der Blitzableiteranlagen soll mindestens, ausser unmittelbar nach Fertigstellung, alle zwei Jahre regelmässig erfolgen. Denn obgleich eine gewissenhaft und sachkundig hergestellte Anlage gewiss ebensolange hält, wie das Gebäude selbst unter normalen Verhältnissen, so können dennoch mechanische oder klimatische Einwirkungen störend die Funktion des Blitzableiters beeinflussen, und oft haben schon unbedeutende Ursachen verheerende Zerstörungen im Gefolge gehabt. Ist eine Leitung solid angelegt, so ist ihre natürliche Abnutzung unbedeutend. Es kommt nur darauf an, mechanische Beschädigungen zu entdecken. Zunächst besichtigt man die Spitze, die Auffangstange, die gesamte Leitung und alle Verbindungen, ob nichts geschmolzen, oxydiert, locker oder irgendwie unterbrochen worden ist, wozu man an schwer zugänglichen Stellen ein scharfes Fernrohr benutzt. Die Spitze muss namentlich an der Platinverbindung und Verschraubung gesäubert werden. Etwa gelockerte Stützen, Anschlüsse, Ueberleger u. s. w. sind so zu befestigen, wie bei einer neuen Anlage. Alle Berührungsstellen der Leitung, Auffangstange, Spitze und die Stützen müssen nach wie vor äusserst sauber und metallisch rein sein, sowie gut gegeneinander schliessen. Sind inzwischen irgend welche bauliche Veränderungen vorgenommen worden, z. B. Zinkabdeckung des Daches oder Gesimses, neue Abfallröhren, so muss darauf Rücksicht genommen und erforderliche Abänderungen oder Ergänzungen vorgenommen werden. Dass man dies, sowie etwa entstandene Fehler sofort zur Verhütung von Schaden abändert, ist selbstverständlich.

Obgleich die elektrische Prüfung der oberirdischen Anlage lediglich eine Vorsichtsmassregel ist, dass die Besichtigung auch keine Fehlstelle übersprungen hat, so ist dieselbe dennoch stets anzuraten, da das Auge sich ja doch einmal täuschen kann. Der elektrische Strom bietet jedoch immer die Gewähr, dass alles in Ordnung ist. Man bildet durch ein galvanisches, am besten durch ein leicht transportables Trockenelement und die Leitung einen geschlossenen Stromkreis, indem man mit einem Leitungsdraht die äusserste Spitze und die Endstelle der oberirdischen Leitung, also dort, wo diese in die Erde geht, mit dem Element gut leitend verbindet und an irgend einer Stelle des Leitungsdrahtes ein Galvanometer einschaltet, an dessen Nadelausschlag man deutlich erkennen kann, ob der Strom durch die Anlage geht, was ein Beweis für ihre Leitungsfähigkeit ist.

Bedeutend wichtiger und unumgänglich nötig ist die elektrische Prüfung des unterirdischen Teiles der Leitung. Hier muss man nicht allein die Gewissheit haben, dass der elektrische Strom gut hindurch läuft, sondern man muss auch das Mass des Widerstandes kennen, welches die Leitung dem Durchgang des elektrischen Stromes entgegensetzt. Für diese Messungen wähle man nur die besten, sicher und genau wirkenden Apparate, wie solche komplett, als „Blitzableiterprüfungs-Apparate“ Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., Mix & Genest, A.-G., Berlin SW, R. Hegelmann, Erfurt und andere elektrotechnische Anstalten bauen. Zur Ermittlung des Widerstandes, den die Leitung beim Uebergange in das Erdreich besitzt, dient die auf Seite 11 beschriebene Widerstandsbrücke mit Induktionsapparat und Telephon. Zunächst wird die Leitung isoliert, d. h. die oberirdische von der Erdleitung getrennt und letztere mit einer Gas- oder Wasserleitung gut leitend verbunden, indem die gegenseitigen Berührungsstellen des Leitungsdrahtes und des Leitungsrohres rein metallisch gemacht und zusammengeklemt werden. Den im Leitungsrohrnetz herrschenden Widerstand stellt man gleich Null (s. Seite 11) und der hierauf angezeigte Widerstand ist der der unterirdischen Blitzableiteranlage. Eine gute Erdleitung soll nicht über 2 Ohm (s. S. 10) Widerstand besitzen. Bis 20 Ohm ist sie noch brauchbar, darüber aber zwecklos und muss in letzterem Falle eine günstigere Ableitung gesucht werden. Es ist nicht ausgeschlossen, dass in der Nähe der Blitzableitung an irgend einer Stelle nach dem Erdreich weniger

Widerstand herrscht, wie in der Anlage. In diesem Falle springt der einschlagende Blitz von der Leitung nach jener Stelle über und deshalb muss immer zur Leitung die, den geringsten Widerstand aufweisende Stelle im Erdreich aufgesucht werden.

Der Installateur sollte es im eigenen Interesse nie unterlassen, den Besitzer des Gebäudes od. dgl. darauf aufmerksam zu machen, dass er von baulichen Veränderungen, soweit sie die Anlage irgendwie beeinflussen könnten, Kenntnis erhalten müsse. Vielfach kommt es aber vor, dass eine Rohrleitung nicht vorhanden ist. Dann ist man gezwungen, eine etwas umständlichere Messmethode einzuschlagen. Eine Kupfer-, verzinkte Eisen- oder Zinkplatte von 1 qm wird in einen vorhandenen Brunnen, Fluss oder in das Grundwasser in der Nähe der Anlage gesenkt, durch Verbindung mit der Blitzableitung auf vorbeschriebene Weise ein geschlossener Stromkreis gebildet und der Widerstand gemessen. Sodann wird derselbe bei einer nur $\frac{1}{4}$ qm grossen Metallplatte auf gleiche Weise gesucht und der eigentliche Widerstand der Anlage hierdurch auf folgende einfache Weise gefunden. Angenommen, der Widerstand bei Verwendung der grossen Platte betrüge 26 Ohm, der bei Benutzung der kleinen 46 Ohm, so würde der auf die unterirdische Blitzableitung entfallende Widerstand $2 \cdot 26 - 46 = 6 \Omega$ betragen, da sich die beiden gemessenen Widerstände wie 1 : 2 verhalten. Das Messen mit nur einer Platte ist wegen der Ungenauigkeit nicht zu empfehlen.

Die Galvanoplastik und Galvanostegie nebst deren Installation.

Die erste und ausgedehnteste Nutzbarmachung des elektrischen Stromes für die Praxis geschah auf dem Gebiete der Galvanoplastik und der auf demselben Prinzip beruhenden Galvanostegie oder galvanischen Metallniederschläge (Metallplattierung).

Die Galvanoplastik *)

umfasst im engeren Sinne das Verfahren, die Metalle, vornehmlich Kupfer, aus ihrer wässrigen Auflösung in einen festen

*) Für den praktischen Gebrauch sei auf das „Handbuch der galvanischen Metallniederschläge von Dr. Georg Langbein“, Leipzig, Jul. Klinkhardt verwiesen.

Zustand abzuschneiden mit der besonderen Absicht, einzelne Objekte hierdurch nachzubilden und zu vervielfältigen. Das Prinzip der Galvanoplastik beruht auf einem Gesetz der Elektrolyse (s. S. 26), nach dem aus jeder Lösung eines Sauerstoffsalzes durch den galvanischen Strom an der Kathode das Metall und der Wasserstoff, an der Anode dagegen die Säure und der Sauerstoff ausgeschieden werden. Bringt man in einen säurefesten Behälter (Steinzeug, Ebonit, Glas etc.) eine 22^o/ige Kupfervitriollösung und stellt in diese eine poröse, mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Thonzelle (Diaphragma), in der sich ein Zinkzylinder oder Zinkkolben befindet, so haben wir das auf Seite 29 beschriebene Daniell-Element ohne den Kupferzylinder. Verbinden wir den Zinkzylinder oder -Kolben mit einem Kupferstreifen rein metallisch und hängen an diesen eine Medaille, die in die Kupfervitriollösung taucht, so ersetzt diese Medaille den Kupferzylinder, und in dem Apparat wird hierdurch ein geschlossener elektrischer (galvanischer) Stromkreis erzeugt. Aus dem Kupfervitriol scheidet sich hierdurch chemisch reines Kupfer in kohärentem Zustande aus und schlägt sich auf der, der Thonzelle zugekehrten Seite der Medaille nieder. Hat man dieselbe vorher mit einem feinen Oelüberzuge versehen, so kann man die, aus der Kupfervitriollösung auf die Medaille niedergeschlagene Schicht homogenen Kupfers abheben. In dieser Kupferhaut (Reproduktion) wird man alle Figuren, Reliefs, Zahlen u. s. w. der Medaille in haarscharfer, naturgetreuer Wiedergabe vorfinden, jedoch nicht gleichartig mit der Oberfläche der Medaille, sondern in negativer Weise, d. h. alles Erhabene auf der Medaille wird in dem Kupferniederschlag vertieft ausgefallen sein. Um nun z. B. die Medaille zu vervielfältigen, muss in diese so erhaltene Form erst wiederum Kupfer auf galvanoplastischem Wege niedergeschlagen werden, indem man den, von der Medaille erhaltenen Kupferniederschlag wie das Original behandelt, also mit einer Spur feinen Oeles überstreicht und an den Zinkkolben mittels eines Kupferstreifens oder -Drahtes anhängt. Nach einiger Zeit wird man wieder einen Kupferniederschlag erhalten, der der Oberfläche der Medaille in den feinsten Strichen entspricht; diesen nennt man die positive Kopie. Abgesehen davon, dass die Herstellung einer positiven, dem Original genau gleichenden Kopie auf die beschriebene Weise eine derart kostspielige Kupfervergeudung im Gefolge hat, dass eine geschäftliche Ausbeutung des Prozesses wohl kaum möglich sein dürfte, so ist die ganze

Manipulation für den gewerbsmässigen Betrieb viel zu langwierig und unsicher. Man ist nun durch diese Uebelstände veranlasst worden, einen bequemeren, schnelleren Weg einzuschlagen, um besseren Erfolg zu erzielen. Jacoby und Murray kamen bereits 1838 auf die Idee, die nachzubildenden Originale, wie beim Giessen, abzuformen, diese so erhaltenen Formen (Matrizen) leitend zu machen und hierdurch sofort und direkt eine positive, also dem Original genau gleiche Kopie zu erhalten. Als Formmaterialien benutzt man Gips, Leim, Guttapercha, Wachs, Stearin, leichtflüssige Metallkompositionen u. a.

Die am häufigsten verwandten Gipsformen stellt man wie folgt her. Kleine flache Sachen, wie z. B. Münzen, Medaillen u. s. w. umgiebt man mit einem Rande von Kartongpapier, den man zusammenbindet oder mit wasserfestem Leim klebt. Die Medaille wird mit feingepulvertem Graphit gut überbürstet und der sehr dünne, frisch gebrannte, aufgelöste Gips mit einem Pinsel aufgestrichen. Man sei hierbei besorgt, dass bei dieser Arbeit keine Luftbläschen entstehen, und dass alle Stellen gleichgut getroffen werden. Ist dieser dünne Ueberzug ziemlich erstarrt, so giesst man in das Kartonkästchen, dessen Boden der abzuformende Gegenstand bildet, den flüssigen Gips so, dass die Form eine entsprechende Stärke annimmt. In einigen Minuten ist die Matrize vollständig erhärtet. Würde man aber dieselbe in diesem Zustande in das Bad bringen, so saugte sie sich sofort mit der Kupfervitriollösung voll und würde nicht allein hierdurch zerstört, sondern ein Niederschlag würde überhaupt nicht entstehen, da der Gips den Strom nicht leitet und infolgedessen ein geschlossener Stromkreis nicht herbeizuführen wäre. Um die Matrize brauchbar zu gestalten, muss man sie dicht und leitend machen. Dies geschieht mit Wachs, Stearin oder Lack. Das Wachs oder Stearin wird flüssig gemacht und die Matrize so lange damit getränkt, bis sie vollkommen gesättigt ist und nichts mehr davon aufnimmt. Soll das Dichtmachen hingegen durch Lackieren geschehen, was übrigens nur bei grösseren Objekten vorgezogen wird, so überzieht man die Matrize mit einem dünnflüssigen Leinölfirnis, lässt den Ueberzug trocknen, bringt sodann eine zweite Lackschicht auf, lässt wieder gut trocknen und so fort, bis die Gipsform ebenfalls nichts mehr von dem Firnis einsaugt. Ehe die Matrizen derart behandelt werden, müssen sie in einem Trockenofen hellklingend erhärten.

Ist die Matrize auf diese Weise vorbereitet, so wird sie durch Aufbürsten von Graphit leitend gemacht. Derselbe muss zu diesem Zwecke sehr fein sein und wird durch eine weiche Bürste auf die Matrize gleichmässig aufgetragen, bis alle Stellen den Graphitglanz aufweisen. Den Ueberschuss bläst man mit einem Handblasebalg ab. Bei dieser Manipulation ist grosse Sorgfalt anzuwenden, da jede Stelle, wo der Graphit nicht haftend aufgebürstet ist, den Niederschlag entweder gar nicht, oder doch nur rauh und unbrauchbar annehmen. Für den Spezialbetrieb sind Graphitiermaschinen in Verwendung, die nicht allein exakter arbeiten, wie die Hand, sondern auch den lästigen Staub vermindern. Sind Formen mit sehr tiefen Stellen leitend zu machen, z. B. Statuen, Vasen u. s. w., so wird man mit dem Graphit allein nicht auskommen, indem man sehr tiefe Stellen nur schwer in gewünschter Güte graphitieren kann. Hier hilft man sich mit einem anderen Verfahren. Die Matrize wird in Spiritus getaucht und mit der Kupfervitriollösung reichlich übergossen. Alsdann werden sehr feine Eisenfeilspäne daraufgestreut, die man mittels eines weichen Pinsels mit der Kupfervitriollösung gut vereinigt, wodurch sich die Form mit einer dünnen Kupferhaut, die genügende Leitungsfähigkeit besitzt, überzieht. Hiernach wird die Matrize gut abgespült und sofort in Benutzung genommen. Einen sehr brauchbaren Graphit stellt man sich durch Vermischen mit etwas Zinnpulver, der sogenannten Silberbronze her, was die Leitungsfähigkeit sehr erhöht. Ehe die Matrizen in das Kupferbad kommen, werden sie durch eine Lösung von gleichen Teilen Wasser und Alkohol gezogen, um einen guten Niederschlag durch das vorherige Benetzen des Graphits zu erreichen und etwaige Luftbläschen, die sich beim trocknen Einhängen bilden und der Metallablagerung widerstreben, zu vermeiden.

Bedeutend schwieriger als die Anfertigung der eben kennen gelernten einfachsten Formen ist die der sogenannten Kernformen. Hat man einen Gegenstand mit vielen unterschrittenen Partien, so muss die Matrize auf folgende Weise abgenommen werden. Man zerlegt das Original in soviel Teile, dass von jedem eine Form bequem abzunehmen ist. Nachdem das ganze Objekt eingeeölt worden ist, (Holz, Gips etc. werden eingeseift), überpinselt man eine der abgegrenzten Partien mit ganz dünnem Gipsbrei, trägt nach vollständigem Erhärten dieses Ueberzuges eine dickere Schicht Gips mit einem Spatel sorgsam darauf, lässt den so entstandenen Kern trocknen, hebt denselben von dem Original

ab und bindet ihn, nachdem er schön egal in seiner äusseren Form beschnitten worden ist, wieder mit Bindfaden oder Bleidraht auf das Objekt fest. Hierauf formt man unter vorherigem Einseifen des ersten Kerns an seinen Seitenflächen die nächste Partie auf gleiche Weise ab, beschneidet ebenfalls den Kern an seinen Kanten und verfährt im weiteren ganz, wie bei dem ersten Kerne. Hat man das ganze Modell abgeformt und alle Kerne gut auf ihm befestigt, so überzieht man eine Anzahl Kerne mit einem gemeinsamen Gipsmantel und lässt sie gut in einem Trockenofen trocknen, worauf man, wie beschrieben, dichtet und leitend macht.

Die Guttaperchaformen dienen vornehmlich zum Kopieren sehr feiner Gravierungen, Holzschnitte, überhaupt in der Elektrotypie, und werden wesentlich anders, wie Gipsmatrizen, hergestellt. Die garantiert kornfreie Guttapercha wird in heissem Wasser erweicht und gut durchgeknetet, in einen eisernen zusammenschiebbaren Formrahmen gebracht, um eine dem nachzubildenden Original entsprechend grosse Platte zu erhalten. Dieselbe wird nun, ebenso wie das Modell, graphitirt, lose auf letzteres gedrückt und der Druck sodann unter einer Presse entsprechend verstärkt.

Die Wachsformen werden ähnlich hergestellt. Eine Mischung von 900 g gelbem Wachs, 1350 g Venet. Terpentin, 225 g feinstem Graphit wird geschmolzen und in einen eisernen Kasten gebracht, wobei man sorgfältig Luftbläschen verhindert. Kurz vor gänzlichem Erstarren wird die Mischung graphitirt, das ebenfalls graphitirte Objekt mit der abzuformenden Fläche darauf gelegt und das Ganze unter die Presse zur Ausübung des nötigen Druckes gebracht.

Das Dichtmachen der fertigen Matrizen fällt hier weg, jedoch müssen sie gleichfalls auf die angegebene Weise leitend gemacht werden. Ist das Graphitieren nicht angängig, so kann man übrigens auf allen Matrizen denselben Zweck durch die bekannte Kupfer- oder Messingbronze, die in feinem Pulver im Handel ist, erreichen. Falls diese Metallpulver direkt nicht genügend haften, überzieht man erst die Form mit einem dünnen Lackanstrich und pudert sie vor dessen vollständigem Trocknen auf; ein Zuviel entfernt man mit einem Handblasebalg.

Der im Vorhergehenden beschriebene Zellenapparat kann in der einfachen Ausführung natürlich den Anforderungen nicht entsprechen, die man in der Industrie an die Galvanoplastik stellt. Derselbe wurde deshalb in einer, einen rationelleren

Betrieb ermöglichenden Form insofern abgeändert, als man in einen entsprechend grossen, viereckigen, entweder mit Ebonit oder Blei ausgekleideten Holz- oder säurefesten Steinzeugkasten mehrere der porösen Thonzellen (Diaphragmas) stellte und diese ebenfalls mit verdünnter Schwefelsäure füllte. Die Säure erhält einen Zusatz von etwas Amalgamiersalz zur langsamen Abnutzung der in ihr an einer der Länge nach über den Kasten gelegten Kupferleitungsstange hängenden Zinkplatten. Zu beiden Seiten dieser Leitungsstange liegen auf den Kastenwänden gleichfalls zwei Kupferstangen, woran mittels Kupferdraht die Matrizen mit der Fläche für den Niederschlag, den Thonzellen genau parallel zugekehrt, gehängt werden. Hängen die Matrizen schief, also mit einer Wendung nach der Seite, so wird der Niederschlag ungleichmässig stark. Die drei Leitungsstangen sind unter einander durch Kupferdraht verbunden, sodass der ganze Apparat ein einziges grosses geschlossenes Element bildet, dessen innerer Stromkreis in Wirkung ist. Das geeignetste Bad (Füllung des Kastens) hierfür besteht aus einer Auflösung von 12 kg Kupfervitriol in 50 l Wasser. Durch kleine, mit Kupfervitriol gefüllte Steinzeugsiebe oder Segeltuchbeutel, die man seitlich in den Kasten hängt, ergänzt man das ausgeschiedene Kupfer.

Ausser in diesem Zellenapparat kann man jedoch auch die galvanoplastischen Niederschläge mit getrennter Stromquelle hervorrufen, d. h. das Kupferbad, das das niedergeschlagene Kupfer ausscheidet, wird durch eine separate Stromquelle in Thätigkeit gesetzt.

Die Anordnung dieser Bäder ist genau dieselbe, wie in dem nachfolgenden Abschnitt angegeben ist. Als Anoden dienen reine, gewalzte Kupferplatten, als Ware (Kathode) werden die Matrizen eingehängt. Das ausgeschiedene, durch die Anoden nur teilweise ersetzte Kupfer wird, wie bei dem Zellenapparat, durch in Steinzeugsieben eingehängtes Kupfervitriol ergänzt. Die Zusammenstellung der Bäder ist bei Verwendung von galvanischen (Daniell- oder Bunsen-) Elementen als Stromquelle

Kupfervitriol	10 kg
Wasser	50 l
Schwefelsäure 66° Bé	1 l

Bei Benutzung von dynamoelektrischen Maschinen giebt man zu derselben Kupfersalzlösung $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ l Schwefelsäure. Wird Schwefelsäure nicht hinzugesetzt, so bedarf man einer bedeu-

tend höheren Spannung (elektromotorischen Kraft) des elektrischen (galvanischen) Stromes, nämlich $2\frac{1}{2}$ Volt, während bei Säurezusatz nur eine solche von $1-1\frac{1}{2}$ Volt erforderlich ist. Je dunkler die Farbe des Niederschlages, desto mangelhafter ist seine Struktur, je heller die erstere, desto besser die letztere. Der dunkle Ansatz auf den Kupferanoden ist ein Zeichen für deren Unreinheit. Sind dieselben elektrolytisch niedergeschlagen, so werden sie hell und rein aussehen.

Das Befestigen der Formen an die Leitungsdrähte geschieht auf verschiedene Weise. Gipsmatrizen umbindet man entweder mit einem geglähten, reinen Kupferdraht oder steckt während des Erstarrens der Form kleine Häkchen oder Oesen aus Kupferdraht an geeigneter Stelle in dieselbe. Den Draht zum Anhängen an die Leitungsstangen befestigt man derart an diesen Häkchen oder Oesen, dass sein Ende federnd auf die Matrize zu liegen kommt, sodass der Strom gut auf die nachzubildende Fläche geleitet wird. Einer grösseren Matrize giebt man entsprechend mehr solche Fühler, wie einer kleinen. Guttaperchaformen durchbohrt man vorsichtig, zieht durch diese Löcher mehrere passende Kupferdrähte, die man gegenseitig so zusammendreht, dass sie sich fest um die Form legen, und lässt die Enden ebenfalls als Fühler auf der Vorderseite der Form ruhen. Wachsmatrizen hängt man in der Regel in den Metallkasten ein, worin dieselben abgeformt sind, zu welchem Zwecke die Kasten mit Oesen versehen werden. Matrizen aus Metallegierungen bedürfen keiner besonderen Vorrichtung, da sie ja selbst der beste Leiter sind.

Aus Ersparnisrücksichten beschneidet man die Formen, soweit es irgend geht. Schriftmatrizen kann man bis dicht an die Buchstaben beschneiden, um unnötiger Kupferverschwendung vorzubeugen. Alle Stellen, wo die Leitung oder die Fühler mit der Matrize in Verbindung oder Berührung treten, müssen sorgfältig leitend gemacht werden. Oft kommt es vor, dass bei dem Handhaben der Matrize von dieser oder jener Stelle der Graphit abgekratzt wird. Deshalb muss man sich vor dem Einhängen nochmals genau davon überzeugen, ob alle Berührungsstellen gut leitend sind.

Ist der Niederschlag genügend stark, so löst man ihn vorsichtig von der Form und zwar Gips, Metall und Guttapercha durch Dazwischenschieben einer Messerklinge, Wachs und Leim durch Abschmelzen bezw. Abweichen in kochendem Wasser. Leimformen kann man aber auch oft mit dem Messer

ablösen, sofern sie im Bade nicht zu sehr erweicht worden. Plastische Reproduktionen: Figuren, Büsten, Vasen u. s. w. werden nun gut zusammengelötet, die Näte verputzt und ciselirt, damit der ganze Gegenstand, wie aus einem Stück hergestellt, aussieht. Soll die Reproduktion nicht hintergossen werden, bezw. eine metallene Unterlage zur besseren Dauerhaftigkeit erhalten, so muss der Niederschlag natürlich auch genügend stark sein; man rechnet bei normalem Betriebe in 9—10 Stunden einen solchen von ca. $\frac{1}{2}$ mm. Da die Bäder, zumal bei Verwendung von Akkumulatoren auch über Nacht ununterbrochen arbeiten können, so wird man auf einen, fast allen Anforderungen entsprechenden Niederschlag in ca. 20—24 Stunden rechnen dürfen.

Wird jedoch ein schwacher Niederschlag durch ein anderes Metall zu verstärken gewünscht, so wird derselbe mit dem LötKolben über offenem Feuer oder, nachdem man die Seite, woran kein Zinn haften soll, stark lackiert hat, in geschmolzenes Zinn getaucht. Vor jedem Verzinnen überzieht man die zu verzinnende Seite mit verdünnter, durch Salmiaksalz und Zinkstückchen gesättigter Salzsäure (Chlorammonium). Hierauf hintergiesst man den erwärmten Gegenstand mit einer Legierung aus 90 T Blei, 5 T Zinn, 5 T Antimon. Lackierte Objekte muss man vorher von dem Lack gut befreien und reinigen. Galvanos, die in der Buchdruckerei eine ausgedehnte Verwendung einnehmenden Vervielfältigungen von Holzschnitten, werden ausschliesslich mit dem Kolben oder über einer Gas- oder Spiritusflamme verzinnt, mittels eigens hergestellter Apparate mit obiger Legierung hintergossen, auf Holzsockel befestigt und sodann sehr sorgsam bestossen. Hierbei muss namentlich eine genaue Höhe mit den Lettern innegehalten werden und ein sehr sauberes Planieren, da letzterenfalls das Galvano (Cliché) sich leicht verzieht und keinen sauberen und deutlichen Abdruck zulässt. Aus diesem Grunde kann man bei dem Hintergiessen auch nicht so, wie bei plastischen Figuren verfahren, sondern man legt das Galvano, nachdem seine Vorderseite mit einem dicken Brei aus Schlemmkreide und Leimwasser überzogen, damit die ganze Zeichnung gut ausgefüllt ist, mit dieser auf eine erwärmte Eisenplatte, macht sich ein etwa 3 mm hohes Kästchen um den Niederschlag, giesst die obige Legierung hinein und setzt das Ganze kurz vor dem Erstarren unter einer tadellos präzise arbeitenden Presse einem mässigen Drucke aus, wodurch die zu einem schönen Abdruck erforderliche plane

Bildfläche hervorgerufen wird. Vielfach wird das Galvano nach dem Hintergiessen auch durch vorsichtige Hammerschläge auf einer genau abgerichteten Steinplatte geebnet. Den Schlemmkreidebrei auf der Bildfläche muss man vor dem Hintergiessen nur auf die tiefen Linien beschränken, während die Oberfläche glatt und rein sein muss. Die Rückseite des Galvanos wird auf einer Maschine abgehobelt oder abgedreht, sodass es auf den aus Eichen-, Akazien- oder Mahagoniholz hergestellten Holzstöcken peinlich genau und plan aufliegt. Das Befestigen geschieht durch kleine Stiftchen oder versenkte Schraubchen. Galvanos werden zwecks besserer Haltbarkeit häufig auch auf Bleiklötze montiert. Während des Buchdrucks können sich nämlich die Galvanoplaten von dem Holzstock leicht loslösen, was namentlich bei grossen Clichés eher eintritt.

Galvanos werden vielfach durch Zinkographien ersetzt, bei denen die Zeichnungen direkt auf photographischem oder Umdruckwege auf die Zinkplatten übertragen und eingätzt werden. Dieses Verfahren, sowie die Heliographie (Albertypie, Photoglyptie), Autotypie (Natureselbstdruck), Chemigraphie u. s. w., die in der graphischen Kunst vorzügliche Verwendung finden, müssen wir hier übergehen, da diese schon zu weit von der Galvanoplastik abweichen. In den Bereich derselben gehört aber noch

die galvanische Aetzung. Die zu ätzenden Platten werden sauber gereinigt, mit Kalilauge und Schlemmkreide jede Spur von Fettigkeit entfernt und hierauf getrocknet. Nachdem man sie leicht erwärmt hat, übergiesst man sie schön gleichmässig mit einer Mischung (Aetzgrund) aus 4 T gelbem Wachs, 4 T syrischem Asphalt und je 1 T schwarzem Pech und weissem Burgunderpech. Dieselbe darf nicht spröde sein, sondern muss eine gewisse Elastizität besitzen. Besser wie das Uebergiessen, ist das Auftragen des Aetzgrundes mit einer Gummirolle oder weichem Lederballen (altem Handschuh). Die auf irgend eine Weise, in der Regel durch Pausverfahren, auf den Aetzgrund fixierte Zeichnung gräbt man nun mit einer fein polierten, spitzen Radiernadel ein, bis das Metall blosgelegt ist, befestigt die auf der Rückseite ebenfalls mit Wachs oder Asphaltlack bedeckte Platte durch einige Oesen oder mittels Drähten von gleichem Metall, die durch in der äussersten Kante der Platte befindliche Löcher gezogen sind, an der Anodenstange. Zum Aetzen von Kupfer benutzt man die vorhin angegebene angesäuerte Kupfervitriollösung, für Zink eine

Lösung von Zinkvitriol, für Stahl und Eisen Eisenvitriol oder Chlorammoniumlösung. Die Stelle dieser Bäder vertritt auch reines, mit Schwefel-, Salz- oder Salpetersäure schwach veretztes Wasser. An die Warenstange wird eine, der Aetzplatte gleichgrosse Metallplatte gehängt. Sollen einige Partien weniger tief geätzt werden, so nimmt man die Platte aus dem Bade, spült sie ab und bedeckt die besagten Partien mit Lack, worauf dieselbe wieder eingehängt wird. Im Gegensatz zu diesem Tiefätzen besteht das Hochätzen darin, dass man die Zeichnung mit dem beschriebenen Aetzgrund aufträgt und die Platte auf dieselbe Weise einhängt. Die mit Aetzgrund gedeckte Zeichnung bleibt in ihrem ursprünglichen Zustande stehen, während sämtliche anderen Stellen ausgeätzt werden. Da dieses Verfahren jedoch ziemliche Uebung erfordert, so schlägt man zum Hochätzen einen besseren Weg ein. Man präpariert die Platten nach der ersten Methode und lässt den Strom nur solange auf die eingegrabene Zeichnung wirken, bis dass das Metall eben geraut wird. Hierauf wird die Platte an die Warenstange gehängt, an die Anodenstange hingegen eine Anode, worauf sich auf die angeätzte Zeichnung das ausgeschiedene Metall fest niederschlägt und dieselbe so erhaben erscheint. Auf diese Weise stellt man Druckplatten her.

Obgleich sich die Galvanoplastik in der Anfertigung von Knöpfen, Uhrschildern, Decken für Portefeuillewaren, Kunstgegenständen, in der Herstellung von Platten für den Kupferstecher, von Kopien gestochener Kupferplatten und Galvanos ein weites Absatzgebiet erobert hat, so ist ihre Hauptaufgabe doch die Herstellung monumentaler Figuren und Ornamente, worin sie weder durch die Erzgiesserei, noch Kupfretreiberei übertroffen werden kann. Das bedeutendste derartige Werk sind die drei grossen Figuren des Gutenbergs-Monuments in Frankfurt a. M.

Die Galvanostegie nimmt einen weit bedeutenderen Platz in dem Gewerbe und der Industrie ein, wie die Galvanoplastik. Obgleich jene Verwertung des galvanischen Stromes nur der Galvanoplastik ihre Entstehung verdankt, so hat dennoch die Galvanostegie einen derartigen Umfang eingenommen, dass sie sich als eine besondere technische Wissenschaft herausgebildet hat. Die Galvanostegie beruht auf demselben Prinzip, wie die Galvanoplastik, nur dass es sich hierbei um keine Reproduktion handelt, sondern um die Ueberziehung eines geringwertigeren Metalles mit einem besseren zu dessen Verschönerung oder zum

Schutz gegen Oxydation oder gegen Abnutzung (Stereotypen). Die Stromquellen hierzu sind, wie bei der Galvanoplastik, entweder galvanische Elemente oder Dynamomaschinen, deren Konstruktion und Behandlung bereits in einem besonderen Abschnitt ausführlich besprochen wurde. Es erübrigt deshalb nur noch, die Installation und die praktische Ausführung der galvanischen Metallfärbungen zu erläutern.

Die Installation galvanischer Anlagen.

Obleich es vielfach nicht zum eigentlichen Beruf des Elektrotechnikers gezählt wird, auf dem Gebiete der Galvanoplastik und Galvanostegie Bescheid zu wissen, da hierbei die Chemie ein gewichtiges Wort mitspricht, so ist dennoch die gesamte Elektrochemie derart mit der Elektrotechnik verwachsen, dass es falsch wäre, die Galvanotechnik gänzlich von derselben zu trennen. Die Galvanoplastik und die Galvanostegie beruhen ebenso auf einer bestimmten Wirkung des elektrischen Stromes, wie die Beleuchtung, Kraftübertragung, Telegraphie u. s. w. Es ist deshalb für jeden Elektrotechniker nur von Vorteil, die Anwendung und Ausnutzung des elektrischen Stromes in der Galvanotechnik ebenso vollständig zu beherrschen, wie auf den anderen angeführten Gebieten der Elektrotechnik, zumal da die hier zur Geltung kommende Eigenschaft des elektrischen Stromes, nämlich das Bestreben, chemische Lösungen zu zersetzen, von den Wirkungen bei den obigen Anwendungen gänzlich abweicht. Man denke nur an das, eine grossartige Zukunft ahnen lassende weite Feld der Elektrometallurgie. Und auch der gewerbsmässige Galvaniseur wird erst dann wirklich erspriesslich arbeiten können, wenn er nicht allein die chemische, sondern auch zum besseren Verständnis die elektromagnetische und induzierende Wirkung des elektrischen Stromes gründlich kennen gelernt hat. Er wird die Dynamomaschine und alle Hilfs- und Schaltapparate viel sicherer handhaben, als wenn er, hierbei immer nur im Dunkeln tappend, sich auf oberflächliche Beobachtungen verlassen muss.

Als Galvanisiererraum wähle man ein hohes, helles Lokal, das ermöglicht, entweder durch gegenseitige, zu öffnende Fenster und Thüren oder durch genügende Ventilation eine häufige Lüftung vorzunehmen. Arbeitet man mit Bunsenelementen, die einen starken Säuredunst entwickeln, so stellt man dieselben in einen gut verschlossenen Schrank, den man innen gut mit

Asphaltlack anstreicht. Auf seine Decke bringt man einen innen ebenso angestrichenen, umgestülpten Trichter an, dessen Rohr, verlängert, in die nächste Esse führt, um den Dunst (Untersalpetersäuredämpfe) abzuleiten. Wenn angängig, wähle man den Raum in der Nähe der Dampfleitung oder doch wenigstens so, dass die Temperatur in normaler Höhe bleibt, da in einem zu kalten Raume galvanische Bäder schlecht arbeiten. Die beste Temperatur für dieselben ist 20° C. Viel und reines Wasser muss bequem zu beschaffen sein, und, wenn irgend thunlich, sondere man die Heiz- und Trockenräume von dem eigentlichen Galvanisierlokal. Beim Betrieb mit der Dynamomaschine berücksichtige man ausserdem, dass dieselbe, vor Staub und Schmutz geschützt, aufgestellt wird und so, dass man leicht alle Teile reinigen und untersuchen kann. Die Stromquelle bringt man immer in möglichster Nähe der Bäder an, um an der Kupferleitung zu sparen. Das Gleiche gilt von den Schaltapparaten, damit sie stets zur Hand sind.

Bei Verwendung von Elementen muss man sich über die Art derselben im klaren sein. Die am häufigsten vorgezogenen Bunsenelemente haben zwar den Nachteil der lästigen Ausdünstung durch die Salpetersäurefüllung, der jedoch durch ihre hohe elektromotorische Kraft mehr wie aufgewogen wird. Um die Untersalpetersäuredämpfe zu vermeiden, wird vielfach eine Chromsäurelösung für die Thonzelle und eine Lösung von doppelt Schwefelsäurem Kali für das äussere Gefäss gewählt. Die Daniell-Elemente werden nur wenig und meist aus speziellen Gründen angewandt, obgleich sie nicht jene unangenehmen Dünste entwickeln. Ein Nachteil derselben ist das schnelle Sinken ihrer elektromotorischen Kraft. Von anderen, hier in Betracht kommenden Elementen ist nur noch das Meidinger- und Flaschen-(Grenet-) Element zu nennen, die da vorgezogen werden, wo es sich nur um kleine und zeitweise Betriebe handelt. Ferner kommt die Anzahl und Grösse der Bäder und ihre Art, ob Nickel, Kupfer, Silber u. s. w. in Betracht, sowie die Warenmenge, die beständig galvanisiert werden soll. Angenommen, es sollen billige Massenartikel galvanisiert werden, dann schaltet man die Elemente so, dass ihre elektromotorische Kraft den Widerstand des Bades leicht überwindet, damit der Prozess des galvanischen Niederschlages schnell von statten geht. Man erreicht dies, indem man die Elemente auf Spannung oder hintereinander schaltet (siehe Seite 25). Erfordert das Bad zur Zersetzung eine elektromotorische Kraft von 4 Volt, so wird man mindestens drei

Bunsenelemente à 1,8 Volt hintereinanderschalten, wodurch wir eine wirksame Spannung von 5,4 Volt erhalten, die dem Widerstand im Bade überlegen ist. Jedoch nicht allein der Widerstand im Bade, sondern auch der in der Leitung muss bei der Wahl der Stärke derselben berücksichtigt werden. Da es sich jedoch in den meisten Fällen nur um kurze Strecken handelt, so wird man dies so einrichten, dass der Spannungsverlust nicht über 10% beträgt.

Will man hingegen eine solide, gleichartige Galvanisierung erzielen, so wird man die Spannung nur so hoch wählen, dass diese nur langsam den Widerstand zu überwinden imstande ist. Für ein Bad, das eine elektromotorische Kraft von 1,5 Volt erfordert, wird deshalb ein Bunsenelement vollständig genügen; für Bäder, die weniger als 1 Volt benötigen, genügt mithin ein Daniell-Element, falls man bei vorhandenen Elementen mit höherer Spannung keinen Stromregulator einschaltet.

Nun nimmt man als Regel an, dass die Grösse der im Bunsenelement wirksamen Zinkfläche der Oberfläche der zu galvanisierenden Waren gleich ist. Giebt uns nun die für ein Bad nötige Spannung die Anzahl und Schaltung der Elemente mit Bezug auf die Zersetzung der Lösung (Elektrolyt) an, so zwingt uns die Grösse der Waren, auf die ein Niederschlag bewirkt werden soll, die Elemente mit Rücksicht auf die Stromstärke zusammenzustellen, denn die blosser Zersetzung der Lösung giebt noch keine Gewähr für die Menge des aufgelösten Metalles, das hierdurch ausgeschieden wird. Da analog einer in das Bad gebrachten Warenfläche auch eine entsprechend grosse Menge des aufgelösten Metalles ausgeschieden werden muss, so schaltet man die Elemente auf Quantum (s. S. 26). Haben wir z. B. ein Bad, das 3 Volt elektromotorische Kraft erfordert, so werden wir zwei Bunsen- oder vier Daniell-Elemente auf Spannung (hintereinander) schalten. Die hierdurch erreichte Spannung würde also den Zersetzungsprozess des Bades gut betreiben können. Sollen in dem Bade Objekte von zusammen etwa 900 qcm Oberfläche galvanisiert werden, so muss man soviel auf Spannung geschaltete Batterien (zwei oder mehrere zusammen verbundene Elemente) nebeneinander verbinden, damit die Zinkfläche derselben mindestens eine etwas grössere Oberfläche aufweist. Hintereinander (also auf Spannung) geschaltete Elemente wirken immer nur bezüglich obiger Regel, wie die Zinkfläche eines einzelnen Elementes. Denken wir uns zum besseren Verständnis ein Platinbad, das 6 Volt

beansprucht, so müssen wir selbstverständlich vier Bunsen-elemente à 1,8 Volt = 7,2 Volt hintereinanderschalten. Sind die Zinkzylinder der einzelnen Elemente 20 cm hoch und 30 cm im Umfange, so ist ihre wirksame Oberfläche $20 \cdot 30 = 600$ qcm, also für beide Seiten 1200 qcm. Bei allen vier Elementen wird jedoch bei dieser Schaltung ebenfalls nur eine solche Zinkfläche wirksam sein. Sollen aber in dem Bade Waren von etwa 2300 qcm Oberfläche verplatinirt werden, so müssten wir auch die Zinkfläche der Batterie verdoppeln, d. h. genau eine ebensolche Gruppe von Elementen muss daneben angeschlossen werden, mit anderen Worten, es muss eine Schaltung auf Quantum bewerkstelligt werden. Hiernach lässt sich auch die Grösse der Elemente bestimmen, wenn immer eine gleich grosse Warenfläche galvanisirt werden soll. Werden dann mitunter weniger Waren eingehängt, so verringert man die Elemente, falls sie auf Quantum geschaltet sind. Das Weitere über Schaltungsverbindungen, Behandlung und Zusammensetzung der Elemente ist im Abschnitt „Stromquellen“ erläutert.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass man dort, wo einestheils verschiedene Warenmengen galvanisirt werden, oder wo mit verschiedenen Bädern gearbeitet wird, das hierdurch bedingte häufige Verändern der Schaltung sehr umständlich und zeitraubend wird. Um diesem Uebelstande abzuhelpen, schaltet man einen Stromregulator ein, der auf demselben Prinzip beruht, wie der auf Seite 100 beschriebene. Die Kupfer-, Messing- und Neusilberspiralen von verschiedener Drahtstärke ermöglichen, eine höhere oder niedrigere Stromstärke in das Bad zu schicken. Eine Spirale aus starkem Kupferdraht wird dem Stromdurchgang weniger Widerstand entgegensetzen, wie eine solche aus dünnerem. In einer Messingspirale wird wiederum mehr Widerstand zu überwinden sein, wie in einer solchen aus Kupfer, in einer solchen aus Neusilber mehr, wie in Messing und deshalb hat man auch die Spiralen in dieser Reihenfolge in verschiedenen Stärken benutzt. Den Stromregulator, der also aus verschiedenen, auf ein Brett montirten Spiralen besteht, die man mittels einer Kurbel beliebig in die Leitung einschalten kann, schaltet man durch einfache Unterbrechung der Leitung ein, sodass der Draht von der Batterie zu der Klemme und von der Kurbel zum Bade führt.

Damit man aber auch die wirksame Stromstärke feststellen kann, schaltet man hinter den Regulator ein Galvanoskop (Seite 13 u. 112) ein, das durch den Nadelausschlag auf der Skala

nachweist, wie stark der in das Bad geschickte Strom ist. Um den Nadelausschlag nicht zu beeinflussen, wendet man bei schwachen Strömen ein Horizontal-Galvanoskop an, bei stärkeren Strömen hingegen montiert man dasselbe auf dem Brett des Stromregulators unter die Spiralen. Im ersteren Falle geht der Draht vom Regulator aus nicht ins Bad, sondern erst an die eine Klemme des Galvanoskops und von der zweiten Klemme an die Leitungsstange. Im letzteren Falle ist der Regulator gleichfalls direkt in die unterbrochene Leitung eingeschaltet, nur ist der Draht nach dem Bade nicht, wie oben, an der Kurbel, sondern mit einer separaten Klemme verbunden. Das Galvanoskop steht sowohl mit der Kurbel, wie mit dem, zum Bade führenden Draht in leitender Verbindung. Die hier verwandten Galvanoskops weichen insofern von den in Fig. 4 (Seite 13) abgebildeten ab, als der Galvaniseur ausschliesslich die Dosenform vorzieht. Es ist klar, dass der Nadelausschlag des Galvanoskops nicht immer der gleiche bleibt, sondern mit dem durchgehenden Strome dessen Steigen und Fallen gemeinsam hat. Deshalb zeigt dieser Apparat nicht an, wie gross die Spannung des jeweiligen Stromes ist, was man gleichfalls, wie beim Dynamobetrieb, nur mittels eines Voltmeters erreichen könnte, der jedoch bei Batteriebetrieb nur sehr selten in Anwendung kommt. Jeder erfahrene Praktiker wird zwar auch wissen, dass sein Bad am besten arbeitet, wenn es auf diesem oder jenem Knopf des Stromregulators steht. Dessenungeachtet ist der Stromregulator schon aus dem Grunde stets zu benutzen, weil er uns auch anzeigt, ob überhaupt Strom ins Bad geht. Es kommt nämlich mitunter vor, dass wegen mangelhaften Kontakts an den Klemmen, kurzer Schluss der Leitung (d. h. wenn dem Strome ein kürzerer Weg geboten wird, als wie durch das Bad, z. B. durch Berührung der beiden Leitungsdrähte) stattfindet, in welchem Falle also der Strom nicht ins Bad gelangen kann. Ein Blick auf die Nadelstellung des Galvanoskops belehrt uns, ob wir die Elemente neu füllen oder weniger Ware ins Bad hängen müssen, wenn der Strom zu schwach wird.

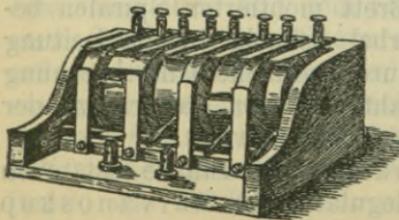


Fig. 110.

Ein Apparat, der zu gewissen Zwecken vortreffliche Dienste leistet, ist das Pachytrop oder der Batteriewähler von Hartmann & Braun (Fig. 110). Derselbe ermöglicht, den jeweils

geeigneten Strom aus einer Batterie zu erhalten, und macht eine beliebig grosse Anzahl Elemente, nach Wunsch hintereinander oder parallel geschaltet, benutzbar. An die kleinen, oben auf den Neusilberfäden befestigten Klemmpaare lege man je ein Element oder gleichartige Elementgruppen mit den vorgeschriebenen Polen an. Die grösseren Klemmen dienen zur Stromabnahme. Je nach Stellung der Hebel sind folgende Schaltungen ausführbar: 1. alle Elemente ausgeschaltet, 2. alle Elemente hintereinander oder parallel, 3. Benutzung nur eines einzelnen Elementes, 4. zwei oder mehrere Elemente parallel oder hintereinander.

Bei Benutzung dynamoelektrischer Maschinen muss man berücksichtigen, dass man für galvanoplastische und galvanostegische Zwecke nur Maschinen verwenden kann, die auf niedrige Spannung (bis 6 Volt) und beliebig hohe Stromstärke gebaut sind. Diese Dynamomaschinen werden speziell für genannte Zwecke hergestellt. Hat man indessen eine solche mit hoher Spannung, vielleicht 110 Volt zur Verfügung, so muss diese Spannung auf die verlangte transformiert (umgewandelt) werden, was erklärlicherweise weit kostspieliger ist, wie eine, von vornherein für galvanische Zwecke konstruierte Maschine. Es bedarf wohl keiner näheren Erörterung, dass, abgesehen von nur kleineren Betrieben, ein rationelles Arbeiten in einer galvanischen Anstalt nur mit einer Dynamo möglich ist. Obwohl der aus Elementen gewonnene Strom seit der ersten Entdeckung der Galvanoplastik in der Technik Anwendung gefunden und ausgedehnt auch noch heute findet, so ist doch die industrielle Ausbeutung der galvanischen Arbeiten mit der Entdeckung des elektrodynamischen Prinzips und seine Anwendung im Bau elektrodynamischer Maschinen in ein ganz neues Stadium getreten. Alle die beklagten Uebelstände der Elemente, schnell nachlassende Stromstärke, Dämpfe, umständliche Wartung, hohe Unterhaltungskosten u. s. w. machten sich den elektrischen Maschinen gegenüber in weit höherem Masse geltend, und wer der nun rapid wachsenden Konkurrenz die Spitze bieten oder doch zum mindesten nicht unterliegen wollte, der musste die Elemente bei Seite stellen und eine Dynamo anwenden.

Bezüglich der Konstruktion, Behandlung, Aufstellung und Instandhaltung der Dynamomaschine sei auf die Erläuterungen Seite 37 verwiesen. Erwähnt soll nur noch werden, dass ebenso, wie die Elemente, auch die elektrische Maschine in thunlichster Nähe der Bäder aufgestellt werden soll.

Fig. 111 zeigt eine Gleichstrommaschine mit zwei Kollektoren der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg, die für elektrische Zwecke berechnet und in ausgedehnter Verwendung ist, da genannte Firma eine der ersten war, die derartige Maschinen baute.

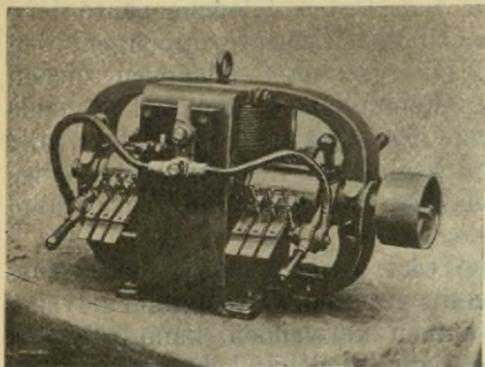


Fig. 111.

Die Hilfsapparate bei galvanischen Anlagen sind zum Teil dieselben, wie bei allen anderen elektrischen Installationen. Der Stromregulator entspricht dem für Elementenbetrieb, nur dass derselbe hier kräftiger gebaut und auf isolierender Unterlage montiert ist. Ihre Schaltung geschieht bei Nebenschlussmaschinen und Maschinen mit zwei Kommutatoren in die Magnetwicklung, für die sehr selten benutzten Maschinen mit direkter Schaltung in den Hauptstromkreis. Werden von einer Maschine gleichzeitig mehrere verschiedene Bäder mit ungleichem Widerstande und verschiedener Zusammensetzung gespeist, so erhält jedes Bad ausser dem Stromregulator an der Maschine einen eigenen Regulator. Dasselbe ist der Fall, wenn in mehreren gleichartigen Bädern verschieden grosse Warenflächen galvanisiert werden sollen. Die Schaltung der Regulatoren muss stets in der Weise erfolgen, dass man bei normalem Betriebe aller Bäder den Apparat beliebig ausschalten kann, während man bei jedem Bade den Strom passend zu verstärken oder zu schwächen vermag, indem derselbe immer erst durch den Stromregulator geschickt wird, ehe er ins Bad gelangt. Vorteilhaft bringt man an die Leitung, ehe sie an den Stromregulator gelangt, einen Umschalter (Seite 96) an, wodurch man den Strom beliebig durch den Regulator oder direkt ins Bad schicken kann. Hingegen kann man beim Wegfallen eines Umschalters den Stromregulator als Ausschalter (Seite 93) benutzen. Letzteren bedarf man in der Regel nur beim Betrieb mehrerer Bäder, wenn eins derselben ruhen soll.

Einen Strommesser (Ampèremeter, Seite 10) wird man in galvanischen Anlagen nur selten gebrauchen. Der Gal-

vaniseur merkt sich die Stellung der Kurbel des Stromregulators, wenn sein Bad am besten arbeitet, und arbeitet im übrigen nach den Angaben des

Spannungsmessers (Voltmeter, Seite 9) welcher der weitaus wichtigste Apparat nächst dem Stromregulator ist. Seine Verwendungsart ist die gleiche, wie Seite 9 beschrieben. So wie dieser Apparat z. B. in einer elektrischen Beleuchtungsanlage ein schönes Licht und gleichmässiges Brennen der Lampen hervorruft, so ist er auch beim Betriebe mit Dynamo unentbehrlich zur Erzielung schöner Niederschläge. Da es häufig vorkommt, dass die Praktiker sich ihre Bäder nach eigenen Rezepten herstellen und dabei die erforderliche Spannung für dieselben nicht kennen, so probiert man so lange, bis man den schönsten und gleichmässigen Niederschlag erzielt und arbeitet dann immer mit dieser Normalspannung, die man möglichst konstant hält. Wohl wird versucht, ohne Voltmeter zu arbeiten und nur durch lange Versuche sich eine derartige Uebung anzueignen, dass man ohne den Apparat fertig werden will, jedoch das ewige Nachsehen der Ware und die hierzu erforderliche, ungleich grössere Aufmerksamkeit ist derart zeitraubend und umständlich, dass man einen Voltmeter, der durch den Nadelausschlag sofort die Gewähr bietet, in welchem Zustande sich der ins Bad gehende Strom befindet, gewiss in jedem rationellen Betriebe verwenden wird. Die eine Klemmschraube des Voltmeters verbindet man durch 1 mm starken Kupferdraht mit der Warenleitung, die andere mit der Anodenleitung und zwar an den Punkten, wo man die Spannung messen will. Soll die Maschinenspannung gemessen werden, so schaltet man den Spannungsmesser mit den Maschinenklemmen parallel, soll hingegen die Spannung direkt an den Bädern gemessen werden, so schaltet man den Apparat zwischen den Stromregulator und das Bad. Hat man mehrere Bäder zu messen, so würde es aus Sparsamkeitsrücksichten zu empfehlen sein, für 3 oder 4 Bäder nur einen Voltmeter zu verwenden, diesen aber mit einem Umschalter zu kombinieren, damit man hierdurch das jeweils zu messende Bad in die Voltmeterleitung schalten kann.

Für die Stärke der zu verlegenden Leitung ist es im allgemeinen üblich, dass für Leitungen bis 20 Meter Länge für je 3 Ampère 1 Quadratmillimeter Querschnitt veranschlagt wird. Dies gilt für Ströme bis zu 500 Ampère, für längere Leitungen rechnet man auf den Quadratmillimeter Leitungs-

querschnitt $1\frac{1}{2}$ —2 Ampère. Im übrigen sei auf die auf Seite 76 angeführten Berechnungstabellen verwiesen. Für die Stromleitung, also von der Maschine oder den Elementen zu den Bädern, benutzt man sowohl blanken, wie isolierten chemisch reinen Kupferdraht. Blanken Draht muss man äusserst sorgsam vor gegenseitiger Berührung, vor feuchter Mauer schützen, überhaupt bei der geringsten unbeabsichtigten Ableitung des Stromes durch Porzellan-, Hartgummi- oder Schieferunterlagen isolieren. Die ausnahmsweise starken Stromleitungen legt man praktisch auf eiserne, in der Mauer mittels Steinschraube befestigte Stützen, wobei man dieselben gleichfalls von der Leitung gut isolieren muss. Obgleich man den Anschluss an die Bäder auch durch Umwickeln und Verlöten der Abzweigungen an die Hauptleitung, wie bei den verschiedenen anderen elektrischen Anlagen ausführen kann, so ist es doch hier üblicher, dies durch besondere Klemmen zu bewerkstelligen, weil die Verbindungen oft verändert werden, also leicht lösbar sein müssen. Dasselbe geschieht mit den Leitungsstangen, die auf den Bädern liegen, bei denen noch das tägliche Reinigen diese Befestigungsart erfordert. Die positive (bei den Elementen von der Kohle ausgehende) Leitung führt zu derjenigen Leitungsstange, welche die Anoden tragen soll, die negative (vom Zink ausgehende) führt zu derjenigen Leitungsstange, welche die Ware tragen soll. Je nach der Grösse der Bäder verwendet man 3, 5, 7 und mehr Leitungsstangen, ebenfalls aus bestem chemisch reinen Kupfer, wobei die einzelnen Anoden- und Warenstangen untereinander leitend verbunden werden. Bezüglich des Anschlusses der Bäder an die Hauptleitung ist noch zu berücksichtigen, dass dies bei galvanischen Anlagen nur durch Parallelschaltung möglich ist, dass also jedes Bad mit beiden Leitungen verbunden und die Hintereinanderschaltung nur bei metallurgischem Betriebe ausführbar ist, wie wir später sehen werden.

Als Badbehälter wähle man für Bäder bis zu 300 Liter Inhalt immer Steinzeug- oder gut emaillierte Gusseisenwannen von entsprechenden Dimensionen. In neuerer Zeit kommen auch vielfach die aus Kesselblech gefertigten, innen cementierten Wannen in Gebrauch. Für grosse Bäder wird man aus verschiedenen praktischen Gründen zu Holzwannen greifen, die mit einer Mischung aus gleichen Teilen Pech und Kolophonium ausgegossen oder mit Elbonit ausgekleidet sind. In besonderen Fällen kann man auch für grosse cyankaliumhaltige Bäder

einen Badbehälter von Backsteinen in Cement, der innen mit letzterem gut verputzt ist, aufbauen lassen.

Das Einhängen der Ware geschieht fast in allen Fällen an weichem Kupferdraht, während man für die Anoden Draht aus dem entsprechenden Metall wählt, für Gold-, Silber- und Platinanoden Platindraht. Die Befestigung der Anoden geschieht entweder an Drahhaken aus dem entsprechenden Metall, oder es werden Streifen des betreffenden Metalls an dieselben angenietet. Letzteres wird vielfach vorgezogen, hat aber insofern Nachteile, als sich an die Nietstellen Schmutz setzen kann, der die Leitung beeinträchtigt und schlecht zu entfernen ist. Besser und sehr empfehlenswert ist die Befestigung des Streifens mittels Schrauben aus dem gleichen Metall. Bei der Wahl der Anoden muss man berücksichtigen, dass die wirkende Fläche derselben der zu galvanisierenden Warenfläche gleich kommen muss. Die Waren müssen stets so gehängt werden, dass alle Stellen gegenüberhängend die Anode haben. Runde Gegenstände müssen demzufolge ringsherum mit Anoden umgeben sein, während Objekte, die nur einseitig galvanisiert werden sollen, auch nur auf dieser Seite einer Anode gegenüberzuhängen brauchen. Weil aber auch die der Anode abgekehrte Seite eines Gegenstandes, wenn auch ungleichmässig, einen Niederschlag erhält, so lackiert man die nicht zu galvanisierende Seite mit Asphaltlack, den man gut trocknen lässt. Ist der gewünschte Niederschlag erreicht, so wird der Lack mit Terpentin und warmer Aetznatronlauge abgewaschen.

Die chemische und mechanische Behandlung, Dekapieren und Entfetten muss, als dem Zweck des Buches nicht entsprechend, übergangen werden.

Die Bäder stellt man sich sowohl aus den einzelnen Chemikalien selbst dar, als auch durch einfaches Auflösen der präparierten Salze mit der entsprechenden Menge Wasser. Die vorkommenden Bäder sind: Nickel-, Kupfer-, Messing-, Zink-, Zinn-, Silber-, Gold-, Platin-Bad.

Ein Nickelbad zum tadellosen Vernickeln aller Metalle, die einen soliden starken Ueberzug erhalten sollen, bereitet man, wie folgt: In einem irdenen Gefäss kocht man 12 l destilliertes Wasser und schüttet 725 g schwefelsaures Nickel-oxydulammon und 225 g schwefelsaures Ammon hinzu, worauf das Ganze nochmals aufkochen muss. Nachdem sich die Salze vollständig aufgelöst haben, fügt man noch 50 g Zitronen-

säure bei und giesst nach und nach soviel Ammoniak hinzu, bis sich hineingehaltenes blaues Lackmuspapier schwach rötet. Eisen, Kupfer und seine Legierungen vernickelt man in diesem Bade direkt, Zinn, Zink, Blei u. s. w. nach vorheriger Verkupferung. Zur Zersetzung erfordert das Bad stark 2,0 Volt Spannung. Giebt man bei der Bereitung des Bades mehr schwefelsaures Ammon und weniger schwefelsaures Nickeloxydulammon, so wird das Bad rascher arbeiten; der Niederschlag ist jedoch nicht sehr haltbar. Werden die Waren nach längerem Betriebe schwarz, so fügt man etwas schwefelsaures Ammon hinzu. Ein sehr empfehlenswertes Bad ist auch 650 g schwefelsaures Nickeloxydulammon, 325 g Salmiaksalz in 12 l Wasser.

Wie bereits erwähnt, wird man bei Herstellung der Bäder sicherer gehen, wenn man die präparierten Nickelsalze bezieht, die man für alle speziellen Zwecke haben kann. Zudem sind die einzelnen Chemikalien oft sehr unrein im Handel, wodurch es selbstverständlich nicht möglich ist, ein gut funktionierendes Bad zu erhalten.

Nach drei Minuten müssen die Waren vernickelt sein, wenn das Bad gut imstande und die Stromstärke richtig geregelt ist. Zu heftige Entwicklung von Gasbläschen an der Ware ist ein Zeichen von zu starkem Strome. Deshalb reguliert man denselben durch den Stromregulator oder setzt die Elemente ausser Betrieb oder hängt mehr Ware ins Bad. Bei normalem Strome kann die Ware bis eine Stunde im Bade hängen, ohne dass dieselbe anbrennt (übernickelt). Man hänge nie Waren ein, ehe der Strom ins Bad geführt ist, sondern solche erst dann, wenn die Batterie oder die Maschine eingeschaltet ist und die Anoden im Bade hängen. Hat man augenblicklich oder für kurze Zeit nichts einzuhängen, so schaltet man mittels des Stromregulators oder irgend einer anderen Vorrichtung (Ausschalter) das Bad aus, um die Anoden nicht unnötig anzugreifen. Ein bläulicher Schein auf den Waren ist ein Zeichen für genügend starken Niederschlag. Will man diesen noch verstärken, so nimmt man die Ware aus dem Bade, spült ab, kratzt mit einer weichen Stahldrahtkratzbürste, entfettet und hängt nochmals ein. Bei polierten Waren reibt man mit einem Leinwandlappen und Weinstein.

Die Art der zu verwendenden Anoden ist je nach dem Zwecke und Bade verschieden und zwar sind es entweder gewalzte oder gegossene oder beide Arten zusammen, die

benutzt werden. Das Beste ist für den Galvaniseur, sich die passende Art selbst auszuprobieren.

Kupferbad. Ein für alle Zwecke sehr brauchbares Kupferbad bereitet man durch Auflösen von 250 g kohlen-saurem Natron in 7 l warmem Wasser, dem man nach und nach 200 g doppelt-schwefligsaures Natron hinzufügt und nach dem Auflösen der beiden Salze 200 g essigsäures neutrales Kupferoxyd (Grünspan) hinzusetzt. Sodann löst man in 3 l Wasser 250 g 98%iges Cyankalium und vermischt hierauf beide Lösungen. Das Bad erfordert 3,5 V Spannung. Als Anoden benutzt man reine ausgeglühte Kupferbleche, die möglichst doppelt so gross sind, wie die zu verkupfernden Waren. Das Bad arbeitet rasch und giebt eine satte rote Farbe. Soll der Niederschlag stärker werden, so kratzt man die Waren mit einer Messingkratzbürste und lässt dieselben im Bade, bis sie sich mit einem dunkeln Braun bedeckt haben, worauf man nochmals kratzt und poliert. Wird das Bad nach einiger Zeit metallarm, so setzt man zunächst etwas Cyankalium zu, arbeitet es hierauf nicht besser, dann etwas Cyankupferkalium. Zeigt sich durch Abblättern des Niederschlages oder durch reichliche Gasbläschen, dass zu viel Cyankalium im Bade ist, so muss dieses durch Hinzufügen von pulverisiertem Cyankupfer verringert werden. Cyankaliumhaltige Kupferbäder dürfen nicht in ausgepichte Holzwanne gefüllt werden. Zu starker Schlamm an den Anoden beweist gleichfalls, dass Cyankalium fehlt.

Messingbad. Dasselbe wird folgendermassen hergestellt: 150 g Zinkvitriol und ebensoviel Kupfervitriol werden in 5 l warmem Wasser gelöst und mit der Lösung 5 l Wasser, in dem 450 g kohlen-saures Natron gelöst ist, vermischt. Von dem, nach einem Tage entstandenen Niederschlag giesst man die klare Flüssigkeit ab, die weggegossen wird, während man den Niederschlag mit 6 l Wasser verdünnt und in diese Lösung 200 g kohlen-saures und 200 g doppelt-schwefligsaures Natron allmählich bringt, damit die Flüssigkeit nicht auf-schäumt. Nun löst man in 4 l Wasser 250 g 98%iges Cyankalium, giesst dasselbe obiger Mischung bis auf einen kleinen Rest zu, in dem 2 g arsenige Säure heiss aufgelöst werden und fügt auch diese Lösung dem Bade zu, das nun farblos erscheinen muss und zur Benutzung fertig ist. Die Benutzung von Messingbädern erfordert grosse Sorgfalt, da Messingbäder höchst ungleich arbeiten. Um einen guten Niederschlag zu erreichen, lässt man das Bad entweder mehrere Stunden vom

Strome durcharbeiten oder kocht es tüchtig durch. Ein starker Strom giebt einen mehr weissen (Zink-) Niederschlag, ein schwacher einen mehr roten (Kupfer-). Bildet sich an den Anoden ein grünlicher Schlamm oder werden die Waren missfarben, so fehlt Cyankalium. Bildet sich trotz reichlicher Gasentwicklung an den Waren kein Niederschlag oder nur ein schlecht haftender, so muss man gleiche Teile Zink- und Kupfervitriol hinzufügen. Als Anoden benutzt man reine ausgeglühte Messingbleche. Spannung 3,5 Volt.

Zinkbad. In 6 l Wasser werden 600 g Aetzkali gelöst und gleichfalls in 6 l Wasser 100 g Chlorzink und 200 g Salmiaksalz, worauf man beide Lösungen gut vermischt. Das Bad erfordert 2,5 V Spannung. Als Anoden dienen gewalzte Zinkbleche, deren Wirkungsfläche reichlich grösser ist, wie die Warenfläche. Die Zinkbäder sind noch weit schwieriger zu behandeln, wie die Messingbäder, da der Niederschlag selbst bei peinlichster Sorgfalt ganz ungleich erfolgt und zwar an den höher gelegenen Stellen immer stärker, wie in den Tiefen. Wegen der Unzuverlässigkeit wird eine galvanische Verzinkung nur sehr selten in der Praxis verlangt.

Zinnbad. 100 g pyrophosphorsaures Natron löst man in 10 l destiliertem Wasser und hängt einen Leinwandbeutel mit 10 g geschmolzenem Zinnchlorür hinein, bis sich dieses aufgelöst hat. Ausser Eisenwaren, die vorher verkupfert werden müssen, verzinnt man in dem Bade alle Metalle direkt bei einer Spannung von 2—3 V. Als Anoden verwendet man möglichst grosse gegossene Zinntafeln.

Silberbad. 200 g 98%iges Cyankalium werden in 5 l Wasser gelöst, 160 g Höllenstein ebenfalls in 5 l Wasser und beide Lösungen gut vermischt. Die Silberbäder bedürfen zu ihrer Zersetzung der geringsten Spannung (0,5—0,75 V). Die Anoden bestehen aus reinem Silberblech. Bei der Ausführung des Versilberns ist in Betracht zu ziehen, dass alle Waren aus praktischen Gründen nach dem Entfetten und Dekapieren amalgamiert (verquickt) werden müssen. Die hierzu erforderliche Quickbeize stellt man durch Auflösen von 10 g salpetersaurem Quecksilber in 5 l Wasser, welche Lösung mit Salpetersäure geklärt wird, dar. Sobald die Waren einen weissen Ueberzug zeigen, werden sie herausgenommen, äusserst sauber abgespült, da anhaftende Quickbeize das Bad verdirbt, und ins Bad gebracht. Eisen, Stahl, Zink, Zinn und Nickel werden vor dem Verquicken galvanisch verkupfert. Um ein Abblättern

des Niederschlages zu verhindern, ist es gut, wenn die Flächen, die versilbert werden sollen, immer etwas rauh gehalten werden, was man entweder durch Säuren oder durch Scheuern mit feinem Bimsstein erreicht.

Goldbad. 3,5 g Knallgold werden in 1 l Wasser, in dem 15 g 98 %iges Cyankalium gelöst sind, aufgelöst. Diese Flüssigkeit wird solange gekocht, bis sie nicht mehr nach Ammoniak riecht, wobei das verdampfende Wasser fortwährend ergänzt werden muss. Schliesslich wird die Lösung filtriert; Spannung 3 V. Als Anoden werden Feingoldbleche benutzt. Ein starker Strom erzeugt einen volleren Ton des Niederschlags, wie ein schwacher, bei dem die Farbe heller wird. Silber, Kupfer und dessen Legierungen werden direkt, alle anderen Metalle nach vorherigem Verkupfern vergoldet. Wird das Bad erwärmt, so arbeitet es rascher und bedarf einer geringeren Spannung. Soll ein stärkerer Niederschlag erzielt werden, so müssen die Waren nach dem ersten Ueberzug mittels einer Messingkratzbürste mit Weinsteinpulver und Wasser gekratzt, abgespült und wieder eingehängt werden.

Platinbad. In 2 l Wasser löst man 500 g Zitronensäure und setzt solange Aetznatron hinzu, bis sich blaues Lackmuspapier nur noch schwach rötet. Nun fällt man aus 75 g Platinchlorid Platinsalmiak, mischt diesen in die obige kochende Lösung und vermehrt die Flüssigkeit nach dem Erkalten auf 5—6 l. Dieses schön weiss, mit einem Schein ins Graue verplatinierende Bad wird heiss angewandt und erfordert selbst dann noch 5—6 V Spannung. Als Anoden verwendet man Platinblech. Kupfer und Messing werden direkt, Eisen, Stahl u. s. w. vorher verkupfert. Das Bad wird häufig für Blitzableiterspitzen verwandt.

Elektrometallurgie.

Durch die Möglichkeit, elektrische Ströme von beliebiger Spannung und Stärke zu entwickeln und von bisher ungeahnter Mächtigkeit zu erzeugen, schloss sich in rascher Folge die Einführung desselben für elektrolytische Zwecke an die verschiedenen Zweige der Technik. Die Gewinnung von Edelmetallen aus Erzen und Rückständen durch Scheidung derselben, dann die Darstellung und Raffinerie des Kupfers, die Gewinnung des Aluminiums beschäftigen heute grosse Betriebe mit einer

beträchtlichen Zahl von Arbeitern, die elektrolytische Zinkgewinnung und die Wiedergewinnung des Zinns von Weissblechabfällen haben bereits ausgedehnte Verbreitung gefunden; seltenerer Metalle für wissenschaftliche und technische Zwecke werden gleichfalls auf diesem Wege dargestellt. Die Elektrometallurgie beruht auf dem Wesen der Elektrolyse. Das Verfahren zur Gewinnung der einzelnen Metalle ist jedoch nicht in allen Fällen auf denselben Prinzipien begründet, sondern ist dem Charakter des Metalls angepasst. Vornehmlich ist es das Gebiet der Aluminiumindustrie, die der Elektrotechnik ihren Ursprung verdankt, denn die Anfänge dieser Industrie bezw. der Gewinnung dieses zukunftsreichen Metalles sind für den Praktiker erst mit dem elektrolytischen Verfahren von Bedeutung geworden. Wenn man bedenkt, dass das, 1827 durch den Prof. an der Berliner Gewerbeschule Friedrich Wöhler entdeckte Aluminium 1868 noch 8000 Mark pro Kilo infolge seiner umständlichen chemischen Herstellung kostete, so wird man die Macht der Elektrizität in ihrer ganzen Grösse bewundern müssen. Die Elektrometallurgie, das jüngste Kind der Elektrotechnik, dürfte wie keine andere elektrotechnische Errungenschaft selbst jene Skeptiker bekehren, die nur das glauben, was nicht widerlegt werden kann. Die praktische Elektrometallurgie können wir auf kaum zehn Jahre zurückdatieren, und was ist auf diesem Gebiete schon geschaffen worden! Auf dem Kupfer- und Zinkmarkte nehmen die elektrolytischen Marken an Güte den ersten Platz ein, und die Preise des Elektrolyt-Kupfers drängen diejenigen des nach dem gewöhnlichen Verfahren verhütteten mehr und mehr zurück. Die elektrolytischen Werke sind genötigt, ihre bedeutenden Anlagen dauernd zu vergrössern, um ihre Produktionsfähigkeit im Verhältnis zur Nachfrage zu steigern. Dass infolgedessen der Elektrometallurgie viele und mächtige Gegner erwachsen, dass man bestrebt ist, die Elektrolytmetalle, namentlich Zink und Kupfer, durch alle möglichen Angriffe aus der Technik zu verdrängen, ist nur zu erklärlich. Die Pyrrhussiege, die hier und da die Anhänger der gewöhnlichen Verhüttung erreichen, lassen erkennen, dass die Elektrizität in diesem Wettkampf nur zu bald als Siegerin hervorgehen wird. Denn wenn eine Industrie in knapp zehn Jahren derartig bedeutende Erfolge aufzuweisen hat, wie die Elektrometallurgie, so unterliegt es keinem Zweifel, dass sie den Stempel der Herrschaft trägt. Die gesamte Elektrochemie hat vor den andern Gebieten der Elektrotechnik den Vorteil, dass

bei ihr nur Ströme von äusserst niedriger Spannung zur Verwendung gelangen. Von der oft betonten Gefährlichkeit der hochgespannten Ströme kann hier also schlechterdings keine Rede sein.

Wenn wir den elektrischen Strom durch einen gut leitenden Körper, z. B. Kupferdraht, senden, und in diese Leitung einen schlecht leitenden Körper, z. B. Kohle einschalten, so wird erklärlicherweise der elektrische Strom einen Widerstand finden, sobald er an den schlechten Leiter trifft. Der letztere wird nun entweder verbrennen, schmelzen oder ins Glühen geraten, sofern die Spannung und Stärke des Stromes hinreicht und hierauf beruhen die elektrischen Glühlampen (s. S. 65). Schaltet man nun in den elektrischen Stromkreis eine flüssige Metallösung, z. B. aufgelöstes Kupfervitriol in Wasser gelöst, durch entsprechende Vorrichtung leitend ein, und führen die beiden Pole der Leitung in dieses Bad, so wird sich am negativen Pol das aufgelöste Kupfer und der Wasserstoff, am positiven Pol hingegen die Säure und der Sauerstoff ausscheiden. Hierauf beruht die im vorigen Kapitel beschriebene Galvanoplastik und Galvanostegie, sowie die elektrolytische Kupfergewinnung. Man kann nun aber auch beide Methoden verbinden, man kann einen festen Stoff durch den elektrischen Strom feuerflüssig machen und die chemische Scheidung dieser geschmolzenen Masse an den beiden Polen bewirken. Dies ist das Verfahren zur Herstellung des Aluminiums, wie es das grösste Aluminiumwerk der Welt zu Neuhausen anwendet.

Die grossen Schmelzkessel hierfür sind aus Kohle gebildet und mit einem eisernen Mantel umgeben. Die Kessel sind mit Platten von Graphit gedeckt und haben unten an der Seite eine Anstichöffnung, die durch einen hineinpassenden Kohlenstab verschlossen ist. Durch eine Oeffnung im Graphitdeckel hängt von oben ein Bündel Kohlenstäbe in das Innere des Kessels hinein. Die positive Leitung ist mit diesen Stäben verbunden, während die negative in das Innere des Kessels führt. Wird nun der Strom eingeschaltet und das Kohlenbündel hinabgelassen, sodass seine Spitzen gleichwie bei einer natürlichen Bogenlampe dem Boden des Kohlekessels gegenüberstehen, so entsteht hierdurch ein Bogenlicht von riesigen Dimensionen. Sobald sich das Kohlenbündel des Kesselbodens bis auf einen kleinen Zwischenraum genähert hat, springt der Strom so, wie beim Bogenlicht (siehe Seite 53) über und bildet das Licht. Das Kohlenbündel bildet also die positive, die im

Kessel befindliche Leitung aber die negative Kohle. Zunächst wird nun Kupfer im zerkleinerten Zustande in den Kessel gebracht. Das Kupfer schmilzt und bildet in seinem flüssigen Zustande den negativen Pol. (also denjenigen, an den wir bei der Galvanostegie und Galvanoplastik die Ware hängen). Hierauf wird reine kieselfreie Thonerde hinzugethan, die von dem überhitzten Kupfer zum Schmelzen gebracht und dadurch leitend gemacht wird. Da die Thonerde aber ein schlechter Leiter ist, so setzt sie dem Durchgang des elektrischen Stromes Widerstand entgegen, wodurch sie selbst glühend und flüssig wird. Das Bündel Kohlenstäbe wird nun so hoch gezogen, dass es in die wasserklare Flüssigkeit der geschmolzenen Thonerde, die über dem Kupfer steht, eintaucht. Nun geht der elektrische Prozess in der Weise vor sich, dass das Aluminiumoxyd in Aluminium und Sauerstoff zerfällt. Das Aluminium setzt sich am negativen Pol an und bildet mit dem geschmolzenen Kupfer dieses Poles eine Legierung, während sich der Sauerstoff am positiven Pol mit den Kohlenstäben verbindet, d. h. sie mit hochschlagender Flamme verbrennt. Diese Stäbe verzehren sich also in demselben Masse, als Aluminium gewonnen wird. Man fährt fort, abwechselnd Kupfer und Thonerde zuzugeben, bis die gewünschte Menge Aluminium gewonnen ist. Dann findet der Abstich in der Weise statt, dass der oben erwähnte Kohlenstab aus dem Loche gezogen wird, worauf das Metall in blauglühendem Zustande und unter Entwicklung eines Lichtes von vieltausendkerziger Kraft in die untergeschobene Form fließt. Darauf beginnt der Prozess von neuem.

Zur Herstellung des reinen Aluminiums gebraucht man einen ähnlichen Ofen, d. h. einen aus unschmelzbarem Material gebauten Kessel. Ist dieser Kessel aus Kohle gebildet, so kann er selbst das untere Leitungsende darstellen. Die Thonerde wird in den Kessel gethan, und die Kohlenstäbe, das obere Leitungsende werden so tief hinabgelassen, dass ein kurzer Flammenbogen entsteht. Dieser schmilzt die Thonerde und der durch die geschmolzene Thonerde gehende elektrische Strom zerlegt sie in Sauerstoff und Aluminium. Letzteres sammelt sich im Grunde des Kessels und wird von Zeit zu Zeit abgelassen.

Die gewöhnlichen Thon- und Lehmerden sind für die Aluminiumgewinnung ungeeignet, denn sie enthalten Silizium oder Eisen, Metalle, die sich zugleich mit ausscheiden und hierdurch mit dem Aluminium Legierungen bilden, die den Wert des Metalles sehr herabsetzen. Man verwendet also entweder

reine Thonerde, der man zur leichteren Schmelzbarkeit eine Fluorverbindung zusetzt, oder ein Doppelsalz aus Aluminium, Chlor und Kalium.

Zur elektrolytischen Herstellung von Kupfer existieren verschiedene Verfahren. Man stellte nach dem üblichen hüttenmännischen Schmelzprozess Schwarzkupfer dar, woraus Platten gegossen werden, die als Anode in ein saures Kupferbad (verdünnte Schwefelsäure) gehängt werden. An Stelle der Waren (Kathoden) werden an die negative Leitung reine Kupferplatten gehängt und der Strom hindurchgeleitet. Das Verfahren ist also genau dasselbe, wie bei der Galvanoplastik. Der Strom tritt am positiven Pol (Schwarzkupferanoden) ein, geht durch den Elektrolyt (die Flüssigkeit) und kehrt durch den negativen Pol nach der Stromquelle zurück. Bei richtiger Arbeit wird auf die Kupferbleche (Kathoden) nur Reinkupfer übertragen, die Verunreinigungen des Schwarzkupfers hingegen bleiben teils an der Anode als lockeres, nach einiger Zeit zu Boden fallendes Pulver zurück, teils gehen sie in die Lösung über, ohne aber an der Kathode gefällt zu werden. Da das Bad (auch Lauge genannt) nach und nach säureärmer wird, so muss frische Säure im analogen Verhältnis zugesetzt werden. Die Installation der Anlage geschieht unter Berücksichtigung aller Betriebsverhältnisse in derselben Weise, wie im vorigen Kapitel beschrieben. Abweichend ist, dass die Lauge (das Bad) in dauernder guter Bewegung gehalten werden muss. Im allgemeinen ist es besser, viele kleine Bäder hintereinander geschaltet und Maschinen höherer Spannung zu verwenden, als viele grosse Bäder und Maschinen von sehr geringer Spannung. Ein ständiges Ueberwachen des Betriebes durch Messung der Spannungsdifferenzen an den einzelnen Teilen der Leitung und der Bäder, sowie der Stromstärken von einer Zentralstelle aus, ist unbedingt notwendig.

Das Verfahren erfordert gegenüber dem hüttenmännischen Schmelzprozess sehr bedeutendes Anlagekapital, grossen Aufwand von Raum und Zeit, es liefert dagegen eine unvergleichlich wertvollere Kupferqualität (für elektr. Leitungen etc.) und eine grössere Ausbeute von Edelmetallen.

Bei der Kupfergewinnung direkt aus Kupferstein wird letzterer ebenfalls in Plattenform gegossen und als Anode verwendet, genau wie bei dem beschriebenen Schwarzkupferverfahren. Ein Teil des zurückbehaltenen Kupfersteins wird geröstet, d. h. er wird in besonderen Oefen bei Luftzutritt anhaltend

geglüht, wobei ein Teil des in dem Kupferstein enthaltenen Schwefels ausgetrieben wird, während ein anderer Teil Schwefel im Erz zurückbleibt. Nun wird das Erz im Schacht- oder Flammofen geschmolzen, damit eine eisenhaltige, ausreichend dünnflüssige Schlacke entstehen kann, die sich von dem, das Kupfer in Verbindung mit dem Schwefel enthaltenden Kupferstein sondert. Mit diesem gerösteten Kupferstein wird die Lauge regeneriert, d. h. ihr Gehalt immer auf gleicher Höhe gehalten.

Bei der Elektrolyse der Kupfersteinplatten hinterbleiben an den Anoden im allgemeinen dieselben Produkte, wie bei der Raffination von Schwarzkupfer. Da die Kupfersteinanoden sehr spröde und zerbrechlich sind, werden dieselben nicht wie bei der Schwarzkupferraffination aufgehängt, sondern auf Holzleisten gestellt, die sich am Boden des Laugenbehälters befinden. Die leitende Verbindung mit der Hauptleitung wird durch schmale Kupferstreifen, die in die Platten eingegossen sind, hergestellt. Die Spannung am Bade beträgt ca. 1 Volt.

Da das letztere Verfahren kostspieliger ist, wie das erstere, sann man auf Mittel und Wege, günstigere Resultate zu erzielen, und Siemens & Halske gelang dies dadurch, dass der zu zersetzenden kupferhaltigen Lauge eine andere Lösung zugesetzt wurde, die den an der unlöslichen Anode frei werdenden Sauerstoff aufnahm und hierdurch der Polarisation (s. S. 24) entgegenwirkte. Als solche Lösung wird eine Auflösung von Eisenvitriol benutzt, das durch den an der Anode frei werdenden Sauerstoff sich in schwefelsaures Eisenoxyd verwandelt. Hiermit verbindet sich aber der wichtige Umstand, dass man in dem schwefelsauren Eisenoxyd einen Körper gewonnen hat, der fähig ist, die Schwefelverbindungen des Kupfers oder selbst metallisches Kupfer aufzulösen, das Kupfer also direkt aus Erzen, die metallisches Kupfer oder Schwefelverbindungen desselben enthalten, auszuziehen. Die bei dem Siemens-Verfahren der Elektrolyse unterworfenen Flüssigkeit besteht aus einer Lösung von Eisenvitriol und Kupfervitriol unter Zufügung von etwas freier Schwefelsäure zur Verbesserung der Leitungsfähigkeit.

Als eine besondere Spezialität der Elektrometallurgie hat sich die elektrolytische Herstellung von Kupferröhren ausgebildet. Bei dem von Elmore erfundenen Prozess werden die Kupferbarren in Mengen von etwa 1 t geschmolzen und der Guss in einen Wasserbehälter geleitet, wodurch das Kupfer körnig (granuliert) wird. In dieser Form kommt es in das Bad, in dem eine Eisenwalze in einem Schwefelkupferbade ge-

dreht wird. Der durch das Bad geschickte elektrische Strom schlägt das Kupfer auf die Eisenwalze nieder. Letzere hat die Länge und den Durchmesser der zu erzeugenden Röhren. Um das Kupfer gleichmässig, dicht und zusammenhängend herzustellen, schleift ein Achatpolierer langsam längs der Walze über die auf ihr niedergeschlagene Kupferfläche. Das Polieren des Niederschlages geschieht beständig vom Beginn desselben bis zu seinem Ende und bewirkt, dass das Metall das Bad nicht nur rein, sondern auch in einem physikalischen Zustande verlässt, der von dem des auf gewöhnlichem Wege hergestellten Kupfers grundverschieden ist. Das Gold und Silber, sowie etwaige Unreinigkeiten, die in dem Kupferbarren enthalten sind, sammeln sich auf dem Boden der Wanne und werden später entfernt. Hierbei ist zu bemerken, dass das Kupfer der fertigen Ware bei dem einfachen Prozesse zugleich raffiniert wird. Der Metallniederschlag auf der Walze geschieht in der Stärke von 3 mm in der Woche, und wenn das Rohr oder ein anderer Gegenstand diese Stärke erreicht hat, wird die Walze mit der auf ihr gebildeten Röhre aus dem Bade genommen und auf eine Maschine gebracht, in der sie langsam in Umdrehung versetzt und dem Drucke einer kleinen Stahlwalze ausgesetzt wird, die langsam (z. B. in 25 Minuten bei einer 3,65 m langen Walze) von einem Ende bis zum anderen arbeitet, um den Durchmesser der Röhre etwas auszudehnen. Dann kann die Röhre von der Eisenwalze abgestreift und an den Enden abgeschnitten werden und ist zum Gebrauch fertig.

Da sich indessen bei dem Abstreifen der Röhren von dem Dorne mancherlei Schwierigkeiten in den Weg stellten, so hat sich die Elmore's German & Austro-Hungarian Metal-Company in London, die auch die vorhin genannte Erfindung ausbeutet, ein ziemlich einfaches Verfahren im Deutschen Reiche patentieren lassen, das ein besseres Loslösen ermöglicht. Die Erfindung besteht darin, dass der Dorn, ehe er ins Bad kommt, mit einer Oxydschicht überzogen wird, die das Anhaften eines Niederschlages verhindert. Dann bringt man den Dorn so lange ins Bad, bis sich auf ihm eine ganz dünne, gut zusammenhängende Metallschicht bildet. Hierauf wird dieser Kupferniederschlag durch eine zweckentsprechende Maschine ähnlich, wie oben schon angegeben, soweit gelöst, dass er nur noch mit einem schmalen Streifen mit dem Dorn in fester Verbindung steht. Am günstigsten wird es sein, diese Anhaftstelle an das eine Ende des Rohres zu verlegen. Wird sodann der Dorn mit

dem dünnen Kupferüberzug wieder eingehängt, so wird der elektrolytische Prozess wieder beginnen, und die Wandstärke des Rohres kann, wie vorher angegeben, beliebig erhöht werden. Wunderbar ist es zu nennen, dass das Patentamt auf diesen, in der Technik vielfach zu beobachtenden Vorgang ein Patent erteilen konnte. Das Prinzip, durch eine Oxydschicht (Oel etc.) einen Niederschlag zu verhindern, besteht solange, wie die gesamte Galvanoplastik.

Die nach dem elektrolytischen Verfahren durch obige Gesellschaft hergestellten Kupferröhren haben eine Bruchfestigkeit von 40—47 kg auf 1 qmm, die nach dem gewöhnlichen alten Verfahren hergestellten eine solche von 18—22 kg auf 1 qmm. Gewöhnlich garantiert die Firma eine Bruchfestigkeit von 31,5 kg auf 1 qmm bei einer Dehnung von 15 %.

Der Kupferdraht wird durch Zerschneiden einer Elmore'schen Röhre in eine lange spiralförmige Drahtrolle hergestellt, der ohne vorheriges Ausglühen direkt durch die Zieheisen gezogen wird, wobei die Bruchfestigkeit 45,7 kg auf 1 qmm, und die Dehnung $\frac{3}{4}$ % beträgt. Die Werke, in denen dieser Prozess ausgeführt wird, liegen in Haigh Park, Leeds, und enthalten einen Flächenraum von 100 Acker. Dieselben umfassen Schmelzräume, in denen das Kupfer geschmolzen wird und in das Wasser zum Körnen läuft, einen Maschinenraum, in dem drei schnelllaufende Dampfmaschinen von je 70 HP und eine langsam laufende von 80 HP, drei Edison-Hopkinson- und eine Parker-Dynamomaschine zu je 50 Volt und 1000 Ampère betreiben, um durch den elektrischen Strom 20 t Kupfer in der Woche niederzuschlagen, ferner einen Niederschlagsaal von 61 m Länge und 12 m Breite mit 60 Bädern, einen ebenso grossen Maschinensaal, worin das Abnehmen der Röhren von den Walzen bewirkt wird, sowie die Gebäude für Drahtfabrikation, die 3 Acker bedecken und 720 Bäder enthalten, um jede Woche 100 t Kupferdraht zu erzeugen. Dieses eine Beispiel beweist deutlich, wie weit die Elektrometallurgie bereits vorgeschritten ist.

Ein ferneres elektrolytisches Metallgewinnungsverfahren, das dem Amerikaner Brandley patentiert wurde, besteht ähnlich, wie bei der Aluminiumgewinnung darin, dass auf einer passenden Unterlage das betreffende Erz (Eisen, Kupfer, Zink, Zinn, Blei u. s. w.) in mehr oder weniger zerkleinertem Zustande in einem Haufen aufgeschüttet und in der Haube des Haufens eine muldenförmige Vertiefung gelassen wird, worin kleine Stücke des zu gewinnenden Erzes eingesetzt werden.

In die erwähnte Vertiefung gehen durch das Erz hindurch bis auf den Boden derselben zwei Elektroden von Kohle, die mit den Polen einer elektrischen Quelle, also z. B. einer Dynamomaschine, verbunden werden. Die Elektroden (siehe Seite 26) müssen soweit voneinander stehen, dass ein Flammenbogen entsteht, der infolge seiner intensiven Heizkraft das Erz in kurzer Zeit zum Schmelzen bringt. Das geschmolzene Erz bildet nun einen Leiter, infolgedessen selbstverständlich die Lichtbogenerscheinung aufhört und die fernere Wärme-Entwicklung für den Schmelzprozess des Erzes, wie bei einer Glühlampe vor sich geht. Zugleich beginnt nun auch die elektrolytische Zersetzung des flüssigen Erzes, wobei sich das Metall an der Kathode (siehe Seite 28) absetzt. Damit dasselbe bei seiner Bildung keinen Kurzschluss herstellt, müssen die Elektroden nach und nach von einander entfernt werden. Der Prozess ist ein sehr kontinuierlicher, weil fortwährend neues Erz nachgefüllt wird, sobald die erste Portion zersetzt ist. Das Ende der Zersetzung wird an der Entwicklung von Rauch erkannt.

Zur Gewinnung des Goldes mittels Elektrolyse wenden Siemens & Halske in ihren Goldgruben zu Transvaal folgendes patentierte Verfahren an. Dr. W. Siemens fand im Jahre 1887, dass Gold-Anoden, die in einer Cyanidflüssigkeit standen, ohne dass ein Strom hindurchging, an Gewicht verloren; hierdurch wurde bewiesen, dass Gold in Cyanverbindungen löslich ist. Diese Thatsache führte denselben dazu, Gold mit Hilfe einer Cyanidlösung aus den Erzen zu gewinnen. Die Kathoden, wozu in der Lösung Blei benutzt wird, werden durch zwei Eisendrähte gestreckt gehalten und sind an einem Holzrahmen befestigt. Als Anoden werden Eisenplatten in einer Länge von 2,3 m, einer Breite von 1 m und einer Stärke von 3,2 mm verwendet. Man benutzt in den dortigen Werken 5 Behälter von je 6,7 m Durchmesser und 3,3 m Höhe mit je 2700 Kubikfuss Inhalt, von denen stets täglich einer gefüllt bezw. entleert wird. Das konzentrierte Bad enthält 0,05 bis 0,08% Cyanlösung, die schwache 0,01%. Das Gold schlägt sich an den, zwischen den Eisenplatten aufgehängten Bleiplatten nieder und wird nach Beendigung des Prozesses weiter verarbeitet. Das gewonnene Gold hat einen Gehalt von 70%. Um das Gold aus der Cyanidlösung zu fällen, ist nur ein Strom von 2400 Watt bezw. 3,5 PS erforderlich. Die Spannung des Stromes beträgt 4 Volt, seine Stärke

600 Ampère. Die Gesamtausgaben belaufen sich auf 3 Schilling*) per Tonne. An Gold gewinnt man täglich ca. 800 g.

Die elektrolytische Verarbeitung der Weissblechabfälle hat bis in neueste Zeit infolge ihrer weit bedeutenderen Rentabilität das alte Schmelzverfahren fast vollständig verdrängt. Nicht allein die Betriebskosten sind niedriger, sondern auch die Ausbeute der Abfälle ist eine grössere. Mit 1 PS werden jede Stunde 5 kg Zinn gewonnen. Der Prozess ist derselbe, wie bei der Kupfergewinnung beschrieben wurde. Als Bad (Lauge) dient Schwefel- oder Salzsäure, und die Ausscheidung des Zinns erfolgt in Form langer, schöner Nadeln, die leicht umgeschmolzen werden können.

Die weitere elektrolytische Praxis.

Die in den vorigen Kapiteln beschriebene Anwendung der Elektrolyse erschöpft bei weitem nicht das Feld, welches sich diese erobert hat und das sich ununterbrochen ausbreitet. Die Darstellung des Chlors als solchen mit Nebengewinnung von Aetzkalien und die Gewinnung von chlorsauren Salzen als Bleichmittel finden wir heute in grossem Massstabe durchgeführt. Wir erwähnen ferner die Darstellung von Sauerstoff und Wasserstoff, die Einwirkung des elektrischen Stromes auf komplizierte organische Stoffe, die in der Anilinfarbenbereitung zur Erzeugung neuer, schönerer Färbungen Anwendung finden.

Zu den Produkten, denen sich in erster Linie die Elektrolyse zuwandte, gehört das chlorsaure Kali (Kaliumchlorat). Eine konzentrierte Chlorkaliumlösung wird in einem, mit einem Diaphragma (poröse Thonzelle) versehenen Behälter zersetzt. Dieses ist nötig, weil sich Wasserstoff bildet, der die, sich an den Anoden bildende Chlorwasserstoffsäure reduzieren könnte. Die Reaktion der Produkte der Elektrolyse, die zur Bildung des chlorsauren Kalis Veranlassung giebt, wird durch eine regelmässige Zirkulation der Flüssigkeit aus der negativen Abteilung in die positive hervorgebracht. Am Anfange der Operation kommt etwas Pottasche in die positive Abteilung, auch wird die Flüssigkeit auf 45—55° C erwärmt, um die Bildung von Unterchloriden zu verhindern. Die Kathode be-

*) 1 Schilling = 1,03 Mark.

steht aus Eisen oder Nickel und die Anode aus Platin oder einer Legierung von diesem Metalle mit 10% Iridium. Der elektrische Strom ist so berechnet, dass 50 Ampère durch den Quadratdezimeter der beiden Elektroden gehen. Das gebildete chlorsaure Kali krystallisiert, da es schwer löslich ist, sobald es sich gebildet hat, aus der Flüssigkeit, und wird mit eisernen emaillierten Löffeln herausgeschöpft. Gegenüber dem gewöhnlichen Verfahren, das zuerst die Darstellung von Chlorgas, dann die von Chlorkalk und Chlorkalium, wozu folgende Grundstoffe nötig sind: Kochsalz, Schwefelsäure, Braunstein, Kalk, Chlorkalium, erforderte, braucht man bei dem elektrolytischen Prozess nur einen Grundstoff: das Chlorkalium, das keinerlei Rückstände bildet, die weiter zu verarbeiten wären.

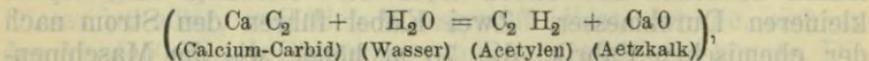
Die bedeutendste Fabrik zur elektrolytischen Herstellung des chlorsauren Kali ist die zu Vallorbes in der Schweiz. Die Fabrik arbeitet seit Juni 1890 und ihre Produktion wächst täglich. Der von ihr benutzte Fluss Orbe hat 70 m Gefälle und beständiges Wasser für 3000 PS. Diese ganze kolossale Kraft wird benutzt, und die Fabrik ist dadurch eine der grössten in Europa, die durch Wasserkraft betrieben wird. Die Turbinen haben 1 m Durchmesser und sind direkt mit den Dynamomaschinen gekuppelt, die eine Höchstspannung von 150 Volt entwickeln können. Es sind deren 10 vorhanden, jede macht 850 Umdrehungen und beansprucht 160 PS. 1892 kamen noch zwei Turbinen von je 700 PS hinzu, die mehrere in Serien geschaltete Dynamos treiben, um die nötige Spannung von 1500 Volt zu erhalten und die deshalb notwendig ist, weil die Kraftanlage von der chemischen 300 m entfernt ist. Letztgenannte Turbinen haben vertikale, dagegen die alten Turbinen horizontale Achsen. Die Turbinen von 700 PS laufen schneller und haben trotz der vierfachen Kraft einen kleineren Durchmesser. Zwei Kabel führen den Strom nach der chemischen Fabrik, die 70 m höher wie die Maschinenstation liegt. Jede Turbine ist mit einem Schieber versehen, um dieselbe schnell abstellen zu können, was jedoch selten notwendig ist, da die Dynamomaschinen monatelang ohne jede Unterbrechung laufen.

Ausser in dieser Fabrik wird chlorsaures Kali in Saint-Jean-de-Maurienne in Savoyen und in Mansbo in Schweden für die Fabrikation von Zündhölzern auf elektrolytischem Wege gewonnen.

Die Acetylgas-Herstellung.

Einen weiteren hochbedeutenden Erfolg hat die elektrolytische Praxis mit der Herstellung des Acetylgases in allerneuester Zeit errungen. Die Gelehrten Moison und Wilson stellten mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens eine chemische Verbindung von Kohle und Kalk her: das Calcium-Carbid (chem. Formel Ca C_2), das zwar schon längst durch Wöhlert bekannt war, aber infolge seiner schwierigen Bereitung für die Praxis keinen Wert hatte. Man stellt das Calcium-Carbid ähnlich wie das Aluminium dar. Ein mit feuerfesten Steinen ummauerter Schmelztiiegel aus Kohle oder Graphit ist mittels eines Drahtes mit einer Dynamomaschine leitend verbunden. Ein zweiter Draht führt von der Dynamomasehine zu einer Kohlenelektrode, die durch eine geeignete Vorrichtung beliebig tief in den Schmelztiiegel gesenkt werden kann. Am Boden des letzteren befindet sich eine Abstichöffnung, die mit einem Thonpfropfen fest verschlossen ist. Der Schmelztiiegel dient zur Aufnahme der Rohprodukte Kalk und Kohle, und deren Schmelzung geschieht genau auf dieselbe Weise wie Seite 187 bzw. 188 bei der Aluminiumbereitung ausführlich beschrieben wurde; an Stelle der dort angegebenen Thonerde denke man sich Kalk und Kohle.

1 t Calcium-Carbid erfordert 600 kg feinen Kohlenstaub und 1000 kg gebrannten Kalk und kann in 12 Stunden mit 180 el. PS pro Stunde produziert werden. Die Kosten betragen etwa 64 Mk., wobei 600 kg Kohlenstaub zu 10,50 Mk., 1000 kg gebrannter Kalk zu 17 Mk., 180 PS (Wasserkraft) zu 2,10 Mk. pro Stunde für 12 Stunden 25,50 Mk., Arbeitslohn u. s. w. zu 11,30 Mk. angenommen sind. Begießt man nun das gewonnene Calcium-Carbid mit reinem Wasser,



so entsteht das Acetylen*), also eine Verbindung von gleichen Molekülen Kohlenstoff und Wasserstoff. Acetylen ist das beste, reinste und leuchtkräftigste Leuchtgas, denn da es 93 % Kohlenstoff enthält, ist es als gasförmiger Kohlenstoff zu betrachten. Die erste Ausbeutung des Carbids zu Beleuchtungszwecken hat in Deutschland die „Carbid-Gesellschaft“ in Berlin übernommen.

*) Die letzte Silbe ist zu betonen.

Eine fernere grossartige Anwendung des Carbid ist die Herstellung von Alkohol, wovon man aus 2 t Carbid theoretisch dieselbe Menge herstellen können will, wie aus 16 000 kg Kartoffeln, d. h. der guten Ernte von 4 Morgen Land!

Das elektrische Schweissen und Löten.

Das Bestreben der Schweiss- und Löttechnik, die hergebrachten üblichen Verfahren ständig zu verbessern, führte die Elektriker dazu, die Elektrizität hierfür zu verwerten. Dem Amerikaner Elisha Thomson gebührt die Ehre, der erste gewesen zu sein, der die Brauchbarkeit der Elektrizität für diese Zwecke erkannte. Bei den Versuchen, die Elektrizität für Beleuchtungszwecke zu verwenden, wurde man bald auf die grosse Wärmeentwicklung aufmerksam, die sowohl bei dem Durchgang des elektrischen Stromes durch die Drähte, als auch besonders an den Polen auftritt. Thomson benutzte diesen Vorgang für die vielen, von ihm konstruierten Apparate, bei denen die zu bearbeitenden Eisenstücke ganz oder an bestimmten Stellen durch den elektrischen Strom bis zur Schweisshitze erwärmt und dann durch Druck oder Schlag miteinander vereinigt werden.

Die elektrische Schweissung können wir uns deshalb folgendermassen am einfachsten vorstellen: In den Stromkreis werden die zu vereinigenden Arbeitsstücke eingeschaltet und ihre beiden Schweissenden dicht zusammengebracht. Sobald der elektrische Strom hindurchgesandt wird, werden die Objekte an ihren Berührungsstellen erhitzt, da dort der stärkste Widerstand herrscht. Ist die genügende Hitze vorhanden, so werden die Schweissstellen aneinander gepresst und ein Druck, dessen Stärke dem Arbeitsstücke entspricht, auf das Eisen ausgeübt. Die auf Schweisstemperatur erhitzten Stellen werden dem Drucke nachgeben, und die innige Vereinigung findet auf diese Weise statt. Diese Methoden der elektrischen Schweissung sind also eigentlich nur ein Zusammendrücken oder auch Zusammenstauchen. Der Schwerpunkt des elektrischen Verfahrens und der bedeutendste Vorzug vor dem gewöhnlichen Schweissen besteht darin, dass man die Temperatur ganz beliebig erhöhen oder erniedrigen und auf jeder Höhe konstant erhalten kann, solange es erforderlich ist. Durch das elektrische Verfahren ist es nicht nur möglich, auf die oben beschriebene Art Eisen

auf Eisen zu schweissen, sondern ebenso alle anderen Metalle können einzeln oder mit andern, wie z. B. Eisen mit Kupfer, Messing auf Eisen, Kupfer auf Zink u. s. w. verbunden werden.

Oggleich sich für die elektrische Schweissung der hydraulische Druck sehr bewährt hat, ist man doch auch häufig beim Hämmern der Schweissstellen geblieben und zwar ebenso bei Flach- wie bei End-an-endschweissungen. Das Hämmern oder Pressen kann gleichzeitig mit dem Fortgang der Schweissung stattfinden oder sogleich nach deren Beendigung, solange noch das Metall genügend heiss ist. Bei grösseren Stücken hat sich die Anwendung hydraulischer Kraft, sowohl zum Festklemmen, wie zum Zusammenpressen vorwiegend bewährt, weshalb man dieselbe in solchen Fällen fast ausschliesslich anwendet.

Da die, durch den elektrischen Strom hervorgerufene Hitze desto stärker, je grösser der Widerstand an der Schweissstelle ist, so wird man den Widerstand auch auf die Schweissstelle nach Möglichkeit konzentrieren. Zu dem Zwecke werden die Zuleitungen des elektrischen Stromes aus bestem Kupferdraht mit dem geringsten Widerstand hergestellt und ebenso die Backen oder Klammern, die das Arbeitsstück ziemlich dicht an der Schweissstelle halten und die Verbindung derselben mit der Leitung bewirken. Je nach Façon und Stärke des Arbeitsstückes muss man auch entsprechende Schweissapparate besitzen. Der Grundgedanke aller ist der, dass auf die bequemste, einfachste Art der Gegenstand zusammengedrückt werden kann und die Auslösung desselben möglichst rasch und ohne jeden Zeitverlust vorzunehmen geht. Der elektrische Strom wird stets in zwei oder mehreren Backen, Klammern, die das Arbeitsstück in möglichster Nähe der Schweissstelle halten, geleitet. Die Berührungsstellen müssen ebenso rein von allen Oxyden sein, wie beim gewöhnlichen Schweissen. Die Ansicht, dass hauptsächlich durch einen schlechten Kontakt die Erhitzung hervorgerufen wird, ist durchaus falsch, vielmehr ist es eben die bedeutend grössere Leitungsfähigkeit der Stromzuführung und die Lokalisierung der ganzen Hitze auf einen bestimmten Punkt, wodurch die Schweissglut erzeugt wird. Bei Vornehmung einer elektrischen Schweissung haben wir zunächst den Widerstand, den das zu schweisende Metall an sich dem Durchgange des elektrischen Stromes entgegengesetzt und der als „spezifischer“ Widerstand bezeichnet wird, ins Auge zu fassen und ferner den Widerstand, der durch den mangelhaften Kontakt an der Schweissstelle entsteht. Um uns diese beiden Widerstände

recht deutlich zu erklären, stellen wir uns einen Wasserstrom dar, der durch eine Rohrleitung geführt wird. Die Rohrwände werden dem Durchgang des Wassers ein gewisses Hindernis entgegensetzen, weil sich das Wasser an ihnen reibt. Dasselbe wird nicht mit einem Male und plötzlich das Rohr ausfüllen, sondern es fliesst nach und nach mehr oder weniger schnell durch das Rohr je nach dem Drucke, der darauf ausgeübt wird. Genau ebenso verhält es sich mit dem elektrischen Strome. Auch diesem wird von dem Metall ein Widerstand bei seinem Durchgange entgegensetzt (s. S. 10). Denken wir uns nun z. B. zwei Eisenstäbe, die End an End zusammengeschweisst werden sollen, so wird man die Backen, die den elektrischen Strom aus der Leitung aufnehmen und den Eisenstäben zuführen sollen, so weit, wie praktisch irgend thunlich, an den beiden Enden befestigen. Der elektrische Strom durchströmt nun die Kupferleitung, die Backen und tritt durch diese in die beiden Eisenstäbe. Das Eisen bietet ihm jedoch einen höheren spezifischen Widerstand wie das Kupfer, weshalb die beiden Stäbe den Strom nur langsamer hindurchfliessen lassen, wodurch dieselben erhitzt werden. Der Strom trifft nun auf seinem Wege an die Schweissstelle, woselbst er einen noch bedeutenderen Widerstand findet, da durch die Unterbrechung seiner Fortleitung seinem Bestreben, sich gegenseitig zu vereinigen, ein Hindernis entgegengestellt ist. Er staut sich deshalb gleichsam an den Endstellen, die Erhitzung vergrössert sich dort und mit dieser wächst auch der Widerstand. Haben die Arbeitsstücke die erforderliche Hitze, so werden sie entweder während des Durchganges des elektrischen Stromes zusammengeschweisst oder aber der Widerstand ausgeschaltet und hiernach die weitere Verarbeitung vorgenommen.

Der Widerstand wächst bei Erhitzung bei allen Metallen nicht gleichmässig, sondern jedes Metall und jede Legierung ist in ihren Widerständen überaus verschieden. Das Silber hat im geglühten Zustande den geringsten Widerstand mit 0,000001634 Ohm, hierauf folgt Kupfer (geglüht), Gold, Aluminium, Zink, Platin, Eisen, Nickel, Zinn, Blei, Quecksilber, Neusilber. Das Eisen bietet dem elektrischen Strome einen mehr als sechsmal so grossen Widerstand, wie chemisch reines Kupfer (0,000001598 Ohm), Blei einen dreizehnmal, Neusilber einen fünfzehnmal so grossen Widerstand, hingegen Silber einen nur unbedeutend kleineren. Man müsste nun annehmen, dass diejenigen Metalle und Legierungen, die den höchsten

spezifischen Widerstand aufweisen, sich auch am besten und sichersten schweissen lassen. Das ist jedoch nicht der Fall, indem sich verschiedene Metalle und Legierungen nur eine so kurze Zeit auf der Schweisstemperatur erhalten, dass ein mechanisches Zusammenhämmern oder Stauchen nicht möglich ist. Auch bei der elektrischen Erhitzung zeigt wiederum das Eisen die beste Eigenschaft, die Schweisstemperatur am längsten und gleichmässigsten zu erhalten. Einzelne Metalle gehen sofort nach Erreichung der Schweisstemperatur in den flüssigen Zustand über und bei diesen kann eigentlich nur ein Zusammenschmelzen stattfinden. Andere Metalle verändern bei der erforderlichen Temperatur ihre Struktur derart, dass sie bröcklig und griessig werden.

Die vorhin besprochenen Widerstände sind für das elektrische Schweissen nötig; daher nützlich, während die im nachfolgenden angeführten vermieden werden müssen, da diese die Intensität des Stromes ganz erheblich beeinträchtigen. Dieselben werden hauptsächlich durch die mehr oder weniger gute Leitungsfähigkeit des Metalls, woraus die Leitung besteht, hervorgerufen und ferner durch schlechten Kontakt an den Verbindungsstellen der Leitung mit den Backen und dieser mit den Arbeitsstücken. Ist auch der Widerstand bei einem Leiter aus chemisch reinem Kupfer ganz unbedeutend, so ist derselbe doch bei Strömen von hoher Intensität immerhin schädlich. Dieser spezifische Widerstand ist jedoch nur bis zur Reinheitsgrenze des Kupfers zu vermeiden. Wenn die zu schweisenden Gegenstände an den Stellen, wo sie von den Backen gehalten werden, rauh und uneben sind, so wird der Widerstand an den Stellen ein grösserer sein, als wenn die sich berührenden Flächen glatt aneinander schliessen. Man muss deshalb stets darauf achten, dass diese Berührungsflächen an allen Stellen innig schliessen und dass sie dem Widerstand analog möglichst gross genommen werden.

Als Stromquelle werden Dynamos benutzt und zwar Gleichstrom oder Wechselstrom, nur muss der Anker der Maschinen den erreichbar geringsten Widerstand aufweisen. Um den Widerstand auch in der Leitung zu verringern und die Energieverluste möglichst einzuschränken, montiert man immer die elektrische Maschine in unmittelbarer Nähe des Schweissapparates; in der Regel wird der letztere dicht oberhalb der Dynamomaschine angebracht. Charakteristisch ist die auffallende Beobachtung bei diesem Schweissverfahren, dass hierbei

Ströme von hoher Stromstärke und niedriger Spannung (also wie bei der Galvanoplastik u. s. w.) zur Anwendung kommen, was in der rapiden Erhitzung der Schweissstelle seinen Grund hat. Die elektromotorische Kraft beträgt selten bei grösseren Arbeitsstücken mehr als 5 Volt, bei kleineren mit hohem Widerstande etwas mehr; Stromstärken sind jedoch bis zu 40000 Amp. schon heute für einzelne Schweissungen erforderlich.

Bei dem bisher beschriebenen Verfahren wurde der Strom dem Arbeitsstück von der Stromquelle direkt zugeführt. Er lief also von der Dynamomaschine durch die Leitung und die Kupferbacken unmittelbar an die Schweissstelle und deshalb spricht man in diesem Falle von der direkten Stromverteilung oder dem direkten System. Hierbei kommen beliebig Gleich- oder Wechselströme zur Anwendung, jedoch nur bis zur Maximalhöhe von 400 Ampère. Dies wäre ein Strom, der ungefähr 750 Glühlampen von 65 Volt, parallel geschaltet, speisen könnte.

Bei dem indirekten System kommen die Transformatoren (siehe Seite 46) wie bei der Kraftübertragung in Verwendung. Der hochgespannte Wechselstrom geht in einen Transformator, wird in diesem in einen solchen von der benötigten niederen Spannung umgewandelt und wird sodann an das Schweissstück, bezw. die Klemmen des Schweissapparates herangeführt. Die Wechselstrommaschine wird entweder selbst-erregt oder dies geschieht durch eine separate Gleichstrommaschine (siehe Seite 44). Die Anwendung des direkten Systems bedingt, wie erwähnt, die Plazierung der Dynamomaschine unmittelbar an dem Schweissapparat zur günstigsten Ausnutzung der Energie des elektrischen Stromes; bei dem indirekten System hingegen kann die Wechselstrommaschine einen entfernten Standpunkt haben, aber der Transformator muss direkt am Schweissapparat angebracht sein.)*

Ob man vorteilhafter Gleichstrom oder Wechselstrom anwendet, darüber hat man noch keine bestimmenden Ergebnisse. Handelt es sich um ausgedehnte Anlagen, so wird man aus praktischen Gründen den Wechselstrom vorziehen, da man in diesem Falle elektrische Ströme von grosser Intensität (Stärke) und niedriger Spannung an einem beliebigen Ort erzeugen kann, ohne die Apparate an der Stromquelle zu gebrauchen. Praktische Versuche haben ergeben, dass Wechselströme gestatten,

*) Siehe auch Abschnitt: Die elektr. Kraftübertragung.

einen anfänglichen Wärmeeffekt hervorzurufen, und dass diese auch die Körper von aussen nach innen erwärmen, während bei Gleichstrom dies von innen nach aussen geschieht. Diese Thatsachen sprechen sehr zu Gunsten des Wechselstromes, da man die Wirkung desselben auf der Oberfläche des Schweisstückes besser beobachten kann, wie beim Wechselstrom. Auch der Erfinder des elektrischen Schweissens, Elisha Thomson, benutzte für die erste Vorführung seiner Erfindung 1886 in Massachusetts eine Wechselstrommaschine von 18500 Watt (25 HP), die 1800 Touren in der Minute machte und sich selbst erregte. Auch bei der Thomson Elektr. Welding Co. in Boston, die das Thomson'sche Schweissverfahren zuerst industriell ausbeutete, sind Wechselströme in Gebrauch und die Elektrik Forging Co., ebenfalls in Boston, behauptet, 20 % der in den Maschinen aufgewendeten Energie an den Arbeitsstellen in Wärme umzusetzen. Hermann Lemp von der Thomson Elektrik Welding Co., ein bekannter Praktiker und Autorität auf diesem Gebiete, spricht sich ebenfalls für den Wechselstrom aus und alle die von ihm konstruierten Schweissdynamos sind Wechselstrommaschinen. Will man bei Einführung der elektrischen Schweissung eine eigene Stromquelle anschaffen, so wird man vorteilhaft eine Wechselstrommaschine aufstellen. Entnimmt man aber den Strom einer elektrischen Zentrale, die nur Gleichstrom liefert, so müssen entweder die Schweissapparate hierfür besonders eingerichtet oder aber die Apparate mit einer Vorrichtung zum Umwandeln des Gleichstromes in Wechselstrom versehen werden.

Die Schweissapparate für dieses elektrische Verfahren bestehen hauptsächlich für das indirekte System aus zwei, in kurzer Entfernung nebeneinander auf gemeinsamer Grundplatte montierten oder mit dieser aus einem Stück gegossenen Eisenböcken, worauf je eine Spannbacke lagert, die zum Halten des Schweisstückes mittels Exzenter oder Spindel (wie beim Rohrschraubstock) in vertikaler Richtung dient. Auf derselben Grundplatte ist der Transformator montiert, der direkt mit den Spannbacken kurz verbunden ist. Beiderseits ist eine, der Länge und Schwere der Schweisstücke entsprechende eiserne Bank angebracht, die die beiden Lager, worauf die Enden des Arbeitsstückes ruhen, trägt. Auf einer Seite des Apparates ist eine sehr einfache Vorrichtung angebracht, die die Möglichkeit gewährt, durch ein Kurbelrad und eine Zahnradübersetzung die beiden Hälften des Schweisstückes zusammen-

zudrücken. Das eine Lager wird auf der Bank in einen Schlitz, der das beliebige Verstellen des Lagers gestattet, festgeschraubt, das andere, auf zwei Gleitschienen ruhend, mit der Spannvorrichtung durch Gewinde verbunden. Ist das Arbeitsstück eingespannt, so wird durch Schliessen des Ausschalters der Stromkreis geschlossen. Der elektrische Strom tritt in den Transformator und von da auf die richtige Spannung umgewandelt, durch die Backen in das Arbeitsstück. Bei genügender Temperatur wird der Strom sofort ausgeschaltet, was in der Regel durch Fusstritt geschieht und hierauf wird das Schweissstück durch Drehen an dem Kurbelrad zusammengedrückt (End-an-End-Schweissung).

Die Apparate für direkte Schweissung sind schwächer und leichter gebaut. Ein eiserner Tisch, wie bei einer kleinen Feldschmiede, ruht auf zwei eisernen Stützen, die unmittelbar auf dem Anker-Lagerbock der Dynamomaschine befestigt sind und zwar oberhalb der Bürsten. Auf dem Tische befinden sich die Spannbacken, die direkt mit der Dynamomaschine verbunden sind. Es ist bereits erwähnt worden, dass, wenn das blosse Zusammenpressen der Schweissstücke nicht angängig ist, die rasche Ausspannung durch zwei einfache Handgriffe und die Behandlung der erhitzten Gegenstände, ganz ebenso auf dem Amboss oder dem Gesenke etc. vorgenommen werden kann, wie bei dem gewöhnlichen Schweißen aus dem Schmiedefeuer.

Bei dem hier beschriebenen Thomson'schen Verfahren spielt die Form der Schweissstücke an sich keine Rolle, nur muss sich dasselbe in dem Apparat einspannen lassen. Deshalb ist seiner Anwendung insofern eine gewisse Grenze gesetzt, als man für besonders komplizierte Formen oder grosse Körper (z. B. Zylinder für schmiedeeiserne Kessel) so mannigfaltige und grosse Schweissapparate haben müsste, dass eine Rentabilität ausgeschlossen erscheint. Für voluminöse Gegenstände ist es überhaupt nach den bisherigen Methoden gar nicht anwendbar. Wohl ist es aber ohne Zweifel eine hochbedeutende Erfindung für die Kleineisenindustrie und dort, wo es sich um das Schweißen kompakter Stücke handelt. Das Verfahren hat in dem knappen Zeitraum von acht Jahren seit seiner ersten praktischen Anwendung eine so rapide Ausdehnung genommen, dass es dadurch seine Bedeutung für die Praxis dokumentiert hat. In Europa existieren allerdings nur 3—4 Werke, die das Thomson-Verfahren anwenden, aber in

den Vereinigten Staaten von Nordamerika und teilweise auch Kanada ist es nicht allein in zahlreichen Fabriken eingebürgert, sondern es breitet sich dort stetig weiter aus. Der Amerikaner schreckt nicht vor den vielen Spezialmaschinen und Schweissapparaten zurück, er wird reichlich entschädigt durch die Ersparung des dortigen hohen Arbeitslohnes. Dieser schwerwiegende Umstand treibt den amerikanischen Industriellen rastlos an zur Erfindung neuer Maschinen, die die teure Handarbeit billiger ersetzen, und wie so vieles jenseits des Ozeans gang und gäbe ist, was wir für unmöglich halten oder doch nur äusserst langsam einführen und auszunutzen suchen, so auch das elektrische Schweissen. Da man dasselbe nicht für alle Zwecke dem gewöhnlichen Schweissen vorteilhafter gegenüberstellen kann, so bildete man eigene Fabrikationszweige, die man diesem Schweissverfahren anpasste. So entstehen drüben Fabriken, in denen Räder, Reifen, Ketten, Rohre, Schienen u. s. w. auf elektrischem Wege geschweisst, geformt, oder gebogen werden. Den Haupterfolg wird dieses Schweissen nur dort erringen, wo das gewöhnliche Verfahren nicht anzuwenden ist, dort, wo es aber einen nach dem alten Verfahren bestehenden Betrieb verdrängen und ersetzen soll, werden seine Aussichten bis heute noch ungünstig sein. Wenn aber erst genügende Erfahrungen gesammelt sein werden, und die Hindernisse, die sich dem Verfahren noch entgegenstellen, beseitigt werden können, dann wird auch die Erfindung ihren vollen Zweck erfüllen: ein schnelles, billiges, sauberes Arbeiten und Schonung der Gesundheit der Arbeiter durch Vermeidung des schädlichen Kohlenstaubes und Qualmes.

Aufmerksam gemacht durch die Sympathien, die die Industrie der Elektrotechnik entgegenbrachte, tauchten bald zahlreiche neue Verfahren auf, von denen das vielgenannte Bernardos'sche eigentlich ein Schmelzverfahren war. Alle anderen sind indes noch nicht aus dem Versuchsstadium herausgekommen, ausser dem Zerener'schen, vorzüglich aber dem Lagrange & Hoho'schen Verfahren.

Dr. H. Zerener benutzte bei seinem Verfahren, das er für die Schiffsbaugesellschaft „Germania“ in Tegel bei Berlin ersann, einen, durch eine elektrische Lampe erzeugten Lichtbogen, der durch einen herangeführten Elektromagneten auf die Schweissstücke gelenkt wird.

Dr. Zerener beschreibt diese „Schweisslampen“, wie folgt. Zwei Kohlenstäbe (wie bei der Bogenlampe) sind in der Rich-

tung ihrer Achse horizontal beweglich angeordnet und zwar so, dass der Lichtbogen immer an derselben Stelle bleibt. Dies wird dadurch erreicht, dass die beiden Kohlenhalter auf der Leitstange und der Schraubenspinde, die mit Rechts- und Linksgewinde versehen ist, einander genähert oder von einander entfernt werden. Der Antrieb erfolgt mittels eines konischen Räderpaares durch die Welle, von dem Anker des Reguliermotors, der sich je nach der Stromwirkung rechts oder links herumdrehen kann. Der eine Schenkel des Elektromotors liegt mit wenig dicken Windungen im Hauptstromkreis, der andere mit vielen dünnen Windungen im Nebenschluss. Die Windungszahlen und Widerstände sind nun so gewählt, dass bei normalem Lichtbogen nur eine langsame Drehung des Ankers erfolgt, die beide Kohlen entsprechend dem Abstand derselben nähert, sodass die Entfernung der Kohlenspitzen konstant bleibt; je nachdem nun die Wirkung des einen oder des anderen Magnetschenkels verstärkt wird, erfolgt nach Bedarf langsames Drehen, Stillstand oder Umkehr der Bewegungsrichtung. Der hufeisenförmige Ablenkungsmagnet umgibt mit seinen beiden Polen den Lichtbogen. Mit Hilfe dieser Apparate, die also keinen Spannapparat für die Schweisstücke erfordern, kann man Temperaturen auf dreierlei Weise erhalten, nämlich durch Veränderung der Arbeitsstromstärke, durch Veränderung der Grösse der abzulenkenden magnetischen Kräfte und durch Veränderung der Stellung der wärmestrahrenden Fläche zum Arbeitsstück. Mit einem Strom von 50 Ampère und 41 Volt Spannung kann man 4 mm starkes Blech vorzüglich bearbeiten.

Einen bei weitem bedeutenderen Erfolg hat die Firma Lagrange & Hoho in Brüssel mit ihrem patentierten Verfahren erreicht, und der Weg, den diese beschritt, weicht von den bisher beschriebenen Verfahren vollständig ab. Lagrange & Hoho bezeichnen dasselbe als ein hydraulisches, weil die Erhitzung durch die Zersetzung des Wassers entsteht, bzw. hervorgerufen wird. (Richtiger müsste es als „elektrolytisches“ bezeichnet werden.)

Dieses Verfahren beruht auf folgendem Vorgange. In einen nichtleitenden Behälter wird mit Soda, Kochsalz oder Pottasche angesäuertes reines Wasser gefüllt. Den positiven Pol einer von der Dynamomaschine ausgehenden Kupferleitung verbindet man mit einer möglichst grossen Kupferplatte (Anode), die man in den Wassertrog versenkt. Den negativen Pol der

Leitung führt man an das Schweissstück, das soweit in das Wasser getaucht wird, wie es Schweissglut erhalten soll. Die letztere entsteht sofort, wenn der Gegenstand eingetaucht wird. Um jedoch die direkte umständliche Befestigung an der Leitung zu vermeiden, verbindet man mit dieser je nach der Schwere des Arbeitsstückes eine oder zwei Schmiedezangen gut leitend. Die negative Leitung wird hierbei einfach mittels einer auf dem einen Schenkel der Zange ruhenden Kupferklemme verbunden. Ist die notwendige Hitze erzeugt, so geschieht die Weiterverarbeitung mit Hammer, Amboss und Gesenke (event. hydraulischem Druck) genau so, wie es handwerksmässig geübt wird.

Der ganze Vorgang findet seine natürliche Erklärung durch die Eigenschaft des elektrischen Stromes, Zersetzungen flüssiger Körper (Elektrolyte) herbeizuführen, welche Wirkung man Elektrolyse (s. Seite 26) nennt. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, d. h. wenn der elektrische Strom von der Dynamomaschine ohne Unterbrechung durch die Anode und das Arbeitsstück in das Wasserbad gelangt, so wird das Wasser sofort in seine beiden Bestandteile, Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden. Der Wasserstoff wird sich an dem negativen Pol (dem Schweissstück) niederschlagen, der Sauerstoff aber am positiven Pol (Anode). Es ist also die gleiche Erscheinung, wie bei dem Knallgasvoltameter (s. Seite 27). Da bei dem genügend starken Ströme der Wasserstoff das Arbeitsstück vollkommen umhüllt, so findet hier der Strom einen heftigen Widerstand. Auch bei allen galvanischen Bädern findet derselbe Vorgang (Polarisation s. Seite 24) statt. Dort sucht man ihn mit allen Mitteln, insbesondere durch mechanische Kunstgriffe und sauerstoffreiche Säuren zu verhindern (depolarisieren), hier jedoch herbeizuführen. Deshalb wird man im Gegensatz zu galvanischen Arbeiten, wo Ströme von hoher Stärke und niedriger Spannung gebraucht werden, bei diesem elektrischen Schweissverfahren Ströme von mässiger Stärke aber hoher Spannung anwenden. Dieser Umstand ist auch ein wichtiger Unterschied zwischen diesem Verfahren und dem eingangs beschriebenen Thomson'schen. Lagrange & Hoho verwenden in ihren Werkstätten Gleichstrommaschinen.

Den, durch den ausgeschiedenen Wasserstoff erzeugten Widerstand sucht der elektrische Strom mit seiner ganzen Macht zu überwinden, um durch das Arbeitsstück in den negativen Pol zu gelangen, und durch dieses Bestreben wird Wärme

produziert, die gleich ist der Grösse des zu überwindenden Widerstandes. Durch den ganzen elektrochemischen Prozess findet jedenfalls eine gewisse Reibung statt, die allerdings für unser Auge nicht wahrnehmbar und auch nicht erwiesen ist, welche Annahme aber durch die Erklärung des elektrochemischen Prozesses nach Claudius in jeder Weise gerechtfertigt erscheint. Die durch diese Arbeit des elektrischen Stromes hervorgerufene Wärme von ungeheurer Intensität versetzt den Wasserstoff ins Glühen und dadurch wird gleichfalls das Schweisstück erhitzt. Die Höhe der Spannung des elektrischen Stromes richtet sich nach der Schmelzbarkeit der einzelnen Metalle; je höher diese Temperatur liegt, desto stürmischer muss die Zersetzung des Wassers vor sich gehen, um dadurch dem elektrischen Strome einen umso grösseren Widerstand entgegenzusetzen. Denn je schwieriger derselbe den Widerstand überwindet, eine um so höhere Hitze wird entwickelt werden.

Auch bei diesem Schweissverfahren hat man nützliche und schädliche Widerstände zu beobachten. Der spezifische Widerstand des Arbeitsstückes und der des Wasserstoffes ist nützlich, der Widerstand der Stromleitung ist schädlich. Deshalb muss die Leitung aus reinem Kupferdraht hergestellt werden, und alle Verbindungsstellen sind möglichst gross und sorgfältig rein und glatt zu halten. Die Kupferklemmen, worin die Zangenschenkel befestigt werden, dürfen nicht zu schwach sein und die Stelle der Zangenschenkel, wo die Verschraubung stattfindet, muss genau an die Klemmen anschliessen.

An Stelle der Kupferanode am positiven Pol kann auch die ganze Wanne eine solche Auskleidung erhalten, und die positive Leitung ist dann direkt mit dieser zu verbinden.

Lagrange & Hoho schweissen nach diesem Verfahren Bessemerstahl und weiches Eisen, Kupfer mit Eisen, Messing mit Eisen, Gold mit Platin u. s. w. zusammen und zwar die kompliziertesten Stücke. Wenn jedoch angegeben wird, dass man mit diesem Verfahren Metalle zusammenschweissen kann, die bisher durch Schweissung nicht zu verbinden waren, so ist das nicht richtig, denn das Thomson'sche Verfahren gestattete dies schon viele Jahre früher, und wie schon erwähnt, wird der Praktiker von einem „Schweissen“ von Kupfer mit Kupfer, Blei mit Blei u. s. w. nicht sprechen, denn unter Schweissen versteht der Praktiker nur den bestimmt begrenzten Vorgang beim Verbinden von Eisen und Stahl, alles andere ist ein „Zusammenschmelzen“.

Einen sehr schätzenswerten Vorteil hat jedoch das Lagrange-Hoho'sche Verfahren darin, dass man die in dem Bade glühend gemachten Arbeitsstücke durch Abstellen des Stromes sofort härten kann. Unterbricht man nämlich den Strom, so wird sich das Wasser sofort wieder in seinem natürlichen Zustande repräsentieren. Auch die Oxydverhinderung durch den Wasserstoff an den Schweissstellen kann man nicht besonders hervorheben, denn bei dem Thomson-Verfahren berstet gleichfalls die Oxydhaut beim Zusammenpressen der beiden Stücke. Das Lagrange-Hoho'sche Verfahren hat den Vorteil, dass das lästige Einspannen, wie beim Thomson-Verfahren, wegfällt und dass gleichfalls die teureren Schweissmaschinen nicht notwendig sind; der Vorzug grösserer Rentabilität gehört also unzweifelhaft dem Lagrange-Hoho'schen Prozess. Im weiteren muss man aber in jedem Falle erst mehr praktische Erfahrungen sammeln, ehe man sich definitiv für ein bestimmtes Verfahren entscheiden kann. Dass indes das elektrische Schweißen, Schmelzen und Löten schliesslich die althergebrachten Verfahren vollständig verdrängen wird, daran wird heute kein Praktiker mehr zweifeln.

Das elektrische Schmelzverfahren hat Nikolaus von Bernardos in St. Petersburg 1881 das erste Mal industriell angewendet, obgleich bereits der Engländer Wilde 1865 darauf hingewiesen hat. Dasselbe beruht auf dem Vorgange, dass der positive Pol einer Dynamomaschine mit dem Arbeitsstück, der negative aber mit einem Kohlenstück, das den Lichtbogen bei kurzer Berührung des Arbeitsstückes herstellt, verbunden wird. Obgleich Bernardos sehr verdienstvolle Forschungen angestellt, um sein Verfahren zu verbessern, so hat es sich doch nur schwer in die Praxis eingeführt. Auch die Abänderungen Zéreners in Berlin (siehe Seite 203) haben hierin keinen Wandel geschaffen.

In Russland wird das Verfahren von Bernardos zum Zusammenschmelzen (Löten) von zerbrochenen oder gesprungenen Materialien aller Art benutzt, z. B. Radspeichen, Radreifen, Schieberrahmen, Lokomotivkesseln, Herzstücken u. s. w. und die Verwaltung der Orel-Vitebsker-Woronesch-Rostow-Eisenbahn, sowie das Eisenwerk Kolomna haben sich sehr zufrieden über die Erfolge ausgesprochen, die Wladikawkaz-Bahn hingegen unzufrieden. In Deutschland ist das Verfahren bei dem Schwelmer Eisenwerk in Westfalen in Anwendung, wo mittels desselben schmiedeeiserne Fässer für Glycerin, Petroleum u. s. w.

hergestellt werden; ein ähnliches nach Slavianoff wenden Gebr. Pintsch in Fürstenwalde an.

An das Schmelzverfahren schliesst sich unmittelbar das elektrische Hartlöten, was nichts weiter ist, wie eine Vereinigung der einzelnen Teile durch Zusammenschmelzen, das dadurch vollständig ersetzt worden ist. Die auf Seite 203 beschriebene Schweisslampe von Dr. Zerener dient gleichfalls zum Hartlöten.

Bedeutend einfacher, wie das elektrische Hartlöten, ist das Weichlöten mit elektrisch erhitztem LötKolben. Hiervon sind unter den vielen Konstruktionen namentlich drei näher in Betracht zu ziehen: 1. Die Form ist die eines gewöhnlichen Hammerkolbens, die die Lotübertragung genau, wie beim handwerksmässigen Löten bedingt, 2. das Lot wird in dem hohlen Kolbenkörper geschmolzen und in dieser Form auf die Lötstelle aufgetragen (der Kolbenkörper ist also ein Vorratsbehälter von stets flüssigem Lot), 3. der Kolben besteht aus einem, mit einem Widerstand gefüllten Kupferkegel.

Die erste Form hat die meisten Vorteile für sich, indem bei dieser (Erfinder und Fabrikant Schaffer in Brandenburg a. d. H.) eine Auswechslung des aufgebrauchten Kupferkolbens leicht zu bewerkstelligen ist und die gesamte Anordnung der einzelnen Teile bequem eine etwaige Reparatur gestattet. Der Kolben erfordert einen Strom von 220—330 Watt (Volt-Ampère) je nach seiner Grösse und verursacht nach eingehenden Untersuchungen behufs Erwärmung für 10 Arbeitsstunden 17 Pfennige Unkosten. Ein Gaskolben gleicher Grösse würde genau berechnet 24 Pfennige unter gleichen Verhältnissen kosten. Der Strom geht bei diesem Kolben durch die Stirnfläche eines Holzwürfels, trifft hierauf in einen aus präparierter Kohle bestehenden Widerstand und sodann in den Kupferkolben. Der Holzwürfel ist von der Kohle isoliert und der gewöhnliche eiserne Stiel mit Holzheft in demselben befestigt. Die negative Leitung ist mit dem Kupferstück, die positive mit der Kohle verbunden und durch das Bestreben des elektrischen Stromes, durch Ueberwinden des Widerstandes sich im Kupferkolben zu vereinigen, wird Wärme erzeugt, die den Kolben erhitzt. Die Konstruktion ist einfach, verständlich und empfehlenswert, nur die schnelle Abnutzung des Stirnholzes macht sich lästig bemerkbar.

Der Coffin'sche LötKolben (Konstruktion 2) ist hohl. In dem Kolben befindet sich ein grosser elektrischer Wider-

stand, dessen beide Enden mit irgend einer Stromquelle verbunden sind und der mit einem Isolator umgeben ist. Das Innere des Kolbens dient zur Aufnahme des flüssigen Lotes, das durch eine an der Spitze des Kolbens befindliche Oeffnung ausströmt. Die Spitze ist mit einem Hahn versehen, den man mittels eines Federdruckes am Griff des Kolbens leicht öffnen und schliessen kann.

Der LötKolben von M. W. Miner (Konstruktion 3) besteht aus einem Kupferstück, das am Griff fest verschraubt wird, und in dessen Innern sich Neusilberspiralen befinden. Die Neusilberwiderstände sind mit Asbest und Glimmer isoliert. Die Erhitzung des Kolbens geschieht durch Ueberwindung der Widerstände, und seine Handhabung ist im übrigen, wie dies handwerksmässig geübt wird.

Obgleich Verfasser nur mit den ersteren beiden Kolbenkonstruktionen praktische Versuche angestellt hat, so scheint doch die letztere recht brauchbar und dauerhaft zu sein. Dieselbe erfordert 300—400 Watt zu kontinuierlicher Arbeit und ist viel in industriellem Gebrauch.

So wie die elektrische Schweissung, Schmelzung, wie die Elektrometallurgie im allgemeinen noch der letzten Hand harret, die man zu ihrer Vollendung anlegt, so ist dies auch mit dem elektrischen Löten der Fall. Für viele Zwecke ist es vorteilhaft eingeführt, für andere hingegen, wenigstens bis jetzt, noch nicht zu verwenden. Dank muss aber die Industrie jenen Männern zollen, die durch vielseitige Forschungen und praktische Versuche dieses äusserst schwierige Feld zu kultivieren und nutzbar zu machen suchen.

Die elektrischen Uhren.

Unter elektrischen Uhren versteht man solche Zeitmesser, bei denen die Elektrizität an die Stelle der treibenden Kraft — Gewicht oder Feder — tritt.

Eingeteilt werden diese Uhren in zwei Arten:

1. Elektrische Pendeluhren,
2. Elektrisch-sympathische Uhren.

Bei erstgenannten Uhren erhält entweder das Pendel derselben in bestimmten Intervallen einen elektromagnetischen

Antrieb und dasselbe ist mit einer geeigneten Fortschiebung zum Transportieren des Räderwerks versehen, oder dieselben haben ein gewöhnliches Gangwerk und ein kleines Gewicht, oder eine Feder wird von Zeit zu Zeit elektromagnetisch aufgezogen. Streng genommen, sind letztere nur elektrische Aufziehwerte zu nennen. Gut konstruierte elektrische Pendeluhren haben für astronomische Zwecke und als Hauptuhren für zentrale Uhrenanlagen vorzügliche Dienste geleistet.

Die Versuche, diese Uhren in einer billigeren Ausführung auch dem bürgerlichen Gebrauche zugänglich zu machen, sind meist gescheitert, was einesteils in der gewählten Bauart und den falschen elektromagnetischen Verhältnissen, andernteils aber auch an unkundiger Behandlung gelegen haben mag. Es darf wohl behauptet werden, dass auch hierin Abhilfe geschehen kann, wenn die Uhren unter Berücksichtigung aller Umstände konstruiert werden, doch dürfte es fraglich sein, ob der Kostenpunkt gegenüber mechanischen Uhren nicht in die Wagschale fällt, da das Publikum durch die billigen Preise der Gewicht- und Federzuguhren zu sehr verwöhnt ist.

Erst in neuerer Zeit ist es der Fabrik für elektrische Uhren, C. Bohmeyer, Halle a. d. Saale, gelungen, eine recht brauchbare Konstruktion zu vollenden, und diese Uhren sind bereits in sehr verbreiteter Anwendung. Für einzelne, hochhängende und schwer zugängliche Uhren wird sich eine gute elektrische Pendeluhr ganz vorzüglich eignen. Bei gleichzeitiger Anlage von mehreren solcher Uhren ist jedoch eine Uebereinstimmung in der Zeitangabe nicht zu erzielen und sind für diese Fälle die unter 2 genannten sympathischen Uhren anzuwenden.

Die sympathischen Uhren sind keine selbständigen Gangwerke, besitzen keinerlei Triebkraft, die Zeiger derselben werden nur durch elektromagnetische Kraft mittels geeigneter Vorrichtungen vorwärts bewegt. Um diese Uhren in Gang zu setzen, müssen sie mit einer Haupt- oder Normaluhr durch Drahtleitungen verbunden sein, die in bestimmten Intervallen, gewöhnlich von Minute zu Minute oder auch halbminütlich, einen Strom nach den verbundenen Uhren sendet und so gleichzeitig das einheitliche Fortrücken aller Zeiger um eine bzw. eine halbe Minute bewirkt. Dieselben, auch elektrische Zeigerwerke, Sekundär- oder Nebenuhren genannt, teilen sich wieder in zwei Klassen, nämlich in Gleichstrom- und Wechselstromuhren, deren beide Betriebsarten noch näher erläutert werden sollen.

Mit solchen Uhren ist nun in einfacher und verhältnismässig billiger Weise die Einführung einer einheitlichen gleichmässigen Zeitangabe bewirkt worden und trotz vielfachem Entgegenbringen von Misstrauen, was bei den ersten unvollkommenen Systemen auch berechtigt war, haben sie sich grossen Eingang verschafft. Ihre Anwendung nimmt mit Rücksicht darauf, dass solche Anlagen in Städten, Bahnhof- und Verwaltungsgebäuden und in industriellen Etablissements zum Bedürfnis geworden sind, von Tag zu Tag zu, namentlich da in letzter Zeit wesentliche Vervollkommnungen und Vereinfachungen geschaffen wurden.

Ausser den sympathischen Uhren kommen für eine einheitliche Zeitbestimmung noch sogenannte elektrisch regulierte Uhren in Betracht. Dieselben haben ein selbständiges Gangwerk, das stündlich oder täglich durch den elektrischen Strom von einer Normaluhr aus gestellt wird. Diese Reguliersysteme sind entstanden, weil man den sympathischen Uhren den Vorwurf machte, dass sie eventuell bei vorkommenden Leitungsstörungen u. s. w. den Dienst versagen könnten, ein Umstand, der, wie aus weiterem zu ersehen, neuerdings auf ein Minimum beschränkt ist und bei guter Herstellung der Anlage zu einer Seltenheit gehört. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass die Reguliersysteme durch äusserst sinnreiche Anordnungen namentlich in letzter Zeit zu einer hohen Stufe der Vollkommenheit gelangt sind. Diese Betriebe erfordern jedoch sehr komplizierte Mechanismen und peinlichste Ueberwachung, wodurch der Preis derselben ganz wesentlich gesteigert wird. Für zentrale Anlagen sollte man aber nur die einfachsten Apparate anwenden, die naturgemäss am allerwenigsten Betriebsstörungen ausgesetzt sind. Die Erfahrung wird es lehren, ob man nicht die komplizierten elektrischen Reguliersysteme fallen lässt und zu den einfacheren sympathischen Uhren zurückgreift. Auch das seiner Zeit viel Aufsehen machende elektrohydropneumatische Uhrensystem, wobei die Nebenuhren pneumatisch gestellt und aufgezogen werden, scheint jetzt in den Hintergrund des allgemeinen Interesses getreten zu sein.

Bei dem Gleichstrombetrieb für Uhren wird durch Schliessen eines Stromes von gleicher Richtung ein Eisenanker angezogen, der nach Oeffnung des Stromes durch Gewicht oder Feder in seine Ruhelage zurückgeht. Fig. 112 (s. nebenstehend) veranschaulicht dies in deutlicher Weise. Der Anker a

ist bei i um eine Achse beweglich, das Gewicht g drückt denselben stets gegen den Stift s . Um nun diesen Anker gegen die Kerne des Elektromagneten zu bringen, ist eine gewisse Kraft erforderlich. Schickt man nun einen Strom durch den Elektromagneten, so werden die beiden Eisenkerne magnetisch, der Anker a wird dann von denselben fest angezogen und bleibt solange daran haften, bis der Strom unterbrochen wird. Es ist einleuchtend und namentlich für den Anfänger bietet es grosses Interesse, dass diese hin- und hergehende Bewegung des Eisenankers zum Fortschieben von

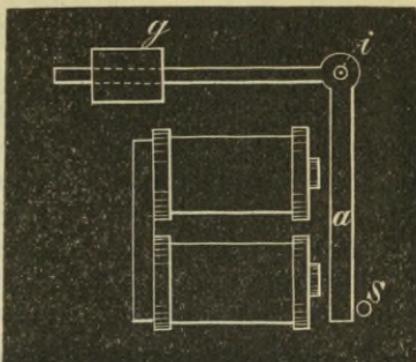


Fig. 112.

Zahnradern, auf deren verlängerter Achse ein Zeiger angebracht ist, benutzt werden kann. Thatsächlich sind hiernach auch die ersten elektrischen Uhren oder Zeigerwerke gebaut, die dann im Laufe der Zeit die verschiedenartigsten Anordnungen erhalten haben. Bei diesen Elektromagneten bleibt jedoch infolge der häufig wiederkehrenden Stromschliessungen etwas Magnetismus in den Eisenkernen zurück, wodurch der Anker, namentlich wenn das Gewicht g der Achse zurückgedrückt wird, an diesem haften bleiben kann. Zwar kann man dieses Anhaften dadurch vermindern, dass die Ankerkerne mit kurzen Messingstiften versehen werden, dennoch bietet dasselbe auch unter Berücksichtigung aller Umstände einen wesentlichen Fehler bei Gleichstromuhren.

Ferner ist bei diesem System in Erwägung zu ziehen, dass zur Bewegung des Ankers weit mehr Kraft erforderlich ist, wie zur Bewegung eines Uhrzeigers benötigt wird. Der kurze Weg, den der Anker beschreibt, ist für den Betrieb namentlich grösserer Zeiger nicht von Vorteil, weil die Zeiger dadurch namentlich sehr geschneilt und infolgedessen die Abnutzung am Räderwerk unausbleiblich ist; auch Stösse und Erschütterungen können leicht ein Fortrücken der Zeiger hervorbringen. Ungeachtet des grossen Kraftbedarfs und des dadurch bedingten starken Stromverbrauchs sind diese Uhren auch noch Störungen einer unregelmässigen Kontaktabgabe unterworfen, denn bei einer etwaigen doppelten Stromschliessung, die durch irgend eine Ursache hervorgerufen werden kann, kann auch ein

zweimaliges Fortspringen des Zeigers entstehen. Bei Verwendung dieser Uhren in solchen Anlagen, bei denen die Leitungsdrähte über Gebäude hinwegführen, sind dieselben ausserdem noch den gefährlichen Störungen der atmosphärischen Elektrizität unterworfen.

Trotz allen aufgezählten Fehlern der Gleichstromuhren ist es nicht zu leugnen, dass bei Verwendung von guten Konstruktionen und sorgfältig gearbeiteten Kontakten gute Gangresultate erzielt werden können, und dies gilt besonders für solche Anlagen, die nur aus einigen Nebenuhren bestehen.

Bei Wechselstrombetrieb wird durch Umdrehung der Stromrichtung ein Eisenanker unter Beeinflussung eines permanenten Stahlmagneten in Bewegung gesetzt. Dass für diesen

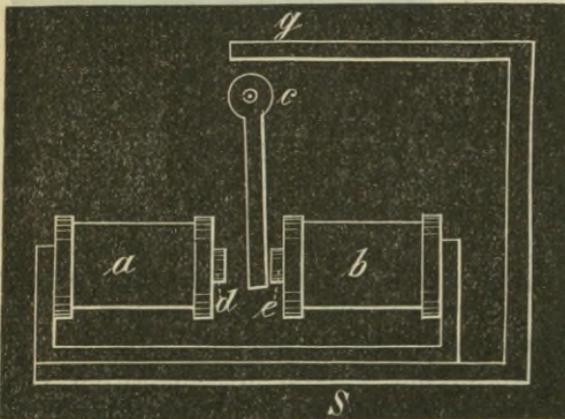


Fig. 113.

Stromwechsel eingezeichnete Uhren vorteilhafter sind und obengenannte Fehler nicht aufweisen, soll an der Hand von Figur 113 erklärt werden. Dieselbe zeigt zwei Elektromagnetkerne a und b, die, um die Wirkungsweise genau zu veranschaulichen, sich mit ihren Polen gegenüberstehen.

Der um seine Achse bewegliche Eisenanker c bewegt sich zwischen den beiden Polen d und e. Auf das eiserne Verbindungsstück des Elektromagneten ist ein hufeisenförmiger Stahlmagnet aufgeschraubt, der bei s seinen Süd- und bei g seinen Nordpol hat. Durch diese Verbindung des Stahlmagneten mit dem Elektromagneten werden aber auch gleichzeitig die Polenden d und e süd magnetisch (negativ), der Eisenanker c wird durch den Nordpol g des Stahlmagneten nord magnetisch (positiv). Ein solches Elektromagnetsystem bezeichnet man als einen polarisierenden Elektromagneten und polarisierten Anker, weil dieselben, beeinflusst durch einen beständigen Stahlmagneten, ebenfalls zu Magneten werden. Da sich nun, wie bereits mehrfach erklärt, ungleichnamige Pole anziehen, gleichnamige aber abstossen, so ist es leicht erkenntlich, dass

der nordmagnetisch polarisierte Anker c stets von einem der süd magnetisch polarisierten Anker d und e angezogen wird, in dessen Nähe er sich gerade befindet. Solange also kein Strom durch die Spulen a und b zirkuliert, sind die Polenden d e beständig süd magnetisch. Geht nun ein Strom durch die Spulen a und b, so erhalten die bisher gleichnamig polarisierten Elektromagnetkerne d e zwei Pole, einen Süd- und einen Nordpol, wodurch der Südpol bedeutend kräftiger wird, wie der Nordpol, weil dieser durch den beständigen Stahlmagneten unterstützt wird. Nehmen wir nun an, der Strom fliesse durch den Elektromagneten in der Richtung, dass der Südpol im Eisenkern e aufgehoben und nord magnetisch wird, so muss der Eisenkern d ein verstärkter Südpol werden. Die Folge davon ist nun, dass der magnetische Eisenanker c von d kräftig angezogen, von e aber abgestossen wird. Beim Umkehren der Stromrichtung wird jedoch e ein verstärkter Südpol und d ein Nordpol, der Anker c wird sich deshalb wieder in seine frühere Lage begeben. Durch ein anhaltendes Wechseln der Stromrichtung wird nun der Anker in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt.

Es erübrigt wohl kaum zu sagen, dass durch die gegenseitigen Anziehungen und Abstossungen nur ein ganz schwacher Strom zur Bewegung des Ankers erforderlich ist. Dazu kommt noch, dass eine Abreissfeder nicht vorhanden, also auch nicht zu überwinden ist. Schon hieraus lässt sich mit aller Bestimmtheit und Sicherheit schliessen, dass die Ueberlegenheit der Wechselstromuhren, gegenüber den mit Gleichstrom betriebenen, eine ganz bedeutende sein muss. Da der Anker sich nur durch Ströme von wechselnder Richtung in Bewegung setzen lässt, so können aufeinanderfolgende kurze Ströme von gleicher Richtung, wie dies bei Störungen in der Kontakteinrichtung vorkommen kann, nie mehr als eine Bewegung des Ankers hervorrufen. Auch atmosphärische Elektrizität kann eine Störung beim Wechselstrombetriebe nicht hervorbringen, denn wenn ein in die Uhrenleitung kommender Blitzstrom dieselbe Richtung hat, als der vorangegangene Batteriestrom, so bewegt sich der Anker nicht; bei entgegengesetzter Richtung würde aber eine Bewegung stattfinden. Kommt darauf der Batteriestrom, so findet derselbe seine Arbeit schon verrichtet, und die Uhren würden wieder die richtige Zeit anzeigen. In seiner Ruhelage liegt der Anker gegen die Kerne an, Erschütterungen können ihn daher nicht beeinflussen.

Neben allen diesen Vorteilen ist es auch bei Anwendung der polarisierten Anker möglich, den zurückzulegenden Weg entsprechend gross zu gestalten, woraus der weitere Vorzug erhellt, dass die Zeiger nicht geschneit werden, wodurch eine Abnutzung am Räderwerk ausgeschlossen ist. C. Bohmeyer, Halle a. d. S. hat nun in neuester Zeit ein elektrisches Zeigerwerk auf den Markt gebracht, das infolge seiner Einfachheit und vortrefflichen Konstruktion in der elektrischen Uhrentechnik einen entschiedenen Fortschritt und Vorsprung gegenüber älteren Systemen erkennen lässt.

Das in Figur 114 abgebildete Zeigerwerk besteht aus dem durch zwei Dauermagnete d f polarisierten Elektromagnet mit Polschuh a und b, dem einschenkeligen Anker g nebst dem 60zähligen Minutenrad. Sind die beiden oberen Enden der Magnete d f südmagnetisch, so werden die Polschuhe a und b durch die unteren Enden infolge einer metallischen Verbindung bei c nordmagnetisch polarisiert. Direkt auf dem Südpol bewegt sich der nach einer Seite abgeflachte Anker g, der von Stahl oder Eisen sein kann. Die einseitige Schwere des Ankers wird durch ein hier nicht mitgezeichnetes Metallstück ausgeglichen. Solange kein Strom durch die Spulen geht, wird der massive Teil des Ankers sich immer in den Hohlungen eines Polschuhes festlagern. Erfolgt ein Stromschluss, der den Nordmagnetismus im Polschuh b bedeutend verstärkt, so wird der Polschuh a südmagnetisch. Die Folge davon ist, dass der südmagnetische Anker vom Polschuh a abgestossen, von b aber kräftig angezogen wird. Bei umgekehrter Stromrichtung wird sich der Anker wieder (aber immer in fortschreitender Richtung) vom Polschuh b nach Polschuh a begeben. Durch die besondere Konstruktion des einschenkeligen Magnetankers sind alle mechanischen Hemm- und Sperrmittel entbehrlich geworden, da er sich nur durch die magnetische Kraft sicher einstellt. Bei jeder halben Umdrehung des Ankers wird das 60zählige Minutenrad um einen Zahn fortbewegt. Dies erfolgt durch ein auf der Ankerwelle angebrachtes, aus zwei zylindrischen Stahlstäben bestehendes sogen. Zweiertrieb. Ist der Anker in Ruhe, so liegen beide Triebstücke in den Zahnlücken derart, dass das Rad weder vorwärts, noch rückwärts bewegt werden kann. Dreht sich der Anker um 180° , so hebt sich der eine Triebstock aus dem Zahn heraus, während der andere das Rad um einen vollen Zahn weiterführt. Nach Zurücklegung der halben Um-

drehung lagern beide Triebstücke wieder in den Zahnböcken und halten das Rad fest. Es bildet demnach auch gleich die Hemmung für das Rad.

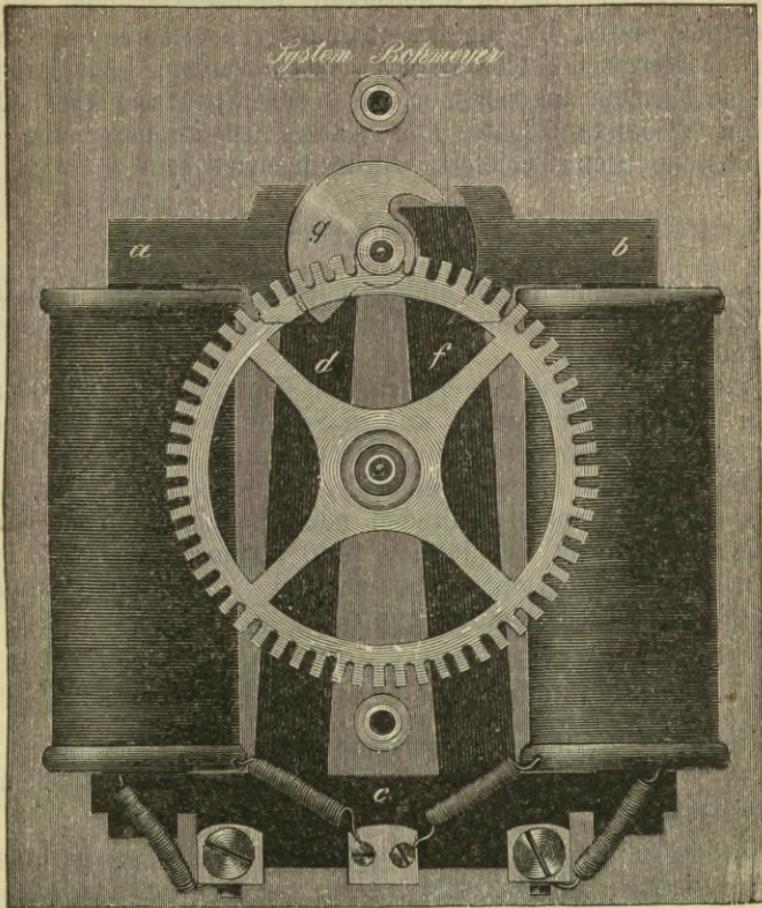


Fig. 114.

Da der Betrieb der Uhren durch Wechselstrom geschieht, so kann bekanntlich eine nachteilige Störung auch bei solchen Uhren-Anlagen nicht vorkommen, die der atmosphärischen Elektrizität ausgesetzt sind. Hervorzuheben bei diesem System ist das erreichte sichere Einstellen des Ankers und Rades ohne besondere Sperr- und Hemmvorrichtung, lautloser Gang in allen Lagen selbst bei stärksten Erschütterungen.

Ueber den Strom- und Kraftverbrauch bei elektrischen Uhren herrschen sehr widersprechende Ansichten, und die genaue Kenntnis derselben erscheint daher gerade für elektrische Uhren von grösster Wichtigkeit. Im nachstehenden soll die Bedeutung dieses, für die Anschaffung von elektrischen Uhren beachtenswerten Faktors näher erklärt werden. Als Beispiel wird ein Element angenommen, das 1 Volt Spannung und 1 Ohm inneren Widerstand hat. Die Stärke des Stromes, den das geschlossene Element liefert, würde demnach sein

$$\frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}} = 1 \text{ Ampère}$$

und soll das Element bei andauerndem Geschlossensein (Kohle und Zink direkt verbunden) 10 Stunden = 10 Ampère-Stunden konstant bleiben.

Der Strom wird bei elektrischen Uhren gewöhnlich 60 mal in der Stunde geschlossen, was in 24 Stunden $24 \times 60 = 1440$ Stromschlüsse ausmacht; den Stromschluss eine Sekunde gerechnet, würde das Element jeden Tag 1440 Sekunden geschlossen sein (= 1440 Ampère-Sekunden oder Coulomb). Den Strom würde das Element bei täglich 1440 Stromschlüssen 25 Tage liefern, denn je 10 Ampère-Stunden sind = 10×3600 Sekunden = 36000 Ampère-Sekunden und

$$\frac{36000 \text{ Ampère-Sekunden}}{1440 \text{ Ampère-Sekunden}} = 25 \text{ Tage.}$$

Schalten wir in diesen Stromkreis einen Elektromagneten mit 3 Ohm Widerstand, so ist die Stromstärke, die das Element liefern muss

$$\frac{1}{1+3} = \frac{1}{4} = 0,250 \text{ Ampère}$$

und demnach ist der tägliche Stromverbrauch = $1440 \times 0,25 = 360$ Ampère-Sekunden. Die Dauer des Elements beträgt in diesem Falle

$$\frac{36000}{360} = 10 \text{ Tage.}$$

Nehmen wir jedoch einen Elektromagnet von 99 Ohm Widerstand in die Leitung, so hat die Batterie zu liefern

$$\frac{1}{1+99} = \frac{1}{100} = 0,010 \text{ Ampère.}$$

Der tägliche Stromverbrauch ist demnach hier $1440 \times 0,010$

= 14 Ampère-Sekunden. Die Dauer der Stromlieferung ergibt sich durch

$$\frac{36000 \text{ Ampère-Sekunden}}{14 \text{ Ampère-Sekunden}} \text{ auf } 2571 \text{ Tage.}$$

Die grosse Rolle, die der Kraftverbrauch bei den elektrischen Uhren spielt, hat auch dazu geführt, dass man die neueren Konstruktionen speziell nach dieser Richtung hin umgestaltete und selbstverständlich hat jenes System, das den denkbar geringsten Kraftverbrauch aufweist, von vornherein einen bedeutenden Vorsprung.

Als Normaluhren, auch Betriebs- oder Hauptuhren genannt, werden solche Uhren bezeichnet, welche die Zeitangabe derselben auf eine oder mehrere sympathische Uhren gleichmässig übertragen, sodass alle mit der Normaluhr verbundenen Uhren die gleiche Zeit, wie die Normaluhr anzeigen. Zu diesem Zwecke ist die Normaluhr mit einer Vorrichtung versehen, die in bestimmten Zwischenräumen (gewöhnlich minutlich) einen elektrischen Strom schliesst, der durch Leitungsdrähte nach den sympathischen Uhren geführt wird.

In Fabriketablissemments, in Schulen u. s. w. verwendet man vielfach die Normaluhren auch dazu, elektrische Glockensignale zu Beginn bzw. Ende der Arbeits- bzw. Schulzeiten zu geben. Die Kontaktvorrichtungen für diese Zwecke werden in verschiedenen Anordnungen gebaut. Oft sind dieselben für stets wiederholende Zeiten, oft auch für verstellbare Zeiten eingerichtet. Jedoch werden auch solche ohne Zusammenhang mit Normaluhren in Fabriken und anderen Etablissemments angewendet.

Die Installation der Uhrenanlagen geschieht nach denselben Regeln, wie bei Telephon- und Telegraphenleitungen angegeben wurde. Auch diesen Uhren werden genaue Angaben über die Aufstellung und Behandlung beigegeben. Als Stromquelle verwendet Bohmeyer Kohlenzylinder- und Meidinger-Ballon-Element.

Die Elektromotoren.

Die Erregung und der Lauf des Stromes in den Dynamomaschinen ist Seite 43 geschildert worden. Wir ersehen daraus, dass durch die mechanische Kraft (Rotation) elektrische erzeugt wird, die die dynamoelektrische Maschine beliebig abgeben kann.

Wird diese elektrische Kraft einer zweiten (sekundären) elektrischen Maschine zugeführt, so wird diese also die elektrische Kraft nicht selbst erzeugen, sondern nur die von der ersteren (primären) Maschine empfangene elektrische Kraft verwerten bzw. in mechanische an der Achse umsetzen. Eine solche empfangende elektrische Maschine nennt man einen Elektromotor oder Sekundärmaschine, während die stromabgebende als Primärmaschine, (Primärdynamo) bezeichnet wird.

Die Zuleitung des elektrischen Stromes geschieht derart, dass ein grösserer Teil desselben die Ankerwicklung durchfließt, während ein kleinerer Teil in die Schenkeldrähte fließt und hier das magnetische Feld hervorruft. Sofort wenn der elektrische Strom in die Sekundärmaschine eingetreten ist, wird sich der Anker in Bewegung (Drehung) setzen, und die so lange anhält, wie Strom in die Maschine geleitet wird. Diesem Bewegungsursprung verdanken die Elektromotoren ihre entschiedene Ueberlegenheit über andere Kraftmaschinen; alle komplizierten Mechanismen fallen weg. Zur Hervorrufung der Bewegung des Ankers genügt lediglich die Verbindung des Elektromotors durch zwei unscheinbare Drähte mit der Primärdynamo. Dem Auge bleibt die treibende Kraft vollkommen unsichtbar. Der Elektromotor bedarf nicht vieler umständlicher Arbeiten beim Angehen und Abstellen, sondern hierzu genügen zwei Handgriffe. Die Regulierung der Umlaufzahl kann mit denkbar grösster Genauigkeit vorgenommen werden und hierzu ist auch keinerlei Mechanismus erforderlich.

Man unterscheidet Gleichstrom- und Wechselstrommotoren. Erstere werden wiederum in Reihenschaltungs- (Serien-), Nebenschluss- und Verbund- (Compound-) Motoren eingeteilt.

Die Unterscheidungsmerkmale hierbei sind genau dieselben, wie bereits bei Beschreibung der Dynamomaschinen mitgeteilt wurde. Beim Serien-Motor liegen die beiden Schenkel in derselben Wicklung, wie der Anker, weshalb bei wechselnder Belastung Spannung und Stromstärke steigen oder fallen. Da hier die Stromquelle mit der Belastung des Motors nicht nur in Stromstärke, sondern auch in Spannung variieren muss, so folgt, dass bei Serienmotoren nicht für zwei oder mehrere Motoren gegenseitige Beeinflussung stattfinden kann und jeder Motor eine eigene Stromquelle — Primärdynamo — haben muss. Der Serienmotor wird deshalb nur da vorteilhaft anwendbar sein, wo die elektrische Energie nur nach einer bestimmten Verbrauchsstelle

übertragen werden soll. Ihre vornehmlichste Anwendung finden daher die Serienmotoren bei den elektrischen Bahnen, ferner zum Betriebe von Schiebebühnen, Kranen, Drehbrücken u. s. w. Der Hauptvorteil der Uebertragung durch Serienmotoren liegt in der Möglichkeit der Anwendung sehr hoher Spannungen und damit der Ueberwindung grosser Entfernungen bei geringem Leitungsquerschnitt. Für den Betrieb elektrischer Bahnen sind sie aus dem Grunde wichtig, weil im gleichen Masse, wie ihre Geschwindigkeit fällt, ihre Zugkraft steigt oder umgekehrt. Bei den elektrischen Bahnen wird, um aus dem Ruhezustande in Bewegung zu kommen, eine grosse Zugkraft bei geringer Geschwindigkeit verlangt und gleicherweise muss bei Steigungen eine grössere Zugkraft zu Gebote stehen. In diesem Falle wird der Serienmotor langsamer gehen, aber eine proportional grössere Zugkraft entwickeln. Seine grösste Geschwindigkeit bei gleichem Strome wird der Serienmotor auf ebener Strecke erreichen, da hier nur eine geringere Zugkraft nötig ist. Der Umstand, dass der Motor sein eigenes Gewicht und das des mindestens leeren Wagens zu ziehen hat, verhindert ihn am sogenannten „Durchgehen“. Gerät der Wagen auf abschüssige Strecken, so hat man es schnell in der Hand, den Motor auszuschalten, da ja das Beharrungsvermögen des in rascher Bewegung befindlichen Wagens auf solchen Teilen der Strecke eine Triebkraft nicht erfordert.

Einen erheblichen Nachteil besitzen die Serienmotoren insofern, als sie zu Kraftübertragungs- und Beleuchtungszwecken nicht verwendbar sind; auch bei der Primärstation ist dies wegen der schwankenden Spannung nicht angängig.

Bei dem Nebenschlussmotor ist der Stromlauf gleichfalls derselbe, wie bei den Nebenschluss-Primärmaschinen (Seite 45). Bei gleichbleibender Spannung der Primärdynamo ist die magnetisierende Kraft der Magnetwicklung immer dieselbe, da die Wickelung in einem besonderen Zweig liegt. Deshalb wird bei allen Nebenschlussmotoren bei veränderlicher Belastung stets eine gleichmässige hohe Tourenzahl bleiben. Ein Nebenschlussmotor wechselt unter Zugrundelegung einer gleichbleibenden Spannung ohne weitere Regulierung von selbst seine Tourenzahl vom Leerlauf zum Vollauf um nur etwa 6 pCt., eine Schwankung, womit wohl jede Industrie auszukommen vermag. Diese Schwankung, wenn auch noch so gering, giebt den Beweis, dass das magnetische Feld bei Vollbelastung stärker geworden ist. In der That tritt infolge des grösseren Ankerstromes bei Vollbelastung eine stärkere

Magnetisierung des Ankereisens auf, die das magnetische Feld der Pole verstärkt. Wird also die Belastung des Motors vergrössert, so sinkt die Umlaufzahl etwas, proportional die Gegenspannung und im grösseren Masse steigt sofort die Stromstärke des Elektromotors, bis die dadurch vergrösserte Zugkraft der Belastung wieder die Wage hält.

Wie oben bereits angeführt, reguliert sich der Nebenschlussmotor selbstthätig. Genügt jedoch diese nicht, so haben wir es vollkommen in der Hand, durch einen einfachen Eingriff in die Regulierung die Umlaufzahl beliebig zu erhöhen oder zu vermindern. Wollen wir dieselben erhöhen, so müssen wir durch etwas mehr Widerstand im Nebenschluss den Strom desselben, also den Magnetismus etwas schwächen. Eine Regulierung ist auch schon durch Verstellen der Bürsten zu erreichen. Sollte eine noch grössere selbstthätige Konstanthaltung der Spannung gewünscht werden, so ist diese durch Motoren erreichbar, die mit Compound- (gemischter) Wickelung ausgeführt sind. Der Hauptvorteil des Nebenschlussmotors liegt in dem Umstand, dass von einer und derselben Stromquelle gleichzeitig mehrere Motore ohne gegenseitige Beeinflussung ihrer Tourenzahl und Wirkungsweise betrieben werden können. Jedoch ist seine Anwendung durch die Höhe der Spannung beschränkt. Kleine Nebenschlussmotoren wird man nur bis 200 Volt, grössere bis 500 Volt verwenden, vorausgesetzt, dass die Beleuchtungsspannung nicht geringer ist. Der Nebenschlussmotor findet die ausgedehnteste Benutzung in der Industrie, namentlich auch da, wo Kraftübertragung und Beleuchtung von einer Stromquelle verlangt und ferner dort, wo der elektrische Strom einer Zentrale entnommen wird.

Der Verbund- (Compound-) Motor findet dieselbe Anwendung, wie der Nebenschlussmotor. Der Vorteil des ersteren Motors gegenüber dem letzteren beruht in der sich vollkommen gleichbleibenden Geschwindigkeit. Wie bereits auf Seite 45 und 46 angegeben wurde, besitzen die Elektromagnete der elektrischen Compound-Maschinen zwei Wickelungen, eine Nebenschluss- und eine Hauptstromwickelung; sie vereinigen also gewissermassen die Serienmaschine und die Nebenschlussmaschine. Die Hauptstromwickelung ist mit dem Anker in Hintereinanderschaltung und derart bemessen, dass ihre magnetisierende Wirkung derjenigen der Nebenschlusswickelung entgegenwirkt und das Feld bei steigender Belastung in dem Masse abschwächt, wie es die Ankerkraftlinien verstärken.

Hierdurch wird eine vollkommen gleichbleibende Spannung (Geschwindigkeit) erreicht. Für praktische Bedürfnisse genügt indessen der Nebenschlussmotor in fast allen Fällen, weshalb der Compoundmotor nur äusserst selten zur Verwendung gelangt.

Die Wechselstrommotoren gelangen erst in neuerer Zeit zur praktischen Benutzung und vornehmlich ist es die Firma Ganz & Co. in Budapest, die hier bahnbrechend vorangegangen ist. Der Ganz'sche synchrone*) Wechselstrommotor wird durch Zuführen von Wechselströmen in den Anker in Bewegung gesetzt und erhalten, wobei beim normalen Gange die Anzahl der Magnetpolvorübergänge vor jeder der Ankerspulen gleich ist der Zahl der Stromrichtungswechsel des zugeführten Wechselstromes.

Der Gleichstrom wird hauptsächlich bei Kraftübertragungen in Anwendung kommen, wo eine Sekundärstation mit einem Motor benötigt wird und zwar kann man in diesem Falle bis zu 2000 Volt Spannung gehen. Da sich aber Gleichstrommaschinen nur zur Erzeugung von elektrischer Energie begrenzter Spannung eignen, so wird man mehrere Gleichstrommaschinen hintereinander schalten, um die angegebene Maximalspannung zu erreichen. Zur Erzielung dieser angegebenen Spannung müssen indessen Reihenschaltungsmotoren benutzt werden, zwei- oder vierpolig, damit die mechanische Herstellung des Stromabgebers einesteils und der Isolierung der Feldmagnete, Anker und Kollektor andernteils nicht erschwert wird.

Der Wechselstrom gestattet eine bei weitem höhere Steigerung der Spannung (30 000 Volt und mehr) unter Benutzung der durch Oel isolierten Wechselstrom-Transformatoren. Da aber die Herstellung einer Anlage, je ausgedehnter sie ist, desto billiger zu stehen kommt, wenn die Spannung des elektrischen Stromes so hoch wie möglich gewählt werden kann, da in diesem Falle der Leitungsquerschnitt dementsprechend kleiner sein kann, so ist augenfällig der Wechselstrom das allergünstigste System zur vorteilhaften Fernleitung von Arbeitskraft. Der Wechselstrom hat jedoch neben diesem Vorteil den Nachteil, dass durch ihn Elektromotoren nicht direkt zum Anlaufen gebracht werden können, und dass das Angehen des Motors sehr umständlich ist. Die Nachteile des Wechselstrommotors vermehren sich noch, wenn er zur Lichterzeugung und zugleich zur Kraftübertragung verwendet werden soll.

*) synchron = gleichartig.

Eine Unterscheidung des Wechselstromes tritt auch insofern ein, als man von einem einphasigen und mehrphasigen Wechselstrom spricht. Hiervon hat sich nun in neuester Zeit mehr und mehr der dreiphasige Wechselstrom zu einem

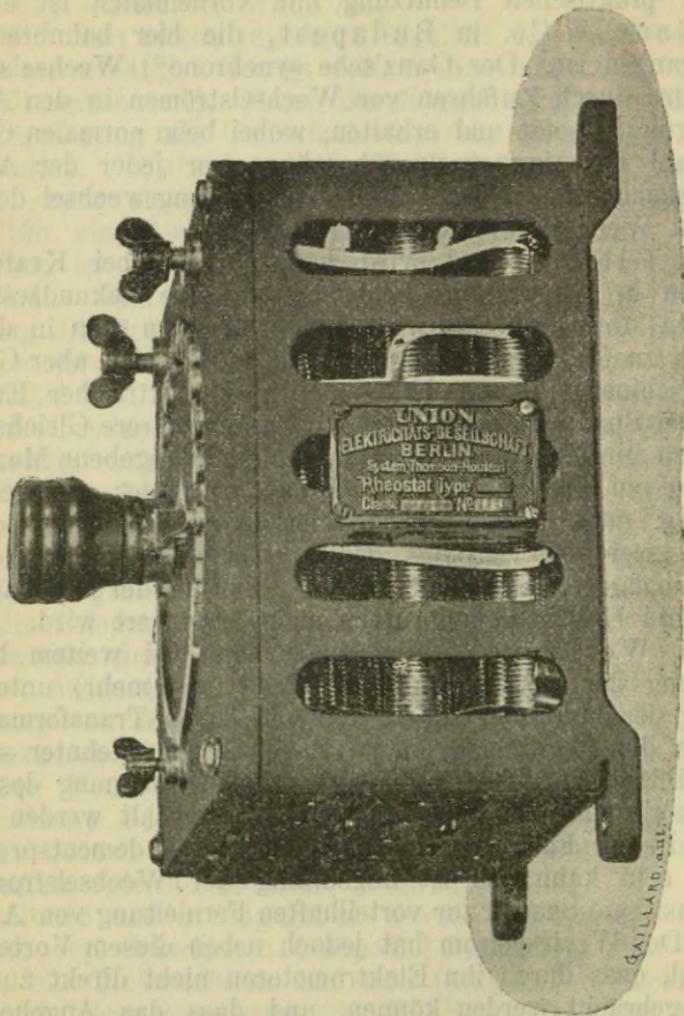


Fig. 115.

besonderen, hochwertigen System, dem Drehstromsystem, ausgebildet. Es ist bereits früher darauf hingewiesen worden, dass der Drehstrom eine grosse Zukunft vor sich hat, und von Tag zu Tag mehren sich die Anzeichen hierfür. Welches von allen Systemen jedoch das beste ist, lässt sich immer nur

von Fall zu Fall entscheiden. Es sprechen da so viele grundverschiedene Gesichtspunkte mit, dass es niemals möglich ist, ein bestimmtes System prinzipiell hervorzuheben.

Zum Anlassen der Elektromotoren dient ein Anlass-Widerstand oder Rheostat, dessen Wirkungsweise mit den Drosselklappen und Absperrschiebern bei Dampf- und hydraulischen Maschinen zu vergleichen ist. Die Ingangsetzung kann langsam ohne jeden Stoss oder schnell je nach Wunsch erfolgen. Die Union, Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin SW. verwendet den in Figur 115 abgebildeten Anlass-Widerstand. Der Rheostat besteht aus einer Anzahl in ein isoliertes Gehäuse eingeschlossener Drahtwindungen von gewissem Widerstand, die beim Anlassen des Motors durch Drehung eines Handrades nacheinander ausgeschaltet, bezw. kurz geschlossen werden in der Weise, dass der Strom anfangs durch alle hintereinander geschalteten Drahtspiralen zu gehen gezwungen ist, dann aber nach und nach durch weitere Bewegung des Handrades immer weniger Drahtspiralenlängen zu durchwandern braucht, bis er nach Ausschaltung aller Spiralen direkt von der Leitung zum Motor gelangen kann. Auf einer Schieferplatte sind die Kontakte, an welche die einzelnen Spiralen angeschlossen sind, montiert; gleichzeitig findet auf der Platte ein Bogenstück zur Bedienung des Nebenschlusses Aufnahme.

Anlass-Widerstände können sowohl auf diese Weise aus festen Spiralen hergestellt werden, wie auch als Flüssigkeits-Widerstände, wie Figur 116 einen solchen in der Ausführung von Gebr. Körting, Körtingsdorf bei Hannover darstellt. Diese Anlasswiderstände gestatten ein ausserordentlich sanftes Einrücken des Motors. Sie sind sehr kräftig gebaut; namentlich besteht das untere Gefäss aus Gusseisen, das mit schwach angesäuertem Wasser gefüllt wird. Durch eine besondere Kontaktvorrichtung wird nach erfolgtem Einrücken des Motors der Widerstand automatisch aus dem Stromkreise ausgeschaltet.

Wie aus vorstehendem ersichtlich, ist das Anlassen eines Elektromotors die denkbar einfachste Arbeit. Nicht bedarf es der vielen Handgriffe beim An-

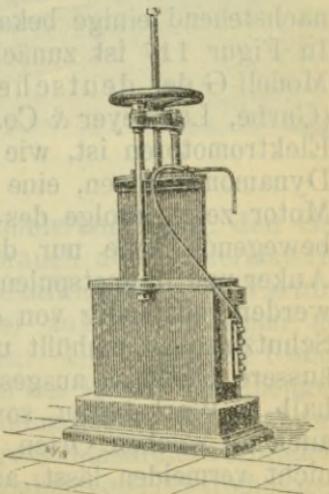


Fig. 116.

gehen des Gasmotors, die erst geübt werden müssen, nicht bedarf es des Andrehens des schweren Schwungrades, wie es bei Dampfmaschinen erforderlich ist, sondern einzig und allein einer kurzen, einfachen Verstellung eines Stromschlüssels. Bei diesem Schliessen tritt der Strom in die Elektromagnetwindungen ein und erzeugt das magnetische Feld mit gleichzeitiger, allmählicher Verstärkung des Stromes, bis der Motor den stationären Zustand erreicht hat. Ist der Motor einmal in Gang gesetzt und auf bestimmte Tourenzahl eingestellt, so reguliert er sich von selbst auf konstante Umlaufzahl, auch im Falle die Belastung wechselt. Der Gebrauch eines besonderen Regulators zum Ausgleich der Tourenschwankungen, ähnlich wie bei den Dampfmaschinen, ist vollständig ausgeschlossen. Die Wartung eines Elektromotors beschränkt sich im wesentlichsten auf das täglich vorzunehmende Reinigen des Kollektors und das Nachstellen der Bürsten. Erhellet schon aus all dem Gesagten der ungemeine Vorteil der Elektromotoren gegenüber allen anderen Kraftmaschinen, so wird dieser noch ganz bedeutend durch die hygienischen Vorzüge des Elektromotors erhöht. Kein Rauch, kein Russ oder Dampf, keine übermässige Hitze erzeugt der Elektromotor. Die Stromzuführungen geschehen ohne komplizierte Rohrleitungen und ohne jede Schwierigkeit durch die Kabel. Kein ängstliches Dichten der Ventile und Rohrverbindungen ist hier nötig — ein sicher und gewissenhaft verlegtes, gut isoliertes Kabel hält ewige Zeiten.

Von den vielen Elektromotorenkonstruktionen sollen nun nachstehend einige bekannte Typen näher besprochen werden. In Figur 117 ist zunächst der zweipolige Nebenschlussmotor, Modell G der deutschen Elektrizitäts-Werke zu Aachen (Garbe, Lahmeyer & Co.) abgebildet. Die Konstruktion dieser Elektromotoren ist, wie die der von derselben Firma gebauten Dynamomaschinen, eine einfache. Der im Betriebe befindliche Motor zeigt infolge des geschützten Baues äusserlich als sich bewegende Teile nur den Kollektor und die Riemenscheibe; Anker und Magnetspulen, die empfindlichsten Teile der Maschine, werden vollständig von dem gusseisernen Gestell, sowie von den Schutzblechen umhüllt und sind somit Beschädigungen durch äussere Einflüsse ausgeschlossen. Diese Motoren können deshalb in Werkstätten, sowie an Arbeitsmaschinen u. s. w., selbst auch an solchen Orten, wo das Umherfliegen von Spänen sich nicht vermeiden lässt, aufgestellt werden. Der Nutzeffekt der Maschinen beträgt 92⁰/₀. Ein besonderer Vorteil dieser Elektro-

motoren ist die, durch die magnetische Anordnung verhinderte Streuung der Kraftlinien, d. h. eine nach aussen bemerkbare magnetische Anziehung. Eisenfeilspäne und Staub werden daher nicht angezogen und können diese Motoren somit auch in mechanischen Werkstätten, in denen Eisen bearbeitet wird, aufgestellt werden. Die Schmierung der Lager erfolgt bei allen Modellen dieser Firma durch Ringschmierung, der Stillstand

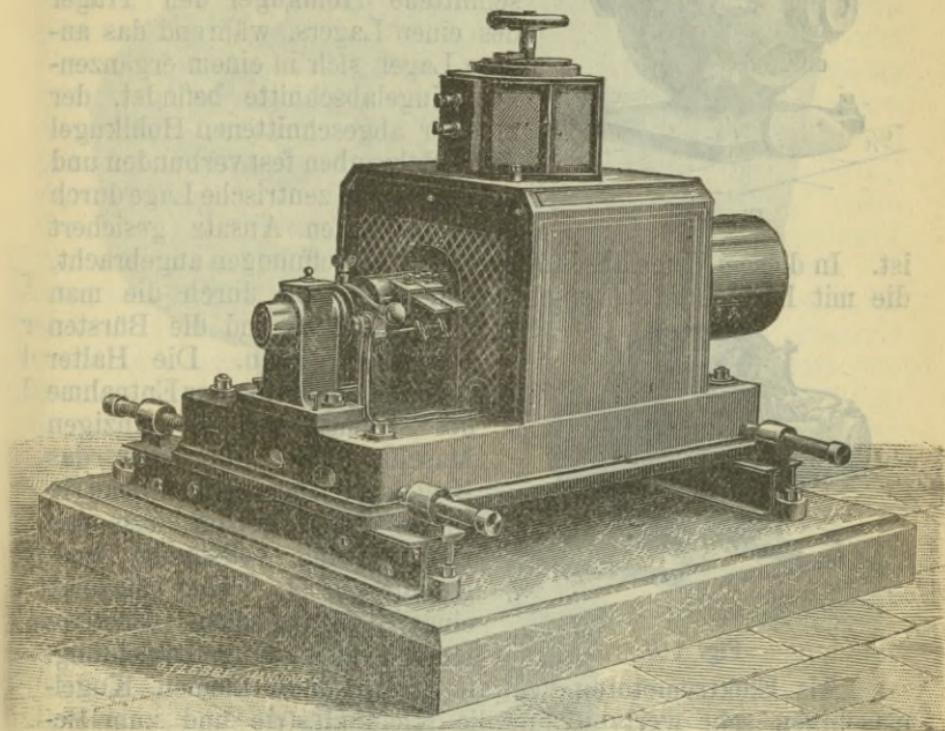


Fig. 117.

des Motors unterbricht auch die Schmierung bzw. den Oelverbrauch. Es ist demnach der Verbrauch an Schmiermaterial bei diesen Motoren der denkbar wirtschaftlichste. Die Wartung der Motoren beschränkt sich tagsüber auf das Reinigen des Kollektors und Nachstellen der Bürsten. Um grösseren Ueberanstrengungen und damit Gefährdungen des Motors vorzubeugen, wird zu jedem Elektromotor ein automatischer Apparat geliefert, der selbstthätig eine übermässige Stromzufuhr verhindert.

Gleichfalls nach dem Prinzip der Lahmeyer-Elektromotoren, die empfindlichen Teile des elektrischen Motors zu schützen,

ist der kleine Elektromotor in Kugelform (Figur 118) von Gebr. Körting, Körtingsdorf bei Hannover gebaut. Das Magnetgestell ist hierbei als eine abgeschnittene Hohlkugel gestaltet, die den eigentlichen Motor umschliesst und die unten zu einer kräftigen Grundplatte ausgebildet ist. Zugleich bildet diese abgeschnittene Hohlkugel den Träger des einen Lagers, während das andere Lager sich in einem ergänzenden Kugelabschnitte befindet, der mit der abgeschnittenen Hohlkugel durch Schrauben fest verbunden und dessen genaue zentrische Lage durch einen gedrehten Ansatz gesichert

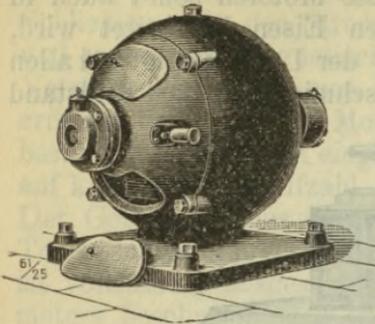


Fig. 118.

ist. In diesem Kugelabschnitte sind zwei Oeffnungen angebracht, die mit Deckeln fest verschliessbar sind, und durch die man

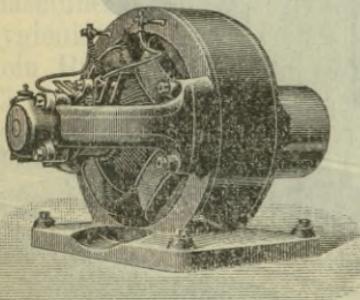


Fig. 119.

den Kollektor und die Bürsten besichtigen kann. Die Halter der Kohlenbürsten zur Entnahme des Stromes sind die einzigen Maschinenteile, die über das Kugelgestell hervorragen, und sie sind so kräftig gebaut, dass eine Beschädigung vollständig ausgeschlossen ist. Figur 122 zeigt einen Körting'schen Elektromotor ohne die Kugelbekleidung.

Als Elektromotoren verwandt, sind diese kleinen Kugelmaschinen sehr wertvoll für die Kleinindustrie und zum Betriebe von Ventilatoren, Pumpen u. s. w. im Gewerbebetriebe und in Wohnhäusern, da sie mit hoher Nutzleistung arbeiten, eines kundigen Wärters nicht bedürfen und gegen Staub, Nässe und äussere Beschädigungen völlig geschützt sind.

Gleichfalls die geschlossene Bauart wendet Union, Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin SW. bei ihren Kapsel-Motoren an. Dieselben sind vollständig staubdicht in einer zweiteiligen Kapsel aus Stahlguss eingeschlossen, die in ihrem Innern die Magnete an sich trägt. Das Magnetsystem ist vierpolig mit Folgepolen gebildet. Die Bürsten sind bei dem geschlossenen Motor durch einen halbkreistörmigen Ausschnitt der Kapsel an der Kollektorseite sehr leicht zugänglich. Be-

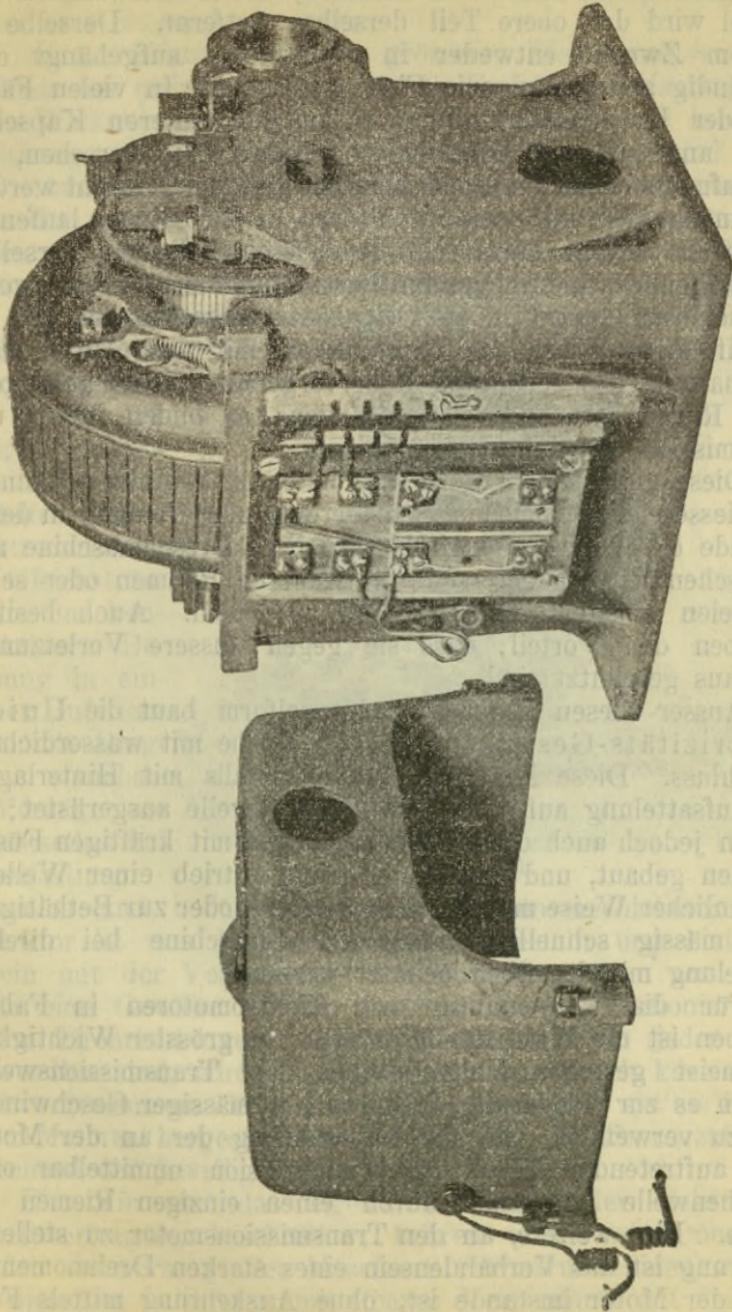


Fig. 120.

hufs genauer Revision des Ankers, sowie des Innern der Kapsel wird der obere Teil derselben entfernt. Derselbe ist zu dem Zwecke entweder in Scharnieren aufgehängt oder vollständig abnehmbar, wie Figur 120 zeigt. In vielen Fällen wird der Kapselmotor mit zwei an den unteren Kapselteil direkt angegossenen Hinterlagern (Figur 120) versehen, die zur Aufnahme einer Transmissionswelle geeignet gemacht werden. Der Antrieb der mit etwa 500 Touren in der Minute laufenden Motorwelle erfolgt durch ein der Geschwindigkeit derselben entsprechendes, spielfrei geschnittenes Zahnradpaar, das zwecks geräuschlosen Ganges in ein Oelgehäuse eingeschlossen ist. Es ist auf diese Weise die Transmission mit dem Motor nach Einschaltung des genannten Rädervorgeleges direkt gekuppelt. Jeder Riemen ist dadurch umgangen; es bilden Motor und Transmission ein einheitliches Ganzes.

Diese gekapselten Motoren können in staubigen Räumen, wie Giessereien, Schmieden, Schleifereien oder Tennen, in denen Getreide durch eine elektrisch betriebene Dreschmaschine ausgedroschen wird, andererseits in feuchten Räumen oder selbst im Freien arbeiten, ohne Schaden zu leiden. Auch besitzen dieselben den Vorteil, dass sie gegen äussere Verletzungen durchaus geschützt sind.

Ausser diesen Motoren in Kapselform baut die Union, Elektrizitäts-Gesellschaft noch solche mit wasserdichtem Verschluss. Diese Motoren sind gleichfalls mit Hinterlagern zur Aufsattelung auf eine Transmissionswelle ausgerüstet; sie werden jedoch auch ohne Hinterlager und mit kräftigen Füßen versehen gebaut, und können so zum Antrieb einer Welle in gewöhnlicher Weise mittels eines Riemens oder zur Bethätigung einer mässig schnelllaufenden Arbeitsmaschine bei direkter Kuppelung mit derselben benutzt werden.

Für die Verwendung von Elektromotoren in Fabrikbetrieben ist die Wahl der Motortype von grösster Wichtigkeit. Die meist geringen Umlaufzahlen der Transmissionswellen machen es zur Forderung, Motoren mit mässiger Geschwindigkeit zu verwenden, die die Ueberleitung der an der Motorwelle auftretenden Kraft zur Transmission unmittelbar ohne Zwischenwelle möglichst durch einen einzigen Riemen gestatten. Eine weitere, an den Transmissionsmotor zu stellende Forderung ist das Vorhandensein eines starken Drehmomentes, damit der Motor imstande ist, ohne Auskehrung mittels Fest- und Losscheibe oder Friktionskuppelung die Transmission mit

den Vorgelegewellen der einzelnen Arbeitsmaschinen beim Anlaufen in Bewegung zu setzen.

Bei der Konstruktion von grösseren Elektromotoren wird allseits am meisten Gewicht auf die Erzielung eines möglichst hohen Wirkungsgrades gelegt, während Kleinmotoren in dieser Beziehung sehr mit Unrecht vernachlässigt worden sind. Bei den letzteren hängt der Wirkungsgrad wesentlich von der Güte der mechanischen Ausführung ab. Die Fabrikation derselben passt daher mehr in den Rahmen feinmechanischer Werkstätten, als wie in Maschinenfabriken.

Mit ganz besonderer Sorgfalt pflegen Hartmann & Braun in Bockenheim bei Frankfurt a. M. diesen Zweig des Kleinmotorenbaues.

In Fig. 121 bringen wir eine Abbildung ihres Modells. Diese Elektromotoren für Gleichstrom bieten in konstruktiver Beziehung in einfacher Hufeisenform mit Ringanker mancherlei Vorzüge; sie laufen selbst bei Ueberlastung

$\frac{1}{5}$
n. Gr.

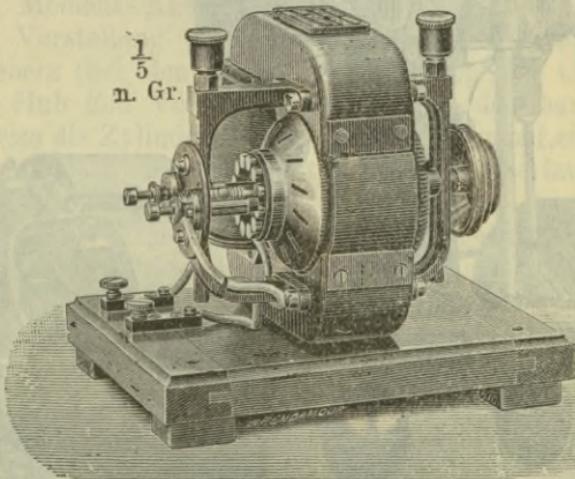


Fig. 121.

funklenlos und bedürfen keinerlei Bürstenverschiebung. Der Kollektor ist aus hartem Material hergestellt und bietet im Verein mit der Verwendung von Stromabnehmern aus Rundkohle eine Gewähr für ein dauernd gutes Funktionieren in beiden Drehrichtungen. Damit die Motoren in jeder Lage verwendbar sind, wird die Lagerschmierung durch konsistentes Fett vorgenommen. Wie alle Kleinmotoren sind sie als Hauptstrom-Motoren hergestellt, sie ändern also die Tourenzahl entsprechend der jeweiligen Belastung.

Ehe wir nun das eigentliche Gebiet der elektrischen Kraftübertragung beschreiten, kehren wir vorerst nochmals zu den stromerzeugenden Maschinen (Primärmaschinen) zurück, um dieselben in ihrer unmittelbaren Verbindung mit dem Antriebsmotor zu betrachten. Durch die Vereinigung der Dampf-

oder Gasmotore mit der Dynamomaschine hat die Anwendung des elektrischen Starkstromes ganz wesentliche Fortschritte gemacht, da durch die Ersparnis vieler Transmissionen nicht allein der Kostenpunkt ein erheblich günstigerer geworden ist, sondern in vielen anderen Beziehungen tragen die Dampf- und Gasdynamos infolge ihrer Einfachheit und Uebersichtlichkeit dazu bei, — namentlich in solchen Fällen, wo an Raum ge-

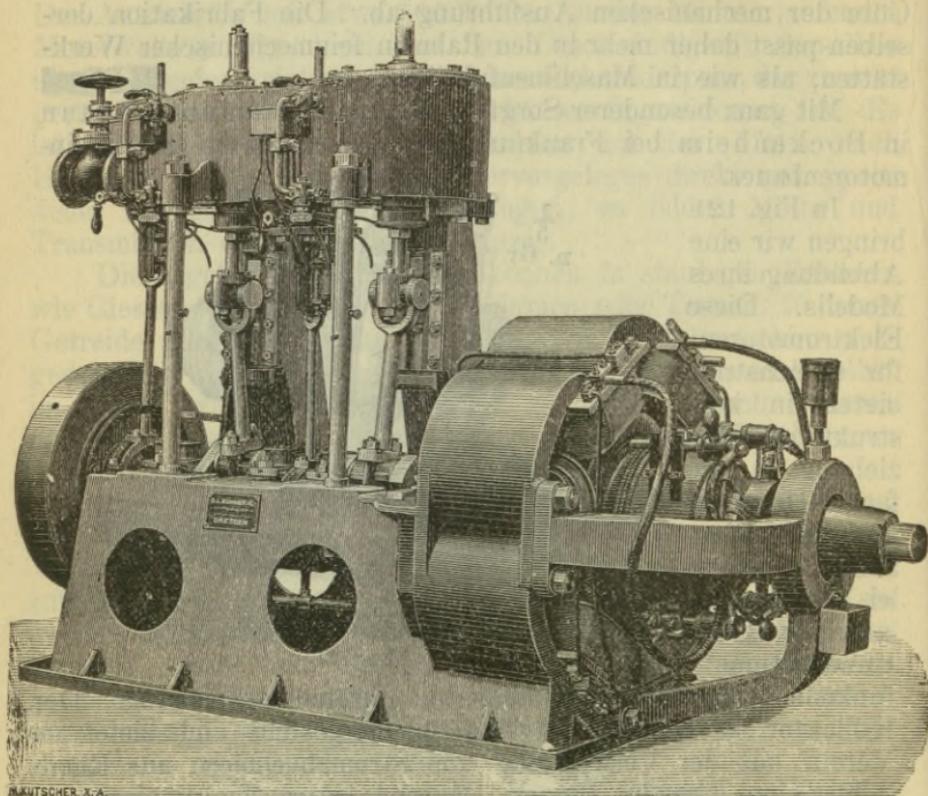


Fig. 122.

spart werden muss — der Verwendung des elektrischen Stromes einen Vorsprung zu erringen.

In Figur 122 führen wir eine Dampf-Dynamomaschine für Gleichstrom mit Verbund-Dampfmaschine der bestens bekannten Aktiengesellschaft Elektrizitätswerk vorm. O. L. Kummer & Co. zu Niedersedlitz bei Dresden vor. Die Bauart dieser mehrzylinderigen Dampfmaschinen zeichnet sich durch grosse Stabilität aus. Die Zahl der Magnetpole beträgt

bei den kleineren Modellen vier, bei den mittleren sechs und den grösseren entsprechend mehr. Die Abstützung der Dampfzylinder wird bei den kleineren Maschinen hinten durch zwei starke gusseiserne Ständer mit Geradföhrung, vorn durch zwei schmiedeeiserne Säulen bewirkt (Figur 122), während die grösseren Maschinen vier starke, gusseiserne geflanschte Säulen besitzen. Die Dampfkolben werden aus Stahlguss, Kolben und Schieberstangen aus geschmiedetem Stahl, die Pleuelstangen aus Schmiedeeisen, die Lager aus Phosphorbronze angefertigt. Alle Schieber sind Röhrenschieber mit Ausnahme der grösseren Niederdruckschieber, die als entlastete Flachschieber konstruiert sind. Alle Maschinen sind mit dem patentierten, gleichzeitig als Schwungrad dienenden Moment-Achsen-Regulator ausgestattet, der durch direkte Verstellung des Exzenters des Hochdruck-Expansionsschiebers (bei den kleineren Maschinen des Grundschiebers) nach Hub und Voreilung, also in der denkbar vorteilhaftesten Weise die Zylinderföhrung, der jeweiligen Leistung entsprechend, verändert, sodass selbst noch beim Leerlauf der volle Admissionsdruck im Zylinder vorhanden ist. Grössere Maschinen werden mit Einspritz-Kondensation gebaut und in der zum Kondensator föhrenden Abdampfleitung noch mit einem Wechselventil versehen, das auch das Arbeiten mit Aussenpuff gestattet. Die Maschinen für niedrigen Dampfdruck erhalten teilweise wegen der schweren Schieber grössere Regulatoren, als die für höheren Druck und deshalb noch ein Aussenlager, das die Gesamtlänge um ca. 300—500 mm vergrössert. Die Dampfzylinder, die auf beiden Seiten mit Sicherheitsventilen und Ausblasehähnen versehen sind, sowie die Schieberkasten sind durch sorgfältige Verkleidung gegen Wärmeverluste geschützt. Für die Schmierung der Dampf-schieber und Kolben ist eine zwangsläufig angetriebene, in ihrer Leistung verstellbare Ritter'sche Oelschmierpumpe vorgesehen, während für die Kolben und Schieberstangen, sowie für alle Lager und Zapfen Zentral-Schmiervorrichtungen angeordnet sind.

Es war naheliegend, dass bei der raschen Einführung der Dampf-Dynamos man auch bald eine Vereinigung der Gasmotoren mit einer Dynamo ins Auge fasste, und die Firma Gebr. Körting, Körtingsdorf bei Hannover ging auch hier, wie auf dem Gebiete des Gasmotorenbaues, bahnbrechend voran. Gebr. Körting hatten bekanntlich durch einen Prozess das Otto'sche Gasmaschinen-Monopol endgültig gebrochen.

Figur 123 veranschaulicht eine Körting'sche Gasdynamo. Die elektrische Maschine ist eine langsamlaufende Dynamo, bei der das Magnetgestell mit der Grundplatte aus einem Stück besteht. In dem gusseisernen Ringe sind nach innen die sechs bzw. 8 Magnetpole angegossen.

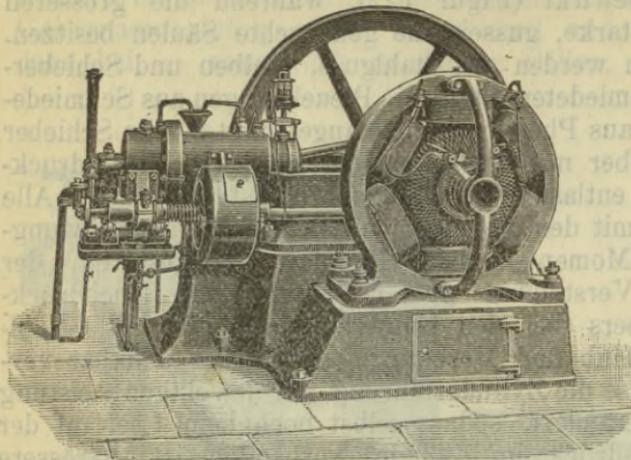


Fig. 123.

Der Anker besteht aus von einander isolierten Blechringen, die mittels kräftiger Schraubenbolzen auf einer zwecks Ventilation flügelartig ausgestatteter Guss-Trommel festgehalten werden. Die mehrpolige

Trommelwicklung liegt wiederum in Nuten, die Bandagen liegen in eingedrehten Rillen. Infolge dieser Konstruktion können die Anker trotz ihren — gegenüber schnelllaufenden Maschinen — erheblichen Gewichten, leicht mittels Walzen auf dem äusseren Umfange transportiert werden. Wegen der sehr geringen Umfangsgeschwindigkeit des Ankers sind Betriebsstörungen durch Abfliegen von Drähten ausgeschlossen und wegen der noch geringeren Geschwindigkeit des Kollektors, die nur einen Bruchteil der Ankergeschwindigkeit beträgt, ist die Abnutzung desselben ausserordentlich gering, umsomehr, als die Maschine völlig funkenlos arbeitet. Die Stromabnahme am Kollektor geschieht nur an zwei Stellen, die um $45-60^{\circ}$ auseinanderliegen. Die Bürstenbrücke ist bei den grösseren Maschinen mittels Zahnbogens und Handrades verstellbar.

Die Konstruktion der Gasdynamos ist dem Bedürfnisse entsprungen, die Kraftmaschine, vereint mit der Dynamo, unter Gewähr einer bestimmten elektrischen Leistung in den Verkehr zu bringen und zugleich dem Erfordernisse des geringsten Raumbedarfs, höchster Nutzleistung und grösster Einfachheit Rechnung zu tragen.

Um diesen Zweck zu erreichen, haben Gebr. Körting, Körtingsdorf bei Hannover, ihre liegenden Gasmotoren

unmittelbar mit einer langsamlaufenden Dynamo ihrer neuen Konstruktion verbunden, indem der Anker derselben auf das Wellenende der Gasmaschine gekeilt und dadurch eine besondere Lagerung der Dynamo vermieden wird.

Die Gasmotoren besitzen eine Präzisionssteuerung, wodurch zur Beibehaltung der Gleichförmigkeit des Ganges die Stärke der einzelnen Ladungen nach Bedarf vergrössert oder verkleinert wird. Ausserdem besitzen sie ein besonders schweres Schwungrad, das bei den Maschinen von 12 PS aufwärts noch durch ein besonderes Aussenlager gestützt wird.

Die elektrische Kraftübertragung.

Die Elektrizität hat auf dem Gebiete der Kraftübertragung, d. h. die Elektrizität auf einer Stelle zu erzeugen, dann weit fortzuleiten und an einer oder mehreren Stellen zu verbrauchen, die bedeutendsten Fortschritte und Erfolge zu verzeichnen. Die ersten Versuche, den elektrischen Strom in einigermaßen bedeutender Entfernung von der Erzeugungsstelle nutzbar zu machen, reichen nicht weiter zurück, als bis zum Jahre 1881, und nachdem man zehn Jahre später zur Frankfurter elektrotechnischen Ausstellung 300 HP auf eine Entfernung von 175 km mit Erfolg übertragen hatte, dachte man daran, die ungeheuren Wasserkräfte der Niagara-Fälle in Nordamerika zur Weltausstellung in Chikago zur teilweisen Verwendung zu bringen.

Der französische Physiker Marcel Duprez war es, der die ersten Versuche auf der Elektrizitäts-Ausstellung zu Paris 1881 ausführte, wobei es sich um die Uebertragung elektrischer Energie auf eine Entfernung von 1800 m handelte. Schon im Jahre darauf folgte diesem ersten, bescheidenen Versuch ein zweiter, indem man gelegentlich einer elektrischen Ausstellung in München einen elektrischen Strom verbrauchte, der in dem 57 km weit entfernten Griesbach erzeugt wurde. Die begonnenen Versuche konnten zwar damals infolge von Betriebsstörungen nicht zu Ende geführt werden, allein schon 1883 gelang es Duprez bei Versuchen, die in den Werkstätten der französischen Nordbahn gemacht wurden, bessere Resultate zu erzielen, und 1885 leitete er bei einer Pariser elektrischen Kraftübertragung 40 HP 152 km weit mit einer Spannung

von 5000 bis 6000 Volt bei einem Gesamtnutzeffekt von rund 50 % fort.

Die Neigung der Elektrotechnik, sich hauptsächlich in der Richtung der elektrischen Kraftübertragung zu entwickeln und zu vervollkommen, ist ganz bedeutend gefördert worden, nachdem nunmehr fast alle grösseren Städte elektrische Zentralen oder Blockstationen zur Verfügung haben. In solchen Fällen bietet die Zuführung von elektrischer Energie auch zu Kraftzwecken in solchen Städten kaum noch irgend welche Schwierigkeiten. Sie wird namentlich auch dadurch erleichtert, dass die Zentralen zwecks besserer Ausnutzung ihrer Anlagen die Elektrizität wenigstens tagsüber zu wesentlich billigeren Preisen als für Beleuchtungszwecke abgeben. Zu einem wichtigen Faktor wird die Anwendung der elektrischen Kraftübertragung in Fabriken, denen Wasser- oder Dampfkraft zur Verfügung steht. Wer kennt nicht die oft sehr langen und teuern Drahtseilübertragungen in Hütten- oder Bergwerken mit ihren Kraftverlusten und höchst kostspieligem Verschleiss. Welche Unmenge verwickelter Dampfröhrlungen und Hilfsdampfmaschinen oder Uebersetzungen, Transmissionswellen u. s. w. findet man nicht in alten Fabriken, die sich allmählich vergrösserten, um einzelne Säle und Filialen oft auf mehrere hundert Meter Entfernung in unzweckmässiger, weil sehr verlustreicher Weise zu treiben!

Der elektrischen Kraftübertragung gegenüber verschwinden die mit jenen Uebertragungsarten eng verknüpften Betriebsstörungen vollständig.

Wie wir schon in dem vorhergehenden Kapitel gesehen haben, trennen sich die Mittel, elektrische Energie auf grössere Entfernungen zu übertragen, in zwei streng von einander geordnete Arten: den Gleichstrom und den Wechselstrom. Beide haben ihre eigentümlichen Vorteile, beide haben ihre Nachteile. Zu behaupten, dass eine von den beiden Arten unbedingt den Vorzug verdient, kann nur ein oberflächlich Urteilender. Gleichstrommaschinen besitzen, wie schon früher erklärt, einen Kollektor zum Gleichrichten und zur Abgabe der in dem Anker erzeugten elektrischen Ströme. Bei Gleichstrom-Elektromotoren dient dieser Kollektor dazu, die von aussen zugeleitete gleichgerichtete elektrische Kraft dem Anker in der Weise zuzuführen, dass in ihm beständig magnetische Pole in relativ gleicher Lage erzeugt werden. Da der Kollektor dieser seiner Bestimmung wegen aus einzelnen, von einander

isolierten Metallsegmenten bestehen muss, bei dem Ueberschreiten der Bürsten von einem zum anderen Segmente aber Lichtbogenbildungen nicht zu vermeiden sind, so eignen sich Gleichstrommaschinen nur zur Erzeugung elektrischer Kraft von begrenzter Spannung, d. h. von etwa 1200 bis 1500 Volt höchstens und das auch nur, wenn sie sehr gross sind. Grössere Spannungen lassen sich, wie erwähnt, durch Hintereinanderschaltung mehrerer Maschinen hervorrufen.

Im Gegenteil zum Gleichstrom bietet der Wechselstrom, was die Spannung anlangt, nicht so enge Grenzen; denn, da der Kollektor bei Wechselstrom-Maschinen fehlt und durch Schleifringe ersetzt ist, die zu Lichtbogenbildungen keine Veranlassung geben, so findet die Höhe der Spannung dieser Maschinen nur eine Grenze in der Widerstandsfähigkeit des zur Isolation verwendeten Materials. Zur wirtschaftlich vorteilhaften Fernleitung von Arbeitskraft gehört nun, wie bei Dampf und Luft, so auch bei der Elektrizität, eine hohe Spannung. Je höher die Spannung des Stromes ist, desto geringer sind die Herstellungskosten der Fernleitung, desto geringer auch die Verluste, wie sie die Fernleitung nun einmal mit sich bringt.

Die elektrische Kraftübertragung kann man einteilen in solche auf Arbeitsmaschinen und solche auf grosse Entfernungen. Die Kuppelung der Elektromotoren mit den Arbeitsmaschinen, sowie die Art der Arbeitsübertragung von ersteren auf letztere ist noch ein viel umstrittenes Gebiet. Werkzeugmaschinenfabrikanten sowohl, als elektrische Firmen bemühen sich, das Beste herauszuklügeln. Leider fehlt dem einen oft das volle Verständnis für die Elektrotechnik, und der andere ist mit den verschiedenen Besonderheiten des Maschinenbaues nicht so gründlich vertraut, dass aus diesen Bemühungen etwas Zweckentsprechendes hervorgehe. Der Antrieb der Arbeitsmaschinen soll in der Regel, wenn möglich, direkt erfolgen können. Infolgedessen hat entweder die Arbeitsmaschine die für den Elektromotor nötige normale Umdrehungszahl, oder der Motor wird der Umdrehungszahl und dem Kraftbedarf der Arbeitsmaschine angepasst. Bedarf man z. B. eines 3 PS-Motors und sieht als normale Umdrehungszahl für denselben die Zahl 1000 an, entspricht ferner diese Zahl der Umdrehungszahl der Arbeitsmaschine, so kann der Motor ohne weiteres direkt mit der Arbeitsmaschine verbunden werden; beträgt die Tourenzahl aber nur 500 in der Minute bei gleichem Kraft-

bedarf, so muss der Motor, wenn keine Uebersetzung gewünscht wird, doppelt so gross als normal angenommen werden und wird auch doppelt so teuer. Die Gegensätze des jeweiligen Antriebes mittels Elektromotoren finden jedoch nicht allein im oben angeführten Sinne statt, sondern unter Elektrotechnikern selbst ist man sich über den Punkt keineswegs einig. Die Ueberlegenheit der elektrischen Kraftverteilung in industriellen Etablissements mittels Elektromotoren von einer mit Dampf

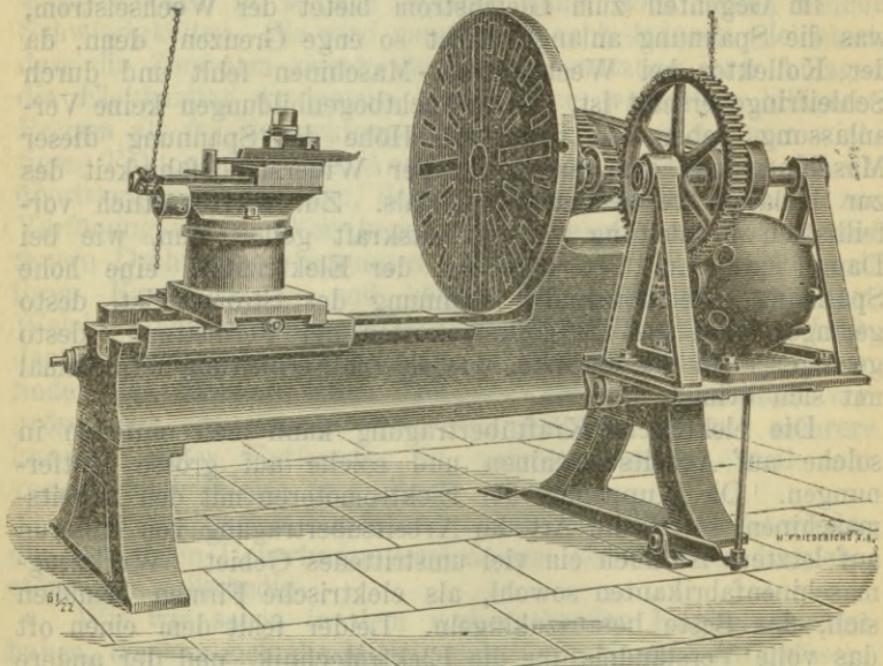


Fig. 124.

oder Kraftgas betriebenen Zentrale, an Stelle der bisherigen Antriebsmethoden haben die trefflichen Versuche und Abhandlungen der Oberingenieure Dihlmann, Schulz und Hartmann in überzeugender Weise dargethan. Dihlmann und Hartmann stehen sich aber in der Ausführung der Antriebe mittels Elektromotoren diametral gegenüber. Während der erstere jede Werkzeug- bzw. Arbeitsmaschine einzeln durch einen Motor betrieben wissen will, tritt der letztere für den Gruppenantrieb jedes einzelnen Arbeitssaales ein.

Figur 124 führt eine nach ersterem System direkt angetriebene Drehbank mit dem Kugelelektromotor von Gebr.

Körting vor. Die Firma ging bei der Konstruktion dieser Elektromotoren von der Ansicht aus, dass es sich vorwiegend nicht darum handele, neue Arbeitsmaschinen mit dem Elektromotor zusammengebaut zu liefern, sondern schon vorhandene Arbeitsmaschinen mit Elektromotorbetrieb auszurüsten. Der

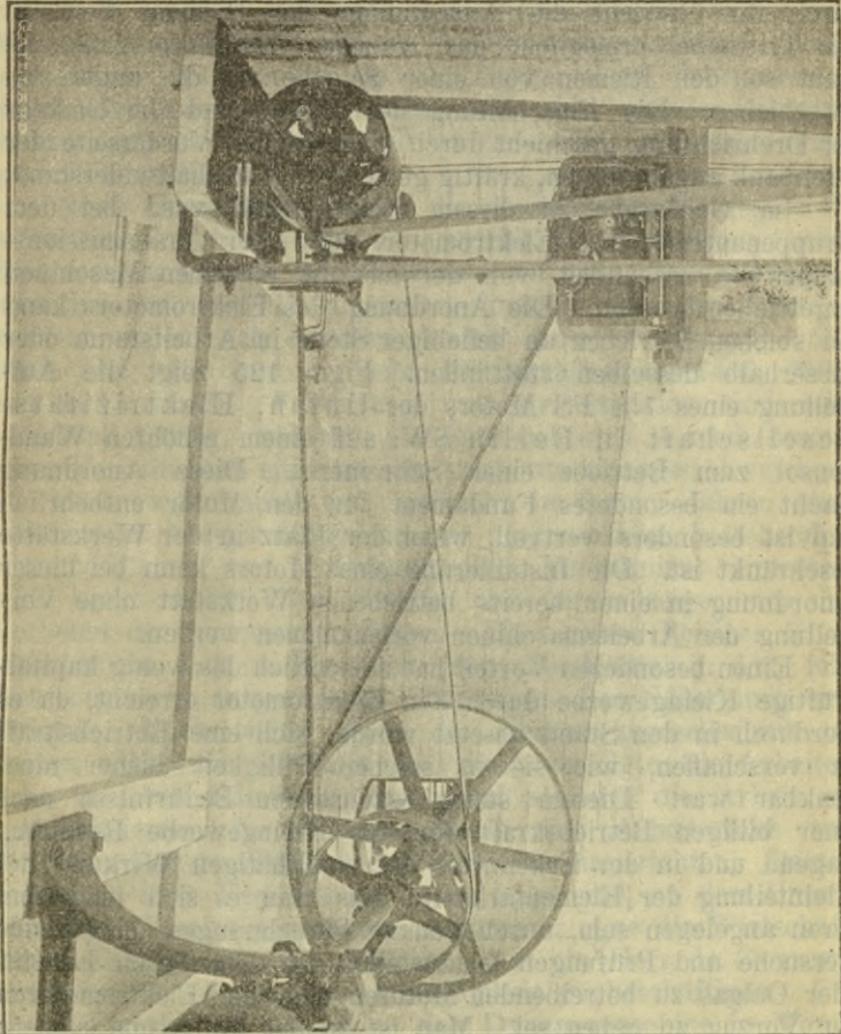


Fig. 125.

Motor ist nach beistehender Abbildung mit einem Zahnradvorgelege auf eine gemeinsame Grundplatte montiert. Das Vorgelege wird entweder oberhalb des Motors, wie auch die Figur zeigt, oder seitlich desselben angeordnet. Die Vorgelegewelle trägt nach Erfordernis die Riemenscheibe oder Stufen-

scheibe und arbeitet mit einem kurzen gelemten Riemen auf die Stufenscheibe oder Riemenscheibe der Werkzeugmaschine. Da es nicht zweckmässig erscheint, dem Arbeiter die Anspannung des Riemens zu überlassen, so ist die Grundplatte mit Motor und Vorgelege in der Schwinge aufgehängt und durch ihr Gewicht die Anspannung des Riemens bewirkt. Ein Tritthebel ermöglicht das Anheben des Motors und erlaubt so, den Riemen von einer Scheibe auf die andere zu verschieben. Die Einschaltung des Motors und die Umkehr der Drehrichtung geschieht durch einen an der Vorderseite der Drehbank angebrachten, kräftig gehaltenen Vorschaltwiderstand.

Im Gegensatz zu diesem Einzelantrieb wird bei dem Gruppenantrieb der Elektromotor mit einer Transmissionshauptwelle verbunden, von der aus die einzelnen Maschinen angetrieben werden. Die Anordnung des Elektromotors kann bei solchen Betrieben an beliebiger Stelle im Arbeitsraum oder ausserhalb desselben stattfinden. Figur 125 zeigt die Aufstellung eines $7\frac{1}{2}$ PS Motors der Union, Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin SW. auf einem erhöhten Wandkonsol zum Betriebe einer Schreinerei. Diese Anordnung macht ein besonderes Fundament für den Motor entbehrlich und ist besonders wertvoll, wenn der Platz in der Werkstätte beschränkt ist. Die Installierung eines Motors kann bei dieser Anordnung in einer bereits betriebenen Werkstatt ohne Verstellung der Arbeitsmaschinen vorgenommen werden.

Einen besonderen Vorteil hat namentlich das wenig kapitalkräftige Kleingewerbe durch den Elektromotor erreicht, da es hierdurch in den Stand gesetzt wurde, sich eine Betriebskraft zu verschaffen, wie sie in solcher Billigkeit bisher nicht denkbar war. Diesem stetig wachsenden Bedürfnisse nach einer billigen Betriebskraft für das Kleingewerbe Rechnung tragend und in der Erkenntnis der wohlthätigen Wirkung der Kleinteilung der Elementarkraft, liess man es sich im besonderen angelegen sein, durch genaue Berechnungen, eingehende Versuche und Prüfungen festzustellen, ob den, durch Leucht- oder Oelgas zu betreibenden Motoren oder den Elektromotoren der Vorzug zu geben sei. Man ist zu der festen und sichern Ueberzeugung gelangt, dass eine Kraftverteilung und Kraftübertragung mittels Elektrizität aus Zentralstationen und eine Kraftvermietung von letzteren aus, den bei weitem grössten Vorteil bieten, und zwar durch Einfachheit, Betriebssicherheit und Billigkeit sowohl in der Anschaffung, wie im Betriebe

der Elektromotoren, als auch durch Sauberkeit, Gefahrlosigkeit und Luftreinheit. Dazu kommt, dass schon von einem Zwanzigstel Pferdekraft an ökonomisch und solid arbeitende Elektromotoren hergestellt werden können. Da ferner nur etwa alle 2—3 Wochen das Oel des einzigen Achsenlagers nachgefüllt zu werden braucht, so können grosse und kleine Elektromotoren ebensowohl im Keller als in beinahe unzugänglichen Dachverschlügen oder sogar an der Decke eines Fabrikraumes angebracht werden. Dies alles sind aber gerade Betriebsbedingungen eines Motors, wie sie in erster Linie das Kleingewerbe benötigt.

Noch augenfälliger treten die geschilderten Vorzüge auf, wenn man beachtet, dass die maschinelle Einrichtung beim Elektromotor auf 540, beim Gasmotor auf 1200, bei der Dampfmaschine auf 1400 M. zu stehen kommt. Bei drei Pferdekraften stellen sich die betreffenden Anlagekosten auf 850, 2050 und 2100 und bei acht Pferdekraften auf 1450, 3300 und 3900 Mark. Verzinsung und Amortisation sind entsprechend gering, während die Betriebskosten je nach besonderen Verhältnissen mitunter sehr stark von einander abweichen.

Dass, wenn auch erst vielleicht in fernen Jahren eine vollständige Umgestaltung unserer gegenwärtig bestehenden wirtschaftlichen und sozialpolitischen Verhältnisse eintreten wird, steht ausser allem Zweifel und bereits zeigen sich die Vorboten der kommenden Zeiten. Eine grosse Berliner Konfektionsfirma lässt z. B. schon jetzt alle Mäntel in den, mit Elektromotoren ausgerüsteten Wohnungen der Näherinnen anfertigen. Noch weiter ging die Bergwerksgesellschaft in Blanzky, indem sie gleichfalls das Prinzip verfolgte, die Arbeiter nicht in ihren Fabriken anzuhäufen, sondern die Arbeit zu dezentralisieren. In Montceau wurde eine Arbeitsstube zur Beschäftigung der Töchter der Bergleute eingerichtet. Damit diese nach ihrer Verheiratung in der Lage sind, an dem Unterhalte ihrer Familie teilnehmen zu können, ohne die Wirtschaft und die Kinder zu vernachlässigen, hat ein Herr de Gournay es ermöglicht, sie in ihrer Häuslichkeit zu beschäftigen. Zu diesem Zwecke hat Genannter eine Dynamomaschine in Montceau installieren lassen, die in einem Umkreise von 7 km die Kraft der Wasserfälle von Saint-Amédée mittels Kabel überträgt. Die Kabel werden durch das Dorf Magny, das fast ausschliesslich von Bergleuten bewohnt ist, geführt. In jedes Haus werden Seitenlinien des Kabels geleitet und mit Elektro-

motoren zum Antrieb von Webstühlen und Stickmaschinen verbunden, sodass die Frauen innerhalb ihrer Wohnräume arbeiten können.

Die Zeiten sind also wohl vorauszusehen, dass Tausende und Abertausende von Arbeitern anstatt in Fabriken, wieder wie ehemals, daheim bei Weib und Kind arbeiten können, wenn die Abgabe der elektrischen Kraft überall aus Zentralen möglich sein wird. Denn einzig die elektrische Kraftübertragung ermöglicht die Begründung industrieller Hausarbeit in dem Maße, dass eine rationelle Ausübung stattfinden kann. Auf solche Weise wird die durch die Fortschritte der Industrie geschaffene Unordnung durch weitere Fortschritte wieder gutgemacht, und die Maschine kann so dieselben Uebel heilen, deren Ursache sie ist. Sie hat die Frau von dem häuslichen Herd gerissen, um sie in die Fabriken zu drängen. Durch die Vereinigung der Maschine mit der gewaltigen Kraft der Elektrizität wird dann die Frau der Familie zurückgegeben, denn auch in der Wohnung kann sie gewinnbringende Arbeit durch die Nutzbarmachung des Elektromotors erhalten.

Um einige Beispiele anzuführen, sei zunächst die Stadt Heilbronn a. N. genannt. In derselben giebt es fast kein Gewerbe (Pianofortefabriken, Juweliere, Schreiner, Schlosser, Brauer, Buchdrucker, Gerber u. s. w.), das nicht an den mehr als fünfundzwanzig dort arbeitenden Elektromotoren Anteil hätte. Noch auffälliger ist die Nutzenanwendung in dem kaum 2000 Einwohner zählenden Marktflecken Fürstentheilbrück i. B., der innerhalb eines Jahres nicht weniger wie sechzehn Elektromotoren angelegt hat. Ein ferneres Beispiel von dem Nutzen der Elektromotoren bietet die Stadt Pforzheim, die bekanntlich eine ausgedehnte Kleinindustrie der Bijouteriebranche besitzt und zum elektrischen Betrieb der einzelnen, rund 300 an der Zahl betragenden Gewerbestellen ein Elektrizitätswerk errichtete, und in kürzester Zeit waren mehr als 450 Elektromotoren mit etwas über 100 PS angeschlossen. Hieraus ersieht man, dass es sich vorwiegend um nur kleine Kraftleistungen handelt. Eine ähnliche Verbreitung haben die Elektromotoren in Berlin gefunden, wo bis April 1895 gegen 500 Motoren mit etwa 1600 PS an das städtische Elektrizitätswerk angeschlossen waren.

Es ist natürlich, dass die immense Wichtigkeit des Elektromotors für die Kleinindustrie und für mittlere Gewerbebetriebe nur dann ausgenutzt werden kann, wenn die Speisung von

Zentralstationen aus erfolgt. Diese Zentralstationen bezwecken also die Erzeugung des elektrischen Stromes in grosser Menge und dessen Abgabe in vielen kleinen Teilen. Die Billigkeit, die hierdurch beim Betriebe der Elektromotoren herbeigeführt wird, kann niemals von irgend einer der bekannten Betriebskräfte auch nur im entferntesten erreicht werden, und dass man niemals eine Zentraldampfstation wird einrichten können, dürfte auch dem naivsten Laien einleuchten. Man hat den Gasmotor nun dem Elektromotor gegenübergestellt, um hierbei nur um so schärfer die Vorteile des Elektromotors zu erkennen. Die Zuführung des Gases zum Motor von der Gasanstalt aus ist im Verhältnis zu der einfachen Zuleitung des elektrischen Stromes ungemein kostspielig. Eine Verbilligung der Gaszuleitung ist nicht insoweit denkbar, dass das ungünstige Resultat verschoben werden könnte. Jede Gasleitung wird ihrer Länge entsprechend teurer wie elektrische und deshalb ist das Arbeitsfeld einer Gasanstalt sehr begrenzt. Wohl stellen sich auch der Verteilung des elektrischen Stromes noch Hindernisse mit Bezug auf die Entfernungen entgegen, aber man kann bei dieser jungen Wissenschaft von mehr als der blossen Wahrscheinlichkeit sprechen, dass die Uebertragung der elektrischen Kraft auf unbegrenzte Entfernungen praktisch und wirtschaftlich durchführbar ist. Man denke nur an die grossartige Erfindung Nikola Tesla's in New York, die Elektrizität ohne allen Leitungsdraht zu verbreiten, und an die sich hieran knüpfenden märchenhaften Probleme, um einen Blick in die Zukunft des kommenden, von der alles umspannenden Macht der Elektrizität beherrschten Zeitalters zu thun. —

Die Elektromotoren werden ebenso, wie die Lampen, an die Kabel der elektrischen Zentralen durch zwei Drähte angeschlossen und ihr Stromverbrauch durch Elektrizitätszähler gemessen. Man kann natürlich von einer elektrischen Zentralstation Strom ebenso für Licht, wie für Kraft entnehmen.

Umstehende Figur 126 führt die Zentralstation des städtischen Elektrizitäts-Werkes zu Budapest vor, die von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg hergestellt worden ist und vier Aussenpolmaschinen enthält. Bei der Errichtung elektrischer Zentralen spielt die Triebkraft eine wichtige Rolle und namentlich sind es die vielfachen, nutzlos dahinfließenden Wasserkräfte, die die Schaffung der Zentralanlagen sehr begünstigen. Deshalb geht man auch gerade in jenen Orten, wo überschüssige oder

unbenutzte Wasserkraft vorhanden ist, am raschesten und entschiedensten zur elektrischen Beleuchtung und Kraft-

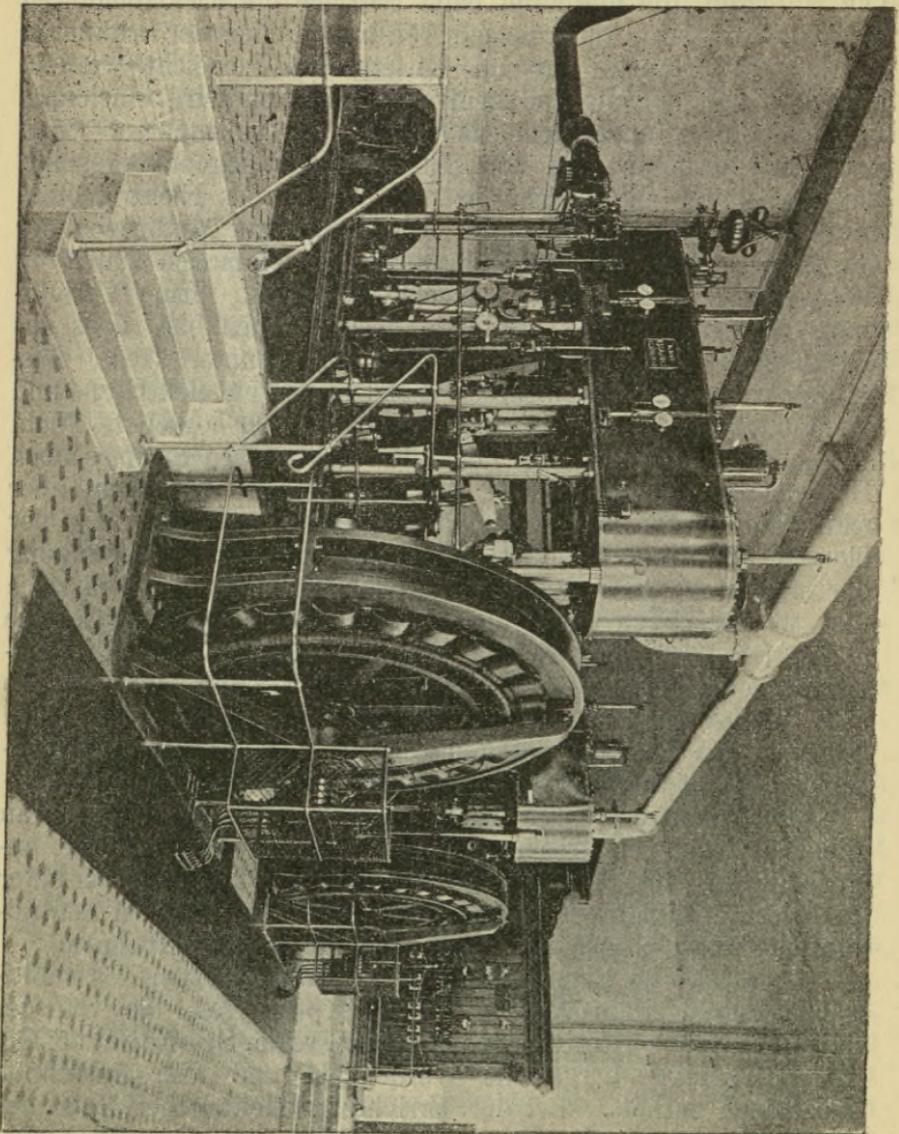


Fig. 126.

übertragung über. Durch diese Ausnutzung von Wasserkraften wird offenbar noch vielen kleinen Orten, die sonst

wohl kaum in der Lage wären, von der Petroleumbeleuchtung ab- und zu einer besseren Beleuchtung überzugehen, die Möglichkeit geboten sein, elektrischen Strom zur Beleuchtung, sowie Kraftübertragung zu erzeugen. Solche Ortschaften können sich auf diese Weise nicht allein ein billiges und dabei höchst splendides Licht verschaffen, sondern erhalten aus der Abgabe des elektrischen Stromes zur Kraftübertragung auch noch eine schätzbare Einnahmequelle. Der Wasserbetrieb ist unstreitig der denkbar billigste; über die Vor- und Nachteile zwischen Dampf- und Gasbetrieb sprachen wir bereits an anderer Stelle. Aus dem Umstande, dass die Wasserkraft nach ihrer Nutzbarmachung keinerlei Erzeugungskosten wie Dampf und Gas erfordert, sucht man naturgemäss dieselbe auch auf grossindustriellem Gebiete zum Antrieb von Dynamos auszubeuten.

Die in Europa grossartigste Anlage dieser Art ist das Aluminiumwerk zu Neuhausen in der Schweiz. Dieses im Jahre 1888 ins Leben gerufene Werk hat sich den Rheinfall bei Schaffhausen dienstbar gemacht. Die Gesellschaft erhielt die Erlaubnis, dem Rhein oberhalb des Falles 20 Kubikmeter Wasser für die Sekunde zu entnehmen. Dies entspricht bei der Höhe des Rheinfallles von 20 Metern einer Kraft von 4000 PS. 16 Meter unterhalb des oberen Wasserspiegels befinden sich in einem senkrechten Stücke der Röhren die Turbinen, die infolgedessen mit einem Druckgefälle von 16 und einem Sauggefälle von 4 Metern arbeiten. Die Turbinen haben etwas über einen Meter Durchmesser, machen in der Minute 225 Umdrehungen und sind mit den Dynamos direkt gekuppelt. Jede der Maschinen arbeitet mit 650 PS, die für eine Leistung von 1400 Ampère und 300 Volt berechnet sind. Es sind ganz fabelhafte elektrische Kräfte, die dort geschaffen werden können, und dabei welche Leichtigkeit und Regelmässigkeit in der Arbeit! Keine Kessel, keine Dampfmaschine, keine russigen Arbeiter! In dem hellen, schmucken Raum hört man neben dem draussen donnernden Rheinfall nur das Schleifen der Bürsten an den Dynamos! —

Diese weltberühmte Anlage wird in neuester Zeit durch die elektrische Kraftübertragungsanlage an den Niagarafällen zu übertreffen gesucht. Die Katarakt Konstruktion Komp. in der Stadt Niagara falls beschloss 1889, eine Wasserkraft von 100000 PS nutzbar zu machen, was in Anbetracht der von den 92 m hohen Niagarafällen repräsen-

tierten Wasserkraft von 8 250 000 PS eigentlich sehr winzig ist. Man kann sich aber an diesem Beispiel einen Begriff bilden, was für Milliarden von Pferdekraften allein in den natürlichen Wasserfällen nutzlos und achtlos dahinfließen. Behufs Erzielung eines geregelten Wasserzuflusses hat man ca. $2\frac{1}{2}$ km oberhalb des amerikanischen Falles — genügend weit von der Stadt entfernt, um dem pittoresken landschaftlichen Bilde keinen Eintrag zu thun — vom Niagara einen Kanal von ca. 500 m Länge, 63 m Breite und 4 m Tiefe abgezweigt, dessen Bett in festem Gestein ausgehauen werden musste. Bei dem Bau der Kraftstation wurde zum Heben der Lasten ein Kran von 50 tns Tragfähigkeit mit elektrischem Antriebe benutzt. Von den Oeffnungen an den Seiten des Kanals, die dem Gebäude des Maschinenhauses entlang angebracht sind, wird das Wasser mittels stählerner Schützen mit einem Durchmesser von 2,5 m nach den zu je zwei angeordneten Turbinen geleitet. Dieselben sind von J. P. Morris & Co. in Philadelphia nach Plänen von Faesch & Piccard in Genf gebaut, und jedes Paar dieser Wasserräder ist für eine Maximalleistung von 5000 PS bestimmt. Die Fallhöhe von der Oberfläche des Wassers im Kanal bis zu dem Punkt zwischen den beiden Rädern, an dem das Wasser eintritt, beträgt 45 m. Die Tourenzahl der Turbinen beträgt 250 Umdrehungen für die Minute. Die Dynamo ist eine zweiphasige Wechselstrommaschine, bei der die Feldmagnete um die feststehende Armatur rotieren. Der Magnetring ist aus Schmiedeeisen, während die Polstücke und Pole aus Gusseisen bestehen. Die Armatur wurde aus dünnen Eisenblechscheiben hergestellt, wie gewöhnlich isoliert und in ein vollständig geschlossenes Gehäuse, das mit der Grundplatte fest verbunden ist, angeordnet.

Die ganze gewaltige Anlage weicht in ihrer gesamten Ausführung von allem Hergebrachten vollständig ab, und namentlich die verwendeten Dynamomaschinen sind in ihren Prinzipien von den bekannten so radikal verschieden, dass es Schwierigkeiten bot, eine Firma zu gewinnen, die sich zum Bau der Maschinen verstand. — Die Abgabe der elektrischen Kraft erfolgt an alle, auf dem von der Gesellschaft gekauften Gebiete an den Niagarafällen errichteten Fabriken u. s. w.

Bildet sich, wie auch hier, die Erzeugung von Elektrizität und deren Verteilung an Konsumenten als ein separates, besonderes Unternehmen, als eine neue Industrie aus, so

werden grössere Betriebe ihre eigenen Zentralstationen errichten, da ja ihr Bezug an elektrischer Kraft aus fremden Zentralen aus verschiedenen Gründen nicht thunlich ist. Es sind mitunter denn auch ganz bedeutende Spezialzentralen errichtet worden; wir nennen u. a. die von den Deutschen Elektrizitätswerken zu Aachen (Garbe, Lahmeyer & Co.) hergestellte elektrische Kraftanlage der Firma Carl Paas & Sohn, Barmen, die 100 PS beträgt. Es ist naheliegend, dass grössere Werke sich der elektrischen Kraftübertragung schon aus dem Grunde ihrer leichteren Installation und geringeren Wartung zuwandten. Heutzutage finden wir keine Industrie, die nicht elektrische Kraft konsumierte.

Von den Verwendungen des elektrischen Stromes bei grösseren Anlagen sind es namentlich Schiebebühnen, Ventilatoren (Gebläse), Drehscheiben, Krane, Lokomotiven u. s. w. die in Betracht gezogen werden. Figur 127 zeigt z. B. die bezügliche Anlage der Heerdter Oelwerke zu Heerdt in Rheinpreussen, woselbst durch eine Primärdynamo ein Elektromotor von 9 PS und ein solcher von 3 PS gespeist wird, die zum Betriebe eines Kranes und einer Lokomotive verwendet werden. Diese Anlage ist ebenso, wie der am Eingange des Buches abgebildete fahrbare Bockkran (Figur 128) der Gebr. Sulzer zu Ludwigshafen am Rhein von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vorm. Schueckert & Co. in Nürnberg gebaut worden. Dieser Bockkran, der in anschaulicher Weise die einfache, leichte Verwendung der Elektrizität vor Augen führt, wird durch einen 10pf. Elektromotor betrieben und hat eine Tragkraft von 10 000 Kilo.

Eine gleichfalls sehr beachtenswerte Krananlage hat u. a. dieselbe Firma für die grosse Papierfabrik Skotfos Brug, Skotfos bei Levoid in Süd-Norwegen errichtet. Die Fabrik legte, 1300 Meter davon entfernt, einen neuen Hafen- und Lagerplatz an, der mit einem elektrisch betriebenen Drehkran ausgestattet wurde. Zur Erzeugung der Kraft für den Betrieb der Kran-, sowie einer elektrischen Bahnanlage vom Hafen nach der Fabrik ist in der Primärstation eine Turbine aufgestellt. Dieselbe arbeitet auf eine Compound-Dynamomaschine, die bei 520 Umdrehungen in der Minute 100 Amp. und 400 Volt leistet. Die Stromzuführung zu den Motoren der Krananlage geschieht, wie bei der Bahn, durch nur eine isolierte Leitung, während der andere Pol an der Erde liegt und durch die Fahrschienen gebildet wird. Zum Betriebe des Drehkrans

ist nur ein Elektromotor vorhanden, der bei 970 Umdrehungen in der Minute und 400 Volt Spannung 7 PS leistet. Der Kran hebt eine Last von 1400 kg mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 15 m in der Minute.

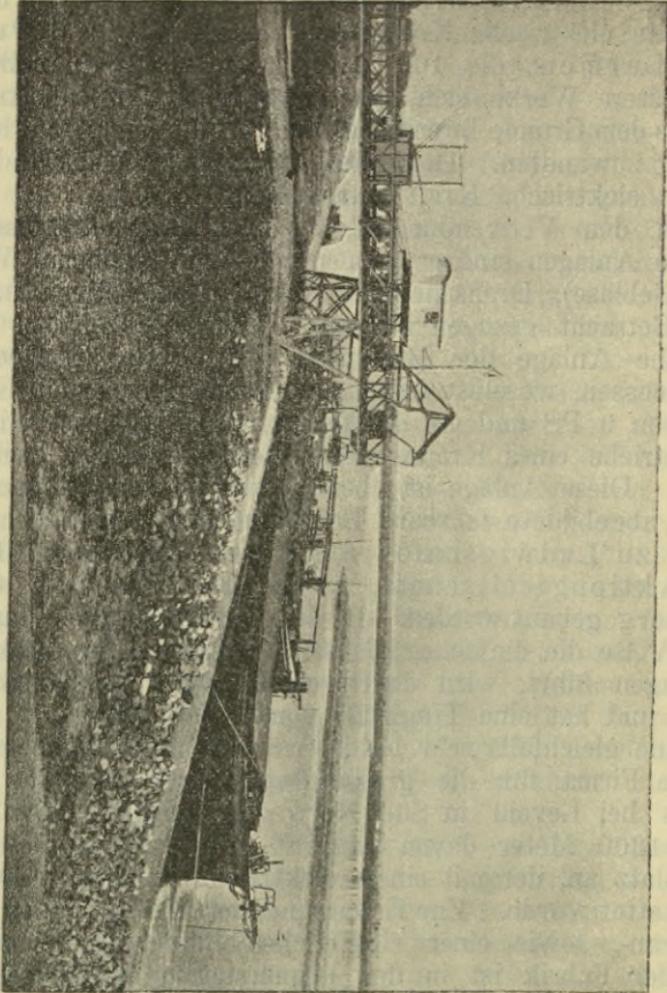


Fig. 127.

Namentlich ist es auch der Bergbau, der sich für seine Zwecke der Elektrizität bemächtigt hat, und die Grubenverwaltungen haben der Elektrotechnik in hohem Grade ihre Aufmerksamkeit zugewandt. Es dürfte wohl auch kein industrielles Gebiet zur vorteilhaften Anwendung der Elektrizität — sei es

Beleuchtung oder Kraftübertragung — derart geeignet sein, wie der Bergbau und auch hier ist es namentlich die schnelle und leichte Installation und die Erzeugung des elektrischen Stromes, die vorzugsweise ins Gewicht fallen. Bei elektrischen Leitungen hat ein etwaiger Verlust, der bei Dampfleitungen die Gruben unzugänglich, bei Wasser den Boden schlecht oder unter Umständen gar nicht passierbar macht, keinerlei Unzuträglichkeiten im Gefolge. Gegenüber den durch andere Beleuchtungsarten oder durch Dampfleitungen hervorgerufenen Gefahren in Gruben bei Entzündungen, schlagenden Wettern u. s. w. liegen die eminenten Vorzüge der Elektrizität so klar vor Augen, dass ein weiteres Aufzählen derselben unnötig erscheint. Aber auch nach anderer Seite ist die entschiedene Ueberlegenheit der Elektrizität im Bergbau zu erwähnen. Es ist dies die Wetterlosung (Luftauswechslung, Lüftung, Ventilation). So ist z. B. auf Zeche „Vereinigter Bonifacius“ bei Gelsenkirchen eine Wetterwechselanlage in Thätigkeit, deren Kraftquelle 1300 m entfernt liegt. Die elektrische Primärmaschine erhält ihren Antrieb mittels eines 30 cm breiten Lederriemens von einer (indiz.) 64,4 PS-Dampfmaschine mit Ridersteuerung. Die Primärmaschine ist eine Schuckert'sche Aussenpolmaschine und leistet bei 430 Umdrehungen in der Minute 42 Ampère bei 1200 Volt und verbraucht dabei 75 Effektivpferdestärken. Der Elektromotor ist gleichfalls eine Schuckert'sche Aussenpolmaschine, die bei 200 Umdrehungen in der Minute und einem Kraftaufwande von 48500 Voltampère 60 PS eff. leistet. Der Patent-Capell-Ventilator ist doppeltsaugend und hat einen Durchmesser von 3000 mm, eine Breite von 2000 mm und eine seitliche Eintrittsöffnung von 1650 mm. Er ist für eine durchschnittliche Leistung von 2000 cbm die Minute berechnet.

Nicht weniger bedeutungsvoll ist die elektrische Kraftübertragung für Wasserhebung jeder Art, sowohl in Bergwerken, wie in allen anderen Industrien und Gewerben. Zahllose Pumpwerke und kleinere Pumpen sind bereits heute mit elektrischem Antriebe ausgerüstet. Von den verschiedenen Konstruktionen und Verbindungen der Elektromotoren mit den Pumpen bringen wir in Figur 129 die sehr solid, einfach und zweckentsprechende Elektromotor-Kolbenpumpe von Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover zur Veranschaulichung. Da die Kolbenpumpen an und für sich schon eine geringe Umdrehungszahl voraussetzen, die noch unter 100 pro Minute liegt, so verwenden Gebr. Körting, um die Antriebs-

verhältnisse zu vereinfachen, zum Antriebe der Pumpen mittels eines einfachen Zahnradvorgeleges ganz langsam laufende Elektromotoren. Eine Grundplatte trägt einen kräftigen Bock, der sowohl die Antriebswelle der Pumpe (P), wie auch die Welle des Vorgeleges (V) aufnimmt. Auf der Vorgelegewelle befindet sich ein Schwungrad zum Ausgleich der Kraftschwankungen und der Anker des Motors (D), während der Körper desselben mit der Grundplatte verschraubt ist. Auf der anderen Seite des Bockes ist die Pumpe montiert, bei den kleineren Pumpen einfach wirkend, bei den grösseren als Differential - Pumpwerk. Die mit einem Windkessel ausgerüsteten Pumpen reichen aus für eine Förderhöhe bis zu 30 Metern. Erforderlichenfalls kann auch die Pumpe — als Tiefenbrunnenpumpe

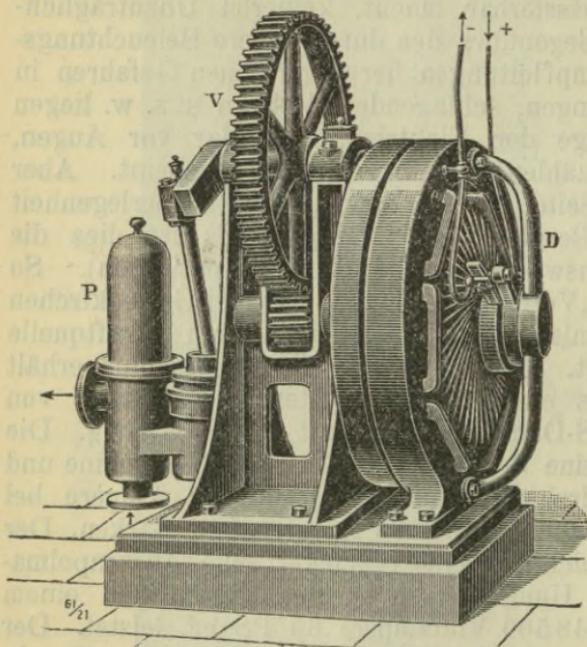


Fig. 129.

— von Bock und Motor getrennt und mittels Gestänge angetrieben werden.

Die hohe Entwicklung der Elektrotechnik hat zugleich das Emporblühen einer bereits bestehenden Spezialindustrie im Gefolge. Da sich die Elektrotechnik wegen der Billigkeit mit Vorliebe der Wasserkräfte zum Antrieb ihrer Maschinen bedient, ist es natürlich, dass man dem Bau der Wassermotoren ganz besondere Sorgfalt zuwendet und es sind Turbinen konstruiert worden, die speciell für die Bedürfnisse der Elektrotechnik berechnet sind.

Namentlich ist es die Landwirtschaft oder die mit dieser verwandten Betriebe, die sich den Wassermotoren zuwenden. Es sind heute allerdings nur Fiktionen, wenn man von einer vollständigen Umwälzung der landwirtschaftlichen

Produktion durch die Elektrotechnik spricht, aber unwillkürlich entrollt sich in Anbetracht des Calcium-Carbid, sowie der billigen elektrischen Arbeitskraft ein Zukunftsbild, das uns heute wohl nur als eine Fata Morgana erscheint, aber dennoch ahnen lässt, dass wir Zeiten entgegengehen, deren märchenhafte Gestaltung dem Geiste unseres Jahrhunderts unfassbar ist. Bei der Verwendung der Elektrotechnik in landwirt-

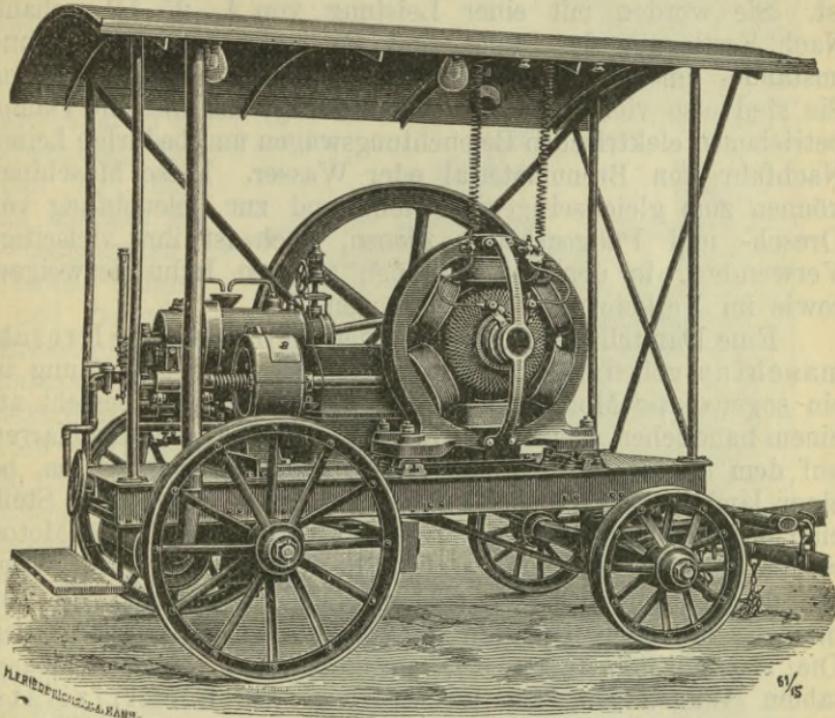


Fig. 130.

schaftlichen Betrieben spielt namentlich die geringe Feuergefährlichkeit und leichte Stromverteilung die wichtigste Rolle.

Eine Schwierigkeit stellt sich aber gerade in der Landwirtschaft der Ausbreitung der Elektrotechnik entgegen. Dieselbe besteht in dem ungenügenden Kapital der Kleinbetriebe und in den nur schwer zu ermöglichenden Zentralen. Die letzteren sind durch die nötigen, oft unendlich ausgedehnten Stromverteilungen bei mehreren kleinen Betrieben unmöglich, doch dürften auch hier Wege zur Beseitigung dieser Hindernisse gefunden werden. Einen glücklichen Schritt hat die Firma Gebr. Körting in Körtingsdorf durch die Kon-

struierung ihrer Gasdynamo-Lokomobilen (fahrbare Gasdynamos, Figur 130) in dieser Richtung gemacht. Man kann hier wirklich mit Ueberzeugung das oft missbrauchte Wort anwenden, dass diese Lokomobile thatsächlich „einem vorhandenen Bedürfnis“ abgeholfen hat. Diese Gasdynamo-Lokomobilen können mit Petroleumdestillaten betrieben werden, sofern ein Anschluss an die Gasleitung der Stadt nicht möglich ist. Sie werden mit einer Leistung von 4—25 HP gebaut. Nach Festlegung der Räder sind sie sofort betriebsfähig und imstande, einen vollkommen gleichmässigen Strom zu liefern. Sie sind also viel schneller betriebsfertig, als die mit Dampf betriebenen elektrischen Beleuchtungswagen und bedürfen keiner Nachfuhr von Brennmaterial oder Wasser. Diese Maschinen können zum gleichzeitigen Betriebe und zur Beleuchtung von Dresch- und Pflügearbeiten dienen, auch ist ihre vielseitige Verwendung in den verschiedenen anderen Industriezweigen, sowie im Verkehr leicht zu erkennen.

Eine Darstellung des elektrischen Antriebes einer Dreschmaschine geben wir in Figur 131. In dieser Abbildung ist ein sogenannter Motorwagen dargestellt. Derselbe besteht aus einem handlichen, kleinen, vierräderigen, kräftig gebauten Karren, auf dem der Motor befestigt ist. Handelt es sich darum, bei einer landwirtschaftlichen Anlage an dieser oder jener Stelle eine beliebige Maschine anzutreiben, so wird einfach der Motorwagen zu der Stelle gefahren, wo die Kraft gerade erforderlich ist, die Leitungen werden entsprechend hergestellt und verbunden, und nach Auflegen des Riemens ist der Betrieb fertig. Die Ausführung dieser sehr ansprechenden, leicht transportablen Wagen ist eine Konstruktion der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg.

In keinem Betriebe hat sich der Elektromotor ein so unbestrittenes Feld erobert, wie in den Verkehrsbetrieben. Die elektrischen Bahnen haben in kurzer Zeit eine grosse Verbreitung, besonders in Amerika gefunden, und eine vielseitige Vervollkommnung erfahren. Die hauptsächlichlichen Vorteile derselben sind: Entlastung des Strassenverkehrs und Vereinfachung des Betriebes durch Wegfallen der Pferde, Schnelligkeit und Sicherheit des Betriebes, kein Rauch und Qualm, wie bei Dampfbahnen, unbestrittene Billigkeit, gleichzeitige Beleuchtung u. s. w. Die Geschwindigkeit lässt sich mittels eines Umschalters in sanften Abstufungen zwischen weiten

Grenzen regeln; es giebt kein Geräusch durch Auspuff oder Ausblasen von Dampf, keine Hitze, kein Verstreuen glühender Kohlen.

Nordamerika hat z. Z. 13 000 km Geleise im elektrischen Betrieb mit 20 000 Motorwagen. Die Betriebs-Ergebnisse sind so befriedigend, dass man so rasch als möglich die bestehenden Pferde-Bahnen und Dampf-Strassen-Bahnen umbaut und für elektrischen Betrieb einrichtet. Im deutschen Reiche sind gegenwärtig (1895) 360 km Geleise im elektrischen Betriebe mit 605 Motor- und 490 Beiwagen. Mehr als 200 km Geleise mit 300 Motor-Wagen sind im Bau begriffen und eine Menge Projekte in Vorbereitung.

Der Betrieb der elektrischen Strassenbahnen kann auf drei

verschiedene Arten erfolgen: durch unterirdische Stromzuführung, durch oberirdische Stromzuführung und durch Akku-

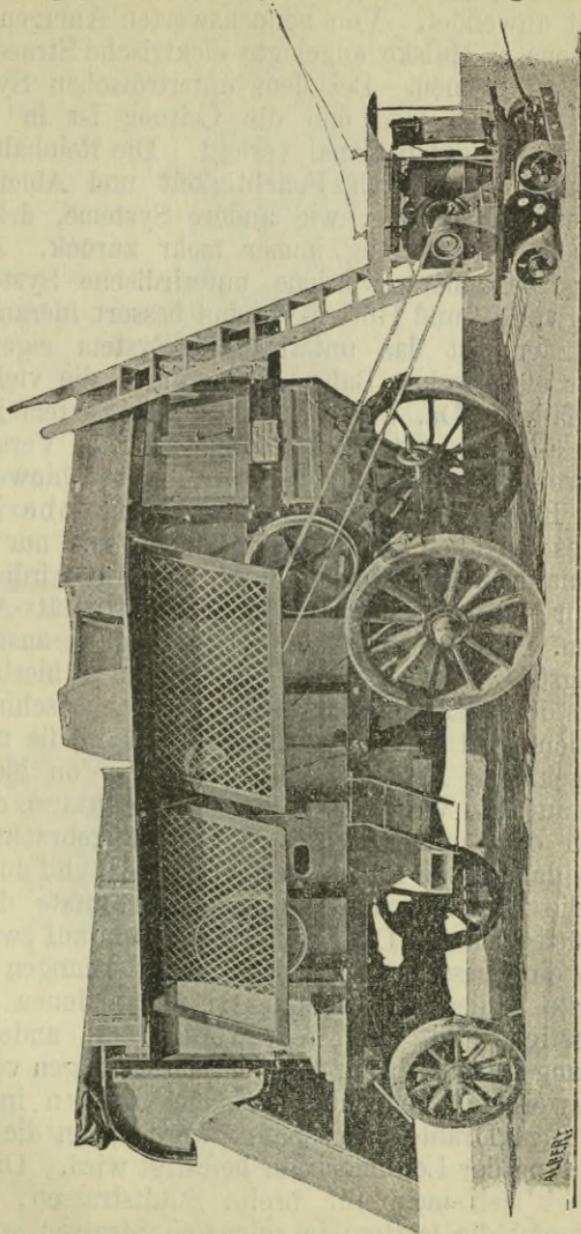
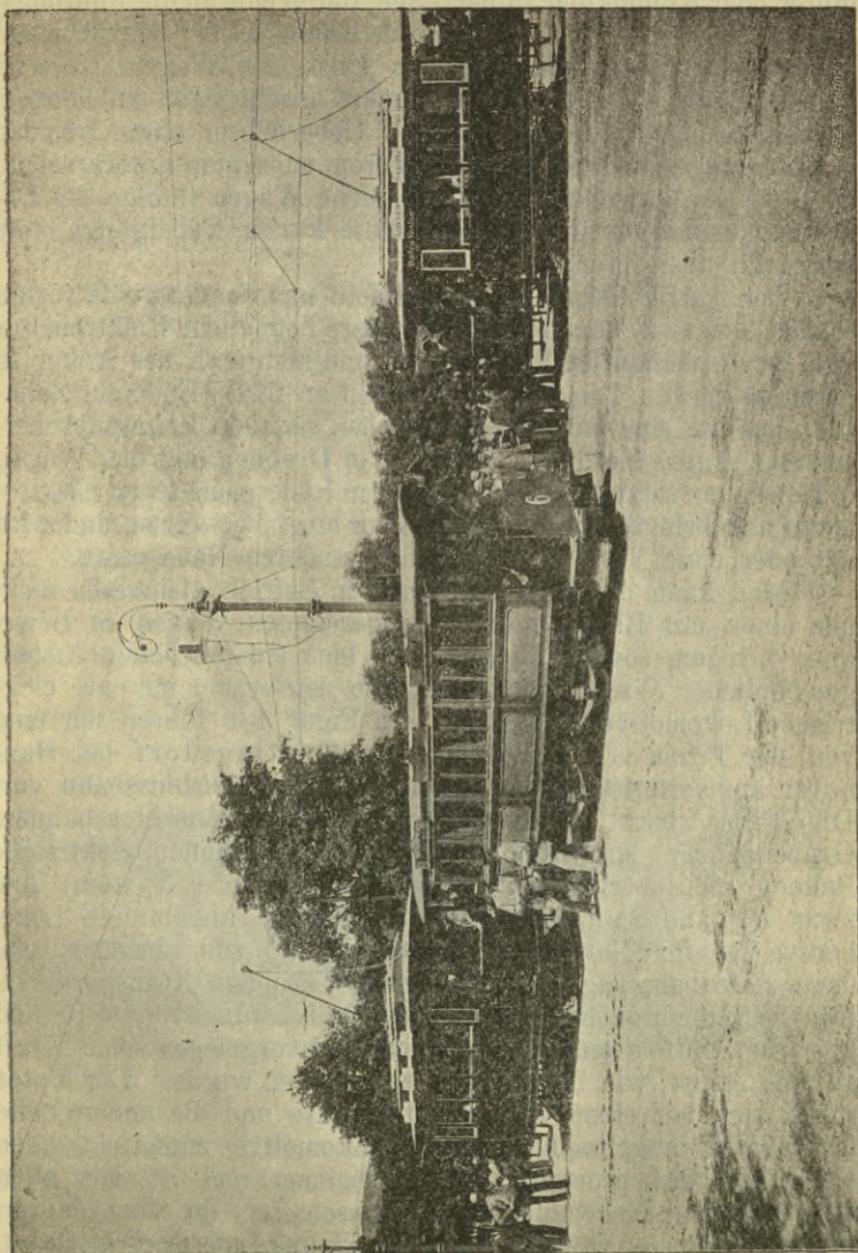


Fig. 131.

mulatoren. Die unterirdische Stromzuführung stösst auf so mancherlei Schwierigkeiten, dass man dieses System fast gar nicht anwendet. Von nennenswerten Anlagen ist nur die von Siemens & Halske angelegte elektrische Strassenbahn in Budapest zu nennen. Bei dem unterirdischen System fallen alle Oberleitungen weg und die Leitung ist in einen unter das Geleise verlegten Kanal verlegt. Die Reinhaltung der Kanäle, Stromverluste durch Feuchtigkeit und Ableitung, wesentlich teurere Herstellung, wie andere Systeme, drängen die unterirdische Stromleitung immer mehr zurück. Auch das neuerdings bekannt gewordene unterirdische System des Hoerder Bergwerks- und Hütten-Vereins bessert hieran nur sehr wenig. Trotzdem ist das unterirdische System eigentlich das Ideal einer elektrischen Bahn, da hierdurch die vielen Oberleitungen wegfallen. Da, wie erwähnt, dieses System jedoch bis heute nur äusserst selten und dann mehr zu Versuchszwecken zur Anwendung kommt, gehen wir darüber hinweg.

Einen viel grösseren Erfolg hat das oberirdische System, da es bei allen elektrischen Bahnen mit nur verschwindenden Ausnahmen angewendet wird. Das oberirdische System, das Figur 132 nach einer Anlage der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vorm. Schuckert & Cie. in Nürnberg veranschaulicht, ist das billigste. Der Kreislauf des Stromes hierbei ist folgender: Von der positiven Bürste der Dynamomaschine in der Primärstation wird der Strom durch Kabel in die über den Geleisen aufgehängte Arbeitsleitung geführt. Von hier geht er durch den auf dem Wagen befindlichen Kontaktarm, durch den Wagen, nach dem unterhalb des Wagens angebrachten Elektromotor, von da auf die Räder, in die Schienen und durch diese wird er in die Zentrale nach der negativen Bürste der Primärdynamo zurückgeleitet. Die Stromleitung kann auf zwei Arten erfolgen. Die eine besteht darin, dass in Entfernungen von 150—180 m starke Säulen mit leichten Armen, an denen der Leitungsdraht befestigt wird, aufgestellt werden; die andere Art der Luftleitung besteht darin, dass in Entfernungen von 40 m zwischen je zwei sich gegenüberliegenden Häusern in einer Höhe von ca. 6 m Drähte ausgespannt werden, an die in der Schienenrichtung der Leitungsdraht befestigt wird. Die erstere Methode eignet sich mehr für breite Stadtstrassen, sowie Chausseen, während die letztere in schmalen Strassen angewendet werden muss. Wenn sich die Kontaktrolle an den Leitungsdrähten auslöst, was bei starken Schwankungen des Wagens oder



[Fig. 132.

Die hier gezeigten Modelle sind in der Regel auf einer Spannung von 220-250 Volt hergestellt.

scharfen Kurven mitunter vorkommen kann, so ist der Wagenführer oder Kondukteur in der Lage, durch eine an die Führungsstange befestigte Schnur, die Rolle leicht wieder einzurücken. Die Führungsstange ist auf dem Dach des Wagens federnd befestigt, um sich der Leitung stets anschmiegen zu können. Bei Kreuzungen der Leitung und Ueberfahren eines fremden Schienenweges wird natürlich der Strom momentan unterbrochen, doch ist der in voller Fahrt befindliche Wagen infolge des Beharrungsvermögens in der Lage, diese kurzen Uebergänge ohne Strom zu überfahren.

Der Antrieb des Wagens geschieht nun so, dass, wie vorhin erklärt, der zwischen jedem Räderpaare befindliche Elektromotor von der Primärstation Strom erhält und hierdurch der Anker in Drehung gerät. Die Ankerwelle trägt an ihrem Ende ein Zahnrad, das in eine auf der Räderachse sitzende Zahnradüber-
setzung greift, hierdurch die Räder in Drehung und den Wagen in Bewegung setzt. Anstatt an jedem Räderpaare einen Elektromotor anzubringen, kann man auch nur einen verwenden und zwar mit oder ohne Verbindung mit dem anderen Räderpaare.

Man kann durch den elektrischen Betrieb gleichfalls nicht nur einen mit Elektromotoren ausgerüsteten Wagen in Bewegung bringen, sondern diesem noch eine entsprechende Anzahl gewöhnlicher Wagen anhängen, also den ersten nur als elektrische Lokomotive verwenden. In Figur 133 führen wir eine von der Firma Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover angefertigte Rangierlokomotive einer Anschlussbahn vor. Die Firma baut für gewerbliche Zwecke Anschlussbahnen, Grubenbahnen, landwirtschaftliche Transportbahnen, elektrische Bahnen mit oberirdischer Stromleitung (Trolley-System) und zwar für alle Spurweiten. Die beistehend abgebildete Lokomotive ist für Normalspur berechnet und soll einzelne beladene Eisenbahnwaggons auf Anschlussbahnen transportieren. Der Elektromotor besitzt eine höchste Leistung von 8 PS und überträgt mittels eines Zahnradzwischenvorgeleges seine Kraft auf die Achse, wie bereits oben beschrieben wurde. Der Motor stützt sich mit einer Seite auf die Achse und die andere Seite ist federnd angebracht. Diese Lokomotive entspricht allen Normalien der preussischen Staatsbahnen und ist mit allen erforderlichen Nebenapparaten, Umschalter für den Motor, kräftig wirkender Bremse, Signalglocke und Laterne ausgerüstet. Derartige Bahnen werden in der Regel mit einer Spannung von 220—330 Volt betrieben.

Die dritte Art des elektrischen Bahnbetriebes mittels Akkumulatoren findet eine sehr geteilte Beurteilung. Von einer Seite nennt man die Akkumulatorenbahn die Bahn der Zukunft, während man von anderer Seite die Akkumulatorenbahnen als einen überwundenen Standpunkt der Elektrotechnik

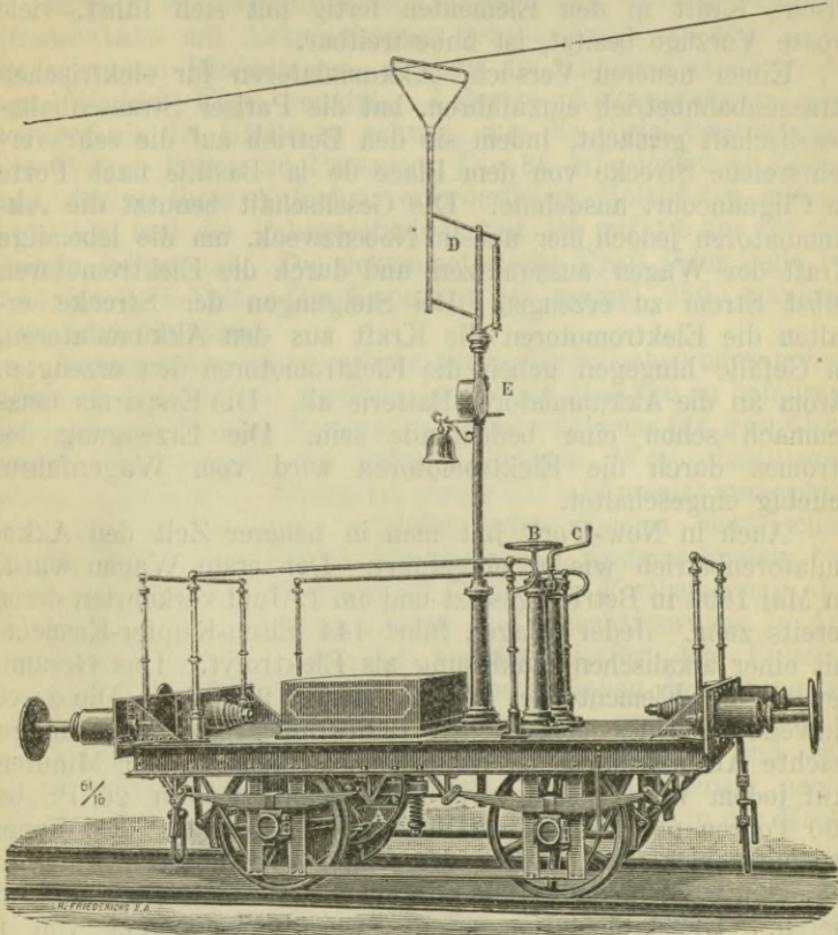


Fig. 133.

darstellt. Eins ist jedenfalls sicher, mit unseren bis jetzt für diese Zwecke angewandten Bleiplatten-Akkumulatoren ist ein rationeller Betrieb wegen deren kolossalen Gewichtes ganz undenkbar, denn nur dieser Grund ist das Hindernis für die Einführung der Akkumulatorenbahnen. Der oft gemachte Einwand, dass sie keine Steigungen überwinden können, ist hin-

fällig, sobald wir leichtere Sekundärbatterien haben werden, deren Mitführen dem Wagen kein Hindernis in der Bewegung infolge zu grossen Gewichtes ist. Ueber Akkumulatoren wurde bereits Seite 47 gesprochen und seien diese deshalb an dieser Stelle übergangen. Dass die Akkumulatorbahn, die ihre elektrische Kraft in den Elementen fertig mit sich führt, viele grosse Vorzüge besitzt, ist unbestreitbar.

Einen neueren Versuch, Akkumulatoren für elektrischen Strassenbahnbetrieb einzuführen, hat die Pariser Strassenbahn-Gesellschaft gemacht, indem sie den Betrieb auf die sehr verkehrsreiche Strecke von dem Place de la Bastille nach Porte de Clignancourt ausdehnte. Die Gesellschaft benutzt die Akkumulatoren jedoch hier nur im Nebenzweck, um die lebendige Kraft der Wagen auszunutzen und durch die Elektromotoren selbst Strom zu erzeugen. Bei Steigungen der Strecke erhalten die Elektromotoren die Kraft aus den Akkumulatoren, im Gefälle hingegen geben die Elektromotoren den erzeugten Strom an die Akkumulatoren-Batterie ab. Die Ersparnis muss demnach schon eine bedeutende sein. Die Erzeugung des Stromes durch die Elektromotoren wird vom Wagenführer beliebig eingeschaltet.

Auch in New-York hat man in neuerer Zeit den Akkumulatorenbetrieb wieder eingeführt. Der erste Wagen wurde im Mai 1894 in Betrieb gesetzt und am 1. Juni verkehrten deren bereits zehn. Jeder Wagen führt 144 Eisen-Kupfer-Elemente mit einer alkalischen Zinklösung als Elektrolyt. Das Gesamtgewicht der Elemente per Wagen beträgt 2000 kg. Die durch Anwendung eines elektrischen Laufkranes sehr bequem gemachte Austauschung der Batterien geschieht in vier Minuten. Auf jedem Wagen sind zwei Elektromotoren von 20 PS bei 500 Touren per Minute installiert. Die Bremsung der Wagen geschieht elektrisch, indem die Anker der Motoren kurz geschlossen werden, sodass sie als Stromerzeuger funktionieren. Die Ladestation erhält zwei Stromerzeuger von je 40 Kilowatt. Am 15. Oktober 1894 waren ohne eine einzige Betriebsunterbrechung 40000 Wagen-Kilometer durchlaufen. Dieser Erfolg ist einer sehr sorgfältigen Ueberwachung der verschiedenen Elemente zu verdanken. Die Dauer der Entladung beträgt drei Stunden. Die Gestehungskosten per Wagenkilometer beliefen sich auf 23,2 Pfg.

Der am 28. Februar dieses Jahres auf der Strecke Grossgörschenstrasse - Werftstrasse in Berlin seitens der grossen

Berliner Pferdebahn-Gesellschaft eingeführte Akkumulatoren-Betrieb wurde schon nach einigen Tagen wieder eingestellt, weil die Akkumulatoren (System Tudor) sich bei vollem Betriebe nicht bewährten. Die die Tudor-Akkumulatoren fabrizierende Akkumulatorenfabrik Aktien-Gesellschaft Hagen hat in Hagen i. W. neuerdings eine Probestrecke einer elektrischen Strassenbahn mit Akkumulatoren gebaut, wobei sie aber nicht die schweren Bleibatterien, sondern die Kupfer-Zink-Elemente von Waddel-Entz benutzt. Letztere Akkumulatoren sind weniger als die Hälfte so schwer, wie die Bleiakkumulatoren. Die Wagen fassen 26 Personen. Die 88 erforderlichen Zellen inkl. der zu ihrer Aufnahme erforderlichen Holzkästen wiegen 1400 kg, und die Fahrgeschwindigkeit ist auf 12 km für die Stunde festgesetzt. Die elektromotorische Kraft jeder Zelle ist 0,85 bis 0,88 Volt. Die Kapazität ist normal 250, maximal 300 Amp.-Stunden.

Naturgemäss ist es mittels einer oberirdischen oder unterirdischen Leitung nur möglich, bestimmte Strecken zu befahren. Infolgedessen ist eine Verwendung dieses Systems für gewöhnliche Fahrzeuge, die jeden beliebigen Weg einschlagen sollen, unmöglich. Hierzu ist einzig das Akkumulatorensystem oder das System einer mitzuführenden eigenen elektrischen Primär- und Sekundärmaschine geeignet. Ersteres System hat denn auch Charles Jeantaud in Paris zur Fortbewegung der in seiner Fabrik gebauten Luxus- und Geschäftswagen in Anwendung gebracht. Derselbe benutzt hierfür den Fulmen-Akkumulator, dessen Platten aus einem flachen durchlöcherten Gehäuse aus Celluloid, das durch Quer- und Längswände in eine entsprechende Anzahl Kästchen geteilt und mit aktiver Masse gefüllt ist, bestehen. Die aus dünnen, neben einander liegenden Stäben bestehende Bleiseele ist in der Masse vollkommen eingebettet. Die auf dem Wagen zur Aufstellung kommende Batterie besteht aus 21 Elementen von je 13,3 kg Gewicht. Das Gewicht des Wagens mit zwei Insassen beträgt 1200 kg, die Geschwindigkeit 20 km in der Stunde. Die Akkumulatoren leisten durchschnittlich bei 40 Volt 100 Ampère.

Die elektrische Lokomotive führt ihre eigene komplette Primärstation mit sich. Seit mehreren Jahren ist in Frankreich versuchsweise die Heilmann'sche elektrische Lokomotive eingeführt. Die erste besass eine Kraft von 600 PS, jedoch sind zwei neue elektrische Lokomotiven von je 1500 PS von der Firma Brown Boori & Co. in Baden für die französische

Westbahn gebaut, über die aber Endergebnisse noch nicht vorliegen.

Eine nicht weniger bedeutungsvolle Verwendung der elektrischen Energie ist das elektrisch angetriebene Boot. Der Antrieb erfolgt bei den von W. S. Salisbury in Chicago konstruierten Booten in der Weise, dass eine mitgeführte Akkumulatoren-Batterie einen Elektromotor speist, der die Schiffschraube durch direkte Kuppelung oder durch eine einfache Zahnradübersetzung von seiner Ankerwelle aus in Bewegung setzt. Der Mechanismus ist derart einfach, dass man die Schraubenwelle mit dem Elektromotor an jedem beliebigen Boote in kürzester Zeit anbringen kann. Das Gewicht des bei den von Salisbury konstruierten Booten benutzten Motors und der Schrauben beträgt 16 kg, das Batteriegewicht schwankt zwischen 34 und 124 kg je nach der Leistung.

Die Installation elektrischer Kraftübertragungsanlagen findet ganz nach denselben Prinzipien statt, wie die einer elektrischen Beleuchtungsanlage; ein Unterschied im Verlegen der Leitungen ist ausgeschlossen. Nur hat man naturgemäss bei elektrischen Kraftübertragungen mehr mit Umformern (Transformatoren Seite 46) zu thun, wie bei allen anderen elektrischen Betrieben. Bei der Berechnung der Kraftübertragung verfährt man, wie folgt: Sollen in einer bestimmten Entfernung x PS übertragen werden, so berechnet man die elektrische Leistung des Krafterzeugers in Voltampère (VA); 736 Voltampère sind bekanntlich (Seite 70) gleich einer Pferdekraft. Die im Krafterzeuger (Primärdynamo) aufzuwendende Energiemenge ist aber im Verhältnis $\frac{100}{90}$ bis $\frac{100}{85}$ grösser. Es ist demzufolge der Effekt $= \frac{100}{90}$ bis $\frac{100}{85} \times 736$ VA. Um dies noch deutlicher vorzuführen, nehmen wir an, dass 40 PS auf 2 km übertragen werden sollen. Die Primärmaschine hat einen elektrischen Effekt von $40 \cdot 736 = 29\,440$ Voltampère zu leisten. An den Klemmen gemessen, muss daher nach vorigem Beispiel der Effekt von $\frac{100}{90} \cdot 29\,440 = 32\,710$ VA eintreten. Rechnen wir von diesem Effekt 20% Leitungsverlust, also 6542 VA, so muss die Maschine natürlich einen um diesen Verlust höheren Effekt erzeugen, um den Leitungsverlust nicht fühlbar zu machen. Infolgedessen muss an den Klemmen der

Primärdynamo ein Effekt von ebenerwähnten $32710 + 6542 = 39252$ VA disponibel sein. Nun entsteht aber ein weiterer Verlust beim Transformator (Stromumwandler). Ist der Transformationsko-

effizient $= 90\%$, so muss der Motor $\frac{100}{90} \cdot 39252 = 43611$

VA = 59 PS thatsächlich leisten, um einen regelmässigen Betrieb zu ermöglichen. Um hiernach den Durchmesser der Leitung zu berechnen, müssen wir zunächst aus der vorhandenen Wattzahl nach den Formeln von Seite 12, 13 bezw. 70 Spannung und Stromstärke feststellen. Die Spannung zu 1000 Volt gerechnet,

betrage die Stromstärke $J = \frac{39252}{1000}$ Watt (VA) = 39,3 Am-

père. Nach den im Kapitel „Installation elektrischer Beleuchtungsanlagen“ angeführten Angaben und Tabellen muss nun der Durchmesser der Kupferleitung 4,5 mm sein und das Gewicht der erforderlichen 4000 m (2 km = 2000 m, Doppelleitung = 4000 m) 566 kg.

Allé weiteren Berechnungen sind bereits in dem oben genannten Kapitel erklärt.

Die Anwendung der Elektrizität zu Heilzwecken.

Hierunter versteht man Elektrotherapie¹⁾, Elektrodiagnostik²⁾, Galvanokaustik³⁾, Elektro-Mikroskopie⁴⁾ und Elektrolyse (siehe S. 26). Auf eine umfassende Erläuterung dieses Gebietes der Elektrotechnik muss an dieser Stelle, weil nebensächlich, verzichtet werden. Wir führen deshalb im nachstehenden nur mehrere, hierher gehörige Apparate und Instrumente vor, die

¹⁾ Therapie = das eigentliche Geschäft der Heilkunde, d. h. den kranken Zustand entweder eines einzelnen Gliedes oder des ganzen Körpers in den gesunden Zustand zurückzusetzen bezw. umzuändern.

²⁾ Diagnostik = Erkennung aus äusserlichen Zeichen, ob der Körper gesund oder krank ist, bezw. in welcher Weise er vom Verhalten des gesunden Körpers abhängt. (Diagnose.)

³⁾ Galvanokaustik = in der Chirurgie die Anwendung des galvanischen Stromes zu Heilzwecken.

⁴⁾ Mikroskopie = Vergrösserung.

von der auf diesem Gebiete renommierten Firma R. Blänsdorf Nachfolger, Inhaber S. Simon in Frankfurt a. M., Gutleutstr. 15 gefertigt werden.

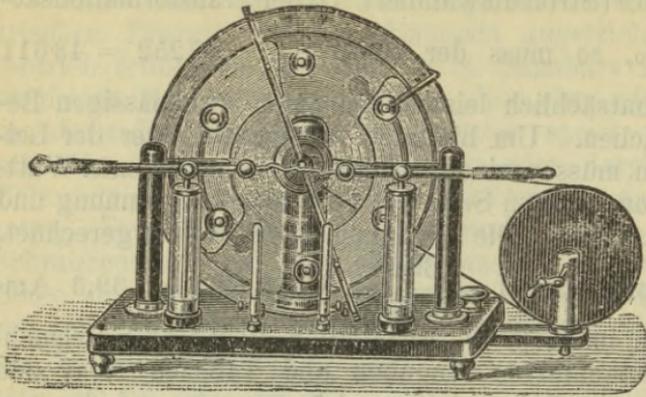


Fig. 134.

Figur 134 stellt eine selbsterregende Influenzmaschine nach Töppler-Voss dar. Die vordere Scheibe wird durch die Kurbel rechts an dem Rade bewegt und erzeugt

durch Reibung der aufsitzenden Knöpfe an den Bürsten, die der von oben nach unten hängende Querstab trägt, den elektrischen Strom. Die Saugkämme nehmen denselben auf und führen ihn den mit Kugeln versehenen Ableitern zu. Wird der Strom zuerst durch die Kondensatoren (Instrumente zur Verstärkung der elektrischen Spannung) geführt, so erhält er eine viel höhere Spannung, als bei Abnahme ohne solche. Der Apparat dient zu Heilzwecken und physikalischen Versuchen zur Stromerzeugung. In beistehender Figur ist die Maschine für Handbetrieb dargestellt. Sie kann jedoch auch durch einen Motor betrieben werden. Bei dem Betriebe mittels Elektromotors bedarf man noch etwa 3—4 Bunsenelemente oder einer grossen Tauchbatterie oder Akkumulatoren. Ist ein Dynamoström vorhanden, so kann man bei entsprechend konstruiertem Motor auch diesen verwenden. Bei der Influenzmaschine kommt anfänglich schwache Reibungselektrizität verteilend (influenzierend) in Betracht, womit dann durch weitere elektrische Verteilung (Influenz) starke Elektrizitätsmengen erzeugt werden.

Einen für die Elektrotherapie äusserst wertvollen und wichtigen Apparat bringen wir in Figur 135 zur Anschauung. Derselbe, gleichfalls von vorbezeichneter Firma gebaut, stellt ein elektro-therapeutisches Bad mit Apparatschrank dar. Der Gesamtapparat erwarb sich u. a. auf dem internationalen medizinischen Kongress zu Berlin im August 1890 die hohe Anerkennung der Koryphäen auf dem Gebiete der Nervenheilkunde in hervorragender Weise.

Von dem Batterieschrank C D E F, der mit sechzig nach Dr. Stein gefüllten Elementen montiert ist, führen 20 Leitungsdrähte nach dem Elementenzähler G mit dem Galvanometer H im Apparateschrank A B C D. Diese Leitungsdrähte ver-

teilen sich zu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Elementen auf der einen Seite und zu 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 Elementen auf der andern Seite in die betreffenden Knöpfe. Durch Verschiebung der 2 Kurbeln a-a kann eine beliebige Zahl von Elementen in den Stromkreis eingeschaltet werden. Bei b befindet sich ein Strom-

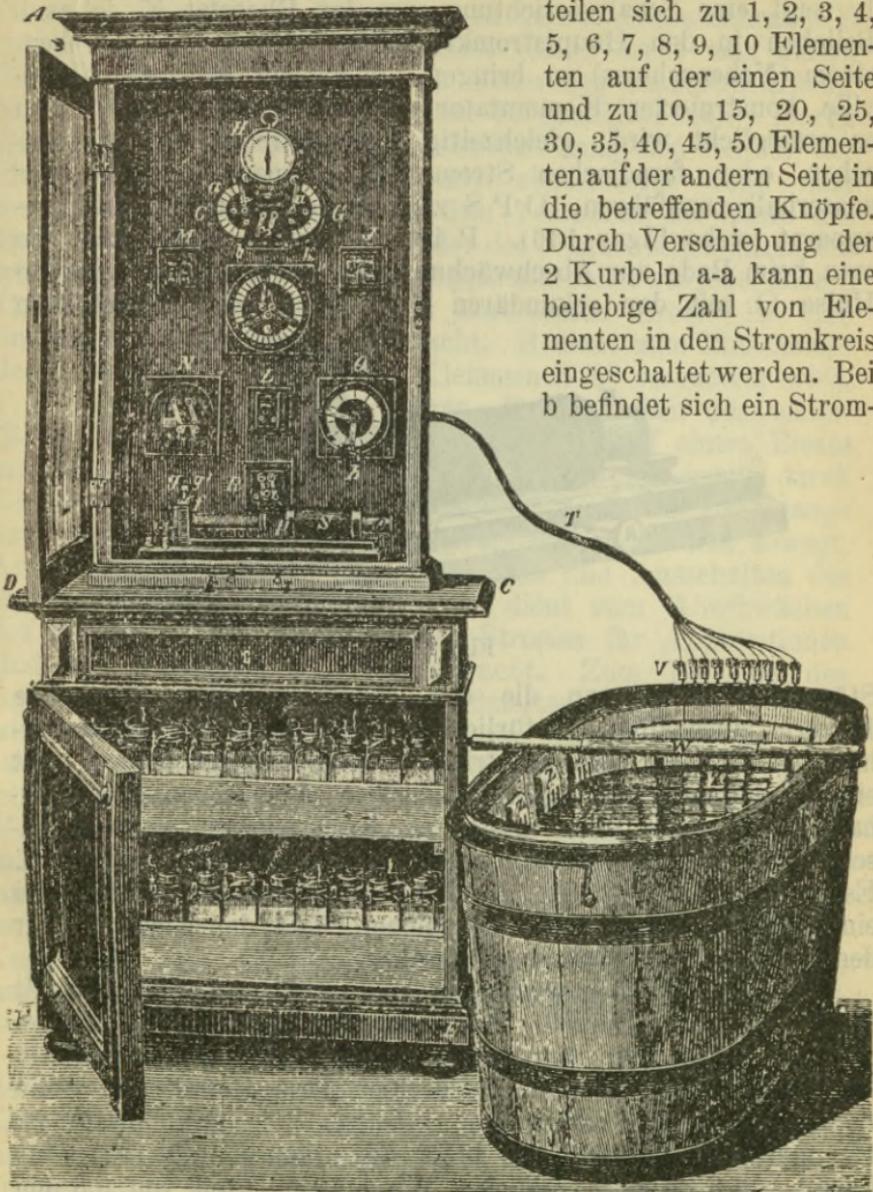


Fig. 135.

wender behufs Oeffnung und Schliessung des Stromes. In J sehen wir eine Stöpsleinrichtung zum Ein- und Ausschalten des Galvanometers. K ist ein Rheostat (Stromregulator) mit 28 Kontakten und 5000 Ohm Widerstand. L zeigt eine Schaltvorrichtung, um den Rheostat K je nach Belieben in den Hauptstromkreis (Hauptschluss) oder Nebenstrom (Nebenschluss) zu bringen. N ist ein nach de Wativille konstruierter Kommutator oder Umschalter, durch den es ermöglicht wird, gleichzeitig oder getrennt den galvanischen oder faradischen Strom dem Körper im Bade oder ausserhalb zuzuführen. O P S zeigt einen Schlitten-Induktionsapparat (siehe Figur 136). P ist die primäre Rolle, über die man beim Bade zur Abschwächung des Stromes die vernickelte Hülse O mit der sekundären Spule S schiebt. Durch den

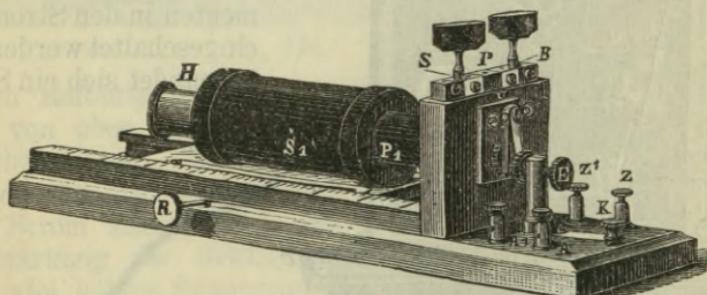


Fig. 136.

Stöpsel g kann man die den Induktionsapparat treibende Batterie einschalten. Natürlich kann der Apparat auch ausserhalb des Bades zum Elektrisieren des Körpers dienen. Ist eine Lichtquelle von einer Gleichstrom-Dynamomaschine vorhanden, so kann man vorstehend beschriebenen Apparat anschliessen und mit diesem anstatt mit Elementen betreiben. Es wird dann an Stelle der Elementenzähler ein Widerstand eingeschaltet, desgleichen ein solcher statt der Elemente für den Betrieb des Induktionsapparates.

Den bereits oben erwähnten Induktionsapparat stellt Figur 136 dar. Derselbe ist nach Dubois-Reymond von genannter Firma für Applikationen (Anwendungen) innerhalb des Badewassers gebaut. Denselben liess Hofrat Dr. Stein eigens für diesen Zweck konstruieren. Die Grundplatte ist 420 mm lang und 105 mm breit, die primäre Spule hat eine Länge von 112 mm, trägt 300 Windungen Draht von 0,8 mm Durchmesser mit 1,7 mm Ohm Widerstand. Die sekundäre

Rolle ist 103 mm lang, mit 6000 Windungen Draht von 0,2 mm Dicke versehen, und hat 400 Ohm Widerstand. Der Wagner'sche Hammer (siehe Seite 20) besitzt eine Vorrichtung an der Schraube E, die es ermöglicht, einzelne Schläge in kürzeren und längeren Intervallen zu geben. Diese Schraube E trägt einen Hartgummiring mit einer Nase; dreht man diesen Ring so, dass die Nase wider die Feder des Hammers drückt, so hebt man den Kontakt beim Stromschluss auf. Durch Niederdrücken des Knopfes K schliesst man den Strom, der Hammer wird angezogen und erst abgestossen, wenn man den Knopf K loslässt. Nach dem Verstellen der Nase des Hartgummiringes tritt erst die Feder des Wagner'schen Hammers wieder in ihre Thätigkeit, und der Apparat arbeitet wie jeder andere Induktionsapparat. Auf dem senkrechten Brette ist eine dreiteilige Stöpselklemme angebracht. B dient zum Einschalten der Triebbatterie, die mit den Klemmen Z Z¹ verbunden wird, P zum Einschalten des primären, S desgleichen des sekundären Stromes. Die Sekundärspule S¹ sitzt auf einem Brette mit Zahnstange, in die ein Trieb greift, der seinerseits durch die rändrierte Scheibe R gedreht wird und die Zahnstange und mithin die sekundäre Rolle vor- und rückwärts bewegt. Auf diese Weise ist ein sehr feines Ein- und Ausschalten des Stromes möglich. Der Dämpfer H dient zum Abschwächen des Stromes. Zur Ableitung des Stromes für Applikationen sind die Klemmen A A¹ angebracht. Zum Betriebe des Apparates bedarf man zweier modifizierter Leclanché-Elemente (siehe Seite 34). Der Apparat kann jedoch auch an eine durch Gleichstrom betriebene elektrische Lichtleitung angeschlossen werden, doch ist alsdann ein genau berechneter Widerstand vorzuschalten, sowie einige kleine Konstruktionsänderungen vorzunehmen. Will man mit dem Apparat langsame Induktionsschläge geben, so steckt man in den Wagner'schen Hammer den beigegebenen Stab mit verstellbarer Kugel. Je mehr der Knopf nach oben geschoben wird, desto langsamer folgen sich die einzelnen Schläge und umgekehrt (siehe Kapitel „Induktion“ Seite 19).

Eine weitere, sehr wichtige Anwendung von weittragendster Bedeutung findet die Elektrizität bei der Beleuchtung von Körperhöhlen mittels kleiner Glühlichtlampen. Untersuchungen, die innerhalb des Körpers bisher gar nicht möglich waren, weil sie die nötige Beleuchtung nicht erhalten konnten, kann man jetzt mit Hilfe des elektrischen Lichtes bequem und sicher vor-

nehmen. Ein derartiges interessantes Instrument sind wir in Figur 137 in der Lage vorzuführen. Dasselbe ist ein von derselben Firma, wie die vorher beschriebenen Apparate, gefertigter, vereinfachter, elektrisch montierter Kehlkopfspiegel und Mundbeleuchtungsapparat. Derselbe

zeichnet sich nicht allein durch seine augenfällige grosse Einfachheit aus, sondern auch durch den Umstand, dass der Untersuchende eine jede Form schon in seinem Besitz befindlicher Kehlkopfspiegel an dem elektrisch montierten Griffe anbringen kann. Der letztere besteht aus zwei Teilen a b c und e f g. Die Spiegel können in die federnde Hülse h je nach Wahl und Bedürfnis eingeschoben werden. Von a durch den Griff bis nach f geht eine elektrische Doppelleitung, die so angeordnet ist, dass zwei von einander isolierte Leitungsröhrchen ineinander stecken und den Strom nach dem Lichtpunkte f führen. Dieselbe Anordnung ist auch in dem Leitungsdrahte k vorhanden. Durch diesen Umstand der Anordnung wird der Griff äusserst kompensiös. Die ganze Vorrichtung ist nicht grösser als andere gewöhnliche Laryngoskope¹⁾. Wird auf die kleine Feder c gedrückt, so entsteht bei f ein sehr intensives elektrisches Licht, welches das im Spiegel g befindliche Bild des Larynx²⁾ hell erleuchtet und den Vorteil in sich birgt, dass immer eine gleichmässige ruhige Lichtfülle auf das zu untersuchende Objekt fallen muss. An dem kleinen Glühlämpchen f ist ausserdem eine reflektierende Halbhohlkugel angebracht, die aussen geschwärzt ist, damit kein zurückstrahlendes Licht das Auge des Untersuchenden blendet; i ist eine leicht auswechselbare Reserve-Glühlampe. Die Apparate werden auf Wunsch mit einem Rheostaten geliefert, der in dem Griff b liegt und durch den Schieber R reguliert wird.

Die Galvanokaustik bedient sich der Elektrizität ausschliesslich zu Operationszwecken und zwar sind die am häufigsten angewendeten Instrumente die galvanokaustische Schneideschlinge, das

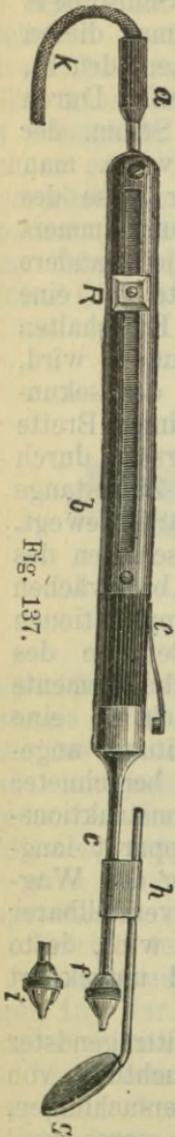


Fig. 137.

¹⁾ Laryngoskop = Kehlkopfspiegel.

²⁾ Larynx = Kehlkopf.

galvanokaustische Messer (Galvanokautor) und der sogenannte Porzellanbrenner.

Fernere Anwendung der Elektrotechnik.

Mit allen den in den vorhergehenden Kapiteln geschilderten Verwendungsarten der Elektrizität ist deren grosses Gebiet bei weitem noch nicht begrenzt. Von Tag zu Tag gewinnt dasselbe an Ausdehnung. In alle Industrien, in den Verkehr, den Handel, das öffentliche und private Leben greift die Elektrizität ein, überall sucht man sie dienstbar zu machen und gleich der Atmosphäre, die selbst die chemisch nicht mehr teilbaren Moleküle der Atome durchdringt, durchdringt die Elektrizität die gesamte Thätigkeit der Menschheit. Im nachstehenden sollen die in der Praxis eingeführten Verwendungsarten der Elektrizität zu speziellen Zwecken näher besprochen werden.

Das elektrische Bleichverfahren.

Ein Arbeitsfeld, das eine sehr umfangreiche Ausdehnung erwarten lässt, ist das elektrolytische Bleichverfahren. Das Bleichen von Leinenwaren ist seit den frühesten Zeiten bekannt. Schon die alten Ägypter und Phönizier lieferten ausgezeichnete Waren dieser Art. Später bemächtigten sich die Holländer und nachher die Engländer dieses Industriezweiges. Das frühere langwierige Verfahren wurde durch den Chemiker Berthollet durch Benutzung des Chlorkalks auf den Zeitraum von wenigen Stunden beschränkt. Schon lange Zeit suchte man die Elektrotechnik auch in der Bleicherei anzuwenden, doch fast alle Versuche waren erfolglos. Es sei hier bemerkt, dass die Elektrizität an sich keine Eigenschaften besitzt, den Faserstoff zu bleichen, sondern dass der Chemiker die Eigenschaft des elektrischen Stromes, gewisse chemische Verbindungen zu zersetzen, ausnutzt. Die Zersetzungsprodukte werden dann in der entsprechenden Weise durch Einwirkung auf den Faserstoff nutzbar gemacht. Wer zuerst derartige Versuche angestellt hat, ist nicht bekannt. Louis J. Matos in Philadelphia giebt an*), dass man jedenfalls dem Franzosen Eugen Hermite die ersten praktischen Erfolge auf diesem Gebiete verdanke. Seine Methode war folgende.

*) Elektrotechn. Anz. 1895, No. 30.

Die bleichende Flüssigkeit, die derselbe in dem Prozess verwendet, erhält man durch Einwirkung des elektrischen Stromes auf die Lösung eines Chlorides in Wasser, und zwar hält der Erfinder das Chlormagnesium als die vorteilhafteste Verbindung, wenngleich die Chloride von Calcium oder Aluminium auch günstige Erfolge versprechen. Fließt ein Strom durch diese Flüssigkeit, so findet gleichzeitig eine Zersetzung des Wassers und der Chlorverbindung statt, indem sich am positiven Pole Chlor- und Sauerstoffgas bildet. Diese beiden Gase vereinigen sich in statu nascendi*) zu einer sehr unbeständigen Verbindung, die in hohem Grade eine entfärbende Eigenschaft besitzt. Gleichzeitig wird das Magnesium am negativen Pol reduziert. Dasselbe zersetzt jedoch im Augenblick seiner Abscheidung das Wasser, und man erhält das Produkt Wasserstoff und Magnesiumoxyd.

Fügt man jetzt der elektrolytischen Lösung oder dem Bade vegetabilische Fasern, z. B. eine digerierte und ausgewaschene breiartige Holzmasse, wie sie zur Papierfabrikation Verwendung findet, hinzu, so wird die ursprüngliche Farbe des Faserstoffes durch die stark oxydierende Eigenschaft der oben erwähnten Chlor-Sauerstoff-Verbindung zerstört, und das jetzt freiwerdende Chlor verbindet sich sofort mit dem Wasserstoff unter Erzeugung von Salzsäure. Die letztere bildet mit dem vorhandenen Magnesiumoxyd Chlormagnesium, welches Salz ursprünglich benutzt wurde, sodass wir mithin am Anfang des geschilderten Prozesses angelangt sind. Nach genügender Bleichung der Holzfasern wird die Flüssigkeit abgezogen, wieder in das zur Elektrolyse bestimmte Gefäß zurückgebracht und unter Benutzung einer kleinen Quantität von frischem Chlormagnesium noch einmal demselben Verfahren unterworfen. Der Faserstoff wird ausgewaschen und ist dann für die Verarbeitung zu Papier fertig.

Der Apparat für das elektrolytische Bleichverfahren ist nun, wie folgt, zusammengesetzt. Die Zelle, die der wichtigste Teil des Apparates ist, besteht aus einem Behälter von verzinktem Eisen, der eine horizontal angeordnete Zinkröhre enthält. Letztere ist mit Oeffnungen versehen, um der Flüssigkeit die Zirkulation zu erleichtern. Die negativen Elektroden

*) Status nascens, der Augenblick, wo ein gasförmiger Körper sich von einem andern, weniger Elastizität besitzenden festen oder flüssigen Körper, mit dem er verbunden ist, trennt.

sind aus Zink angefertigt, besitzen runde, scheibenförmige Gestalt und sind an einer horizontalen Welle angeordnet, die mit Hilfe eines Zahnrades in langsame Drehung versetzt wird.

Zwischen jedem Paare dieser Scheiben werden die positiven Platten aufgehängt. Dieselben bestehen aus einem Ebonitrahmen, der ein Platinnetz oder mit Oeffnungen versehene Platinstreifen einfasst. Die ersteren sind sämtlich am oberen Teile mit einer Bleileiste versehen und vollkommen isoliert. Jeder Rahmen steht mittels gebogenen Bleistreifens mit einer Kupferleiste in Verbindung, die quer über die Zelle läuft und mit dem positiven Pol der Dynamo verbunden ist. Der Strom verteilt sich auf alle Platinelektroden und geht durch die Flüssigkeit nach den Zinkscheiben, welche die negativen Elektroden bilden und mit dem negativen Pol der Dynamo verbunden sind. Um die negativen Elektroden von den positiven zu isolieren, sind an letzteren Ebonitplatten angebracht. Am untern Teile des Behälters befindet sich eine verschliessbare Oeffnung, die den Apparat zwecks Reinigung zugänglich macht. Auch ist ein Ventil vorgesehen, um bei Bedarf die Flüssigkeit ablassen zu können. Werden mehrere Zellen zu einer Batterie benutzt, so wird der negative des einen mit dem positiven Pol des nächsten u. s. w. verbunden. In der Regel verwendet man bei diesem Verfahren einen Strom von 1 bis 1,2 Ampère bei 5 Volt Spannung. Zu diesem Zwecke werden Messapparate in den Stromkreis eingeschaltet, um jederzeit die Stromstärke und die verbrauchte elektrische Energie feststellen zu können.

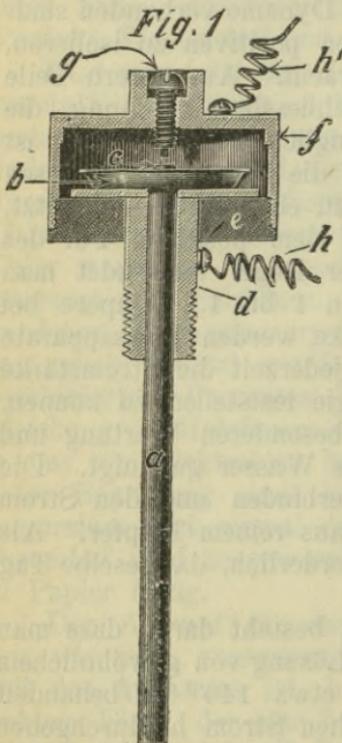
Diese Apparate bedürfen keiner besonderen Wartung und werden nur einmal im Monat mittels Wasser gereinigt. Die Leitungen, die die einzelnen Zellen verbinden und den Strom von der Dynamo bringen, bestehen aus reinem Kupfer. Als Dynamo ist eine sehr starke Type erforderlich, da dieselbe Tag und Nacht laufen muss.

Das Kellner'sche Patentverfahren besteht darin, dass man die zu bleichende Substanz mit einer Lösung von gewöhnlichem Kochsalz bei einer Temperatur von etwa 140° C. behandelt und zu gleicher Zeit einen elektrischen Strom hindurchgehen lässt. Die Lösung hat einen Salzgehalt von 8 pCt. Der Prozess dauert 3 bis $3\frac{1}{2}$ Stunden. Die Pole, die hier aus Kohle bestehen, werden am untern Teile des Apparates angebracht. Bei der Operation wird die Stromleitung in Zeitabständen von 15 bis 30 Minuten verändert. Für die weitere Bearbeitung des Stoffes wird ein Apparat verwendet, der aus

zwei, mittels Röhren verbundenen Abteilungen besteht und worin die Bleichflüssigkeit mittels einer Rotationspumpe zu den Polen und zu den zu bleichenden Stoffen getrieben wird. Die noch nicht behandelte breiartige Masse tritt an dem einen Ende in den Apparat, um ihn in der Nähe des anderen Endes durch einen besonderen Kanal zu verlassen. Die benutzte Bleichflüssigkeit wird durch den sogenannten Elektrolyser zurückgepumpt, regeneriert, um dann von neuem verwendet zu werden.

Warmlaufmelder von Porges. (D. R.-P. 61 760.)

Dieser einfache Apparat dient dazu, das Warmlaufen von Transmissions-, Maschinen- und Fahrzeug-Lagern rechtzeitig und selbständig zu melden. Derselbe wird ganz besonders vorteilhaft dort angewendet, wo ein ständiger Schmierer fehlt. Aber auch beim Vorhandensein des letzteren, z. B. bei Eisenbahnfahrzeugen, elektrischen Lichtbetrieben u. s. w. wirkt der „Warmlaufmelder“ als scharfe Kontrolle über denselben. Der Apparat leistet auch dort, wo ein bestimmter, mit Gefahr verbundener Wärmegrad sich selbstthätig bemerkbar machen soll, die grössten Dienste, da durch seine Anwendung oft Unglücksfälle verhütet werden.



2/3 nat. Gr.

Fig. 138.

Zum bessern Verständnis zeigt Figur 138 die Konstruktion des „Warmlaufmelders“ im Durchschnitt. Das Rohr a mit der in freier Kommunikation stehenden Kapsel b ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, deren Siedepunkt mit dem eventuell Gefahr bringenden Wärmegrad identisch ist. Die Kapsel ist oben mit einer dünnen hartgewalzten Metallmembrane c hermetisch verschlossen und trägt in ihrer Mitte ein Platinkontaktplättchen. Das mit Gewinde versehene Metallstück d, welches seinerseits mit dem aus Isoliermasse bestehenden Boden e fest verbunden ist, nimmt das unterhalb der Kapsel b unbeweglich eingelassene Rohr a auf. Der Gewinde-

stück d, welches seinerseits mit dem aus Isoliermasse bestehenden Boden e fest verbunden ist, nimmt das unterhalb der Kapsel b unbeweglich eingelassene Rohr a auf. Der Gewinde-

teil bei d selbst dient zur Befestigung des ganzen Apparats an seinem Wirkungsort, während an den Klemmschrauben h und h¹ die erforderlichen Leitungsdrähte eingefügt werden.

Auf den Isolierboden e ist die Kapsel f aufgeschraubt, welche oben die mit einer, mit der Membrane c korrespondierenden Platinspitze versehene Kontaktschraube g trägt, welche letztere in den Kapselansatz versenkt ist, um eine Beschädigung bezw. ein unbeabsichtigtes Verstellen derselben zu verhüten; auf diese Weise ist auch nach aussen hin ein vollständiger Abschluss gegen Staub und Feuchtigkeit geschaffen.

Die Funktion des Meldeapparates besteht nun darin, dass, wenn der Siedepunkt der in a und b eingeschlossenen Flüssigkeit z. B. 48° C. erreicht ist, die Membrane c aufgetrieben, d. h. mit ihrem Platinplättchen gegen die Kontaktschraube g gedrückt, dadurch der elektrische Strom geschlossen und die Alarmglocke in Bewegung gesetzt wird.

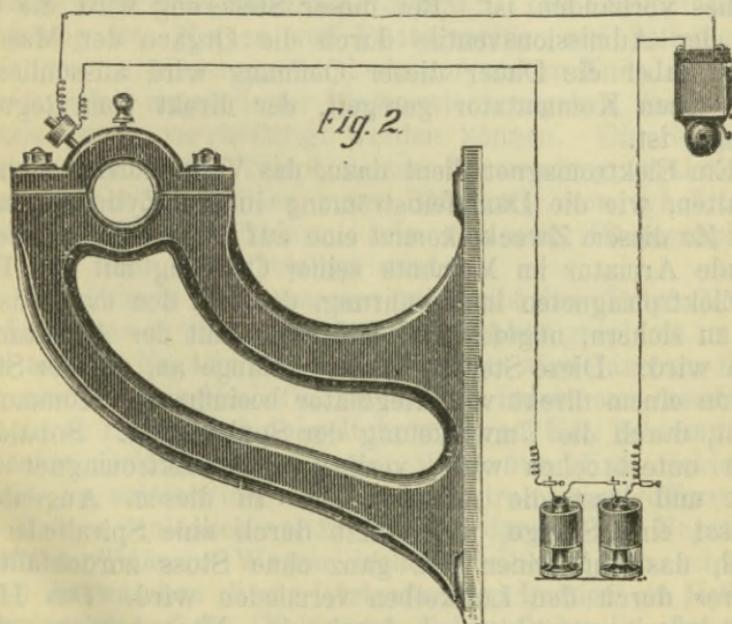


Fig. 139.

Figur 139 zeigt schematisch eine Verwendungsart des „Warmlaufmelters“ für Lager, sowie die zugehörige elektrische Klingelverbindung; bei grösseren Anlagen erhält jeder Apparat seine eigene elektrisch bethätigte Fallklappe, wodurch das event. warmgelaufene Lager sofort herauszufinden ist.

Die ausserordentliche Verbreitung, die der „Warmläufmelder“ auch als Meldeapparat bei unzugänglichen oder entfernt liegenden Maschinenteilen, wie z. B. bei den Ringlagern der Schiffsschraubenwellen u. s. w. im Auslande (Oesterreich und Italien ca. 25000 Stück) gefunden hat, hat die Firma Töpffer & Schädel in Berlin SW., Bernburgerstrasse 21 veranlasst, das Patent und den Vertrieb für ganz Deutschland zu erwerben.

Elektromagnetische Steuerung für Dampfmaschinen.

Ein System elektrischer Steuerung für Dampfmaschinen, das durch seine Anordnung, wie durch die Einfachheit, die dadurch die Präzisionssteuerungen bekommen, viel für sich hat, wurde von A. Décombe erfunden. Da es auf der Anwendung des elektrischen Stromes begründet ist, wird man es vorzugsweise bei derartigen Anlagen verwenden, wo derselbe ohnedies vorhanden ist. Bei dieser Steuerung wird die Oeffnung der Admissionsventile durch die Organe der Maschine besorgt, aber die Dauer dieser Oeffnung wird ausschliesslich durch einen Kommutator geregelt, der direkt vom Regulator abhängig ist.

Ein Elektromagnet dient dazu, das Ventil solange gehoben zu halten, wie die Dampfeinströmung in den Zylinder dauern soll. Zu diesem Zwecke kommt eine auf der Stange des Ventils sitzende Armatur im Momente seiner Oeffnung mit den Polen des Elektromagneten in Berührung, der, um den magnetischen Halt zu sichern, ungefähr $\frac{1}{2}$ Millimeter mit der Armatur gehoben wird. Diese Stellung dauert solange an, als der Strom, der von einem direkt vom Regulator beeinflussten Kommutator kommt, durch die Umwicklung der Spulen geht. Sobald der Strom unterbrochen wird, verliert der Elektromagnet seine Kraft und lässt die Armatur los. In diesem Augenblicke schliesst eine Stange, unterstützt durch eine Spiralfeder das Ventil, das auf seinen Sitz ganz ohne Stoss zurückfällt, da letzterer durch den Luftkolben vermieden wird. Das Heben der Admissionsventile wird durch eine Nase bewirkt, deren Rad auf eine Seitenachse gekeilt ist. Letztere wird durch die Kurbelachse mittels eines Paares konischer Räder von gleicher Grösse angetrieben. Um eine Minimaleinströmung, die hier auf $\frac{1}{10}$ begrenzt ist, nur durch Anwendung der Nase zu erhalten, giebt man dem sie tragenden Rade einen ziemlich grossen Durchmesser. Unter diesen Umständen vollzieht sich die Oeff-

nung des Ventils schnell und vollständig, ohne eine Drosselung des Dampfes am Anfange der Einströmung hervorzubringen. Da der Winkel des Rades fixiert ist, bleibt die Voreilung konstant. Die Dauer der Oeffnung hängt von dem Gleichgewichts-Zustande des Regulators ab.

Der Elektro - Artograph.

Die telegraphische Uebermittlung von Bildern ist nunmehr zu einer Vervollkommnung gebracht worden, die zu der Hoffnung berechtigt, dass dieselbe über kurz oder lang als vollgültiges Verkehrsmittel in den allgemeinen Gebrauch treten wird.

N. S. Amstutz, ein bekannter Elektrotechniker und Mechaniker in Cleveland (Ohio), hat nach dem „Elektr. Anz.“ einen Apparat konstruiert, welcher diesen Zwecken dient und der eigentlich eine Verbindung des Phonographs und des Telephons darstellt; er nennt denselben „Elektro-Artograph“. Der Gegenstand seiner Erfindung ist, Kopien von Photographien auf beliebige Entfernungen zu übertragen und sie am andern Ende der Leitung derart mittels eingravierter Linien wiederzugeben, dass sie sofort mittels Druck vervielfältigt werden können. Die Stromwellen kommen wie beim Telephon zur Verwendung, während die Reproduktion des Bildes unter Benutzung von synchron sich drehenden Wachszylindern, wie sie beim Photographen in Gebrauch sind, bewerkstelligt wird.

Das Prinzip des Apparates beschreibt das „Polyt. Notizbl.“ wie folgt: Das zu übermittelnde Bild wird photographiert, und zwar wird nur das Negativ angefertigt. Dieses wird dann zur Herstellung eines Gelatine-Reliefbildes benutzt, indem man dasselbe über eine durch Lösung von doppeltchromsaurem Kali lichtempfindlich gemachte Gelatineschicht legt. Wird nun diese Schicht belichtet, so werden die von den Lichtstrahlen getroffenen Teile im Wasser unlöslich, während die durch das Negativ geschützten Teile im Wasser löslich bleiben. Man erhält also durch Auswaschen dieser letztgenannten Partien ein Reliefbild. Dieses wird auf die Walze des Gebers gebracht, der in derselben Weise wie der Geber der Edison'schen Phonographen in schnelle Rotation versetzt wird und vermittels der Erhöhungen des Reliefs einen Stift hebt bzw. senkt. Nach einer Umdrehung der Walze verschiebt sich der Stift um ein geringes seitwärts. Es handelt sich nun darum, eine Kopie dieses, auf dem Geber befindlichen Reliefs an einer entfernten

Station mit Hilfe des elektrischen Stromes zu bilden. Zu diesem Zweck ist an der Empfangsstation ein Empfänger angebracht. Dieser besteht ebenfalls aus einem mit plastischer Masse (Wachs oder Gelatine) überzogenen Zylinder, der in die gleiche Zahl von Umdrehungen versetzt wird, wie der Geber. Um auf dem Empfangszylinder das gleiche Bild zu erzielen, muss der Griffel desselben so bewegt werden, dass er die gleichen Hübe ausführt, wie der Griffel des Gebers und infolgedessen auf der plastischen Schicht des Empfängers eine Kopie des auf der Schicht des Gebers befindlichen Bildes ausarbeitet. Dies geschieht durch die Bewegung des Stiftes des Gebers mit Hilfe eines Hebels, der je nach der Grösse der Bewegung, d. i. je nach der Grösse der plastischen Erhöhung, eine Anzahl von Kontakten bethätigt. Tritt der Stift in eine der tiefsten Einsenkungen des Reliefbildes, so geht der andere Hebelarm derart in die Höhe, dass sämtliche Taster mit den Kontakten in Anschluss kommen.

Der Erfinder hat mit diesem Apparat innerhalb drei Minuten Bilder reproduziert, die es nicht unmöglich erscheinen lassen, dass man auf diesem Wege zu dem erstrebten Ziele gelangen kann.

Die Beleuchtung der Wasserstrassen.

Unter den vielen Zwecken, denen die elektrische Beleuchtung dient, ist von jeher auf ihre hohe Wichtigkeit zur Beleuchtung der Seewege und Schiffe hingewiesen worden. Man hat bereits eine Anzahl entsprechender Lampen und Vorrichtungen ersonnen, ohne jedoch zu einem endgültigen Ergebnis gekommen zu sein. Man beschränkte sich deshalb bisher darauf, die Leuchttürme mit elektrischen Lampen zu versehen. Bereits auf der elektrischen Ausstellung zu Frankfurt a. M. stellte S. Schuckert in Nürnberg (gegenwärtige Firma: Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vorm. Schuckert & Co.) einen in Figur 140 abgebildeten elektrischen Scheinwerfer aus, der die grossen Vorzüge des elektrischen Lichtes zur Meerbeleuchtung zeigte. Man musste allerdings Bogenlampen für eine ganz bedeutende Leuchtkraft bauen und steigerte nach und nach die Anforderungen an diese Kolossallampen bis auf viele Tausende von Kerzenstärken. Eine der imposantesten Seebeleuchtungsanlagen ist die Statue der „Freiheit“, ein Geschenk Frankreichs an die Vereinigten Staaten von Nordamerika, die am Eingange des Hafens von New-York Auf-

stellung gefunden hat. Diese Kolossalfigur, die von innen bestiegen werden kann, trägt in der erhobenen Rechten eine Bogenlampe, die ihre Strahlen weit in den Hafen sendet.



Fig. 140.

Jedoch nicht nur für die Ausrüstung der Leuchttürme und ähnlicher Anlagen leisten die elektrischen Scheinwerfer vortreffliche Dienste, sondern auch die Seewege selbst können von den sie befahrenden Schiffen aus genügend beleuchtet werden. Hierdurch würden zweifellos die vielen, bei dunkler Nacht vorkommenden Schiffsunfälle, denen ungezählte Menschen-

leben zum Opfer fallen, auf einen äusserst kleinen Prozentsatz reduziert werden. Einen weiteren Schritt sucht man in der elektrischen Beleuchtung der Flussläufe zu thun. So hat man in den indischen Gewässern vor kurzem Versuche angestellt, um festzustellen, ob sich nicht unter Benutzung von elektrischen Scheinwerfern die Flussschiffahrt auch während der Nachtzeit ermöglichen lasse. Am 19. Dezember 1894 fand nach einem Bericht des „Ind. Eng.“ auf dem Schiff „Scinde“ in Anwesenheit einer grossen Anzahl von Fachleuten eine Probefahrt statt. Die betreffende elektrische Anlage bestand aus einem Scheinwerfer von 25000 NK Leuchtkraft, dem eine auf dem Verdeck des Schiffes aufgestellte und von einer vertikalen Dampfmaschine angetriebene Dynamo den erforderlichen Strom lieferte. Während man zunächst einige Versuche anstellte und mittels des Scheinwerfers den Fluss auf weite Entfernungen erhellte, benutzte man zu der eigentlichen Probefahrt divergierende Linsen.

Der Versuch war in jeder Hinsicht zufriedenstellend, indem das Schiff die Reise von Calcutta nach Naraingungl und zurück in 12 Tagen beendete. Obgleich häufig während der Nacht wegen der Ebbe und wegen starken Nebels aufgehalten, urteilte der Kapitän Ainsley doch in sehr günstiger Weise über die neue Beleuchtung. Nachdem dasselbe Schiff unter dem Kommando des Kapitäns Elder eine zweite Fahrt nach Naraingungl in noch kürzerer Zeit unternommen hatte, unterliegt es keinem Zweifel, dass in Zukunft die Flussschiffahrt daselbst auch während der Nachtzeit stattfinden wird, was für den Transportverkehr von Gütern von grossem Wert ist.

Die Verwendung der Elektrizität zur Bereitung von Brennstahl aus Eisen.

Schon vor vielen hundert Jahren machte man den Versuch, das Eisen härter zu machen, es in Stahl umzuwandeln, und doch erscheint diese Operation immer noch ein wenig geheimnisvoll. Die Brennstahl-Bereitung geschieht noch heutigentags, wie in vergangenen Jahrhunderten. Die Apparate sind wohl grösser, aber es ist nach wie vor nötig, das Eisen, um es zu brennen, bis zu zehnmal 24 Stunden zu erhitzen, und die empirischen Zusätze, die mit Kohle und solche, wie Salz, Leder, Horn trugen nur dazu bei, die Wissenschaft zu verwirren, ohne dass hierdurch die so lange Operation abgekürzt worden wäre. Man glaubte indessen, dass hier die Anwendung der elektrischen

Thätigkeit entschieden von Vorteil sein müsse und bethätigte dies. Man plazierte Ende an Ende und, gut isoliert, einen Retortenkohlenstift und Stahlbarren von nur $\frac{1}{1000}$ Kohlenstoff in einem refraktären Gefäss. Das Ganze wurde horizontal in einen kleinen Reverbierofen angeordnet, der von unten durch Einblasen von Luft erhitzt wurde, währenddessen eine Gramme-Maschine die Elektrizität lieferte. Die Kohle entsprach dem positiven und das Metall dem negativen Pol.

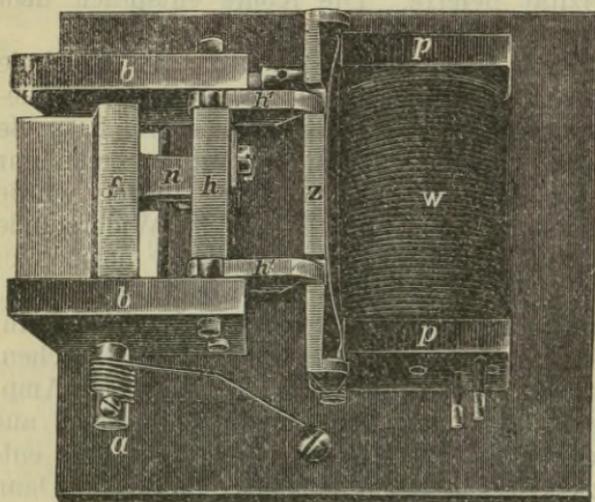
Man war überzeugt, dass, wenn die Hitze die Moleküle der Kohle leicht beweglich machen und die Elektrizität dieselben alsdann transportieren sollte, und dies derart, dass die chemischen Wirkungen beinahe nichts bethätigten, man nur einer schwachen Kraft bedürfen würde. Der Umweg wurde dann mit dem Minimum nötiger Kräfte, um die Widerstände zu überwinden, gebildet, ohne Zuflucht zum Entlader nehmen zu müssen, der die Kohle gut vom Positiv zum Negativ überträgt. Für die Praxis würde dies aber ein kostspieliges Mittel sein, ohne von anderen Schwierigkeiten chemischer Art zu sprechen.

Nachdem der Strom drei Stunden lang 7 Volt 55 Amp. stark behauptet wurde, zog man den Stahlbarren schnell aus dem Gefäss und tauchte ihn ins Wasser. Der der Kohle entgegengesetzte Teil zerkratzelte bei Versuchen das Glas. Dann wurde er mit dem Schmirgel-Schleifstein schräkantig zugeschliffen, und es zeigte sich, dass die Zementierung bis auf etwa 10 Millimeter Tiefe durchgedrungen war. Was die Extremität des Stiftes anbelangte, so war dieser auf der berührten Oberfläche angefressen. Diese Operation, die mehrere Male wiederholt wurde, verlangte eine Temperatur von 900 bis höchstens 1000^o C.

Elektrischer Thüröffner.

Dieser neue, äusserst sinnreich von der Firma Töpffer & Schädel in Berlin SW., Bernburgerstrasse 21, konstruierte, patentamtlich geschützte elektrische Thüröffner ist überall bequem als Einsteck-, Kasten- oder Anlege-Oeffner anzubringen und zwar stets an dem feststehenden Flügel, während die bisher verwendeten Apparate auf dem beweglichen sitzen. Von besonderer Wichtigkeit aber ist der Umstand, dass der elektrische Thüröffner keinen besondern Riegel benötigt, da die Drückerfalle des Thürschlosses in die Falle des Thüröffners greift.

Zur genaueren Orientierung geben wir in Figur 141 eine Ansicht. *b b* stellen zwei Lagerböcke dar, welche die um eine Achse *a* drehbare und eine Nase *n* tragende Falle aufnehmen. Das ebenfalls um eine Achse drehbare Hebelstück *h* nimmt zwei um seine Endachse bewegliche Zuhaltehebel *h¹ h¹* auf, die mit je einem Greifer auf dem Anker *z* aufliegen.



$\frac{2}{3}$ nat. Grösse.

Fig. 141.

Dieser ist um die Achse *d* drehbar, trägt oben eine angeietete schwache Neusilberfeder, die den ersteren von dem Elektromagneten *w* abdrückt. Die an einem der beiden Thorflügel befestigte Aufwerffeder drückt den beweglichen Flügel und mit diesem die Falle des Thürschlosses gegen die Falle *f* des Thüröffners. Wird nun durch einen elektrischen Strom der Anker *z* von dem Elektromagneten angezogen, so ist die Sperrung im Oeffner aufgehoben, die beiden Greifer, die bisher auf dem Anker *z* auflagen, sind frei, und die oben angeführte Aufwerffeder löst die beiden Hebelsysteme (Hebelstück *h* bezw. Zuhaltehebel *h¹*) aus, wobei die Drückerfalle an der Oeffnerfalle *f* vorbeigleitet: das Thor ist nun geöffnet. Bei Unterbrechung des Stromes stösst die Neusilberfeder den Anker *z* von dem Elektromagneten *w* ab, und die um die Achse *a* gewickelte Spiralfeder bringt die Oeffnerfalle *f* in ihre ursprüngliche Lage zurück. Beim Zufallen des Thorflügels gleitet die Drückerfalle an der Oeffnerfalle vorbei und springt hinter dieselbe wieder ein, wodurch das Thor wieder geschlossen ist.

Die sich aus vorstehenden Darlegungen ergebenden praktischen Eigenschaften des elektrischen Thüröffners bestehen hauptsächlich darin, dass nur ein leiser Druck auf einen Knopf genügt, um die schwersten Thore zu öffnen, trotzdem reicht

ein kleiner Magnetinduktor zur Erzeugung des erforderlichen schwachen Stromes aus. Die Unterhaltungskosten fallen vollständig weg, und die Funktion ist eine äusserst sichere.

Elektrisches Heizen und Kochen.

Es ist naheliegend, dass man schon bei der ersten Einführung der Elektrizität in die Praxis daran dachte, dieselbe zum Heizen und Kochen zu verwenden. Das Problem ist heute allerdings noch nicht endgültig gelöst, aber die erzielten Erfolge sind so bedeutend, dass die allgemeine Einführung der elektrischen Oefen und Kochapparate dort, wo elektrischer Strom vorhanden ist, in absehbarer Zeit stattfinden kann. In einem früheren Kapitel ist bereits ausgeführt worden, dass, je stärker ein Leiter und je grösser sein Widerstand ist, desto höher auch seine Erwärmung sein wird. Bekanntlich wächst aber der Widerstand in derselben Weise, wie der Durchmesser des Leiters kleiner wird. R. E. Crompton hat nun elektrische Heizöfen und Kochapparate in letzter Zeit der Society of Arts in London vorgeführt*), welche mit Heizkörpern bezw. Leitern, hergestellt aus einer eigens für hohen Widerstand berechneten Metallegierung, versehen waren. Da nämlich eine häufige Erhitzung bezw. Abkühlung der betreffenden Gefässe, die die Verwendung als Küchengeschirr in sich schliessen, nicht zu umgehen ist, so muss man sein Hauptaugenmerk darauf richten, eine Emailmasse zu erhalten, die ungefähr denselben Ausdehnungskoeffizienten besitzt, wie die Platten, auf denen der Draht befestigt wird. Die hierfür von Carpenter verwendete patentierte Masse hatte sich für die Dauer nicht bewährt, und nach langen Versuchen fand die Firma Crompton & Co., dass sich eine Legierung aus Nickel und Stahl (in der Zusammensetzung sehr variierend, sowohl solche, die fast reines Nickel, als auch solche, die einen grossen Prozentsatz Stahl enthalten) sich vorzüglich für diese Zwecke eigneten und bei weitem dem in Amerika hierzu benutzten Neusilber überlegen seien.

Der Draht auf den Heizplatten wird nach folgendem Verfahren angebracht. Auf die letztere kommt zunächst eine fast ganz aus Kieselerde bestehende Schicht, die einen sehr hohen Schmelzpunkt besitzt (ungefähr denjenigen des Schmiedeeisens). Die Firma benutzt einen Spezialapparat, der vor Auftragung dieser Schicht die Oberfläche der Platten einer Rauhung unter-

*) „Elektrotechn. Anz.“, Nr. 42, 43.

zieht. Auf diese Schicht bringt man dann eine Lage von der Emails substanz, die einer so hohen Temperatur ausgesetzt wird, dass dieselbe anfängt weich zu werden, aber noch nicht schmilzt. Auf dieser wird der Draht befestigt; man bedeckt den letzteren, wie die erste Emails chicht, mit einer zweiten, die einen niedrigeren Schmelzpunkt besitzt, und bringt dieselbe zum Schmelzen, sodass sie sich vollkommen dicht mit ersterer vereinigt und den Draht luftdicht überdeckt und isoliert. Dieses Verfahren erfordert von seiten des Arbeiters grosse Geschicklichkeit. Man erzielt aber für den Fall, dass die verschiedenen Manipulationen vorschriftsmässig ausgeführt werden, ausgezeichnete Resultate, da ein Rissigwerden der Schicht und infolgedessen der Zutritt der Luft an den Draht ausgeschlossen ist. Um den an und für sich dünnen Draht sorgfältig zu verwenden, verwendet man ihn in Gestalt von zusammengerollten Bändern. Würde man zu diesem Zwecke den Draht mit der Hand biegen, so entstünden an den betreffenden Punkten dünnere Stellen, wodurch der Widerstand daselbst ein höherer, infolgedessen eine grössere Hitze erzeugt werden würde. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, benutzt die Firma Crompton & Co. eine besondere Maschine, die den Draht von einer Haspel abnimmt und ihn in der gewünschten Form ohne Veränderung des Querschnittes auf die sogenannte Uebertragungsplatte bringt. Die letztere besteht aus einer Metallplatte, auf deren Rückseite eine Anzahl Elektromagnete derart angebracht sind, dass der Draht, sobald er auf die Platte gebracht wird, infolge der magnetischen Anziehung in seiner ursprünglichen Lage festgehalten wird. Will man den Draht abnehmen, so braucht man nur die Elektromagnete ausser Thätigkeit zu setzen.

Die praktische Anwendung der elektrischen Energie zu Heiz- und Kochzwecken wird in erster Linie nur dort wirklich vorteilhaft ausgeführt werden können, wo eine elektrische Zentrale vorhanden ist. In Ottawa, der Hauptstadt Kanadas, ist man hiermit bereits vorangegangen.

In genannter Stadt liefern die Chaudière-Fälle eine Kraft von 5000 PS. Dieselbe ist benutzt einerseits zum Betriebe eines grossen Sägewerkes, anderseits für eine elektrische Kraftstation. Diese Kraftstation liefert nun den Strom für Beleuchtung, für eine elektrische Bahn und für Heizzwecke. In letzterer Hinsicht dient der elektrische Strom zunächst zur Heizung der verschiedensten Räume, namentlich solcher, wo wegen ihrer Feuergefährlichkeit eine andere Heizungsart aus-

geschlossen ist, ferner zu Koch-Vorrichtungen für Apotheker, zu warmen Bädern, endlich sogar zur Heizung eines Backofens, der unmittelbar im Verkaufsladen aufgestellt ist und dort von den Verkäufern gleichzeitig mit überwacht werden kann. Die Erzeugnisse desselben sollen allen Ansprüchen genügen.



Fig. 142.

In Figur 142 und 143 ist ein elektrisch geheizter Kochapparat und Herd gezeichnet. Bei dem Gedanken, dass kein Russ und kein Rauch, weder Kohle noch Holz die elektrische Küche der Zukunft verunzieren und profanieren werden, dass es keines mühsamen Feueranmachens bedarf, um den Ofen in Thätigkeit zu setzen, dürften unsere verehrten Hausfrauen und ihre Küchenherrscherinnen in helles Frohlocken ausbrechen. Ein Fingerdruck auf den Ausschalter und der Koch-

prozess kann beginnen und wiederum ein Fingerdruck und das „Feuer“ ist erloschen, d. h. der elektrische Strom ist ausgeschaltet. Natürlich kann man durch vorgeschaltete Widerstände die Hitze ganz willkürlich steigern oder abschwächen und zwar beliebig für jeden einzelnen Kochtopf oder für mehrere oder alle vorhandenen zugleich. — Man wird einwenden, dass schon die in Gebrauch befindlichen Gaskochherde die Vorteile besitzen, weder Rauch noch Russ zu entwickeln, aber man bedenke den immerhin unangenehmen Gasgeruch, die Verschlechterung der Luft durch das Gas und die kost-

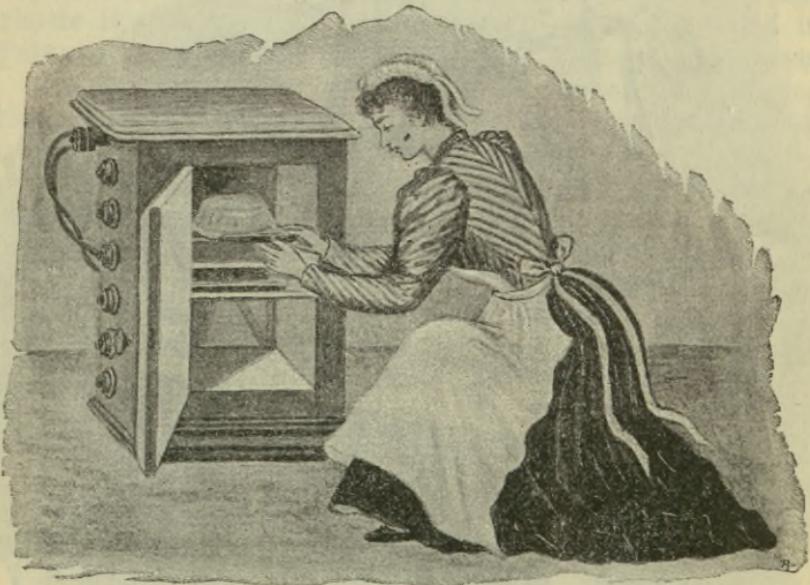


Fig. 143.

spieligen, umständlichen Leitungsanlagen. Dies alles ist bei elektrischer Heizung und den elektrisch erhitzten Kochapparaten nicht der Fall. Ein Geruch ist überhaupt gänzlich ausgeschlossen, die Luftverschlechterung ist gleich Null, die Leitung besteht aus einigen einfachen Drähten, deren Verlegung keine Mühe und nur sehr geringe Kosten macht. Um 450 g Wasser (etwa $\frac{1}{2}$ l) zum Sieden zu bringen, bedarf man 18 Minuten, für 350 g Wasser (etwa zwei Tassen voll) 12 Minuten. Zum Backen, Rösten und Braten würde eine Heizplatte nötig sein, die bis 200°C erhitzt ist, was eine Zeit von höchstens 30 Minuten erfordert. Zur Heizung eines Raumes bedarf es einer

Ausstrahlungsplatte, die in 60 Minuten bis 130° C Wärme ausstrahlt.

Diese den elektrischen Heizofen darstellende Ausstrahlungsplatte ist so leicht und handlich, dass sie an einem isolierten Griff beliebig an verschiedene Stellen getragen werden kann, wo man eine stärkere oder unmittelbarere Wärme wünscht. Da man ebenso, wie bei den tragbaren elektrischen Lampen (siehe Seite 89), den Stöpselausschalter (siehe Seite 90) verwenden kann, so ist der elektrische „Ofen“ bequem von einem Raum oder Gebäude in ein anderes zu tragen und sofort heizfähig zu machen.

Zum Messen der Temperatur genügte das einfache Quecksilberthermometer nicht und erst nach Versuchen mit dem verbesserten Siemens-Pyrometer ist ein Platin-Thermometer konstruiert worden, das eine genaue Temperaturangabe ermöglicht. Da man hierdurch in der Lage ist, die erforderliche Wärme thatsächlich zu messen und sie auch auf die Heizvorrichtungen in der Küche zu übertragen, so ist man erstaunt über den geringen Betrag, den man durch die Berechnungen erhält. Der Prozentsatz, der durch Kohlenheizung in der Küche wirklich nutzbar gemacht wird, ist ein so abnorm niedriger, dass es kaum glaubhaft ist, und es ist nicht zu viel gesagt, wenn man behauptet, dass in vielen Fällen nicht mehr als 2 pCt. verwertet werden. Diese enorme Verschwendung rührt von der Thatsache her, dass mit Ausnahme beim Sieden von Wasser bei sämtlichen Operationen des Kochens die vom Feuer ausgehenden Wärmestrahlen noch einen verhältnismässig weiten Weg zu den Substanzen, welche gekocht werden sollen, zurückzulegen haben. Betrachtet man z. B. das Rösten von Fleischrippchen, so sieht man ohne weiteres ein, eine wie grosse Menge Kohle erst verbrannt werden muss, um die zu dieser Manipulation erforderliche glühende Kohlenschicht zu erhalten. Man kann daraus schliessen, dass 70 pCt. der erzeugten Wärme durch den Schornstein gehen, 16 pCt. werden aber in den Küchenraum selbst ausgestrahlt. Man geht daher wohl nicht fehl, wenn man annimmt, dass auf das Rösten an und für sich nicht mehr als 2 pCt. der gesamten erzeugten Wärmemenge zu rechnen sind. Dagegen werden bei Verwendung eines speziell hierfür eingerichteten elektrischen Röstapparates 65 pCt. der aus der elektrischen Energie gewonnenen Wärme praktisch verwertet. Betrachten wir jetzt einen in der Küche befindlichen Küchenofen, wie er in einem kleinen Haushalt ge-

bräuchlich ist. Derselbe wird durchschnittlich während drei Stunden täglich benutzt, bei Verwendung des gewöhnlichen Brennmaterials aber muss der Ofen beständig von früh bis spät abends geheizt bleiben. In diesem Falle beträgt die gesamte ausgenutzte Wärmemenge, die zum Backen, Rösten, Kochen etc. erforderlich ist, nur einen geringen Prozentsatz derjenigen Wärmemenge, die das Heizmaterial entwickelt hat.

Zieht man nun die Gasheizung in den Vergleich, so fällt derselbe immer noch sehr zu Gunsten der elektrischen Heizung aus, wenn auch nicht in dem Grade, wie bei Heizung mit festem Brennmaterial. Die Gasheizung besteht bekanntlich darin, dass die von den einzelnen Gasflammen erzeugte Wärme zur Heizung verwendet wird. Es ist daher nötig, einen Luftstrom beständig durch den Gasofen streichen zu lassen, um die Verbrennungsprodukte wegzuführen. Diese Ventilation führt aber zugleich gegen 80 pCt. der durch die Verbrennung des Gases erzeugten Wärme mit fort.

Der elektrische Ofen besteht aus einem rechtwinkligen Gehäuse mit doppeltem Boden, Deckel, doppelter Vorder- und Hinterseite, von denen die inneren Platten die elektrische Leitung enthalten. Der Zwischenraum zwischen äusseren und inneren Platten ist mit einer nicht leitenden Substanz ausgefüllt. Die Thür schliesst luftdicht, kein Ventilierungsluftstrom ist erforderlich, sodass jedem Verlust an Wärme vorgebeugt ist. Ist der Ofen mit Speisen gefüllt, so werden mehr als 90 pCt. Wärme nutzbar gemacht, und wenn auch nur, wie oben schon angegeben, 5 bis 6 pCt. der aus dem ursprünglichen Heizmaterial entwickelten Wärmemenge in der elektrischen Energie vorhanden ist, so werden von diesen doch 90 pCt. — mithin $4\frac{1}{2}$ pCt. der gesamten elektrischen Energie — verwertet. Infolgedessen ist die Heizung mittels des elektrischen Ofens noch zweimal ökonomischer, als eine mit gewöhnlichem Heizmaterial bezw. Gas. Es kommen hierzu noch andere Vorteile. In den Küchenräumen herrscht jetzt in der Regel infolge der ausstrahlenden Wärme eine so hohe Temperatur, dass dieselbe nicht allein dem Küchenpersonal äusserst lästig, sondern sogar gesundheitsschädlich ist. Die elektrische Küche dagegen kann so kühl gehalten werden, wie jeder andere Raum, auch ist wohl anzunehmen, dass eine derartige normale Temperatur auf die Arbeitsleistung des Küchenpersonals in vielen Beziehungen einen günstigen Einfluss ausüben wird. Es ist oben schon angedeutet, dass es bei Gas-

heizung notwendig wird, zwecks Ventilierung einen Luftstrom durch den Ofen hindurchgehen zu lassen. Dieser Strom von trockener Luft übt aber auf die Beschaffenheit der herzurichtenden Speisen einen nachteiligen Einfluss aus, indem er denselben die Feuchtigkeit entzieht, wodurch die Speisen an der Oberfläche hart und weniger schmackhaft werden. Dieser Nachteil macht sich bei der Zubereitung von Früchten besonders bemerkbar. Bei der elektrischen Heizung ist kein Luftzug vorhanden und die stets genau bei ihr zu regulierende Temperatur, die gerade bei der Zubereitung von Speisen von grösserem Werte ist, kann mit dazu beitragen, die Kochkunst auf eine höhere Entwicklungsstufe zu heben.

Elektrizität direkt aus Kohle.

Bereits 1891 wurde Thomas A. Edison in New-York ein Patent erteilt, das die Erzeugung von Elektrizität direkt aus Kohle zum Gegenstande hatte. Das nach und nach immer mehr verbesserte Verfahren besteht in folgendem.

Ein eisernes Gefäss steht senkrecht und mit seiner unteren Hälfte in einem Glühofen. In diese Retorte wird irgend eine chemische Verbindung gebracht, etwa ein Oxyd oder Salz; nehmen wir an Eisenoxyd. Auf den eisernen Zylinder wird ein Deckel luftdicht aufgeschraubt, der innen, in den Zylinder hinabhängend, einen Kohlenzylinder trägt, der aus einer Masse von Koks- und Kohlenpulver hergestellt ist, ähnlich wie die zu Bunsenelementen verwendete Kohle. Diese Kohle steht mit dem Deckel in metallischer leitender Verbindung und trägt den einen Leitungsdraht, während der andere sich aussen an die Retorte anschliesst. Ausserdem trägt der Deckel noch einen kleinen Ansatz, an den noch das Saugrohr eines Exhaustors anschliesst. Aus dieser Anordnung entwickeln sich nun unter verhältnismässig einfachen und leicht verständlichen chemischen Vorgängen elektrische Ströme. Wird nämlich die Retorte und das darin enthaltene Eisenoxyd und der Kohlenstaub heftig erhitzt, so greift die zunächst noch in der Retorte befindliche Luft die Kohle an und bildet Kohlenoxydgas, welches das Eisenoxyd kräftig reduziert und in metallisches Eisen verwandelt, während das Kohlenoxydgas selbst dabei zu Kohlen-säure wird. Diese zerlegt sich aber an der glühenden Kohle

in Kohlenoxyd, das wieder Eisen reduziert, und dieses Wechselspiel dauert solange, als noch Kohle und Metalloxyd vorhanden sind. Dabei soll nun das reduzierende Metall, teils die Retorte, teils den Kohlenstaub berührend, zwischen den genannten als Anoden wirkenden Teilen einen kräftigen Strom entwickeln. Die chemische Reaktion, wie der auftretende Strom sollen noch viel intensiver werden, wenn die überschüssige Kohlensäure durch den Exhaustor entfernt und hierdurch gewissermassen eine Luftverdünnung im Innern des Gefässes erhalten wird.

Denselben Gedanken verfolgte Dr. Borchers in Duisburg, dessen Arbeiten in neuester Zeit viel Aufsehen erregen. Da seine Forschungen aber für die Praxis bis heute noch zu keinem Ergebnis geführt haben, so gehen wir darüber hinweg und beschreiben im nachstehenden nur die verwendeten Apparate. Dieselben bestehen aus langen Kupfertrögen, durch deren Deckel poröse oder durchlochte Thontröge eingehängt sind. Durch erstere ziehen unter einem Regen von Kupferchlorürlösungen die gasförmigen Brennstoffe: Generatorgas, Gichtgas, Leuchtgas oder Kokereiabgase, durch letztere Luft. Als Pole dienen einmal das Kupfergefäss, auf der anderen Seite in den Trog eingelegte und eintauchende poröse, leitungs-fähige Kohlenstoffstücke, bezw. Stäbe. Der Thontrog enthält Kupferchlorürlösung, wie das Kupfergefäss, kann aber auch gleich von Beginn teilweise mit Kupferchlorürlösung gefüllt werden, da sich hier ja ohnehin stets etwas Chlorid bildet.

Die genannten gasförmigen Brennstoffe werden ganz wie in gewöhnlichen Gasfeuerungen bedient, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Oxydation bei niedriger Temperatur vor sich geht, und dass die chemische Energie der Brennstoffe statt, wie in den Feuerungen als Wärme, hier als Elektrizität frei wird. Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, dass uns diese Versuchsresultate der Lösung der Frage nach einer besseren Nutzbarmachung unserer stets im Werte steigenden Brennstoffe einen bedeutenden Schritt vorwärts bringen werden.

Gelingen die Versuche, Elektrizität direkt aus Kohle bezw. aus den Gasen herzustellen, dann dürfte ein bedeutender Schritt in der Entwicklung der Elektrotechnik gethan sein. Die Dampfmaschine, Kesselanlage, Turbinen, überhaupt alle ohne Elektrizität betriebenen Kraftmaschinen sind dann ein überwundener Standpunkt, und der Elektromotor wird die einzig existierende Kraftmaschine sein.

Allgemeines über den Bau der elektrischen Maschinen.

Bei der Herstellung dynamoelektrischer Maschinen ist als der schwierigste Teil der Anker (Armatur, Induktor) zu betrachten. Die Zusammenfügung desselben ist bereits Seite 37 skizziert, weshalb wir hier nur noch die allgemeinen Gesichtspunkte hervorheben.

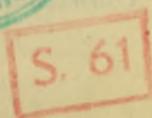
Der Schuckert'sche Flachringanker wird aus weichen Eisenblechscheiben hergestellt, die durch Papierbogen einzeln von einander isoliert werden. Diese Scheiben sitzen auf einer Metallnabe, die wiederum auf der Welle solid befestigt wird. Mitunter wird der Ring auch von gut geglühtem Eisendraht (Gramme'scher Ringanker) angefertigt, was jedoch weniger zu empfehlen ist, wie die Verwendung von Eisenblechscheiben. Die Wickelung des Ankers besteht aus elektrolytischem Kupfer. Ehe man die Wickelung beginnt, umhüllt man den Eisenring mit einem dünnen Leinwandband, um den Ring vor etwa vorkommenden Isolationsfehlern des Kupferdrahtes zu schützen. Zur Erhöhung der Isolationsfähigkeit wird gewöhnlich noch diese Leinwandbandage mit einer Schellacklösung überstrichen. Nach Beendigung dieser notwendigen Vorsichtsmassregel kann mit der eigentlichen Bewickelung begonnen werden. Dieselbe erfordert viel Arbeit und grosse Sorgfalt, da der Draht bei jeder Windung durch den Ring gesteckt werden muss und die Windungen sehr gleichmässig und sauber sowohl nebeneinander, als auch übereinander liegen müssen. Die Zahl der Spulen wird mit Rücksicht auf die Isolation der Spulen sowohl, wie der Lamellen des Stromabgebers so bemessen, dass im Mittel nicht mehr als 20 V Spannungsdifferenz zwischen zwei Stromabgeberlamellen vorhanden sind. Ferner dürfen die Spulen nicht aus zu vielen Windungen bestehen, da sonst die Selbstinduktion (siehe Seite 21) zu gross wird. Innerhalb der durch beide Gesichtspunkte gezogenen Grenzen bestimmt man die Zahl der Abteilungen und Windungen so, dass möglichst wenig Platz verloren geht. Ueber die Höhe der Bewickelung sind die Regeln ungenau. Der Trommelanker besteht, wie der Name andeutet, an Stelle des Ringes aus einer eisernen Trommel, um die die Drähte in der Richtung seiner Achse aufgewickelt sind. Im übrigen sind bei diesem Ankersystem dieselben Regeln bei der Fertigstellung zu beobachten, wie bei dem Ringanker. Gewissenhaft muss die Isolation des Drahtes, der zur Umwicklung benutzt wird, geschützt werden, da der geringste

Isolierfehler Kurzschluss im Anker und demzufolge Nichtfunktionieren der Maschine verursacht. Man wickelt sich deshalb den Draht auf eine bequem zu handhabende Rolle, um Schlingenbildungen und hierdurch hervorgerufene Beschädigungen des Drahtes zu vermeiden.

Das Magnetgestell der Maschinen wird am besten aus Flusseisen hergestellt, das die Vorteile grösserer Magnetisierungsfähigkeit und leichteren Gewichts gegenüber dem Gusseisen in sich vereinigt. Um den magnetischen Widerstand der Luft zu verringern, werden die Magnete mit Pollappen versehen, die den Anker auf den grössten Teil seines Umfanges umfassen und denselben auf diese Weise wesentlich schützen. Der Magnetdraht besteht gleichfalls aus mit Baumwolle oder Seide umsponnenem, elektrischem Kupfer. Der Draht wird auf eine Zinkblechhülse, die sich bequem über die Eisenkerne schieben lässt, gewickelt. Runde Magnetkerne sind den flachen stets vorzuziehen, weil sie bei gleichem Querschnitt den geringsten Umfang besitzen; daher ist auch ihr Widerstand relativ der kleinste. Nur bei Erzeugung grosser magnetischer Felder sind flache Magnete vorzuziehen. Die Magnetkerne werden entweder auf der Grundplatte verschraubt oder, wie dies praktischer ist, mit dieser aus einem Stück angefertigt.

Die einzeln von einander isolierten Lamellen werden in der Regel aus harter Bronze hergestellt. Ueber die Verbindung derselben mit den Ankerdrähten ist Seite 37 und Folge Näheres mitgeteilt.

Der Drahtquerschnitt wird mit Rücksicht auf die beabsichtigte Erwärmung der Maschine bestimmt. Nach Uppenborn kann in einem gut ventilierten Anker die Beanspruchung etwa doppelt so gross sein, wie in den Magneten und von 2 bis 6,5 Amp. per qmm Kupferquerschnitt des Ankers und von 1,6 bis 3,3 Amp. per qmm Kupferquerschnitt des Elektromagnets variieren. Mit der Grösse der Magnete muss die Beanspruchung für gleiche Temperaturerhöhungen abnehmen.



02-3

96 - 9

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296252