



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296109

15

x

2.03

Elektro-technische BIBLIOTHEK.

XLV. BAND.

Die elektrischen
Accumulatoren.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN • PEST • LEIPZIG.



A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrierten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.
eleg. geb. à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung.

I. Band. Die Construction der magnet-elektrischen und dynamo-elektrischen Maschinen. Von Gustav Glaser-De Cew. 5. Auflage, bearbeitet von Dr. F. Auerbach. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 3. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermo-säulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 3. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektrizität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Auflage. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. 2. Auflage. — XV. Band. Die Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektrizität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektrizität und des Magnetismus, 1860—1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektrizität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektrizität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabrikmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik. Von August Neumayer. — XXXIV. Band. Elektrizität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus und Hypnotismus. Von G. Gessmann. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Elektrizität bei registrierenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektrizität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band. Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen. Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. Materialien für Kostenvoranschläge elektr. Lichtenanlagen. Von Etienne de Fodor. — XXXX. Band. Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen. Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. Die Glühlampe. Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias. — XLIII. Band. Die elektrischen Verbrauchsmesser. Von Etienne de Fodor. — XLIV. Band. Die elektrische Schweissung und Löthung. Von Etienne de Fodor. — XLV. Band. Die elektrischen Accumulatoren und ihre Verwendung in der Praxis. Von J. Sack — u. s. w. u. s. w.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die elektrischen
ACCUMULATOREN

und

ihre Verwendung in der Praxis.



15

Die elektrischen
ACCUMULATOREN

und

ihre Verwendung in der Praxis.

Von

J. Sack

kaiserl. Telegraphen-Director a. D.

Mit 95 Abbildungen.

J. Nr. 18802



WIEN, PEST, LEIPZIG. 1892

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

Alle Rechte vorbehalten.

M. B.



I-301606

BIBLIOTEKA POLITECHNIKI
KRAKOW

~~I 466~~

DRUCK VON FRIEDRICH JASPER IN WIEN.

Akc. Nr.

~~349~~ 50
DPK B-122 12017

Vorwort.

Die Elektrotechnik hat in der kurzen Zeit ihres Bestehens auf allen Gebieten grosse Fortschritte gemacht. Namentlich sind auf dem Gebiete der Aufsammlung der Elektrizität derartige Vervollkommnungen geschaffen worden, dass nunmehr, wie für Gas und Wasser, auch für den elektrischen Strom Vorrath aufgesammelt, aufbewahrt und zu jeder Zeit nach Bedürfniss abgegeben werden kann.

Diese Vervollkommnung der Apparate zur Aufsammlung des Stromes, der Accumulatoren für Elektrizität, hat zu einer ausgedehnten Verwendung derselben für die Vertheilung des elektrischen Stromes geführt. Ueberall sind die Elektriker aufs Eifrigste bemüht, die Accumulatoren in der rationellsten Weise in Gebrauch zu nehmen und alle Erfahrungen wieder nutzbringend zu verwerthen.

Die nachstehenden Blätter sollen nun eine Uebersicht über den gegenwärtigen Stand der Accumulatoren-Technik bringen, wobei zwar sowohl kurz auf die historische Entwicklung, als auch auf die in der Neuzeit bekannt gewordenen Accumulatoren hingewiesen worden ist, indessen mit Rücksicht auf den mir vor-

bestimmten Umfang dieses Bandes in erster Linie die praktisch im Betriebe befindlichen Accumulatoren mit den zur Regelung, Schaltung u. s. w. erforderlichen Vorrichtungen, sowie die Verwendungen derselben Aufnahme gefunden haben.

Der Umfang des Bandes hat mir nicht gestattet, auf den Nutzeffect (Wirkungsgrad) einzugehen; es wurde das Hauptgewicht darauf gelegt, dass mit Rücksicht auf die so schnell entwickelte Accumulatoren-Technik ein auf praktischen Anschauungen beruhendes Werk von allgemeinem Interesse sein werde, um in klarer und verständlicher Weise darzuthun, zu welchem unentbehrlichen Hilfsmittel der Accumulator für die weitere gedeihliche Verwendung der Elektrizität in der Industrie und im Verkehrsleben geworden ist.

Der Verfasser.

Sach- und Namen-Register
und
Illustrations-Verzeichniss.



Sach-Register.

- A**abbröckeln der activen Masse 54.
Ableitungstreifen 120, 184.
Accumulatoren von Bandsept 129.
— Brush 106.
— Cheryc-Tommasi 103.
— Clas & Weyde 115.
— Crompton-Howell 68.
— Correns (Berliner Accumulat.-Werke) 81.
— Electric Power Storage Company 76.
— Epstein 132.
— Faure 49.
— Kennedy & Groswith 108.
— Hagen (Kölner Accum.-Werke) 84.
— Hartmann 131.
— Hatch 132.
— Hering 123.
— Heyl 98.
— Holdrege & Johnson 111.
— Huber 90.
— James 117.
— Schöller & Jahr 71.
— Jarman 119.
— Khotinsky 64.
— Legay 125.
— Main 127.
— Metzger 44.
— Oerlikon 88.
- Accumulatoren von Planté 29.
— Pollack 130.
— Reckenzaun 93.
— Schoop 111.
— Société Anonyme 120.
— Tommasi 103.
— Tudor (Accum.-Fabrik Hagen i. W. 59).
— Volckmar 76.
— Waddel-Entz, Foote, Philips 133.
- Aenderung des Säuregehaltes in den Zellen 179, 188, 190.
Aufbau (vgl. Zusammensetzen der Zellen) 67.
Aufstellung der Accumulatoren 62, 186.
Ausdehnung der Platten 78.
Ausschalter, selbstthätiger, Princip 190.
— — Woodhouse & Rawson 192.
- B**atterie, secundäre, chemischer Vorgang 7, 35.
— Gegen- von Jacobi 16.
— Polarisations- von Thomsen 18.
— Princip der secundären 6.

- Beobachtungen, die ersten, der
Polarisation 10.
— von Poggendorf etc. 13.
Befestigung der Elektroden in den
Zellen 182.
Behandlung der Säure 186.
— der Verbindungen 183.
— der Zellen 182.
Berechnung einer Beleuchtungs-
Anlage für Dynamo und Accumu-
latoren 220.
Betrieb durch Accumulatoren von
Fahrzeugen 231.
— — Telegr.-Apparaten 237.
— — und Dynamo in Beleuch-
tungs-Anlagen 197.
Bildung von Bleisuperoxydhydrat
171.
— Sulfurhyperoxyd 180.
- C**ondensator von Little 23.
- D**auerhaftigkeit der Elektroden 181.
Dichte der Säure 31, 188.
- E**lektrische Ladung, Polarisation
2, 7.
Elektroden in massiven Bleiplatten
59.
— in Gitterform 76.
— aus activer Masse 117, 123.
— aus Aluminium 118.
Element, secundäres, von Kirchhoff
24.
— — Planté 29.
Entladung der Zellen 189
Erschöpfung der Zellen 177.
Erregungs-Flüssigkeit, gewöhnliche
31.
— — gelatinöse 64, 88.
- F**arbe der Elektroden 171, 174.
Formiren der Elektroden nach
Brush 107.
- Formiren der Elektroden nach
Epstein 132.
— — Planté 36.
— — Reckenzaun 96.
— — Schoop 114.
— — Sociéte Anonyme 122.
— — Tudor 60.
Forschungen über elektrische Pola-
risation 12.
- G**efässe für Accumulatoren-Ele-
mente 183.
Gegenbatterie von Jacobi 16.
Geschichtliche Entwicklung 10.
Gewicht des Accumulators 181.
Gleichungen von Kohlrausch und
Heim 179.
— Strecker 179.
Grubenlampe, elektrische, mit
Accumulator, Pollack, 230.
— — Steller 231.
- H**altbarkeit der Elektroden 181.
Herausfallen der activen Masse
54, 78.
Herstellung der Elektroden, siehe
Elektroden, bezw. Accumulatoren,
— der Glühlampe für Eisenbahn-
beleuchtung 228, 230.
- I**solirung der Platten 185.
— Zellen 183.
- K**lemmverbindungen 183.
Kochen der Zellen 189
Krümmen der Elektrodenplatten 78.
- L**aden der Zellen 187.
— — mit Kupferbatterien 243.
Ladung, elektrische 2, 7.
Ladungssäule von Ritter 10.
— Poggendorff 13.
Leistung der Zellen 172, 189.
Löthung der Bleileisten 183.

- Platten**, s. Elektroden.
 Polarisations-Batterie von Thomsen 18.
 Polarisation, elektrische 2, 7.
- Reguliren** der Stromverhältnisse durch Widerstands-Änderungen 136.
 — — Accumulatoren 159.
- Säure**, Beschaffenheit 31, 88.
 — Dichte 188.
 — Nachfüllen 187.
 — Verdampfen 186.
 — Verdünnen 187.
 — Verlust 186.
- Schaltung, Parallel- für Nebenschluss-Dynamo und Accumulator mit Einfach- und Doppel-Zellenschalter 204, 208.
 — — zwei Nebenschluss-Dynamo und Accumulator mit Reihenschalter 208.
 — — Nebenschluss-Dynamo und zwei Accumulatoren 213.
 — — Nebenschluss-Dynamo und Accumulator in Dreileiter-System 216.
- Schaltung für Compound-Maschine und Accumulator mit Reihenschalter 211.
 — mit Zusatzmaschine 215.
- Spannung beim Entladen 174, 189, 221.
 — beim Laden 174, 187, 221.
 — Regulirung der, durch Zellenschalter 159.
 — — nach Acc.-Fabrik 162.
 — — Schuckert 165.
- Stromkurve nach Ayrton 172.
- Stromstärke beim Entladen 189.
 — Laden 187.
 — Regulirung der, nach Lane Fox 145.
 — — Thury 147.
 — — Waterhouse 151.
- Stromstärke, Reguliren der, nach Cuénod 154.
 — — Siemens 156,
- Telegr. Betrieb** mit Accumulatoren 237.
- Transportable Accumulatoren 64, 227, 230.
- Umschalter**, s. Ausschalter und Regulir-Vorrichtungen.
 Umpolarisirung der Dynamo 187.
- Verlust** im Accumulator 189, 245.
 Verschluss der Zellen 228.
- Verwendung des Accumulators in Beleuchtungs-Anlagen 218, in Centralen 197, zur Beleuchtung von Dampfschiffen 225, Eisenbahnen 226, System Correns 228, Heyl 230, zur Fortbewegung von Booten 231, Tramways 233, Droschken 237, in der Telegraphie 237, Metallbearbeitung 248, Medicin 249.
- Vorgang, chemischer, im Accumulator 169.
 — — vom praktischen Standpunkt 170.
 — — Untersuchungen v. Ayrton, Lamb & Smith 172.
 — — Moscheles 180.
 — — Strecker 177.
- Vortheile des Betriebes mit Dynamo und Accumulator gegen Alleinbetrieb mit Dynamo 197.
- Werfen** der Elektroden 78.
 Widerstand der Zellen 135.
 Wirkung der elektromotorischen Gegenkraft 188.
- Zellenschalter**, Doppel- 163.
 — Einfach- 159.
 — der Acc.-Fabrik Hagen i. W. 162.
 — selbstthätige 165.

Namen-Register.

- A**ccumulatoren-Fabrik Hagen i. W. | Ermann 11.
59, 64, 162, 183, 220 239. | Escher, Wyss & Co. 232.
— Werke, Berlin 81, 228, 239. | **F**araday 16.
— — Kalk bei Köln 84. | Faure 43, 49, 53, 54, 56, 78.
Aron 169, 171. | Foote 133.
Atlas 125. | Frankland 169.
Ayrton 169, 172, 176. |
- B**andsept 129. | **G**augain 16.
Becquerel 16. | Gautherot 11.
Beetz 16. | Gladstone 169.
Benzinger 248. | Grawinckel 243, 245, 247.
Braunschweig 249. | Groswith 108.
Brix 17. |
- C**antor 178. | **H**agen 64, 84, 87.
Cheryc 103. | Hare 31.
Clas 115. | Hartmann 131.
Crompton-Howell 68, 70, 235. | Hatch 132.
Correns 81, 83, 84, 87, 228, 239. | Heim 169, 179.
Cuénod 154. | Hering 123,
 | Heyl 98, 230.
 | Hochreutner 154.
 | Holdrege 111.
 | Hoppe 107, 169, 184, 226.
 | Hospitalier 188.
 | Huber 24, 90, 93, 94, 230, 234.
 | Hughes 192.
- D**aniell 21. | **J**acobi 16, 17, 23, 29.
Direct Electr. Co. 235. | James 117.
 | Jahr 71, 72, 79.
 | Jarman 119, 235.
 | Johnson 111.
- E**inbeck 64. |
Electric Power Storage Company
(E. P. S. C.) 76, 79.
Epstein 132, 235. |

- K**ennedy 108.
 Khotinsky de 64, 66, 78, 84.
 Kirchhoff 24—28.
 Kohlrausch 169, 179.
- L**amb 169, 172.
 Lane Fox 145, 147.
 Legay 125.
 Lenz 16.
 Little 23.
- M**ain 127.
 Marianini 12, 13.
 Matteucci 13.
 Mathes 130.
 Metzger 43, 44, 48, 184.
 du Moncel 17.
 Moscheles 180.
 Müller 64, 134.
- N**iaudet 40.
 Nobili 12.
- O**erlikon 88.
 Offermann 31.
- P**hilips 133.
 Planté 3, 4, 16, 29, 30, 31, 40,
 58, 169.
 Pogendorff 13, 14, 15, 19.
 Pollack 130, 230.
- R**awson 133, 192.
 Reckenzaun 94, 108, 130, 131,
 231, 234.
 Ritter 1, 10, 11, 12.
 de la Rive 13.
- S**alomons 187, 188.
 Sautter 154.
 Saweljew 16.
 Schölller 71, 72, 79.
 Schönbein 16.
 Schoop 64, 88, 111.
 Schuckert 165.
 Seligmann 249, 252.
 Siemens 156, 231, 232.
 Sinsteden 16, 30.
 Smith 169, 172.
 Société Anonyme 120, 235.
 Steller 230.
 Strecker 169, 170, 176, 177, 179.
 Streintz 178.
- T**homsen 18, 19, 23.
 Thury 147.
 Tommasi 103, 106.
 Traube 180.
 Tribe 169.
 Trouve 231.
 Tudor 59, 64.
- U**mbreit 130.
 Union 248.
- V**olckmar 76, 78, 184.
 Voltolini 249.
- W**addel-Entz 133, 235.
 Waterhouse 151.
 Wernicke 171.
 Wetzlar 13.
 Weyde 115.
 Wheatstone 16.
 Woodhouse 133, 192.
- Z**ierfuss 64, 88.

Illustrations-Verzeichniss.

Fig.	Seite
1 Richtung des Primär und Secundärstromes	9
2 Schaltung Jacobi's	18
3 Polarisations-Batterie von Thomsen	20
4 Stromlauf zur Polarisations Batterie von Thomsen	23
5, 6, 7 Planté's Secundär-Element	32
8. 9 Planté's Accumulator	33, 35
10 Planté's Batterie	40
11—15 Metzger's Accumulator	45—48
16—18 Faure's »	51, 53
19—21 Tudor's »	61
22 »	63
23—25 Khotinski's »	65
26, 27 »	66, 67
28 Crompton-Howell's »	70
29—32 Schöller & Jahr's »	72, 74, 75
33—36 E. P. S. C.'s »	77, 80, 81
37, 38 Corren's »	82
39, 40 Hagen's »	85, 86
41, 42 Oerlikon's »	89
43, 44 Huber's »	91, 92
45—47 Reckenzaun's »	95, 96
48. 49 Heyl's »	99
50—52 Tommasi's »	104, 105
53, 54 Kennedy & Groswith's	109, 110
55—57 Schoop's »	112, 113
58, 59 Clas & Weyde's »	116

Fig.	Seite
60 James' Accumulator	119
61 Jarman's Elementen-Verbindung	121
62 Hering's Accumulator	124
63 Legay's »	126
64 Main's »	128
65 Schema für Regulirung der Stromstärke	137
66 » » » » elektromotorischen Kraft	141
67 Selbstthätiger Stromregulator von Lane Fox	146
68, 69 » » » Thury	148, 149
70 » » » Waterhouse	152
71 » » » Cuénod	155
72 » » » Siemens	157
73 Der Einfach-Zellenschalter	160
74 Zellenschalter der Accum. Fabrik in Hagen i. W.	162
75 Der Doppel-Zellenschalter	164
76 Zellenschalter von Schuckert	166
77 Kurve des Ladungsstromes	173
78 » » Entladungsstromes	173
79 Verbindung der Elemente zu einer Batterie	185
80 Automatischer Ausschalter	191
81 » » von Woodhouse & Rawson	193
82—87 Stromlauf für Accumulator u. Dynamo 205, 209, 210, 212, 214, 217.	
88—94 Telegraphen-Elemente	240, 241, 247
95 Accumulator-Element in der Medicin	251

Einleitung.

Die ungeahnten Fortschritte, welche infolge der Erfindung des dynamo-elektrischen Princip's und der damit verbundenen Verbesserung der Dynamo-Maschinen, sowie durch die Erfindung der Glühlampen auf dem Gebiete der Elektrizität stattfanden, und durch welche die Verwendung der Elektrizität zu gewerblichen Zwecken plötzlich in weiteren Kreisen eine grosse Beachtung und Anerkennung fand, lenkten in erhöhtem Maasse die Aufmerksamkeit wieder auf die Construction eines Apparates, mittelst dessen, ebenso wie für Gas- und Wasserversorgungs-Anlagen, auch für die elektrischen Anlagen elektrische Kraft angesammelt und zur beliebigen und jederzeitigen Benützung bereit gehalten wurde. Denn dass ohne einen solchen Apparat an eine erspriessliche Ausnützung der elektrischen Kraft zu gewerblichen und industriellen Zwecken nicht gedacht werden konnte, ergibt sich ohneweiters aus den hohen Betriebskosten.

Grundlegende Gedanken für einen elektrischen Ansammlungs-Apparat waren bereits unmittelbar nach dem Bekanntwerden der Volta'schen Säule durch die von Ritter construirten Ladungs- oder secundären Säulen zur allgemeinen Kenntniss gelangt.

Wenn man nun auch anfänglich über die secundäre Säule noch im Dunkeln war, dieselbe sozusagen vergass und später wieder erfand, so war doch immerhin eine Anzahl von Fachgelehrten vorhanden, welche den in der secundären Säule auftretenden Erscheinungen der Polarisirung oder der elektrischen Ladung ein reges Interesse entgegenbrachten und dieselbe zu telegraphischen Zwecken brauchbar zu machen suchten.

Die ursprüngliche secundäre Säule kann zwar Electricität ansammeln und diese eine gewisse, wenn auch nicht lange Zeit aufbewahren; indessen gab diese Batterie bei dem ersten Entladungsstoss fast die gesammte aufgenommene Menge von elektrischer Kraft ab. Der praktische Werth einer solchen Batterie musste demnach nur sehr gering sein, während vom wissenschaftlichen Standpunkt durch das Studium der secundären Säule über das Wesen des galvanischen Elementes der richtige Aufschluss erhalten und bewiesen wurde, dass zwecks Construction constanter galvanischer Elemente die Ablagerung des Wasserstoffes auf der negativen Elektrode *) vermieden, dass somit die letztere mit einem Material umgeben werden

*) In der Bezeichnung: positiver Pol, negativer Pol, positive Elektrode und negative Elektrode sind in den verschiedenen Staaten Unterschiede vorhanden. Während einige die Zinkplatte und den Zinkpol mit negativ und die Kupfer- oder Kohlenplatte und deren Pol mit positiv bezeichnen, wird z. B. in Deutschland die Zinkplatte positiv, deren Pol dagegen negativ benannt, und ebenso die Kupferplatte negativ und deren Pol positiv. Im vorliegenden Werk ist selbstredend die deutsche Bezeichnung gewählt worden.

musste, welches den Wasserstoff bei seiner Entstehung sofort wieder zu oxydiren vermochte.

Es lag nun der Gedanke nahe, die durch verschiedene Physiker näher studirte und aufgeklärte Polarisation und den durch sie erzeugten Gegenstrom zur Aufsammlung der Elektrizität zu benützen. Indessen bedurfte es, trotz eingehender Studien namhafter Gelehrten, der bahnbrechenden Forschungen von Gaston Planté, um schliesslich einen wirklich brauchbaren Stromsammler, den Accumulator, zu erhalten, und ihn zu dem zu machen, was er jetzt ist, nämlich zu einer elektrischen Stromquelle, welche an sich allein kraftlos ist, indessen, durch einen elektrischen Strom belebt, befähigt wird, Elektrizität aufzusammeln, aufzubewahren und zu jeder Zeit nach Bedarf abzugeben, ohne dabei in der Grösse der Constanten (elektromotorische Kraft und innerer Widerstand) schädlich wirkende Verluste zu zeigen, vorausgesetzt, dass bei Entnahme von Elektrizität einerseits rechtzeitig auf Ersatz Bedacht genommen, andererseits ein gewisses Maass nicht überschritten werde.

Wenngleich nun mit dem Planté'schen Accumulator sich in der That eine bedeutende Aufspeicherung der Elektrizität erzielen liess, so fand derselbe dennoch nur wenig Anklang in seiner Verwendung für gewerbliche und industrielle Zwecke, weil es zu jener Zeit noch an einer geeigneten, stets zur Verfügung stehenden elektrischen Kraft fehlte, welche in billiger Weise das Laden des Accumulators besorgte, weil ferner die Herstellung der Elektroden eine derartig lange Be-

handlungszeit erforderte, dass vom ökonomischen Standpunkte aus der Verwendung des Planté'schen Ansammlungs-Apparates für die Praxis ein Vortheil nicht zu erwarten war.

Die verbesserten Dynamo-Maschinen spornten indessen die Elektriker mächtig an, auf der von Planté vorgezeichneten Bahn weiter zu forschen, weil lediglich durch die Verwendung von elektrischen Stromansammlungs-Apparaten eine allgemeine Verwendung der Elektrizität zu gewerblichen Zwecken stattfinden konnte.

Mehrere Jahre haben seit den Forschungen Planté's noch verfließen müssen, bis die Herstellung eines Accumulators gelang, welcher auch in ökonomischer Beziehung den praktischen Anforderungen genügte. Mit dem Augenblick aber, wo ein solcher Apparat bekannt wurde, trat auch sofort eine ganz umfangreiche Benützung der Elektrizität ein und es darf wohl behauptet werden, dass in nicht zu ferner Zeit der elektrische Strom, welcher früher fast nur für die Beförderung von Nachrichten in die Ferne benützt wurde, zu einem ebenso grossen Bedürfniss für die Industrie werden wird, wie es die Telegraphie und Telephonie für das Verkehrsleben geworden sind.

Die secundäre Säule hat bis zu ihrer gegenwärtigen Vervollkommnung als Accumulator zwei Hauptentwicklungsperioden durchgemacht, nämlich die Entwicklungszeit bis einschliesslich Planté und diejenige nach Planté.

Die Accumulatoren der ersten Periode sollen nur insoweit besprochen werden, als es zur Einführung in

die dem Verfasser gestellte Aufgabe erforderlich ist. Die zweite Periode, welche die eigentlichen Accumulatoren enthält, wird dagegen in umfassender Weise behandelt, wobei selbstverständlich ausserdem noch die Verwendung der Accumulatoren in der Praxis und die zur Herbeiführung einer guten Wirkung erforderlichen Apparate eine eingehende Berücksichtigung finden werden.

Die secundären Batterien bis Planté.

Das Princip der secundären Batterie.

Die secundäre Batterie (Ladungssäule, Polarisations-Batterie, auch Ritter'sche Ladungssäule genannt) besteht darin, dass in ein mit einer Erreger-Flüssigkeit gefülltes Gefäss aus nicht leitendem Material zwei Elektroden von gleichartigem Metall — wie in einen Voltameter — gestellt werden, und dass alsdann durch dieses so gebildete Element der Strom eines galvanischen Elementes hindurchgeleitet werden muss, um dasselbe lebensfähig zu machen. Es bildet demnach eine derartige Batterie eine elektrische Stromquelle, welche, im Gegensatz zu einer galvanischen Batterie, an und für sich nicht im Stande ist, einen elektrischen Strom zu erzeugen und zu unterhalten, auch an den beiden Polen eine Spannung nicht zeigt, welche aber, sofern ein elektrischer Strom durch dieselbe hindurchfliesst, belebt und dadurch befähigt wird, chemische Energie auf den Elektroden anzusammeln, aufzubewahren (wenn auch auf eine verhältnissmässig kurze Zeit) und, vom Hauptstrom abgeschnitten und in sich selbst geschlossen, infolge des Bestrebens der chemischen Energie, sich wieder auszugleichen, einen elektrischen Strom zu erzeugen, dessen Richtung derjenigen des Hauptstromes entgegengesetzt ist.

Der Strom der secundären Batterie zeigt alle Wirkungen eines galvanischen Stromes; seine Stärke nimmt indessen schnell ab und der Strom verschwindet nach kurzer Dauer.

Mit Rücksicht darauf, dass die Wirksamkeit einer solchen elektrischen Stromquelle von ihrer Polarisation, d. h. von einer Art elektrischer Ladung ihrer Elektroden infolge der durch den Hauptstrom herbeigeführten Zersetzung der zwischen den Elektroden befindlichen Flüssigkeit abhängig ist, hat man dieser Stromquelle den Eingangs erwähnten Namen gegeben.

Dieser Name ist jetzt durch die allgemein übliche Bezeichnung »Accumulator« ersetzt worden. Letzterer unterscheidet sich von einem secundären Element nur dadurch, dass derselbe die aufgesammelte Energie wochen- und monatelang aufbewahrt und dass der erzeugte elektrische Strom nur nach Bedürfniss und in jeder beliebigen Menge abgegeben werden kann.

Sowohl der Accumulator als auch das secundäre Element ist ein elektrischer Ansammlungs-Apparat, und versteht man im gewöhnlichen Leben unter den beiden Apparaten auch nur elektrische Elemente, welche Electricität ansammeln, aufbewahren und wieder abgeben können.

Der chemische Vorgang im Secundär-Element.

Wenn man mit den Polen eines galvanischen Elementes die beiden in einem mit einer wässerigen Lösung von Schwefelsäure gefüllten Glasgefäße stehende Elektroden von gleichartigen Metallplatten, z. B. von

Platin, des Secundär-Elementes verbindet, so wird bekanntlich infolge des Durchganges des galvanischen Stromes durch dieses Element das Wasser in seine Bestandtheile, den Sauerstoff (O) und den Wasserstoff (H), zersetzt.

Der Sauerstoff wandert an die mit dem positiven Pol des galvanischen (ladenden) Elementes verbundene, der Wasserstoff an die mit dem negativen Pol verbundene Elektrode, infolge dessen beide Elektroden des Secundär-Elementes mit einer Gasschicht bedeckt, d. h. polarisirt oder geladen werden.

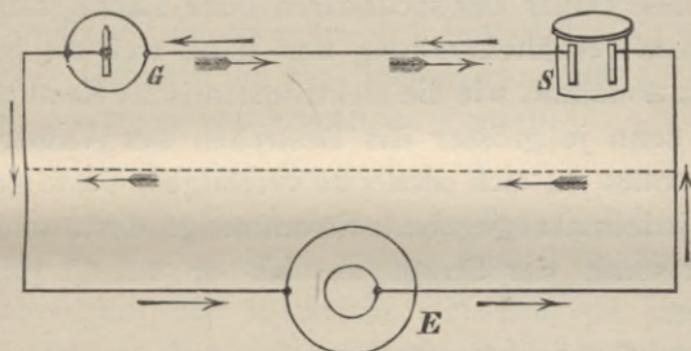
Der Wasserstoff ist gegenüber dem Sauerstoff elektro-positiv, demnach ist in dem Secundär-Elemente die Sauerstoff-Elektrode elektro-negativ und die Wasserstoff-Elektrode elektro-positiv.

Hebt man nun die Verbindung des Secundär-Elementes mit dem Hauptelement auf und vereinigt die Elektroden des ersteren Elementes wieder, so wird ein Strom erzeugt, welcher von der Wasserstoff-Elektrode durch die Lösung zur Sauerstoff-Elektrode circulirt und weiter durch den Verbindungsdraht zur Wasserstoff-Elektrode zurückgeht.

Beigefügte Skizze (Fig. 1) stellt die Richtung der beiden Ströme dar, und zwar ist durch die ausgezogenen Linien und die nicht gefiederten Pfeile der Weg des Hauptstromes, durch die punktirten Linien und die gefiederten Pfeile der Weg des Stromes des Secundär-Elementes bezeichnet. *E* ist das ladende Element, *S* das zu ladende Element, *G* das Galvanoskop, aus dessen Ausschlag zu erkennen ist, dass die Richtung der beiden Ströme wirklich entgegengesetzt ist.

Die Entstehung des in dem Secundär-Element auftretenden Stromes hat darin ihren Grund, dass in diesem Element die beiden Elektroden nicht mehr von derselben Beschaffenheit sind, sondern dass die eine Elektrode mit Sauerstoff, die andere Elektrode mit Wasserstoff bekleidet ist, dass also wie in einem galvanischen Element zwei Elektroden von verschiedenartiger Beschaffenheit vorhanden sind.

Fig. 1.



Sobald aber zwei Elektroden von verschiedenen Metallen oder Metallverbindungen in einem Gefäss mit angesäuertem Wasser stehen, so ist, wie wir dies ja von den galvanischen Elementen wissen, das Bestreben zur Bildung eines elektrischen Stromes vorhanden.

In vorliegendem Falle wird nun der secundäre Strom dadurch erzeugt, dass der auf den Platin-Elektroden sich ablagernde Wasser- und Sauerstoff das Bestreben zeigen, nach aufgehobener Verbindung der Elektroden mit dem ladenden Element und Herstellung einer neuen Verbindung zwischen diesen Elektroden

des Secundar-Elementes sich wieder zu Wasser zu vereinigen.

Die Dauer des in dem Secundär-Element auftretenden Stromes hängt von der Dichtigkeit der auf den Oberflächen der Platin-Elektroden abgelagerten Gasschicht, somit von der Zeitdauer der Wiedervereinigung des Wasser- und Sauerstoffes zu Wasser ab, und es muss folglich der Strom in dem Secundär-elemente gänzlich aufhören, wenn die Wiedervereinigung der beiden Gase vollkommen stattgefunden hat.

Diese Dauer des secundären oder Ladungsstromes ist indess verhältnissmässig nur kurz, weil sie in dem Maasse abnimmt, wie die elektromotorische Kraft erhöht wird; denn je grösser das Bestreben des Wasser- und Sauerstoffes ist, sich wieder zu vereinigen, desto grösser ist die jedesmal abgegebene Strommenge, desto schneller nimmt somit der Strom ab, bis er zuletzt gänzlich aufhört.

Die Grösse der Polarisation in einer Secundär-batterie, d. i. deren elektromotorische Kraft, ist abhängig von der Natur der verwendeten Elektrodenplatten und bis zu einer gewissen Grenze von der Stärke des Hauptstromes; sie ist natürlich proportional der Anzahl der Elemente, aus welchen die Secundär-batterie besteht.

Die ersten Beobachtungen über Polarisation.

Die Ladungssäule von Ritter.

Im Jahre 1801, beziehungsweise 1802 fand der französische Physiker Gautherot, der zuerst die Er-

scheinungen über die Polarisation oder elektrische Ladung bekannt gab, dass zwei Gold- oder Platin-drähte, welche einerseits mit den Polen einer galvanischen (schwachen) Batterie, andererseits mit der Zunge in Verbindung standen, keinen oder nur einen höchst schwachen Geschmack erzeugten, dass diese Drähte aber, wenn sie aus dem Schliessungskreis der Batterie ausgeschaltet und unter einander verbunden wurden, einen sehr lebhaften Geschmack auf der Zunge entwickelten.

Ungefähr um dieselbe Zeit bestimmte *Ermann* die dabei auftretenden Erscheinungen näher in Bezug auf die positiven und negativen Platten.

Unabhängig von dieser von *Gautherot* nicht weiter erklärten Erscheinung eröffnete *Ritter* im Jahre 1803 auf eigenem Wege dieses Gebiet neuer Erscheinungen. Mit Rücksicht auf das von ihm entdeckte Gesetz, dass bei der Oeffnung des Schliessungsbogens einer galvanischen Batterie die vorher stattgehabten Empfindungen in die entgegengesetzten übergehen, dass somit gleichzeitig eine Umkehrung der Polarität stattfindet, erwartete *Ritter* einen ähnlichen Vorgang bei den Metallen.

Anfänglich wurden von *Ritter* Versuche mit Golddrähten angestellt, welche, wie oben angegeben, geschaltet waren. Bei der Ausschaltung der galvanischen Batterie wurde nun dasjenige Drahtende, welches an der Zunge vorher den positiven Pol bildete, negativ und der vorherige negative Pol an der Zunge positiv. Auf diese Erscheinungen hin erweiterte *Ritter* seine

Versuche und erbaute auf Grund der Ergebnisse die nach ihm benannte secundäre Säule.

Dieselbe war derartig eingerichtet, dass mehrere gleichartige Metallplatten durch eine feuchte Tuch- oder Pappscheibenschicht, welche mit Salz-, beziehungsweise angesäuertem Wasser getränkt waren, von einander getrennt wurden. Die beiden Endplatten standen mit den Polen einer galvanischen Batterie von hoher Spannung in Verbindung und es erfolgte die Ladung der Säule auf einmal, also in einer Reihe. Nach Entfernung der ladenden Batterie und nach Herstellung der Verbindung der Polplatten der Ladungssäule unter einander erzeugte diese einen elektrischen Strom, welcher in seiner Richtung demjenigen der ladenden Partie entgegengesetzt war.

Weitere Forschungen.

Ritter gab bei der Veröffentlichung seiner secundären Batterie und der damit angestellten Versuche eine das Wesen der Polarisation genaue darstellende Erklärung nicht ab, und darin mag wahrscheinlich der Grund gelegen haben, dass die Aufmerksamkeit der Physiker auf diesen hochwichtigen Gegenstand zu wenig angeregt wurde. Es schien daher, als wenn die Sache vergessen sei, bis gegen 1827 (in diesem Jahre gelang Nobili die Darstellung des Bleisuperoxyds mittelst des elektrischen Stromes) der Italiener Marianini durch eine Reihe von Versuchen die richtigen Erklärungen für die in der Ritter'schen Ladungssäule beobachteten Erscheinungen vorbereitete.

Fast zu derselben Zeit, als *Marianini* mit seinen Versuchen und Veröffentlichungen begann, hatte auch der Genfer Physiker *de la Rive* — etwa gegen das Jahr 1827 — das Studium der elektrischen Batterien aufgenommen und es gelang ihm, obgleich er anscheinend ganz unbekannt mit den früheren Versuchen von *Ritter* war, ebenfalls jene merkwürdige Eigenschaft der Metalle aufzufinden, unter bestimmten Umständen eine elektrische Ladung anzunehmen, welche Eigenschaft er mit dem Namen des *elektrodynamischen Vermögens* bezeichnete.

Ausser *de la Rive* beschäftigten sich noch in eingehender Weise die Physiker *Pfaff*, *Matteucci*, *Wetzlar* und mehrere andere mit der Frage der *Polarisations-* und der *Ladungs-Erscheinungen*, indessen haben die Versuche dieser Forscher hauptsächlich nur für die Theorie interessante Ergebnisse geliefert, und es können dieselben daher an dieser Stelle füglich übergangen werden.

*

Nach Verlauf von einigen Jahren, etwa gegen 1844, begegnen wir der *Ladungssäule* wieder bei den Untersuchungen, welche vom Prof. *Poggendorff* in sehr eingehender Weise über die *Polarisation* an gestellt wurden. Aus diesen Untersuchungen hat *Poggendorff* für die Praxis das wichtige Ergebniss gefunden, dass die *Ladungssäule*, wie gross auch die Anzahl ihrer Elemente ist, mittelst eines einzigen galvanischen Elements geladen werden kann, indem er

die Elemente sämmtlich neben einander schaltete und alsdann mit dem ladenden Element verband.

Poggendorff verwandte zur Erreichung einer kräftigen Wirkung platinirte Platinplatten, d. h. Platten, welche mit einem Ueberzuge von fein vertheiltem Platin bekleidet waren. Der Grund für die Verwendung der platinirten Platin-Elektroden liegt etwa nicht in einer stärkeren Polarisation gegenüber dem blanken Platin, sondern, wie Professor Poggendorff selbst angiebt, in Folgendem:

— »Die Stärke des secundären Stromes wird durch den Widerstand in seiner Bahn, durch die ursprüngliche Grösse seiner elektromotorischen Kraft und deren Beständigkeit bedingt. Jene ursprüngliche Grösse der Kraft erhalten die Platten (Elektroden) durch die Polarisation und sie äussert sich schon, während die Platten polarisirt werden, durch ihre Rückwirkung gegen den primären Strom. Sowie aber diese Kraft, nach Trennung der Platten von der primären Kette und nach gehöriger Verbindung derselben unter einander, zur freien Thätigkeit kommt, ruft sie an den Platten eine Polarisation in entgegengesetzter Richtung hervor.

Diese in der Ladungssäule entstehende zweite Polarisation muss, falls ein kräftiger secundärer Strom erzeugt werden soll, entweder unterdrückt oder so viel als möglich geschwächt werden. Es muss also, um eine secundäre Batterie von grosser Wirksamkeit zu erhalten, dieselbe so beschaffen sein, dass der Wasserstoff, welchen ihr Strom an denjenigen Platten zu entwickeln sucht, die mit dem Platin der primären

Kette verbunden waren und demgemäss Sauerstoff empfangen, fortgenommen oder an seiner Entbindung gehindert werde.

Dieses geschieht aber durch das Platiniren, da jener Ueberzug vermöge der bekannten Eigenschaft des fein vertheilten Platins den Wasserstoff, welchen der secundäre Strom an denjenigen Platten zu entwickeln sucht, an denen der primäre Strom Sauerstoff ablagerte, in seinem Entstehungs Augenblick mit dem von dem Hauptstrom daselbst entbundenen Sauerstoff zu Wasser vereinigt. Blankes Platin, besonders wenn es vorher durch Kochen mit Salpetersäure und nachheriges Abspülen im Wasser ohne Trocknen gut gereinigt worden, besitzt zwar auch diese Eigenschaft, jedoch lange nicht in einem so hohen Grade als platinirtes; daher ist eine aus ersterem Material construirte Ladungssäule auch bei Weitem nicht so wirksam, als eine, welche aus platinirtem Platin besteht. « —

Poggendorff hat die Richtigkeit dieser Behauptungen experimentell durch einen Vergleich der Verschiedenheit der erzielten Wirkungen bewiesen, indem er einmal blanke, das anderemal platinirte, endlich theils blanke, theils platinirte Platinplatten benützt hat.

Diese von Poggendorff festgestellten That-sachen waren für die weitere Entwicklung der Ladungssäule von hoher Bedeutung, weil durch dieselben der Weg angegeben wurde, welcher zur Erzielung einer wirksameren Ladungssäule als bisher eingeschlagen werden musste.

Wir sehen daher auch namhafte Physiker, wie Faraday, Wheatstone, Buff, Schoenbein, Lenz und Saweljew, Beetz, Becquerel, Gaugain und Andere, sich mit weiteren Versuchen beschäftigen. Sinsteden wies bereits 1854*) darauf hin, dass an Stelle der Platin-Elektroden mit Vortheil Blei-Elektroden für die Ladungssäulen verwendet werden könnten, weil die durch die Polarisation entstehende Ansammlung von Electricität an Bleiplatten besonders stark auftrat. Nach den Versuchen von Planté soll die elektromotorische Kraft des Polarisationsstromes unter Verwendung von Blei-Elektroden**) 2·5mal grösser sein als unter Verwendung von platinirten Platin-Elektroden, und 6·5mal grösser als bei glatten Platin-Elektroden. Er schreibt dies der grossen Affinität des Bleisuperoxyds zum Wasserstoff zu, wie später bei der Besprechung der Planté-Batterien noch eingehender erörtert werden wird.

Die Gegenbatterie von Jacobi.

Trotzdem nun die Ladungssäule, namentlich durch die von Sinsteden angegebene Verwendung von Blei-Elektroden, immerhin eine nicht unwesentliche Verbesserung erfahren hatte, war von irgend einer praktischen Verwendung derselben noch keine Rede. Man beachtete anfänglich die wichtige Thatsache von Sinsteden gar nicht, sondern blieb ruhig bei den Platin-

*) Poggendorff: Ann. 92, S. 655.

**) Du Moncel: «Exposé des Appl. de l'Electr.» Bd. II, S. 99.

Elektroden, was dem Umstande zugeschrieben werden dürfte, dass den Physikern die mit den Bleiplatten unter der Einwirkung des elektrischen Stromes vor sich gehenden Veränderungen in den Ladungssäulen noch unbekannt zu sein schienen.

Es befremdete daher keineswegs, dass der Petersburger Gelehrte *Jacobi* im Jahre 1860 mit einer Ladungsbatterie aus Platin-Elementen, welche er Gegenbatterie nannte, auf einer 300 Km. langen, unterirdischen Telegraphen-Leitung zu telegraphischen Zwecken Versuche zur Unschädlichmachung des Rückstromes und des in den Relais-Umwindungen auftretenden remanenten Magnetismus in seiner Wirkung auf die Ankeranziehung anstellte. *Jacobi* war übrigens der Erste,*) wie *Brix* und *du Moncel* angeben, welcher die Ladungssäule zu praktischen Telegraphirzwecken, und zwar an seinem chemischen Telegraphen-Apparate benützte.

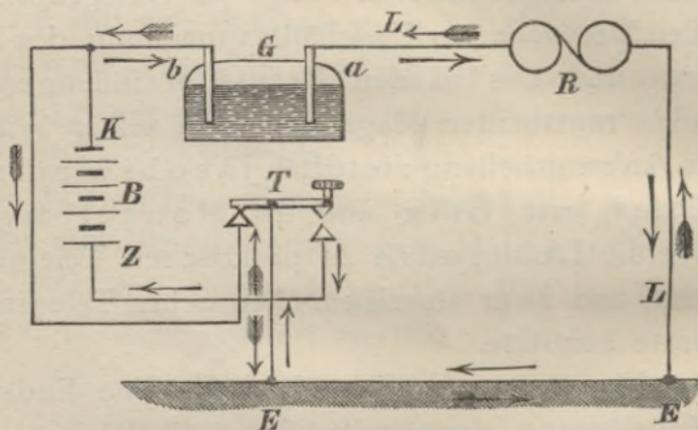
In Fig. 2 ist der Stromlauf für eine Endstation der Kabelleitung dargestellt. *B* ist die Linien-, *G* die aus mehreren Platin-Elementen bestehende Gegenbatterie, welche mit dem Pol *a* an Leitung *L* und mit dem Pol *b* einerseits über den Ruhecontact und Körper der Taste *T* an Erde liegt, andererseits an den Pol *K* der Telegraphir-Batterie *B* führt. Die Gegenbatterie *G* liegt somit zwischen der Telegraphir-Batterie *B* und dem Relais *R* und wird vom Telegraphirstrom durchflossen, sobald die Taste *T* gedrückt wird.

Die nicht gefiederten Pfeile unter der Leitung *L*

*) *Brix*: »Zeitschr. des Deutsch-Oesterr. Electr.-Ver.«, 1860, S. 10; *Du Moncel*, Bd. II, S. 99.

zeigen die Richtung des Telegraphirstromes an. Sobald nun die Taste T in die Ruhelage zurückgeht, wird die Gegenbatterie durch die Leitung und das Relais in sich geschlossen, deren Strom, wie die gefiederten Pfeile über der Leitung L zeigen, vom Pol b über Taster T , Erdplatten E , Leitung L und Relais R zum Pol a zurückfließt, somit in umgekehrter Richtung die Umwindungen des Relais durchläuft; es entsteht eine um-

Fig. 2.



gekehrte Magnetisirung der Kerne des Relais, infolge dessen der Anker rechtzeitig an den Ruhecontact zurückgeworfen und dadurch die schädliche Einwirkung des Rückstromes auf die Geschwindigkeit der Uebermittlung und auf die Correctheit der telegraphischen Schriftzeichen aufgehoben wird.

Die Polarisations-Batterie von Thomsen.

Dem Beispiel Jacobi's folgend, construirte der dänische Physiker Thomsen seine unter dem Namen

»Polarisations-Batterie« bekannt gewordene Ladungssäule, welche er auf dem Telegraphenamte zu Kopenhagen an Stelle der Linienbatterie als Telegraphir-Batterie einschaltete, ohne indessen einen praktisch brauchbaren Erfolg zu erzielen.

Während nun Pogendorff bei dem Gebrauche seiner Ladungs-Batterie, welche er mittelst eines einzigen galvanischen Elementes unter Verwendung einer von ihm besonders construirten Wippe zu laden im Stande war, nur einen unterbrochenen Ladungsstrom erlangen konnte, richtete Thomsen seine Polarisations-Batterie derartig ein, dass er zwar ebenfalls nur mit Hilfe eines einzigen galvanischen Elementes die Ladung bewirkte, indessen einen ununterbrochenen Strom erzeugte, dessen er für die telegraphische Uebermittlung bedurfte. Beide Physiker wollten mit nur einem galvanischen Element, also mit einer geringen Kraft eine grosse Leistung erzielen, wobei von Thomsen noch der ökonomische Standpunkt gegenüber den damaligen Telegraphir-Batterien in ernste Erwägung gezogen werden musste. Und mit Rücksicht darauf, dass gegenwärtig mit den Accumulatoren erneute Versuche im Gange sind, dieselben an Stelle der Linienbatterien zur telegraphischen Uebermittlung zu verwenden, erscheint es angezeigt, die Thomsen'sche Batterie einer kurzen Vorführung zu unterziehen.

*

Die Polarisations-Batterie von Thomsen*) besteht aus einem offenen Holzkasten (Fig. 3), welcher gegen

*) Brix, Zeitschr. 1865, S. 287.

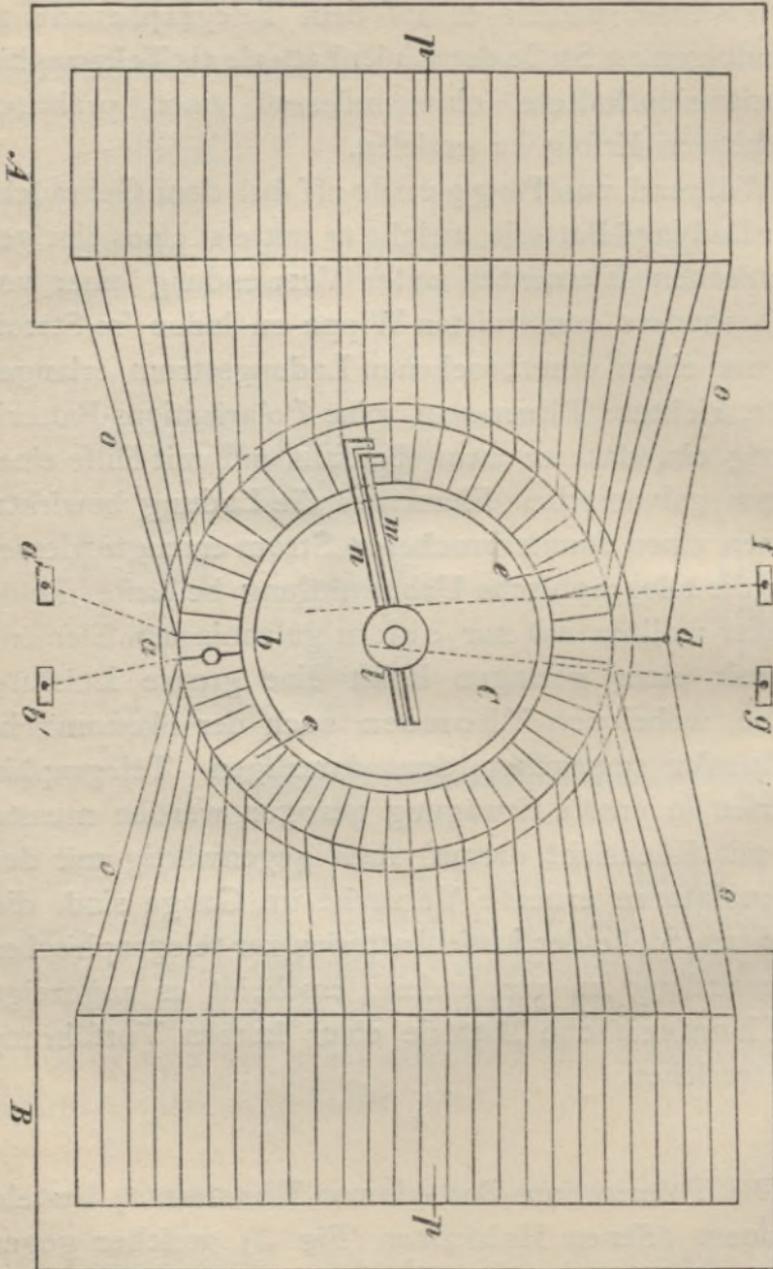


Fig. 3.

den Angriff schwacher Säuren durch eine Ueberkleidung mit Wachs geschützt ist. Dieser Kasten ist mit Hilfe von senkrecht angeordneten Platinplatten *pp*, welche in die Seitenwand des Kastens eingelassen sind, in eine Anzahl paralleler Zellen getheilt, und es enthält der Kasten im Ganzen 50 Zellen mit 52 Platinplatten, von denen vier unmittelbar an den Endflächen des Kastens liegen.

Die gebildeten Zellen sind wasserdicht; sie werden mit reiner, verdünnter Schwefelsäure bis auf 5 Mm. vom Rande gefüllt. Die Platten selbst dienen als Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen und bilden somit mit ihrer einen Seite die negative, mit ihrer anderen Seite die positive Elektrode.

Der Kasten enthält die beiden Abtheilungen *A* und *B* zu je 25 Zellen und 26 Platten; er stellt somit eine Batterie von 50 Elementen dar. Da jedes Element eine elektromotorische Kraft von 1·4 Daniell hat, so ersetzt die Thomsen-Batterie eine solche von 70 Daniell-Elementen. Die zu Elektroden benützten Platinplatten sind platinirt und haben eine Stärke von $\frac{1}{26}$ Mm.

Um nur mit einem einzigen Element die Ladung der Batterie vornehmen zu können, führen von sämtlichen Platinplatten *p* Drähte *o* zu den von einander isolirten Messingschienen *e* einer Vertheilerscheibe *C* aus nicht leitendem Material. Dieselbe ist in der Mitte entsprechend weit ausgeschnitten, und es ist durch diese Oeffnung eine durch eine kleine elektromagnetische Maschine zu bethätigende Achse *l* hindurchgeführt, welche die beiden von einander isolirten Messingarme *m n* trägt.

Die Zahl der Messingschienen e entspricht nur der Anzahl der Zellen, da die Schiene d gemeinsam mit den beiden Endplatten verbunden ist, während die Schiene $a b$ in zwei von einander isolirte Theile zerlegt ist, welche einerseits mit den Anfangsplatten, andererseits mit den Klemmschrauben $a' b'$ in Verbindung stehen. Letztere sind mit der Leitung, beziehungsweise Erde verbunden, während die Klemmen $f g$, welche mit dem ladenden Element in Verbindung sind, zu den Armen $m n$ führen.

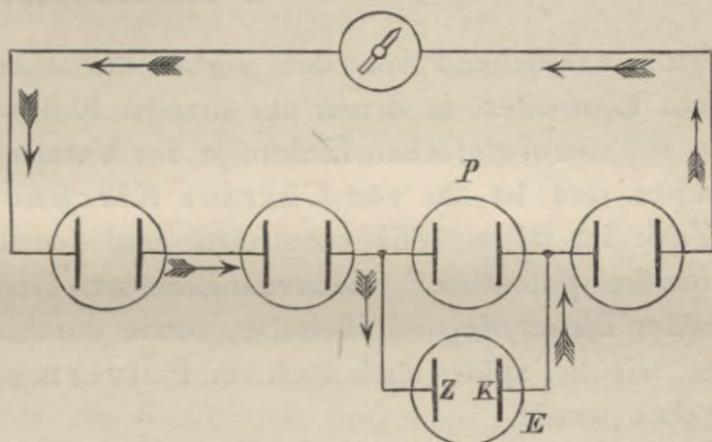
Die Geschwindigkeit der Drehung der Achse l durch die kleine elektromagnetische Maschine ist derartig regulirt, dass die Achse l in 2 bis 3 Secunden eine Umdrehung macht (20 bis 30 Umdrehungen in der Minute). Durch die Drehung der Achse l werden nun die Arme $m n$, welche so weit auseinander stehen, dass sie jedesmal nur zwei von den 50 Metallschienen e berühren, nacheinander mit allen Schienen e in Verbindung gesetzt und dadurch alle Platten ebenfalls nacheinander geladen.

Die Fig. 4 zeigt den Vorgang der Ladung. Der Zinkpol Z des ladenden Elementes E liegt an der linken, der Kupfer- oder Kohlenpol K an der rechten Elektrode einer Zelle der Polarisations-Batterie P . Eine Unterbrechung des Ladungsstromes ist nun in der Weise vermieden worden, dass, wie sich aus der Schaltung ergibt, der Ladungsstrom nicht durch das jeweilig zu ladende Element, sondern durch das ladende Element E selbst geht — die Pfeile geben die Richtung des Ladungsstromes an — wodurch Thomsen einen ununterbrochenen und gleichgerichteten Strom erhielt. Indessen

war Thomsen's Batterie, wie bereits erwähnt, zu Telegraphirzwecken nicht brauchbar, weniger aus ökonomischen, als aus telegraphisch-technischen Gründen, wie ich bei der Besprechung der Verwendung der Accumulatoren in der Telegraphie noch näher erörtern werde.

*

Fig. 4.



Ausser Jacobi und Thomsen hat noch der amerikanische Elektriker George Little im Jahre 1873 eine secundäre Batterie, und zwar die Planté'sche Batterie, auf welche wir noch besonders zurückkommen, zu telegraphischen Zwecken benützt, um die in seinem elektrochemischen Telegraphen-Apparat auftretenden Extraströme in ihrer Wirkung auf den Elektromagnet unschädlich zu machen.

Die secundäre Batterie von Little, von ihm Planté'scher Condensator genannt, unterscheidet sich von dem Accumulator oder der secundären Batterie

Planté's dadurch, dass zwei dünne Bleiplatten von ungefähr 10 Quadratinches Oberfläche (etwa 64·5 Qu.-Cm.), in einen flachen Mahagonikasten gestellt, durch mit Glycerin getränkte Flanellstücke von einander getrennt gehalten wurden, sowie der obere Theil des Kastens mit Paraffin vergossen und der Kasten selbst luftdicht verschlossen wurde.

Das secundäre Element von Ch. Kirchhoff.

Ganz abweichend vor den vorbeschriebenen secundären Elementen, in denen nur massive Elektrodenplatten mit einem einfachen Elektrolyt zur Verwendung gekommen sind, ist das von Charles Kirchhoff in New-York im Jahre 1861 construirte und demselben in Amerika patentirte *) Secundär-Element. Derselbe verwendet Bleioxyde und Bleisalze, sowie durchlochte Platten, wie dies später auch noch von Pulvermacher angegeben wurde.

Mit Rücksicht auf den hohen wissenschaftlichen Werth des gedachten Elementes, dessen Vergessen, bzw. Nichtbeachten, lediglich in den damaligen noch nicht geklärten Verhältnissen über den praktischen Werth der Verwendung von Electricität gelegen haben wird, dürfte es gerechtfertigt sein, im Nachstehenden das genannte amerikanische Patent im Auszuge wiederzugeben, wobei ich die von H u b e r im elektrotechnischen Anzeiger veröffentlichte Uebersetzung zu Grunde lege, da mir das amerikanische Patent nicht zur Verfügung steht.

*) E. A. 1889.

Zunächst verweist Kir ch h off in seiner Patentschrift auf die bekannten wissenschaftlichen Untersuchungen von Ritter u. s. w. (in den vorhergehenden Capiteln bereits erwähnt), um secundäre Ströme zu erzeugen; er bemerkt, dass eine praktische Anwendung von denselben nicht gemacht worden sei, und zeigt alsdann, dass seine Erfindung von den bisherigen secundären Elementen vollständig abweicht, indem dieselbe auf folgenden Principien beruht:

1. »Elektrische Ströme, die einen gewissen Betrag von Strommenge oder Quantität und Widerstand oder Spannung von einer der beiden entgegengesetzten Elektricitäten enthalten, werden nie, indem sie ihr Gleichgewicht (Equilibrium) wieder herstellen, eine elektrolytische Flüssigkeit oder ähnliche Zusammensetzung durchfließen, ohne dieselbe theilweise zu zersetzen, und die getrennten Elemente, die proportional der Thätigkeit des Stromes sind, werden entweder die Elektroden umgeben oder als Gas entweichen, oder eine andere chemische Verbindung eingehen und vice-versa.«

2. »Zwei Elektroden verschiedener Art, oder umgeben oder bedeckt durch verschiedene Elektrolyte oder Substanzen, erregt durch ähnliche leitende Flüssigkeiten oder Lösungen von ähnlicher Beschaffenheit, und welche die Eigenschaft haben, eine (wenigstens) von ihnen aufzulösen; oder zwei Elektroden von ähnlicher Beschaffenheit, aber in verschiedene elektrische Flüssigkeiten eingetaucht, oder in verschiedene Substanzen welche, in Folge ihrer Verwandtschaft, die Eigenschaft haben, indem sie eine chemische Verbindung eingehen,

eine Flüssigkeit zu bilden, werden einen elektrischen Strom erzeugen, der proportional ist der Differenz ihrer elektrochemischen Eigenschaften.«

»Es wird daher, wenn ein Strom eine gewisse Menge des Elektrolytes oder der Elektrolyte zersetzt hat und demgemäss das elektro-chemische Gleichgewicht gestört ist und die getrennten Elemente (oder ihre neuen Verbindungen), die in Contact mit den Elektroden verbleiben, bestrebt sind, durch Wiedervereinigung ihr gestörtes Gleichgewicht wieder herzustellen, jedesmal ein entgegengesetzter elektrischer Strom erzeugt werden, sofern zu irgend einer Zeit der Rückbildung die Elektroden zweckentsprechend verbunden werden, vorausgesetzt, dass keine innere chemische oder physikalische Thätigkeit stattgefunden hat.«

»Irgend welcher Apparat, Anordnung oder Zusammensetzung von Elektroden oder Leitern,« fährt Kirchhoff fort, »in Verbindung oder Berührung mit, oder eingetaucht in irgend welchen Elektrolyt, oder irgend welche Elektrolyte oder chemische Zusammensetzungen, der in der Art und Weise, wie vorstehend angegeben wirkt, kann ein »Wiedererzeuger« (Regenerator) genannt werden, indem derselbe, falls er mit den nothwendigen, mechanischen Nebenapparaten und Anordnungen versehen ist, die für einen günstigen Erfolg erforderlich sind, Elektrizität, die von irgend welcher Quelle kommt oder erzeugt sein mag, empfängt, zurückhält, ansammelt, vereinigt und aufbewahrt, so dass diese Elektrizität dann für alle Zwecke, wie irgend ein anderer elektrischer Strom, verwendet werden kann.«

Kirchhoff verweist nun aus ökonomischen Gründen auf die Verwendung des Wassers als Flüssigkeit in Verbindung mit billigen Chemikalien, weil der Ozon des Wassers (nach der Definition von Schönbein) die durch keine andere Substanz übertroffene Eigenschaft besitzt, Verbindungen von sehr negativem Charakter zu veranlassen, welche sehr leicht desoxydirt werden können; z. B. es kann die höchste Oxydationsstufe von Mangan, Kalium, Natrium, Baryum, Strontium, Blei, Eisen, Silber u. dergl. durch einen elektrischen Strom in Gegenwart von Wasser erzeugt werden.

Ein »Wiedererzeuger« nach Kirchhoff besteht in Folgendem:

»Ein Glas ist durch einen Bleideckel, in welchem nach unten auseinander laufende Elektroden aus Platin-Folie angelöthet sind, verschlossen. Diese Elektroden sind durchlocht und rauh gemacht, indem sie zwischen Schmirgelpapier gehämmert sind. Es ist nicht notwendig, dass sie platinirt sind. Ein Glasrohr ist durch ein Loch im Deckel eingelassen und isolirt die in ihm aufgehängte positive Elektrode aus Platina, die fast bis auf den Boden des Glases hinabreicht; dieselbe ist unten verzweigt, ohne jedoch die Platina-Folie, die andere Elektrode, zu berühren. Das Glas ist mit einer Lösung gefüllt, die aus sechs Gewichtstheilen salpetersaurem Blei, zwei oder drei Theilen essigsurem Blei und einem Theil Salpeter, in acht bis zwölf Theilen Wasser, besteht. Dieser Lösung werden, nachdem sie filtrirt ist, noch vier Theile Essigsäure, ein Theil Salpetersäure und kaum ein sechszehntel Theil salpeter- oder essigsures Eisen hinzugesetzt. Verbindet man

den Bleideckel mit dem positiven Pol und die isolirte Elektrode mit dem negativen Pol irgend einer Electricitätsquelle, so wird die Folie mit dunklem Bleisuperoxyd und die positive Elektrode mit krystallisirtem Blei bedeckt; dieses ist ein sehr positives Element und das erstere (Superoxyd) das negativste was überhaupt bekannt ist; es ist überdies ein guter Leiter.

Platina kann gespart werden, indem man die positive Elektrode aus Blei statt aus Platina macht.

Wie von Kirchhoff klar und deutlich ausgesprochen, ist der durch die galvanische Action auf den Elektroden niedergeschlagene Ueberzug von Bleisuperoxyd, respective metallischem Blei, derjenige Theil, der die Batterie befähigt, Electricität aufzuspeichern und zu fernerer Verwendung bereit zu halten.

Auch mit diesem Element sind praktische Versuche, so weit bekannt geworden, nicht angestellt worden. Und wenn auch hier bereits nachgewiesen wurde, was später zu einer so epochemachenden Erfindung gestempelt wurde, so ist dagegen in Betracht zu ziehen, dass zu jener Zeit ein Bedürfniss für Verwendung von secundären Elementen nicht vorhanden war, auch nicht vorhanden sein konnte, weil die bis dahin bekannten galvanischen Elemente zum Laden sich schlecht eigneten und dabei noch kostspielig waren, sowie weil eine andere, billigere elektrische Quelle nicht zu Gebote stand.

Das Secundär-Element oder der Accumulator von Planté.

Alle bisher vorgeführten Ladungs- oder Secundär-Batterien mussten vom praktischen Standpunkte als unbrauchbar bezeichnet werden, abgesehen vom einen oder anderen Fall, wo eine Verwendung wohl angänglich gewesen wäre, man aber von derselben abging, weil diese Art der Elemente und ihre Wirkungsweise noch zu wenig bekannt waren und daher das Vertrauen fehlte. Ausserdem war vom ökonomischen Standpunkte irgend ein Vortheil mit der Verwendung der Secundär-Elemente an Stelle der bereits vorhandenen constanten galvanischen Elemente nicht verbunden; und aus diesen Gründen erklärt sich die Abneigung gegen die Secundär-Elemente und die geringe Anzahl von Versuchen für praktische Verwerthung.

Wandel in dieser Sache wurde erst geschaffen, als Jacobi in Petersburg, bevor er den Gedanken, die Secundär-Batterie zur Entladung der erwähnten unterirdischen Telegraphen-Leitung zu verwenden (vgl. S. 16), zur Ausführung brachte, mit dem französischen Physiker Gaston Planté in Verkehr trat und diesen zum Studium der Polarisation anregte. Planté war es, der durch seine bahnbrechenden Forschungen dem Secundär-Element sozusagen den Lebenskeim einimpfte, und es darf fraglich erscheinen, ob ohne Planté es heutigen Tages wohl schwerlich schon einen solchen praktisch brauchbaren Accumulator gäbe, wie wir in der That denselben haben. Und wenn

auch seit dem Beginne der Untersuchungen noch mehrere Jahre vergingen, bis der für die Praxis verwendbare Accumulator geschaffen wurde, so dürfte dadurch das Verdienst von Planté in keiner Weise geschmälert werden.

Es hat allerdings Sinsteden (vgl. S. 16) in den Secundär-Elementen Platten aus Blei als Elektroden benützt. Auch dieser Umstand fällt für das Verdienst von Planté nicht ins Gewicht, da eben letzterer durch Versuche die besondere Eignung dieses Metalles zu Elektroden in Secundär-Elementen (in Folge der grösseren Affinität zum Wasserstoff) nachgewiesen hat.

Betrachten wir kurz die Secundär-Elemente von Planté, wie er dieselben in seinen »Recherches sur L'Electricité 1879« beschrieben hat.

*

Planté begann im Jahre 1859 seine Untersuchungen über die secundären Ströme zum Zwecke, die Eignung verschiedener Metalle in verschiedenen Flüssigkeiten von Secundär-Elementen zu vergleichen und gleichzeitig die Erscheinungen, welche in den Secundär-Elementen auftraten, in Hinsicht auf die Entstehung des Stromes zu studiren.

Aus den Ergebnissen heben wir hervor, dass die elektromotorische Kraft eines Secundär-Elements unter Benützung von Blei-Elektroden annähernd gleich 1'5mal so gross gefunden wurde als diejenige eines Bunsen-(oder Grove-)Elements, und dass dieselbe energischer und beständiger war als diejenige der übrigen Metalle.

Bereits 1860 zeigte Planté in der Akademie der Wissenschaften in Paris ein Secundär-Element von grosser Stärke. Dasselbe bestand, wie Fig. 5 zeigt, aus zwei langen und breiten Bleistreifen, welche in ähnlicher Weise, wie von Hare & Offermann angegeben, spiralförmig zusammengerollt und durch grobe Leinwand von einander vollständig getrennt waren. Sie tauchten in ein mit angesäuertem Wasser (1 Th. Schwefelsäure, 9 Th. Wasser) gefülltes Gefäss.

Um den durch die Leinwandzelle herbeigeführten vergrösserten, inneren Widerstand im Element zu beseitigen, beziehungsweise auszugleichen, verwendete Planté mehrere parallel stehende Bleiplatten in einem Element, verband einerseits die ungeraden, andererseits die geraden Platten mit einander und erhielt auf diese Weise die beiden Elektrodenpole. Dieses Element ist in Fig. 6 und 7 dargestellt. Fig. 6 zeigt das aus drei positiven und drei negativen Elektrodenplatten bestehende Element. abc sind die zu der einen Elektrode, $a^1b^1c^1$ die zu der anderen Elektrode vereinigten Bleiplatten, welche in einem rechteckigen Gefäss aus Guttapercha stehen, dessen innere Wandungen zwecks Haltens der Bleiplatten in paralleler Stellung mit Rillen versehen sind. Das Gefäss wurde mit angesäuertem Wasser gefüllt. Die Bleiplatten wurden senkrecht in das Gefäss eingelassen und von einander durch isolirende Holzstäbchen getrennt gehalten.

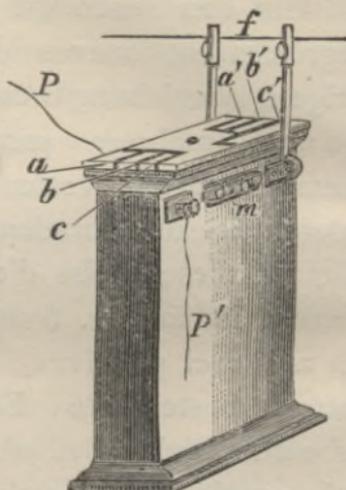
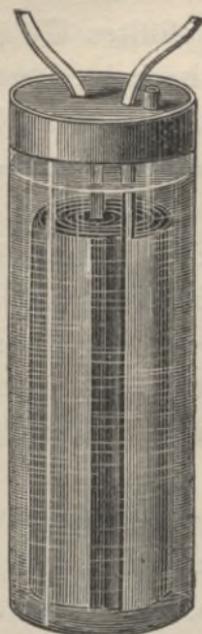
Fig. 7 zeigt die Gesamtanordnung eines Elements. Die positive Elektrode ist mit der Zuleitung P und mit dem linken Drahtbügel für den Platindraht f

verbunden, während die negative Elektrode mit einem am Gefäss des Elements angebrachten Umschalter m , welcher einerseits durch P^1 mit der ladenden Batterie, andererseits mit dem rechten Drahtbügel in Verbindung gebracht werden kann, versehen ist, so dass je nach der Stöpselung entweder geladen oder entladen wird.

Fig. 5.

Fig. 6.

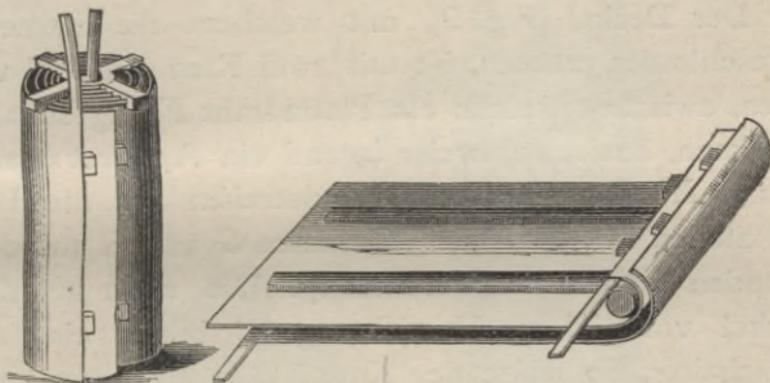
Fig. 7.



Wenngleich diese Anordnung des Secundär-Elements Ströme von grosser Stärke erzeugte, verliess nichtsdestoweniger Planté diese Form, weil sich im Laufe der Jahre einige Schwierigkeiten, beziehungsweise Mängel gezeigt hatten. Er ging auf die ursprüngliche, in Fig. 5 gegebene Form theilweise zurück und construirte 1872 das in Fig. 8 dargestellte Element, welches heutigen Tages noch gebaut wird.

Zwei entsprechend lange und breite Bleistreifen werden unter Zwischenschiebung von je einem Paar Kautschukbänder, welche an Stelle der groben Leinwand treten, spiralförmig zusammengerollt, und zwar unter Vermittlung eines Holzcyinders. Um dem Systeme eine grössere Festigkeit zu geben, wird die so gebildete Bleispirale an ihrem einen Ende durch Guttapercha-Klammern zusammengehalten.

Fig. 8.



Bei der Aufrollung ist darauf Bedacht zu nehmen, dass die Ableitungsstreifen (die Poldrähte) gleichzeitig mit ausgeschnitten werden, um die leicht zerstörbaren Löthstellen entbehrlich zu machen. Auch muss der eine Poldraht nach rechts, der andere nach links zeigen, und es ist der Strom dem Inneren der Spirale zuzuleiten und am Umfange abzuführen.

Um den richtigen Abstand zwischen den Bleistreifen und Gefässwänden aufrecht zu erhalten, sind Gummistreifen stückweise eingelegt, welche im Innern

des Gefäßes durch kleine Unterlagen, beziehungsweise Keile von Guttapercha befestigt werden.

Die nunmehr fertige Bleispirale wird in das Glasgefäß, welches mit einer wässerigen Lösung von verdünnter Schwefelsäure (1:10) gefüllt ist, eingesetzt. Das Gefäß wird alsdann mit einem die Oeffnungen für die Poldrähte enthaltenden Deckel verschlossen. Zum Nachfüllen der Flüssigkeit und zur Herbeiführung eines Abzuges für die Gase sind noch zwei kleine Oeffnungen angebracht.

Der Deckel (Fig. 9), mit welchem die Elemente abgeschlossen werden, ist mit zwei Klemmen *AA* versehen, zwischen welche ein Platindraht *F* eingeschaltet sein kann, beziehungsweise irgend ein Apparat u. s. w. *M* und *M*¹ sind die Verbindungsstreifen für die Pole und stehen mit Hilfe der Klemmen *G* und *H* mit dem ladenden Element in Verbindung. Die noch auf dem Deckel vorhandene Vorrichtung *R* bildet eine Art Umschalter. So lange der Knopf *B* in Ruhe ist, also für die Dauer des Ladens, ist irgend eine Verbindung zwischen dem Umschalter *R* und dem Secundär-Element nicht vorhanden.

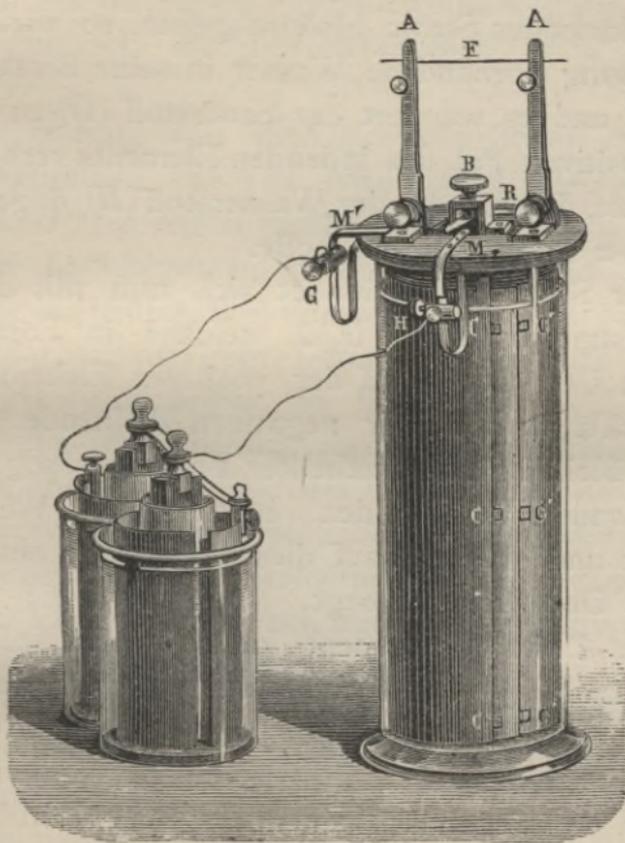
Wird dagegen auf die Schraube *B* gedrückt, so werden das ladende und das Secundär-Element neben einander geschaltet; die Ströme beider vereinigen sich und fließen gemeinschaftlich durch den Draht *F*.

Selbsverständlich tritt eine gemeinsame Wirkung der beiden Ströme nur dann ein, wenn deren elektromotorische Kräfte am Knotenpunkte (bei *X*) gleich stark sind.

Der chemische Vorgang im Planté-Element.

Der chemische Vorgang in dem Planté-Element ist in Anbetracht, dass durch den hindurchgeleiteten

Fig. 9.



elektrischen Strom die Blei-Elektroden auf ihrer Oberfläche Veränderungen erleiden, nicht so einfacher Natur, wie derjenige in der Ladungssäule (vgl. S. 7), er ist auch heutigen Tages noch nicht vollkommen

erkannt, da infolge der zur Verwendung kommenden Schwefelsäure immer noch Nebenerscheinungen auftreten, deren Erklärung noch nicht vollständig gelungen ist. Der chemische Process findet wie folgt statt:

Verbindet man die Pole eines vorbeschriebenen Planté-Elements mit den Polen zweier hintereinander geschalteter Bunsen-Elemente und lässt durch dasselbe den elektrischen Strom hindurchgehen, so wird das in der Lösung vorhandene Wasser in seine Bestandtheile zersetzt und es wandert der Sauerstoff (*O*) zu der mit dem positiven Pol des ladenden Elements verbundenen Bleiplatte, der Anode, der Wasserstoff (*H*) dagegen zur negativen Platte, der Kathode.

Der Sauerstoff verbindet sich nun mit dem Blei zu Bleisuperoxyd ($Pb O_2$), welches in Form eines braunen Ueberzuges auf der positiven Elektrode sich niederschlägt. Auf der negativen Elektrode wird dagegen Blei in fein vertheilter Form, als sogenannter Bleischwamm durch den entstehenden Wasserstoff reducirt und dadurch auf dieser Elektrode eine graue, körnige Oberfläche erzeugt.

Das Planté-Element kann jedoch sofort eine grosse Ladung nicht aufnehmen, weil bei der ersten Ladung die Menge von Bleisuperoxyd, welche gebildet wird, nur gering ist. Um dieselbe zu vermehren und dadurch das Secundär-Element zu einer recht kräftigen Elektrizitätsquelle zu machen, muss dasselbe, wie Planté sich ausdrückt, erst formirt werden und dieses Formiren des Planté'schen Elements ist ein zeitraubendes und mühsames Verfahren. Dasselbe besteht darin, dass nach der ersten Ladung das

Element durch einen Draht in sich geschlossen und entladen wird, nachdem vorher die Verbindung mit dem ladenden Element aufgehoben worden war.

Wird nun das Element wieder geladen, dann entladen u. s. w., so erreicht nach einer bestimmten Anzahl von Ladungen und Entladungen, welche in bestimmten Zeitabständen stattfinden müssen, die auf der Anode gebildete Bleisuperoxydschicht eine gewisse Dicke.

Die Bildung von Bleisuperoxyd kann entweder sofort stattfinden oder es wird zuerst Bleisulfat gebildet. Letzteres wirkt insoferne nützlich, als es sich bei einer nachfolgenden Reduction in schwammiges oder fein vertheiltes Blei umwandelt; ein Vorgang, der in der That vor sich geht, wenn nach der Planté'schen Anordnung beim Beginn der Formirung der Elemente die Richtung des ladenden Stromes gewechselt wird.

Man sollte glauben, dass zur Bildung des Superoxyds die einfache Sauerstoffabscheidung genügen und bei genügend langer Stromdurchführung durch das Secundär-Element eine nach Belieben dicke Superoxydschicht gebildet werden könnte. Dies ist aber nicht der Fall, weil das entstehende Bleisuperoxyd, wenn es die Bleiplatte bedeckt, einer weiteren Einwirkung des Sauerstoffes hindernd entgegentritt.

Wird das Formirungs-Verfahren der Anweisung von Planté gemäss durchgeführt, so wird das Planté'sche Element zu einer Stromquelle gemacht, welche mehrere Wochen Energie anzusammeln vermag und daher in der That als eine Vorrathskammer, mit anderen Worten als ein Ansammler oder Accumulator für Elek-

tricität gelten kann, wie er als Blei-Accumulator vollkommener nicht gedacht werden kann.

Wenn nämlich die Schicht des Bleisuperoxyds eine derartige Dicke erreicht hat, dass durch dieselbe die von der Praxis verlangte Capacität gewonnen wird, so ist durch den Betrieb ein weiteres Eindringen der Superoxydschicht in den inneren Bleikern wenn auch nicht vollkommen ausgeschlossen, so doch derartig verschwindend, dass eine Abnützung der Elektroden kaum festzustellen ist. Denn da die Vorgänge beim Laden und Entladen chemische Verbindungen und Rückverbindungen, welche sich lediglich nur auf die Oberfläche der Elektroden erstrecken, bewirken, so wird nach dem Entladen der Zustand des Elementes genau wieder der gleiche sein, wie derselbe beim Beginn der vorhergegangenen Ladung gewesen ist.

Es kann demnach ein Fortschreiten der Bleisuperoxyd-Bildung in den inneren Bleikern hinein, also ein Aufbrauchen des letzteren, d. i. der Elektrode, nur dadurch entstehen, dass an der äusseren Oberfläche Theile des Superoxyd-Ueberzuges mechanisch abgerissen werden, welche durch den weiteren Betrieb aus dem inneren Bleikern sich wieder ergänzen müssen.

Es befindet sich aber die durch das Planté'sche Formirungs-Verfahren auf der Oberfläche der Elektrode gebildete Schicht von Bleisuperoxyd in einem derart festen, metallischen Zusammenhange mit dem Bleikerne, dass ein mechanisches Losreißen so gut wie ausgeschlossen ist, wie dieses der jahrelange Betrieb von reinen Planté-Accumulatoren auch zur Genüge bewiesen hat.

Wenn ein formirtes Element näher betrachtet wird, so sind in demselben nicht mehr zwei Elektroden aus gleichem, sondern solche aus verschiedenem Material vorhanden, nämlich aus Bleisuperoxyd und Bleischwamm. Sobald aber zwei Platten von verschiedenen Metallen oder Metallverbindungen in einem Gefäss mit angesäuertem Wasser stehen, so ist, wie wir dies bereits auf Seite 9 erläutert haben, das Bestreben vorhanden, einen elektrischen Strom zu bilden.

Die Bleisuperoxyd-Elektrode wird nun in dem Accumulator, sobald derselbe von der ladenden Batterie getrennt und alsdann in anderer Weise wieder elektrisch geschlossen wird, die negative, und die mit Bleischwamm bedeckte Platte, die positive Elektrode. Da nun in der elektrochemischen Spannungsreihe die beiden Elektroden sehr weit auseinander liegen (und die Neigung zur Bildung eines elektrischen Stromes bekanntlich um so grösser ist, je weiter die beiden Elektrodenmetalle oder deren Verbindungen in der Spannungsreihe auseinander liegen), so entsteht ein kräftiger Accumulatorstrom, dessen Stärke von dem Widerstande im Accumulator und in der Leitung abhängt.

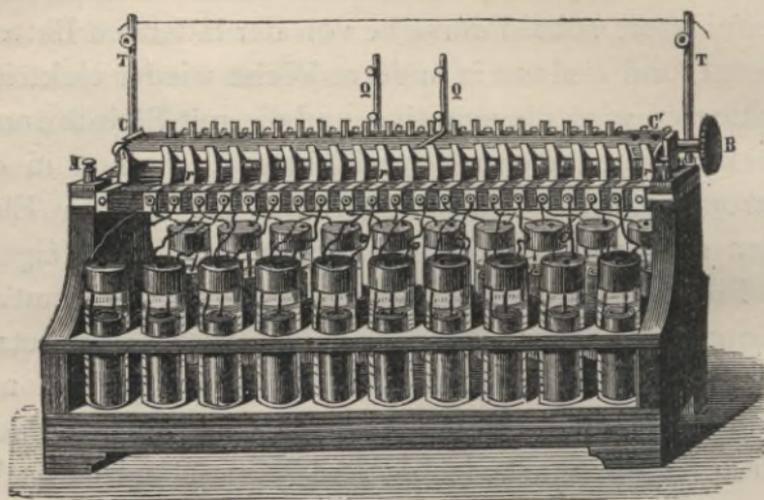
Durch den Entladungsstrom, welcher in umgekehrter Richtung geht als der Ladestrom, wird die chemische Wirkung im Accumulator ebenfalls umgekehrt. Der Sauerstoff des Superoxyds zieht den Wasserstoff mächtig an und das Superoxyd desoxydirt sich, während der frei gewordene Sauerstoff zu der mit fein vertheiltem Blei bedeckten Elektrode (der früheren Kathode) wandert und mit dem Blei in eine Superoxyd-Verbindung eingeht, bis im Accumulator beide Platten

sich in dem Zustand befinden, welchen sie vor der Ladung besaßen. Sobald dieser Zustand erreicht ist, fällt der Grund zur Strombildung fort: der Accumulator ist entladen.

*

Planté hat seine Elemente auch zu Batterien vereinigt und mittelst eines Umschalters die Anordnung

Fig. 10.



getroffen, die Elemente nach Belieben hinter- oder nebeneinander zu schalten. In obenstehender Fig. 10 sind 20 Elemente vereinigt. Die Poldrähte der Elemente sind derartig geführt, dass sie gegen die mit Kupferstreifen belegten schmalen Kanten einer Holzleiste *B* gelegt werden, wenn diese in eine bestimmte Lage gedreht wird. In diesem Falle sind die Elemente nebeneinander, also grossplattig geschaltet. Wird dagegen die Leiste *B* um 90 Grad gedreht, so treten die Pol-

drähte mit Metallstiften in Verbindung und es sind alsdann die Elemente auf Spannung oder hintereinander geschaltet.

$T T^1$ und $Q Q^1$ sind Träger für die Platindrähte. Zwischen $T T^1$ befindet sich ein langer, dünner Draht für die Hinter-, zwischen $Q Q^1$ ein kurzer, dicker Platindraht für die Nebeneinanderschaltung.

Wenngleich die Secundär-Elemente nur Ströme von verhältnissmässig kurzer Dauer geben, so haben sie nichtsdestoweniger, und zwar in Anbetracht, dass diese Elemente Wochen stehen konnten, ohne erheblich an Kraft zu verlieren, schon vielfache Anwendungen gefunden. Wie in den »Rech. s. l'Electr.«, ferner von Hauck angegeben wird, dienten die Secundär-Batterien von Planté zur gleichzeitigen Zündung von Sprengpatronen. Niaudet machte den Vorschlag, diese Batterien auf Schiffen mitzuführen, sie durch magnet-elektrische Maschinen zu laden und dieselben alsdann in der Weise zu entladen, dass der Strom durch Kohlenstäbe geleitet wird, infolgedessen zwar kurze, aber kräftige Lichtblitze entstehen.

Dieser Vorschlag von Niaudet dürfte insoferne Beachtung verdienen, als auf See bei starkem Nebel durch plötzliche, kurzdauernde, aber kräftige Lichtblitze, die Schiffe sich einander bemerkbar machen könnten, da ja selbst bei dichtem Nebel ein starker Lichtblitz einen wahrnehmbaren Schimmer, allerdings nur für einen Augenblick, hinterlässt. Versuche liessen sich sehr bequem zwischen den Rettungsstationen und Leuchtfeuerthürmen anstellen, was im Interesse des Seewesens wohl angezeigt sein dürfte.

Zur Beleuchtung innerer Körperhöhlen, ferner als elektrisches Feuerzeug, zu physikalischen Zwecken, in der Industrie u. s. w. hat man das Planté-Element angewendet, und zwar an Stelle der bisherigen Bunsen-Elemente, welche bei einer grösseren Leistung eine umständliche Zusammensetzung, eine sorgfältige Ueberwachung und Behandlung, sowie eine beständige Erneuerung erfordern. Die Planté-Batterie hingegen beansprucht nur zwei Bunsen-Elemente und es können mit jener Versuche angestellt werden, zu welchen die zwanzigfache Zahl von Bunsen-Elementen nicht ausreichend gewesen wäre.

Man sollte nun glauben, dass in Anbetracht der Vollkommenheit der Planté'sche Accumulator eine allgemeine, praktische Verwendung gefunden hätte. Dies ist indessen nicht der Fall, weil seine Herstellung mit aussergewöhnlich hohen Kosten verknüpft ist.

Damit nämlich die Elektroden diejenige Capacität erhalten, welche die Praxis verlangt, müssen dieselben rein nach Planté über ein Jahr lang formirt werden. Der dazu erforderliche Aufwand an Kraft, der zur Herstellung im Grossen erforderliche Raum und das durch die Länge der Herstellungszeit festzulegende Capital sind indessen so beträchtlich, das die Ausbeutung des Planté'schen Verfahrens für die Praxis vollständig unmöglich wurde.

Die Accumulatoren nach Planté.

Allgemeines.

Ein Schüler Planté's, Camille Faure, kam nun auf den Gedanken (welcher eigentlich recht nahe lag), die Elektrodenplatten vor ihrem Einsetzen in die Zelle mit einer sauerstoffhaltigen Bleiverbindung, wie Mennige, Bleioxyd u. dergl., zu versehen und dadurch das Formirungsverfahren abzukürzen. Faure gab durch diese Anordnung die Grundlage für alle weiteren Systeme, wenn auch die von ihm angegebene Construction von Accumulatoren anfänglich manche recht fühlbare Mängel aufwies.

Zwar ist bereits ein anderer Elektriker, R. L. Metzger in Alt-Breisach, früher als Faure von demselben Grundgedanken bei der Construction seines Accumulators ausgegangen. Dadurch kann indessen das Verdienst Faure's, zuerst die Gedanken veröffentlicht, sie weiteren Fachkreisen zugänglich gemacht und dadurch eben den Grund zu weiteren Studien gelegt zu haben, nicht herabgedrückt werden; dagegen ist andererseits nicht in Abrede zu stellen, dass Faure auf die Erfindung, die Formirung der Elektroden durch Bestreichen oder Bekleiden der Oberfläche derselben

mit sauerstoffhaltigen Bleiverbindungen abzukürzen, irgend einen rechtlichen Anspruch nicht erheben kann.

Vom geschichtlichen Standpunkt erscheint es zweckmässig, den Accumulator von Metzger kurz zu beschreiben, während es vom technischen Standpunkte angezeigt ist, den Accumulator von Faure in etwas eingehender Weise zu besprechen und anzugeben, nach welcher Richtung hin weitere Verbesserungen stattfinden mussten.

Der Accumulator von Metzger.

R. L. Metzger in Alt Breisach, welcher aus persönlicher Anschauung das Planté-Element kennen gelernt hatte, wurde durch die über dasselbe vorhandenen wissenschaftlichen Werke ungemein zum Nachdenken über Verbesserungen dieses Elementes angeregt. Sein Bestreben war hauptsächlich darauf gerichtet, einen Accumulator herzustellen, dessen Elektroden nicht mehr der überaus langen Formirungszeit nach dem Plantéschen Verfahren bedurften.

Metzger ging bei der Construction seines Accumulators von dem Gedanken aus, dass, da die Wirksamkeit des Accumulators nur von dem beim Planté-Verfahren sich bildenden Bleioxyd, bezw. schwammigen Blei abhängig ist, durch die directe Benützung dieser Stoffe einerseits die lange Formirungszeit erheblich abgekürzt, andererseits bei genügender Menge Stoff eine bedeutend grössere Capacität erzielt werden konnte.

Zu diesem Zwecke stellte Metzger*) im Jahre

*) R. L. Metzger und seine Erfindung; E. Corens, Berlin.

1879 aus durchlöchernten Bleiblechen von etwa 1·5 Mm. Stärke (Fig. 11 und 12 in Ansicht und Schnitt) ein flaches Kästchen (Fig. 13) von etwa 200 Mm. zu 250 Mm. Grösse her, welches die Elektrodenplatte bilden sollte. Dieses Kästchen, etwa 7 Mm. tief, wurde von innen mit einem Brei, bestehend aus Bleioxyd, eingerührt, mit verdünnter Schwefelsäure und Wasser-

Fig. 11.

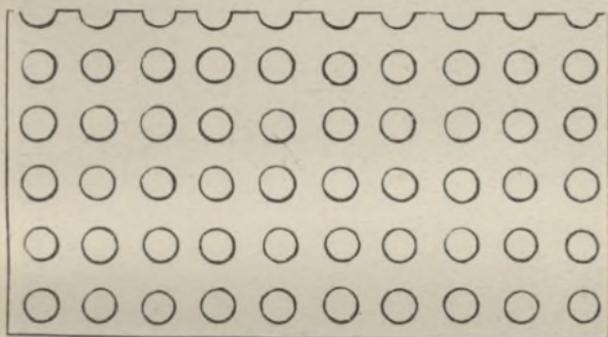


Fig. 12.

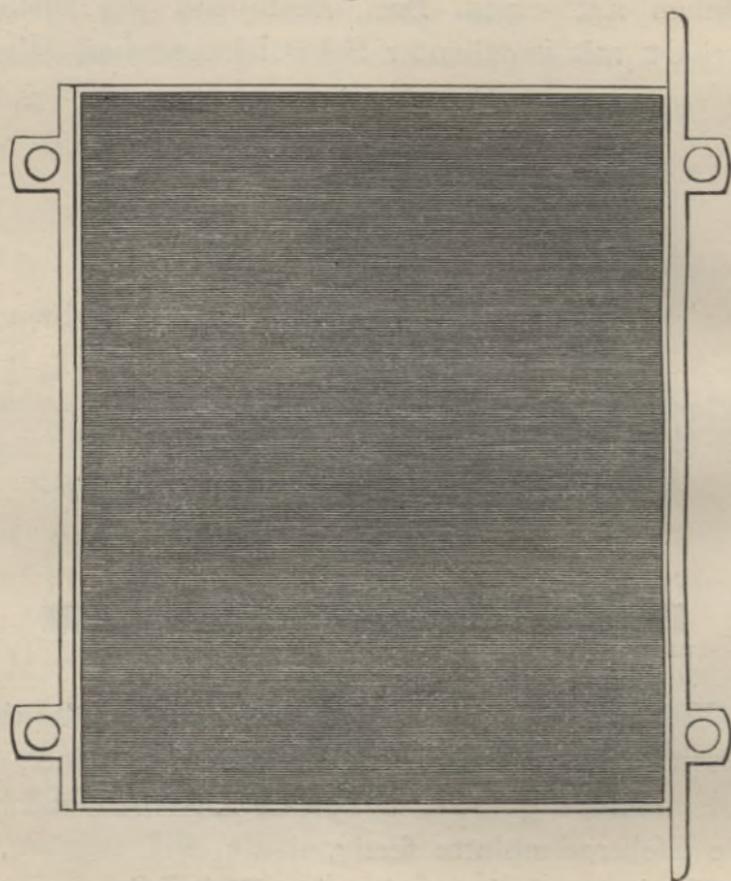


glas (Kalisilicat) angefüllt und dieser Brei fest hineingepresst. Nach dem Trocknen löthet er einen Bleideckel, ebenfalls gelocht, auf dieses Kästchen und hatte so die Elektrodenplatte fertig.

Es bestand demnach eine Elektrode aus zwei durchlöchernten Bleiplatten, zwischen welchen die active Masse fest eingepresst war. Die positive, sowie auch die negative Elektrodenplatte war hierbei ganz gleich hergestellt worden; sie wurde nur in der darauf folgenden Formation zur positiven oder nega-

tiven Platte umgewandelt. Diese Formation ging in 2—3 Tagen vor sich, und es will Metzger gegenüber der Planté-Formation einen viel grösseren Effect, trotz der abgekürzten Formationszeit, erhalten haben. Die

Fig. 13.

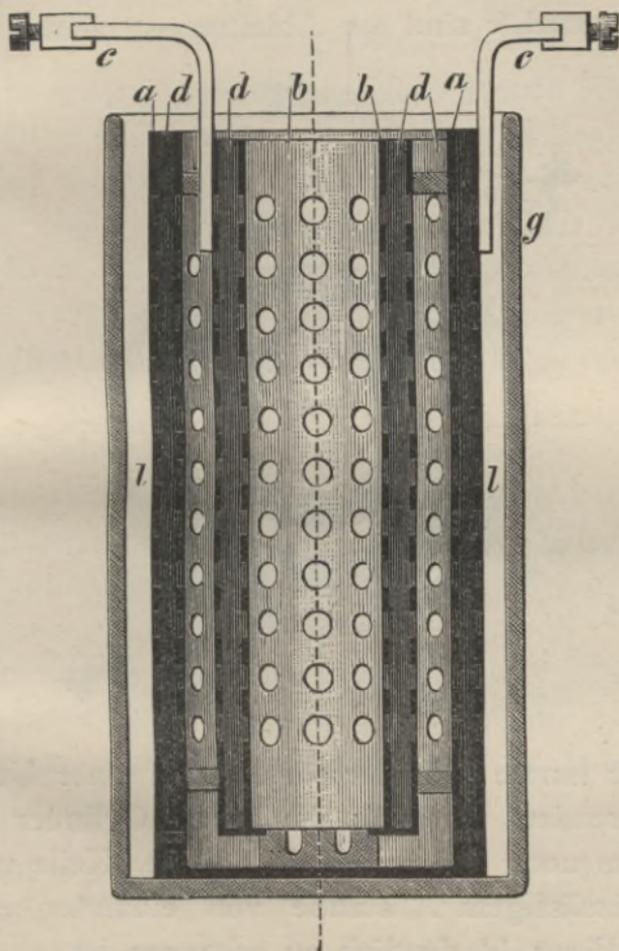


Elektroden waren dabei in verdünnte Schwefelsäure eingehängt und durch zwischengelegte Holz- und Hartgummistäbe aus einander gehalten.

Etwas früher, etwa im Jahre 1878, hatte Metzger die Elektroden in runder Form (Fig. 14 Längsschnitt,

Fig. 15 obere Ansicht) angefertigt, indem er hohle Cylindermäntel aus durchlochtem Bleiblech herstellte und den Zwischenraum zwischen den Wän-

Fig. 14.

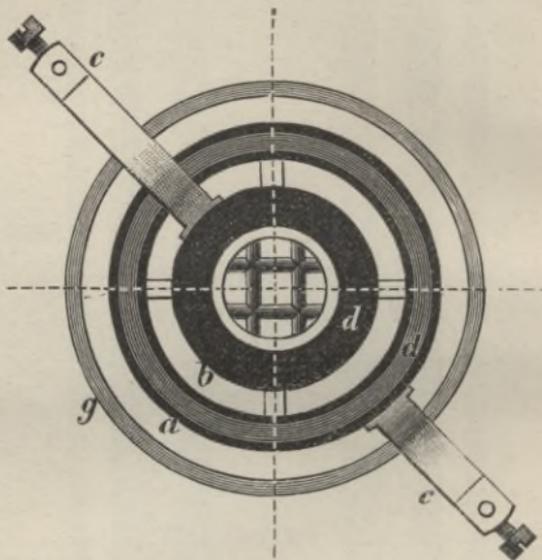


den mit Bleioxyd, welches in der oben erwähnten Weise zu einem Brei angerührt wurde, ausfüllte.

In den Figuren 14 und 15 ist *a* der äussere hohle, oben offene, unten verschlossene Cylinder, in

welchem der innere hohle Cylinder b von derselben Beschaffenheit sich befindet. Zwischen den Wänden jedes Cylinders ist die active Masse d angebracht, welche in Anbetracht des zum Einpressen erforderlichen Druckes selbstverständlich auch in die Löcher l hineingedrückt wird, c sind die Ableitungstreifen.

Fig. 15.



Der innere Cylinder b steht auf einer Unterlage von isolirendem Material; die beiden Cylinder werden ausserdem noch durch Stäbe, Pflöcke, Keile u. dergl. in gleichmässigem Abstände von einander erhalten, wie aus Figur 14 deutlich zu erkennen ist.

Metzger fand bei den Versuchen ganz erhebliche Mängel an seinem Accumulator. Zunächst stellte sich bei den cylinderförmigen Platten heraus, dass schon während der Formirung der Elektrodenplatten aus den

Löchern derselben die Füllmasse herausgefallen war und sich auf dem Boden gelagert hatte.

Dabei wurde beobachtet, dass der äussere Cylinder fast normal geblieben war, während der innere Cylinder, welcher die positive Elektrode darstellte, an mehreren Stellen sich geborsten zeigte.

Die später gefertigten, aus flachen Bleiblechen hergestellten Elektroden erhielten sich anfänglich etwas besser als die Cylinder-Elektroden, später stellte sich indessen nicht allein das Herausfallen der Füllmasse ein, sondern auch Verziehung, Ausbauchung, sowie örtliches Zerreißen der Platten, mit anderen Worten, das Werfen und Zerreißen, wie es später noch näher erörtert werden soll.

In Folge Erkrankung hat Metzger seine Versuche einstellen müssen. Dieselbe ist auch zum grossen Theil daran Schuld, dass genannter Erfinder über seine Accumulatoren sich in so tiefem Schweigen verhalten hat.

Praktische Versuche sind mit dem Metzger-Accumulator zwar angestellt worden; von irgend einer erheblichen praktischen Verwendung ist indessen nirgends die Rede.

Der Accumulator von Faure.

Camille Faure gebührt das Verdienst, durch Veröffentlichung seines Verfahrens die zeitraubende Formirung nach Planté dadurch abzukürzen, dass er die Oberflächen der zur Verwendung in Accumulatoren bestimmten Bleiplatten vor dem Einsetzen in die mit

angesäuertem Wasser gefüllten Gefässe mit einer Schicht sauerstoffhaltiger Bleiverbindungen bekleidete, die Anregung zur Vervollkommnung des Planté'schen Accumulators gegeben und diesem damit den Weg in die Praxis geebnet zu haben.

Die Veröffentlichung des Verfahrens von Faure war für die weitere Entwicklung der Accumulatoren von ausserordentlicher Bedeutung, trotzdem sollte noch eine geraume Zeit vergehen, bis der Gedanke für die Praxis fruchtbar wurde, obgleich Faure in seiner Beschreibung des von ihm construirten Accumulators selbst den Weg andeutete, welcher zum sicheren Ziele führen musste.

Der ursprüngliche Accumulator von Faure, wie er in dem D. R. P. Nr. 19.026 beschrieben ist, besteht aus einem Gefäss von nicht leitendem Material, in welchem zwei Bleiplatten als Elektroden sich gegenüber stehen. Diese Platten sind mittelst teigigen Niederschlages oder auf galvanoplastischem Wege mit einer bleihaltigen Verbindung bedeckt, welche in der wässerigen, im Gefäss befindlichen Schwefelsäure-Lösung unlöslich ist.

An Stelle von Blei kann als Träger für die aufzutragende, die »active« Masse die Elektrode auch aus Kupfer, Coaks, Kohle, überhaupt aus einem leitenden Stoff bestehen, von dem ein schädlicher Einfluss auf den chemischen Vorgang nicht zu erwarten ist.

Auch kann die Porosität des Bleisuperoxyds und des reducirten Bleies dadurch vermehrt werden, dass passiv bleibende Stoffe, wie Coaks, mit der bleihaltigen Verbindung vereinigt werden.

Zwischen den Elektroden befinden sich poröse Scheidewände von Pergament, Filz, Tuch u. dgl., welche dem Zwecke dienen sollen, einerseits die Blei-Elektroden von einander getrennt zu erhalten, andererseits die etwaigen Abbröckelungen der activen Masse, welche auf den Boden des Gefäßes niederfallen, vor einer Be-

Fig. 16.

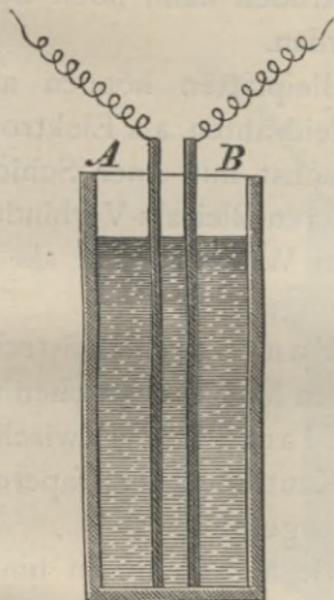
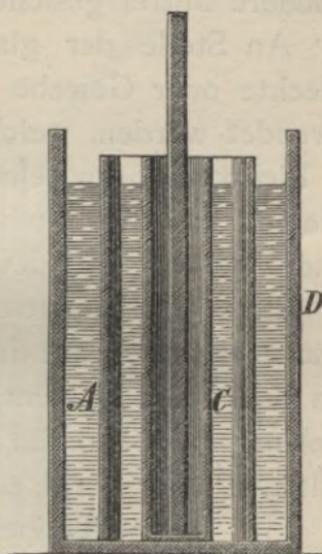


Fig. 17.



rührung mit der nicht zugehörigen Platte zu bewahren.

Figur 16 stellt ein Accumulator-Element dar, dessen Elektroden *A* und *B* je mit einem Ueberzuge von bleihaltiger Verbindung bekleidet sind und in einen viereckigen, mit von Schwefelsäure angesäuertem Wasser gefüllten Kasten eintauchen,

Figur 17 zeigt ein Gefäß *D* mit der porösen Zelle *C*, in welcher sich die als Elektrode dienende

Platte oder der Stab *B* von Blei oder Kohle befindet. *A* ist ein Bleicylinder, welcher die poröse Zelle *C* umgiebt. Die Zwischenräume zwischen dem Cylinder — der zweiten Elektrode — und der porösen Zelle, und diese selbst, werden mit einer Mischung aus Bleisulfat und Coaks, welcher noch Holzsägespäne oder dergl. beigemischt werden, ausgefüllt. Das innige Anliegen dieses Gemisches an den Elektroden kann noch durch besondere Mittel gesichert werden.

An Stelle der glatten Bleiplatten können auch Geflechte oder Gewebe von Bleidrähten als Elektroden verwendet werden, welche zunächst mit einer Schichte von Bleioxyd, bezw. einer anderen Bleisalz-Verbindung bekleidet und dann mit einem Wollgespinnst als isolirende, poröse Scheidewand umgeben werden.

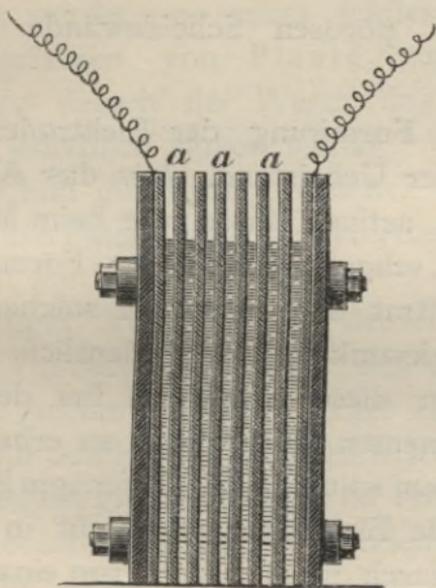
Statt der Bleiplatten hat *F a u r e* auch Bleistreifen benützt, dieselben mit der activen Masse bestrichen und dann nach dem System von *Planté* unter Zwischenschiebung von Streifen aus Kautschuk, Guttapercha, Wollfäden oder dergl. zusammengerollt.

Fig. 18 stellt eine Batterie aus mehreren hintereinander geschalteten Zellen dar, deren Elektroden *a* mit Ausnahme der Endelektroden auf beiden Seiten mit activer Masse bekleidet sind. Aehnlich wie bei der *Thomsen'schen* Polarisations-Batterie ist nun das Gefäß derartig eingerichtet, dass die Platten luftdicht eingeschoben werden und somit je ein Element bilden (vgl. S. 21).

Mit den vorbeschriebenen Secundär-Elementen, namentlich mit den abgebildeten, glaubte der Erfinder die Aufgabe, einen Stromansammlungs-Apparat ge-

schaffen zu haben, welcher nicht allein Elektrizität aufzusammeln, aufzubewahren und nach Bedürfniss und beliebiger Menge wieder abzugeben, sondern auch die Elektrizität zu versenden im Stande war, in einer für die Praxis genügenden Weise gelöst zu haben. Es zeigten indessen schon die ersten Versuche namhafte

Fig. 18.



Mängel, deren Beseitigung unbedingt geboten war, sollte die von Faure angegebene, weittragende Verbesserung in den Accumulatoren nicht verloren gehen.

Diese, dem Faure'schen Accumulator anhaftenden Mängel bestanden darin, dass die aufgetragenen Bleisalze mit den Blei-Elektroden sich nicht so fest vereinigen konnten, dass sie auf diesen dauernd haften

blieben. Die active Masse bröckelte bald ab, lagerte sich am Boden des Gefässes nieder und gab Veranlassung zur Bildung von Kurzschluss, d. h. zur directen Berührung der Elektroden.

Um diesem Uebelstand zu begegnen, wurden zwischen die Elektroden die isolirenden Filzplatten gelegt, wodurch aber ein anderer Uebelstand, nämlich ein erhöhter innerer Widerstand, sowie ein Durchwachsen der porösen Scheidewände herbeigeführt wurde.

Bei der Formirung der Elektroden zeigte sich ferner noch der Uebelstand, dass das Abbröckeln der aufgetragenen activen Masse, wie beim Metzger'schen Accumulator, schon während der Formirungs-Periode sehr häufig auftrat, dass somit ein solcher Accumulator in seiner Wirksamkeit ausserordentlich beeinträchtigt wurde. Wenn dieser Nachtheil bei den zusammengerollten Elementen auch nicht so erheblich war, so trat derselbe um so mehr bei denjenigen Elementen auf, in welchen die Elektroden senkrecht in dem Gefässe standen und durch die Filzwände von einander getrennt waren.

Faure bekleidete mittelst Pinselanstriches die glatten Wände der Blei-Elektroden mit einer Schichte bleihaltiger Verbindung, welche infolge der Wirkung des elektrischen Stromes gelockert wurde und dann auf den Boden des Gefässes niederfiel. Abgesehen von den dadurch entstehenden Kurzschlüssen tritt aber auch eine Abnahme in der Wirkung des Accumulators ein.

Wenn man sich nämlich vergegenwärtigt, dass alle gesammelte Energie in Form chemisch geladener activer Masse vorhanden ist, so muss jeder Verlust an solcher Masse durch Abfallen von der Bleiplatte nicht nur einen directen Energie-Verlust, sondern auch zugleich eine Verminderung der Strom-Aufnahmefähigkeit (Capacität) des Accumulators zur Folge haben. Soll aber diese Strom-Aufnahmefähigkeit auf der alten Höhe erhalten werden, so muss schliesslich auf das Formirungs-Verfahren von Planté zurückgegangen werden, infolge dessen der Werth des Faure'schen Accumulators erheblich sinken würde.

Obleich nun der Erfolg, welcher mit den nach dem Faure'schen Patent hergestellten Accumulatoren in der That erzielt wurde, sehr wenig günstig war, so wurden nichtsdestoweniger Versuche mit denselben sogar in sehr grossem Umfange angestellt, aus denen sich ergab, dass ein Accumulator mit einer entsprechenden Lebensdauer für den Betrieb von elektrischen Leitungen von ganz ungemein grosser Tragweite sein würde, dass ein solcher Accumulator aber gefunden wäre, wenn es gelänge, die active Masse dauernd fest mit den Elektroden zu verbinden und dabei die einen erheblichen Leitungs-Widerstand bietenden porösen Scheidewände von Faure entbehrlich zu machen, sowie die Formirungszeit in erheblicher Weise abzukürzen.

Die Accumulatoren der Praxis.

Allgemeines.

Die Aufgabe, welche nach den Constructionen von Faure die Elektriker und Elektrotechniker nun in Betreff der Herstellung geeigneter Accumulatoren zu lösen hatten, war ihnen klar vorgezeichnet.

In erster Linie musste darauf hingearbeitet werden, die von Faure angegebenen Platten für die Elektroden als Träger der activen Masse derartig einzurichten, dass die letztere mit den Platten unwandelbar fest verbunden wurde, dass somit ein Herausfallen unmöglich war. Denn nur dadurch konnte der von Faure angestrebte Zweck erreicht werden, die zeitraubende und mühselige Formirung der Platten wenn auch nicht entbehrlich zu machen, so doch dieselbe derartig abzukürzen, dass die entstehenden Kosten für die aufgewendete Kraft u. s. w. nur noch gering waren und gegen die anderweitigen Kosten für Beschaffung der Materialien, für Aufstellen, Laden u. s. w. fast nicht mehr in Betracht kamen.

Es musste zweitens darauf Bedacht genommen werden, die Elektroden des Blei-Accumulators, welche nach Planté aus massivem Blei bestanden und daher

für eine Batterie ein erhebliches Gewicht zusammen ausmachten, derartig einzurichten, dass sie bei möglichst geringem Gewicht eine grosse Plattenoberfläche hatten und die höchst mögliche Leistung ergaben, sowie in ihrer Dauerhaftigkeit keine Abnahme zeigten.

Um diese Vortheile zu erreichen, wurden von den Elektrikern zwei Wege eingeschlagen. Einige behielten eine massive Bleiplatte bei und formirten dieselbe unter Bekleidung derselben mit einer Superoxydschicht, nachdem vorher durch den elektrischen Strom bereits eine solche auf der Platte gebildet worden war, beziehungsweise es wurde die active Masse direct auf diese massive Bleiplatte aufgetragen und letztere alsdann formirt. Andere wählten an Stelle der massiven Elektroden, wie dies bereits ebenfalls von *F a u r e* geschehen war, gitterförmige Platten, in deren Maschen die Bleioxyde, Mennige u. dgl. eingepresst wurden, bevor diese Platten der Formirung unterzogen wurden.

Von den Hunderten von Verbesserungsvorschlägen für das *Planté'sche* Element, welche vom Jahre 1878 bis heute bekannt geworden sind, haben nur wenige die praktische Einführung erlebt. Alle diese Vorschläge, Erfindungen u. s. w. an dieser Stelle einzeln vorzuführen und zu beschreiben, kann indessen nicht die Aufgabe dieses Buches sein. Vielmehr sollen in eingehender Weise die gegenwärtig hauptsächlich im praktischen Gebrauche befindlichen Accumulatoren besprochen werden, wobei selbstverständlich, sofern es erforderlich erscheint, historische Rückblicke stattfinden.

Eine grosse Theilnahme an der Lösung der Eingangs dieses Abschnittes gegebenen Aufgabe erweckte Planté selbst durch das Erscheinen seines Werkes — »Recherches sur l'Electricité, 1879«. — Trotzdem viele Versuche jener Tage als gescheitert angesehen werden müssen, ging indessen die durch Planté gegebene Anregung nicht verloren, und so sind im Laufe der Neuzeit Accumulatoren geschaffen worden, welche den an dieselben zu stellenden Anforderungen in hohem Maasse genügen und derartig weite Verbreitung in der Praxis gefunden haben, dass der Accumulator gegenwärtig für elektrische Anlagen, namentlich für Starkstrom-Anlagen, zu einem unentbehrlichen Bedürfniss geworden ist.

Es sollen nun nachstehend die in der Praxis zur Verwendung kommenden Accumulatoren in der vorangedeuteten Weise besprochen, und zwar zunächst diejenigen mit massiven Blei-Elektroden und alsdann diejenigen mit gitterförmigen Elektroden, welch' letztere überwiegen und infolge ihres geringeren Gewichtes gegenüber den massiven Bleiplatten, ohne dadurch an Leistungsfähigkeit zu verlieren, theils eine grosse Verbreitung gefunden haben, theils eine solche in sicherer Aussicht haben, sobald die Process-Streitigkeiten über angebliche Verletzung des Faure'schen Patents beendet sind.

Im Anschlusse hieran sollen die neuerdings bekannt gewordenen, jedoch praktisch noch nicht erprobten Systeme kurz vorgeführt werden.

Die Accumulatoren mit massiven Blei-Elektroden.

1. Der Accumulator von Tudor.

Henri und Hubert Tudor suchten das von Faure erstrebte Ziel dadurch zu erreichen, dass sie gewissermassen das Planté'sche Verfahren zur Formirung der Platten mit dem Faure'schen Verfahren vereinigten, wobei sie den Bleiplatten eine Form gaben, bei welcher die active Masse sich vollständig frei bewegen kann, ohne die Träger der Masse in Mitleidenschaft zu ziehen.

Es werden statt der glatten Bleiplatten, beziehungsweise solcher von Drahtgeflecht, massive Bleikerne verwendet, welche auf beiden Seiten mit parallelen, etwa 2 bis 3 Mm. tiefen Rippen versehen sind. Diese Rippen verjüngen sich nach aussen zu, wodurch eben nach Ansicht der Fabrikanten der Vortheil erreicht werden soll, dass die zwischen den Rippen befindliche active Masse nicht etwa eingekleimt oder eingeklemmt ist, sondern sich vollständig frei ausdehnen und wieder zusammenziehen kann.

Diese Form der Elektroden giebt ausserdem im Verhältniss zu ihrem Gewicht eine grosse Oberfläche,

was in Bezug auf grossen Lade- und Entladestrom nicht zu unterschätzen ist.

Von den Elektroden werden nur die positiven Platten einer besonderen Formirung unterzogen und ungefähr $1\frac{1}{2}$ bis 2 Monate nach einem modificirten Planté'schen Verfahren behandelt, worauf die Zwischenräume der Rippen mit einer aus Bleisalzen, beziehungsweise Bleioxyden bestehenden Masse ausgefüllt werden. Eine weitere, ungefähr einen Monat dauernde Formirung verwandelt diese Bleisalze in reines Bleisuperoxyd. Die negativen Elektroden werden mit einer activen Masse nicht versehen.

Das freie Spiel der activen Masse hat im Gefolge, dass sich ein Theil derselben, und zwar der nach aussen liegende, von den Elektroden abstösst. Der übrige Theil der activen Masse, welcher sich in unmittelbarer Berührung mit der durch die Formirung gebildeten Bleisuperoxydschicht befindet, verbindet sich mit diesem rein krystallinischen, mit dem Bleikern in metallischem Zusammenhang stehenden Ueberzug zu einer genügend starken Schichte. Letztere ist ebenfalls rein krystallinisch und von dem Metallkern schwer ablösbar, so dass die positive Tudor'sche Elektrode nach einem etwa einjährigen Betriebe als eine reine Planté'sche Elektrode angesehen werden kann, welcher (vgl. S. 38) bei richtiger Behandlung eine unbegrenzte Lebensdauer nachgerühmt wird.

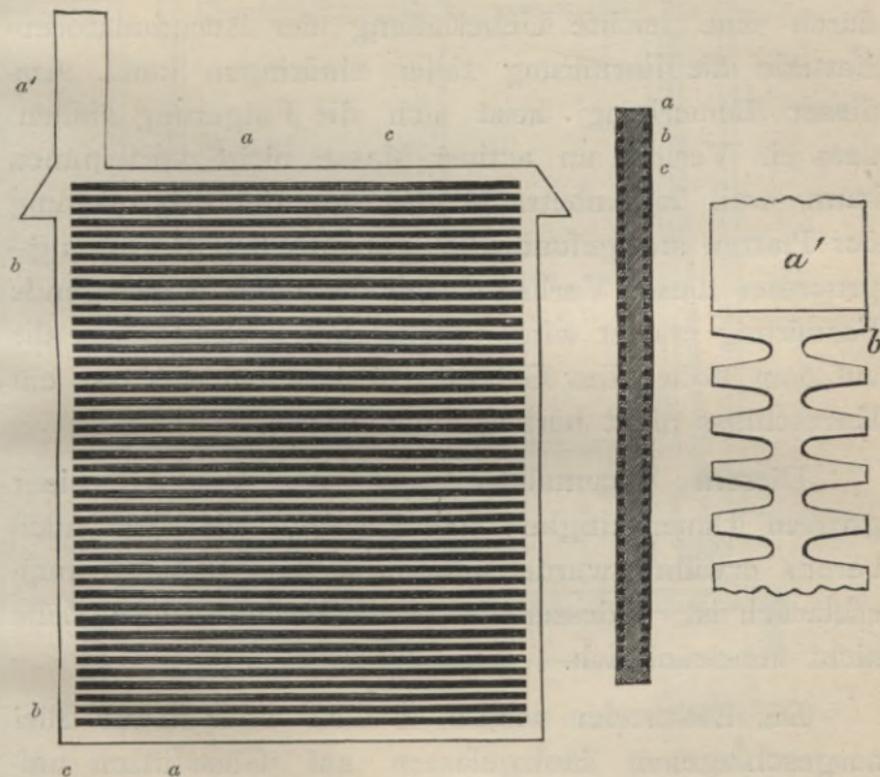
Die äusserst lange Dauerhaftigkeit der Tudor'schen Elektrode findet ihre Bestätigung in der seit 1884 in der Beleuchtungsanlage in Rosport in Betrieb befindlichen Accumulatoren-Batterie, deren Elektroden nach

den Untersuchungen von Kohlrausch in keiner Weise den Schluss zulassen sollen, dass der sechsjährige Betrieb, welchen sie bereits hinter sich haben, ihnen geschadet oder ihre Haltbarkeit beeinträchtigt habe.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.



Es sei auch jetzt noch eine fernere, grosse Lebensdauer derselben wahrscheinlich.

In Fig. 19, 20 und 21, Ansicht und Schnitte, ist eine Tudor'sche Zelle dargestellt. *a* ist der massive Bleikern, welcher auf beiden Seiten mit den Rippen *b* versehen ist, deren Verjüngung nach aussen sich aus

der Fig. 21 deutlich erkennen lässt. Die Rippen werden mit Bleioxyden c ausgefüllt. a' ist der Ableiter.

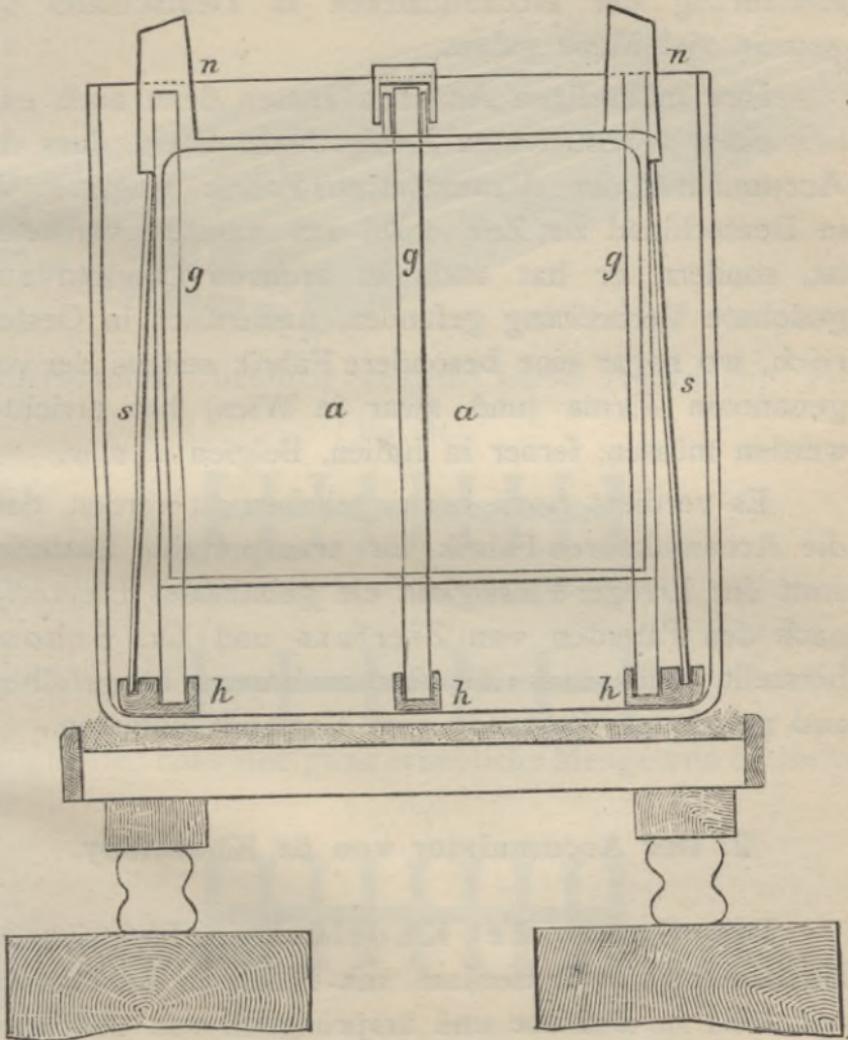
Man glaubt, dass die active Masse etwa ein Jahr wirksam ist, und dass, wie der L'Electricien Nr. 53, pag. 1, angiebt, je nach dem Verhältnisse, wie die active Masse zerstäubt, beziehungsweise abbröckelt, durch eine leichte Ueberladung der Accumulatoren-Batterie die Formirung tiefer eindringen kann. Aus dieser Bemerkung lässt sich die Folgerung ziehen, dass ein Verlust an activer Masse nicht vorkommen kann, weil in Anbetracht des vor der Bestreichung der Platten stattgefundenen galvanischen Formirungsprocesses dieser Verlust durch die tiefer eindringende Formirung ersetzt wird, vorausgesetzt, dass durch die auf dem Boden des Gefässes niederfallende Masse ein Kurzschluss nicht herbeigeführt werde.

Diesem Accumulator wird der Vortheil einer grossen Dauerhaftigkeit nachgesagt, wie dies auch bereits erwähnt wurde und durch den Bleikern auch erklärlich ist; indessen ist das Gewicht einer Zelle nicht unbeträchtlich.

Die Elektroden werden in Glas- oder in mit Blei ausgeschlagenen Holzgefässen auf Glasstützen aufgestellt. Zur Aufrechterhaltung des richtigen Abstandes zwischen den einzelnen Platten dienen Glasrohre g , welche auf dem Boden des Gefässes (Fig. 22) in Holzleisten h ruhen. Die Elektroden a sind mit Nasen n versehen, gegen welche die isolirenden Stützscheiben s aus Glas stehen und dadurch die Elektroden in sicherer Lage halten. Als Unterlage für die Stützscheiben s

werden paraffinirte Hölzer, Gummi-Unterlagen u. dgl. verwendet.

Fig. 22.



Der vorbeschriebene Accumulator hat eine un-
gemein grosse Verbreitung gefunden, was im Wesent-
lichen den früheren Firma-Inhabern, den Herren

Müller und Einbeck zu verdanken ist, da genannte Herren, welche von dem grossen Nutzen der Accumulatoren für die Praxis überzeugt waren, sich um die Einführung der Accumulatoren in Deutschland un-
gemein viel Mühe gaben.

Ihre mühseligen Arbeiten hatten denn auch endlich einen unbestrittenen Erfolg. Nicht allein, dass der Accumulator der Accumulatoren-Fabrik Hagen i. W. in Deutschland zur Zeit wohl am meisten verbreitet ist, sondern er hat auch in anderen Ländern ausgedehnte Verbreitung gefunden, namentlich in Oesterreich, wo sogar eine besondere Fabrik seitens der vorgenannten Firma (und zwar in Wien) hat errichtet werden müssen, ferner in Italien, Belgien u. s. w.

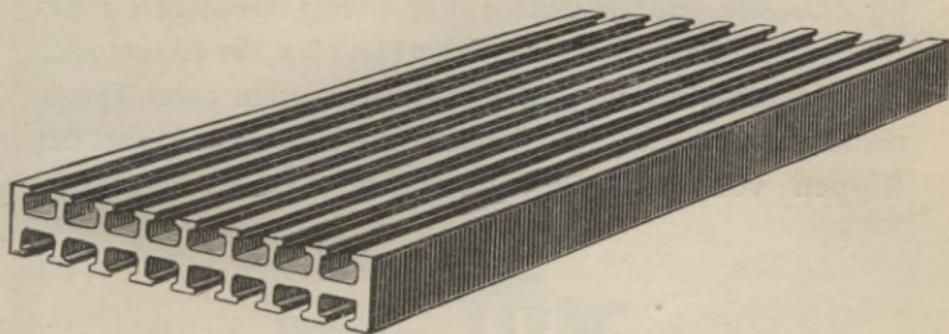
Es verdient noch hervorgehoben zu werden, dass die Accumulatoren-Fabrik für transportable Batterien statt der Erreger-Flüssigkeit ein gelatinöses Elektrolyt nach den Patenten von Zierfuss und Dr. Schoop herstellt, und dass die Accumulatoren in gefülltem und geladenem Zustande zum Versandt kommen.

2. Der Accumulator von de Khotinsky.

Das System de Khotinsky, Electriciteits-Maatschappy in Rotterdam, mit Filiale in Gelnhausen, seit 1884 im Betriebe und ursprünglich von der Firma Gottfried Hagen in Köln (jetzt Kölner Accumulatoren-Werke Kalk bei Köln) hergestellt, besteht aus in gepresstem Blei hergestellten Streifen mit Rippen, wie bei dem Tudor'schen System, indessen sind diese

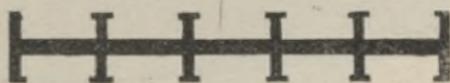
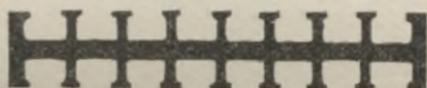
Rippen höher und haben überspringende Ränder, wie die Fig. 23, 24 und 25 (perspectivische Ansicht und

Fig. 23.



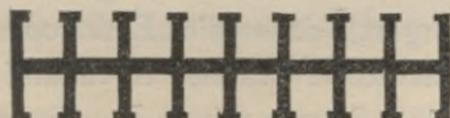
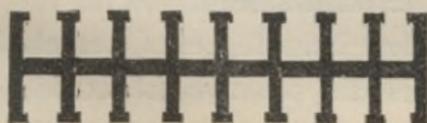
Querschnitte) deutlich zeigen. Diese Anordnung er-

Fig. 24.



möglichte, dass eine ganz erhebliche Menge von activem

Fig. 25.

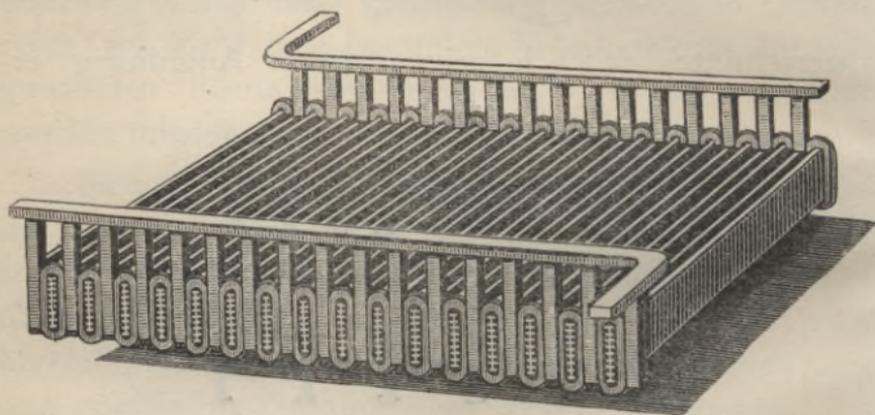


Material in der Elektrode sich unterbringen lässt, dass

somit bei verhältnissmässig kleinem Volumen eine ganz bedeutende Leistungsfähigkeit erzielt wird.

Entgegen dem Verfahren anderer Constructeure, für schnelle und langsame Entladung dieselben Elektroden zu verwenden, hat K h o t i n s k y die Elektroden für die verschieden schnelle Entladung in zwei Typen construiert, welche im Wesentlichen in der Höhe der Rippen von einander abweichen. Fig. 23 zeigt per-

Fig. 26.

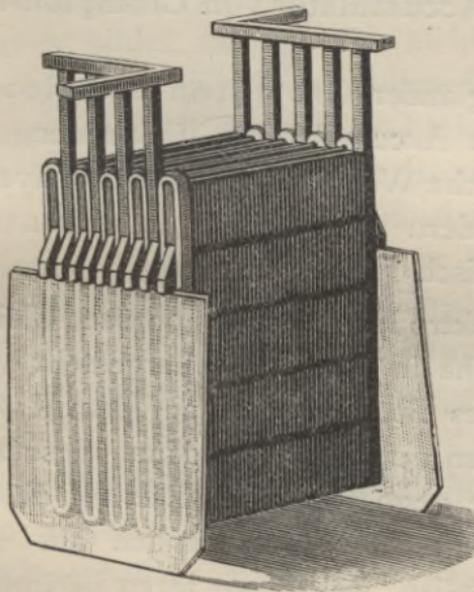


spectivisch eine Elektrode für schnelle Entladung, Fig. 25 im Querschnitt eine solche für langsame Entladung. Aus den beigefügten Querschnitten ist ferner ersichtlich, dass die positive Elektrode eine grössere Anzahl Rippen enthält, als die negative Elektrode.

Die Elektroden werden für gewöhnlich derartig horizontal gelagert, dass die Elektrodenstreifen, aus welchen die Elektrode besteht, hochkantig stehen, wie aus der Fig. 26 hervorgeht. In dieser Anordnung kann das Gefäss für die Aufnahme von Elektroden

niedrig sein. Wenn dagegen ein hohes Gefäß gewünscht oder gefordert wird, werden die Elektroden zusammengeschmolzen und es wird das Gerippe an jeder Seite mit je einer Nase versehen. Mittelst dieser Nase werden die Elektroden auf besondere, in dem Gefässe angebrachte Glasplatten aufgehängt. (Fig. 27. Aufbau einer Zelle.)

Fig. 27.



Diese Art der Aufhängung soll bezwecken, dass die Elektroden sich frei bewegen, somit nach allen Seiten ungehindert sich ausdehnen können. In Verbindung mit den überspringenden Rändern der Rippen soll dadurch ein Herausfallen der activen Masse, welche in die Rippenräume eingebracht wird, verhindert werden.

Der de Khotinsky'sche Accumulator, welcher gegenwärtig von der Electriciteits-Maatschappy in der in Gelnhausen gegründeten Filiale hergestellt wird, hat eine weite Verbreitung gefunden. So sind im Laufe der Jahre Accumulatoren-Batterien in Holland, Deutschland, Oesterreich, Dänemark, Frankreich und Russland aufgestellt und im Betriebe.

3. Der Accumulator von Crompton-Howell.

Die Engländer Crompton und Howell verwenden für ihre Accumulatoren Elektroden, welche eine auf mechanische Weise aufgetragene, active Masse nicht erhalten, sondern welche nach dem Planté'schen Verfahren elektrisch formirt werden.

Als Elektroden werden poröse Bleiplatten verwendet, welche in der Weise hergestellt werden, dass geschmolzenes Blei ungefähr auf dem Krystallisationspunkt erhalten, und dass alsdann diese halbkrySTALLINISCHE Masse gegossen wird. Die auf diese Weise erhaltenen Blöcke bestehen demnach aus einer Anzahl von Bleikrystallen, welche an ihren Berührungspunkten fest zusammengehalten werden.

Dabei sind zwischen den einzelnen Krystallen natürliche Zwischenräume, wodurch die Bleimasse zu einem schwammigen, also zu einem hochporösen Bleiblock wird.

Aus den Blöcken werden die Bleiplatten für die Elektroden der Accumulatoren in passender Grösse ausgeschnitten, bzw. gesägt, und alsdann dem bekannten

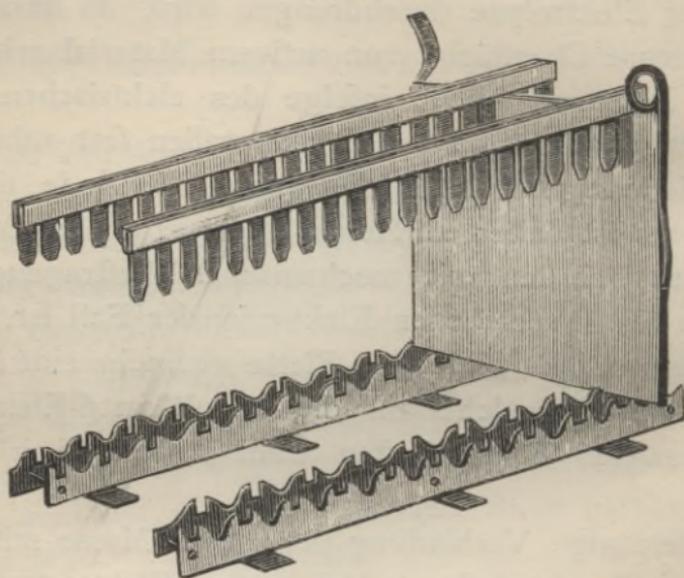
und sehr einfachen Formirungsprocesse nach Planté unterworfen. Infolge der Porösität der Bleischwammplatten wird auf der positiven Platte eine ungemein grosse Menge von Bleisuperoxyd, auf der negativen Elektrode eine solche von fein vertheiltem Blei gebildet.

Das Gefüge der Bleiplatten ist ganz krystallinisch, dabei derartig porös, dass fast jedes einzelne Krystall von der Elektrolyse durchdrungen wird, so dass eine sehr grosse Oberfläche von activem Material erhalten wird. Letzteres bildet infolge des elektrischen Niederschlages einen an den Bleikrystallen fest anhaftenden Ueberzug, welcher die ganze Elektrode durchdringt; es ist daher ein Herausfallen der activen Masse, wie dies bei den mit mechanischer Auftragung der activen Masse versehenen Elektroden der Fall ist, ausgeschlossen. Es bildet die Platte vielmehr eine Platte nach Planté, welche auf die der Planté-Elektrode nachgesagten Eigenschaften wohl Anspruch erheben kann.

Die innige Verbindung der activen Masse mit den Bleikrystallen verleiht zunächst der Elektrodenplatte eine grosse Dauerhaftigkeit. Es wird aber auch durch diese innige Verbindung der innere Widerstand in der Zelle auf ein Minimum vermindert, wodurch nach meiner Ansicht der Vortheil erreicht wird, dass schnelle und starke Entladungen keine Nachtheile im Gefolge haben, und dass bei schwachen oder starken Beanspruchungen, ganz gleich ob der Uebergang ein allmäliger oder plötzlicher ist, ein Werfen oder Krümmen der Elektrodenplatten überhaupt nicht entsteht.

Die Elektrodenplatten werden im Innern des Gefässes mit den unteren Enden in entsprechend ausgeschnittene Stäbe von Celluloid eingesetzt, mit den oberen Enden zwischen Klammern aus Celluloid, welche am Träger aus demselben Stoffe angebracht sind, eingeschoben (vgl. Fig. 28), um einen gleichmässigen Abstand der Elektrodenplatte von einander sicherzu-

Fig. 28.



stellen. Ausser dem Ableitungstreifen ist an jeder Platte noch ein diesem Streifen gegenüberstehender Handgriff befestigt.

Der Accumulator von Crompton-Howell hat in Anbetracht der ihm nachgerühmten, guten Eigenschaften, namentlich in England, bereits eine ausgedehnte Verbreitung gefunden. Auch in anderen Ländern beginnt derselbe sich einzubürgern, ob mit Erfolg, muss abgewartet werden.

4. Der Accumulator von Schoeller und Jahr.

Die Firma Schoeller und Jahr in Opladen, Rheinprovinz, ist nach mehrjährigen, praktischen Versuchen mit einer Elektrode für Accumulatoren hervorgetreten, welche als eine Vereinigung der rippen- und gitterförmigen Platten angesehen werden kann.

Die genannte Firma liess sich bei der Construction ihrer Bleiplatten von dem Gedanken leiten, dass bei den schweren Rippenplatten durch Verstärkung der massiven Grundplatte das Verhältniss von metallischem Blei zur activen Masse ungünstiger, die Stärkung der Platte in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Unregelmässigkeiten des Betriebes und ihre Lebensdauer zwar erhöht, ihr Nutzeffect aber geschwächt würde, während bei den Gitterplatten in Ermanglung einer durchgehenden und Halt gebenden Grundplatte die Gefahr vorhanden sein sollte, dass die Platte unter der Einwirkung des Stromes nicht widerstandsfähig bleiben, somit eine geringe Lebensdauer besitzen, dagegen wegen ihres günstigen Verhältnisses von Blei zur activen Masse hohen Nutzeffect gewähren würde.

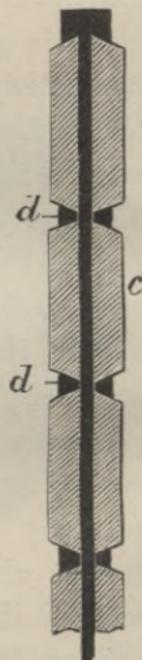
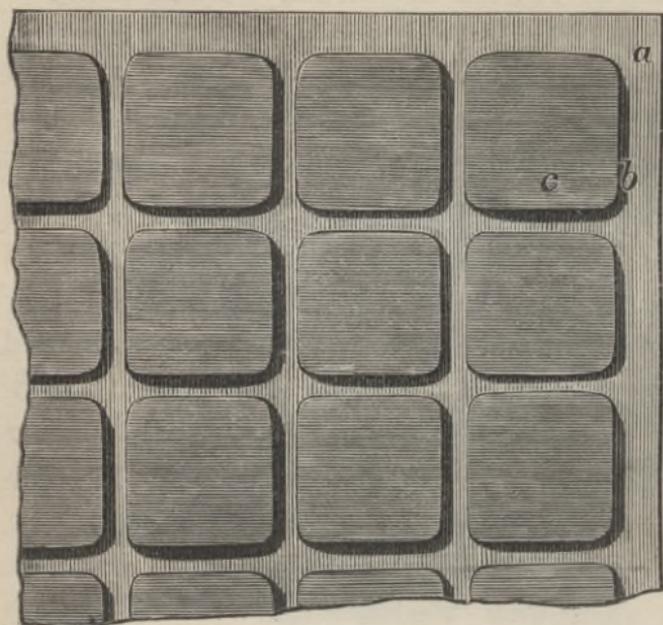
Bei den Rippenplatten beträgt, wie die obige Firma angiebt, das Verhältniss von activer Masse zum Blei nur 33 : 66, bei den leichtesten, jetzt bekannten Gitterplatten 49 : 51, dagegen bei ihren Platten 51 : 49, so dass also bei letzterer die active und inactive Masse in der günstigsten Weise vertheilt sind. *)

*) Diese Angaben sind nicht ganz zutreffend, Correns hat z. B. 60 Proc., Tommasi sogar 67 Proc. active Masse.

Die Elektrode der Firma Schoeller und Jahr besteht, wie die Figuren 29 und 30 zeigen (Vorderansicht und Querschnitt), aus einer massiven Bleiplatte *a*, aus welcher das die active Masse haltende Gitter mit unterschrittenen Stäben *d* in fester, ununter-

Fig. 29.

Fig. 30.



brochener Verbindung herauspringt. Dadurch erhält die Platte grössere Widerstandsfähigkeit gegen Unregelmässigkeiten des Betriebes und grosse Lebensdauer; es ist aber auch zugleich die Möglichkeit gegeben, sehr viel active Masse anzuordnen und somit grosse Capacität zu erzielen.

Das Gitter wird in der Weise gebildet, dass in der Bleiplatte *a* auf beiden Seiten Hohlräume *b* her-

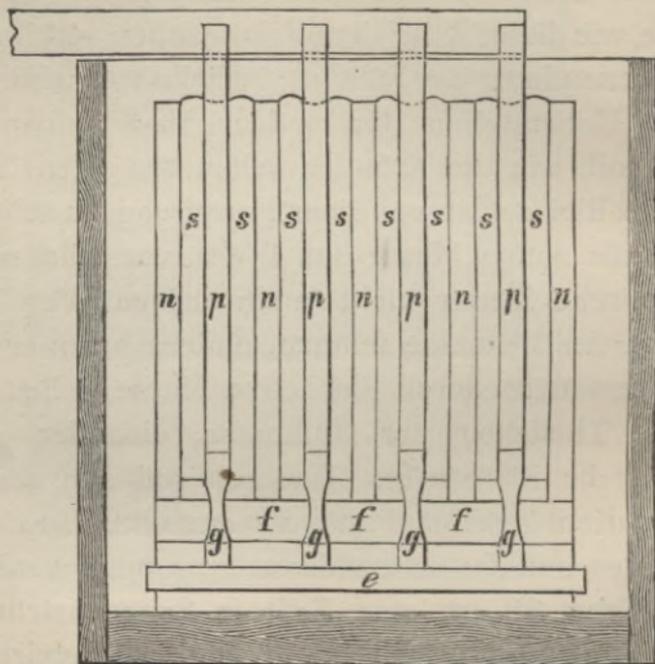
gestellt werden, welche zur Vermeidung des Herausfallens der Füllmasse nach hinten stark erweitert sind. In diesen Hohlräumen b wird die active Masse in quadratischen Stücken c derartig angeordnet, dass sie über den massiven Bleikern 1 Mm. hervorragt. Die Hohlräume sind indessen nicht durch die Platte durchgehend, sondern in diese nur eingelassen, so dass als Träger der activen Masse eine durchgehende, massive Bleiplatte, wie dies z.B. bei dem Faure'schen und Tudor'schen Accumulator der Fall ist, beibehalten wird.

Das Ueberstehen der activen Masse über dem Bleikern soll, wie die Erfinder behaupten, den Zweck haben, das Blei selbst vor einer Formirung zu schützen. Denn da die active Masse um 1 Mm. vorsteht, so soll der elektrische Strom nicht mehr seinen Weg durch den Körper der Bleimasse nehmen, sondern, bevor er an die letztere herantritt, durch die active Masse gehen, weil eben die Theilchen der Füllmasse einander näher stehen als die Bleikörper. Dadurch soll nun das Blei vor Formation geschützt und die erstrebte Einwirkung des Stromes auf die active Masse erzwungen werden. (?)

In Figur 31 ist eine Zelle in Seitenansicht dargestellt. Die positiven Platten p sind, wie ersichtlich, etwas länger als die negativen n . Diese Anordnung gestattet, auf der Grundplatte e Prismen f von Glas, Holz oder anderem, nicht leitendem Material anzubringen, welche durch kleine Brücken g von nicht leitendem Material in der Weise überspannt werden, dass zwischen Prismen und Brücken ein freier Raum verbleibt. Die positiven Elektroden p werden nun auf die Prismen f , die negativen n auf die Brücken g gestellt, so dass

die Möglichkeit eines kurzen Schlusses, selbst wenn unerwarteterweise ein Ablösen der activen Masse entsteht, vollständig ausgeschlossen ist. Berührungen der Elektrodenplatten werden durch Stege *s* von isolirendem Material verhütet.

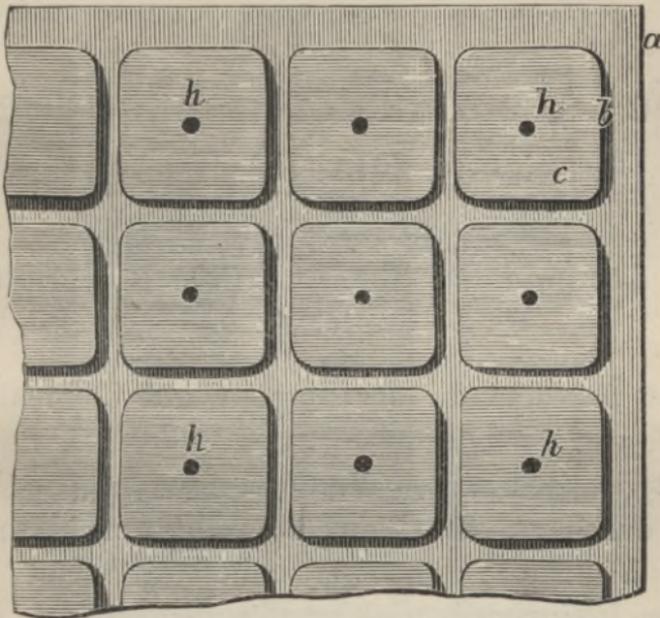
Fig. 31.



Es muss noch hervorgehoben werden, dass durch die Anordnung, dass die active Masse 1 Mm. über der Bleiplatte übersteht, eine erheblich grosse Menge von activer Masse zur Wirkung gebracht werden kann; es soll nach Angabe der Erfinder die active Masse in ihren Elektroden um 23⁰/₀ grösser sein als diejenige selbst in Gitterplatten.

Die Platten können, wie Figur 32 zeigt, auch in der Weise hergestellt werden, dass in der Mitte der activen Massenquadrate noch ein Stift *h* angebracht ist.

Fig. 32.



Wenn nun auch dieser Accumulator erst vor Kurzem in die Praxis eingeführt ist, so hat derselbe nichtsdestoweniger trotz der grossen Concurrenz schon eine recht erfreuliche Aufnahme gefunden. Es muss allerdings erst noch abgewartet werden, wie derselbe sich auf die Dauer bewähren wird.

Die active Masse besteht aus Bleioxyd und Bleiglätte, mit Wasser zu einem Brei angerührt. Aus diesem Brei werden die Stücke *c* geformt und in bekannter Weise umgossen.

Die Accumulatoren mit gitterförmigen Blei-Elektroden.

1. Der Accumulator der Electrical Power Storage Company.

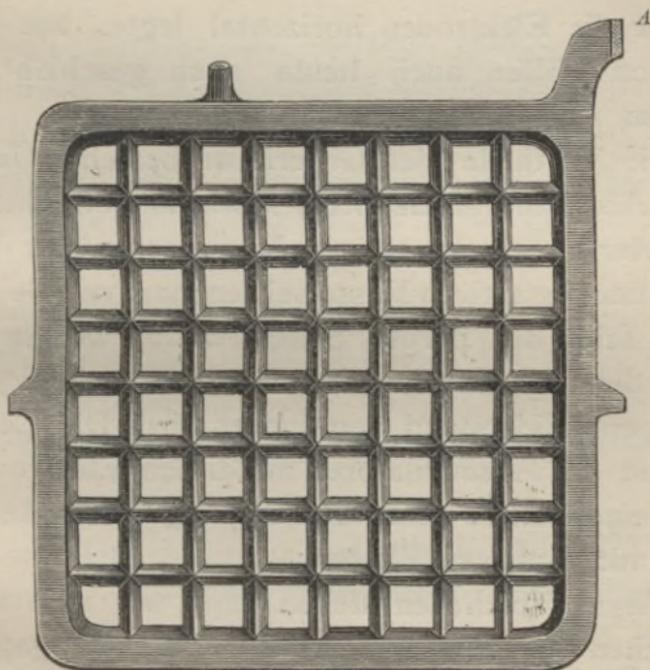
Der Accumulator der Foreign and Colonial Electrical Power Storage Company Ltd. (kurz E. P. S. C.) hat seit der Zeit seiner Einführung mehrfache Wandlungen durchgemacht. Derselbe gehört nicht mehr in vollem Umfang zu den Accumulatoren mit gitterförmigen Elektroden, weil man in neuerer Zeit wieder zu massiven Bleikernen mit Rippen, wie beim Tudor-System, übergegangen ist. Es werden indessen derartige Elektroden nur für die positiven Platten benützt, während die negativen Elektroden nach wie vor aus gitterförmigen Platten beibehalten sind.

Der Accumulator, wie er ursprünglich von der E. P. S. C. verwendet wurde, war die Construction von Volckmar (Fig. 33), welche auch in Betreff der Gitterform noch jetzt zur Verwendung kommt.

Das Gitter besteht aus einem Netzwerk, welches von in der Mitte starken, nach beiden Seiten sich ver-

jüngenden Rippen gebildet wird. Es wird in Metallformen gegossen. Die in dem Netzwerk vorhandenen Maschen sind von doppelt trichterförmiger Gestalt, sie verengen sich also von beiden Seiten des Gitters von aussen nach innen. Die für die positiven Elektroden bestimmten Gitter werden mit Bleimennige, die für

Fig. 33.



die negativen Elektroden dienenden Gitter mit Bleiglätte gefüllt. Die Abführungen *A* je zweier benachbarter Platten liegen an verschiedenen Seiten.

Um die Platten stets in gleichem Abstände zu erhalten, sind in die negativen Platten kleine Gummipflöcke eingesetzt, welche aus den Seitenflächen hervorragen. Gegen diese Gummipflöcke, die gleichsam als

Puffer dienen, legen sich die positiven Platten an und können sich demgemäss ungehindert ausdehnen.

Statt der Gummipflöcke werden auch um die Platten zu ziehende Gummiringe oder zwischenzulegende Streifen aus Hartgummi, Glas u. dergl. benützt.

Volckmar scheint der erste gewesen zu sein, welcher für Accumulator-Elektroden die Gitterform wählte. Ebenso soll auch Volckmar der erste gewesen sein, welcher die Elektroden horizontal legte, wie dies in einzelnen Fällen auch heute noch geschieht, z. B. bei dem Accumulator de Khotinsky.

Die Vortheile der Gitterform bestehen in erheblicher Abnahme an Gewicht, sowie in beträchtlich vergrösserter Menge der activen Masse gegenüber dem Gewichte und der activen Masse bei den massiven Bleiplatten; ferner fällt die poröse Scheidewand, welche Faure verwendete, im Innern der Zelle fort, infolgedessen der innere Widerstand vermindert wird. Die Leistungsfähigkeit der Accumulatoren mit diesen Elektroden soll daher eine höhere sein, als diejenige der Accumulatoren mit massiven Platten.

Diesen Vortheilen stehen nun, wie sich aus den Versuchen ergeben hat, zwei Nachtheile gegenüber, nämlich das Werfen oder Krümmen der Platten, sobald die chemische Reaction an einzelnen Stellen der Elektroden stärker war als an anderen, sowie das Zerreißen der Gitter in Folge der bei der Ausdehnung der positiven Füllmasse durch das Laden auftretenden Molecularkräfte.

Es dehnt sich nämlich bei der Ladung die positive Füllmasse aus, infolgedessen die Theile der-

selben etwas aus den Gittermaschen herauswachsen, da die nach aussen breiter werdenden Oeffnungen der Gitter dem Herausdringen dieser Masse aus den Gittermaschen einen Widerstand nicht entgegensetzen. Bei der Entladung tritt dagegen eine Verkleinerung des Volumens der Füllmasse ein und es haben daher deren Theile das Bestreben, sich wieder in die Oeffnungen zurückzuziehen.

Diesem Zurückziehen setzen jedoch die nach innen, ähnlich wie Keile, breiter werdenden Gitterstäbe einen erheblichen Widerstand entgegen. Dadurch wird aber allmähig der Zusammenhang des Kernes der Maschen in der Mittellinie immer mehr gelockert, bis er zuletzt an dieser Stelle auseinander reisst, infolge dessen die Füllmassentheile der beiden Maschen, welche im Gitter ihren Halt verloren haben, bei der nächsten Entladung herausfallen, wie dies in den Figuren 34 und 35 veranschaulicht worden ist. (Seitenansicht und Querschnitt.)

Diesen Uebelständen hat die E. P. S. C. durch Verbesserungen an der vorbeschriebenen Elektrode begegnet, indem die Gitterform entsprechend verengt wurde und die Platten auf dem Boden des Gefässes derartig angeordnet wurden, dass die Möglichkeit eines kurzen Schlusses im Innern der Zelle infolge Anhäufung von Oxydtheilchen oder von verpulverter Paste am Boden des Gefässes als vollständig ausgeschlossen angesehen werden konnte, abgesehen von dem Falle, wo die Elektroden einen erheblichen Gebrauch aufweisen. (Fig. 36.)

Diese seit dem Jahre 1888 eingeführten Elektroden, welche entweder in einem Glasgefäß oder in einem mit Blei ausgefütterten Gefäß von Teakholz aufgestellt werden (vgl. Fig. 36), sollen sich bis heute sehr gut bewährt haben. Verbreitet sind die Accumulatoren der

Fig. 34.

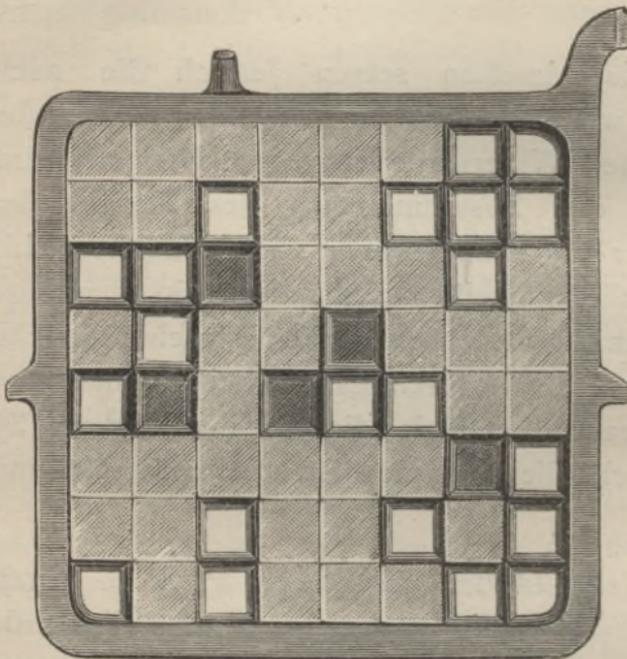
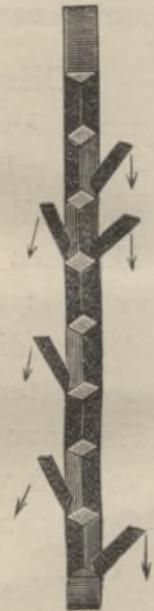


Fig. 35.



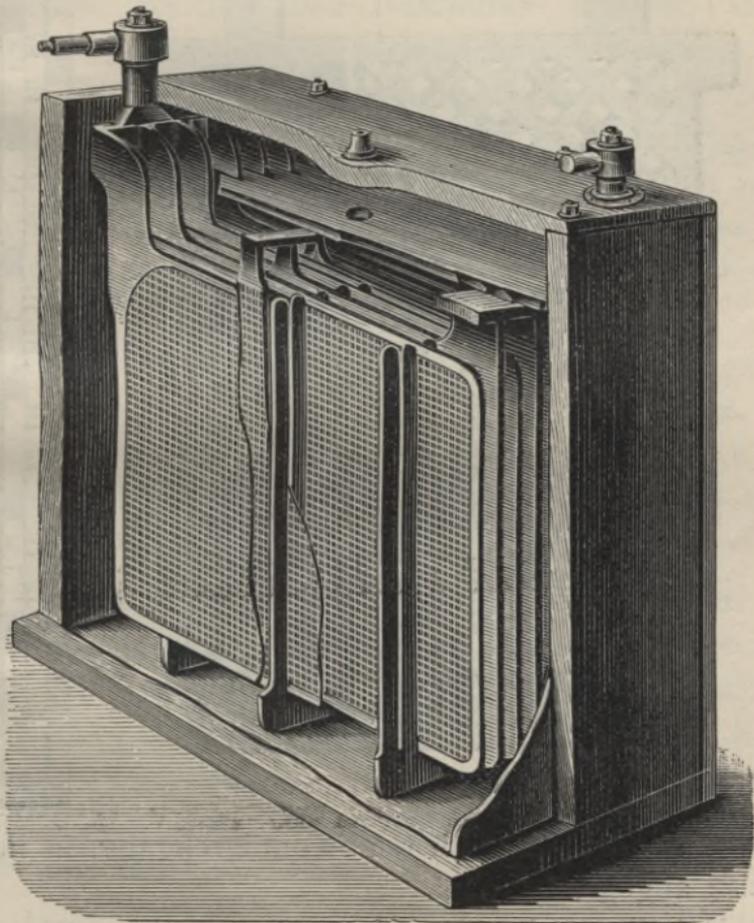
E. P. S. C. namentlich in England; sie haben indessen auch auf dem Festlande Eingang gefunden.

Seit dem Jahre 1890 hat nun die E. P. S. C. einen Accumulator für erheblich erhöhte Ladung und Entladung in den Betrieb eingeführt; ferner sollen jetzt für grosse Zellen die positiven Elektroden aus massiver Blei-Elektrode, ähnlich wie bei Tudor, genommen werden, während die negativen die Gitterform behalten.

2. Der Accumulator von Erich Correns.

Erich Correns in Berlin (in Firma Berliner Accumulatoren - Werke E. Correns & Co. in Berlin)

Fig. 36.

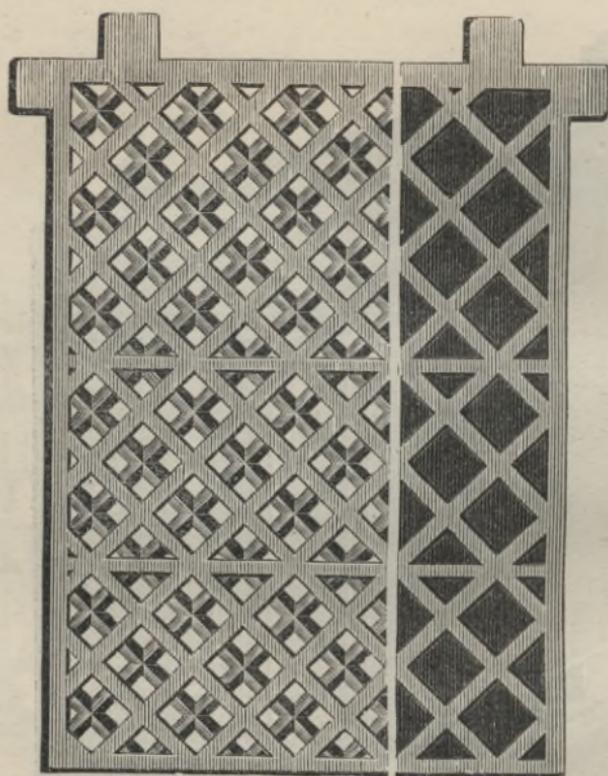


construirte im Jahre 1888 für die Accumulatoren-Batterie eine gitterförmige Elektrode mit gegeneinander versetzten Maschen, um dadurch ein Herausfallen der Füllmasse zu verhüten.

Das Gerüst ist sehr leicht, trotzdem aber sehr fest und unbiegsam und besteht aus einer dem bekannten Julien-Metall ähnlichen Zusammensetzung, welche von der

Fig. 37.

Fig. 38.



Säure, selbst beim stärksten Stromdurchgang, in keiner Weise angegriffen wird.

Das Gitter ist derartig geformt, dass die ganze Füllmasse einer Elektrodenplatte ein in sich zusammenhängendes Ganze bildet, welches von dem Gitter, dessen einzelne Oeffnungen sich nach aussen konisch verengen, netzartig umstrickt wird. Jede Ausdehnung

der Füllmasse hat daher ein immer festeres Ineinanderpresse der Füllmasse im Gefolge.

Die Construction der Correns'schen Elektrode ist in den Fig. 37 und 38, Ansicht und Querschnitt, dargestellt. Wie ersichtlich, besteht dieselbe aus einem Bleigerüst, welches zwei Netzwerke umfasst, deren Maschen gegeneinander versetzt sind. Dieses so gebildete Gitter wird nach einem dem Erfinder patentirten Verfahren gegossen. Die Maschen sind derartig eingerichtet, dass dieselben sich von aussen nach innen verengen. Auch lässt die Construction zu, dass die Füllmasse durch Maschinenkraft in die Maschen hineingepresst wird.

Um der Elektrodenplatte eine feste Form zu geben, sind zwischen den Gitterstäben Stege angebracht. Bei grossen Elektroden werden die Gitter auch noch mit Längs- und Querrippen versehen, um denselben einen sicheren Halt zu geben.

Correns füllt die positiven Elektroden mit Mennige, die negativen Elektroden mit Bleiglätte. Die Füllmasse wird durch Beimengung von gewissen, chemischen Stoffen nach kurzer Zeit glashart; sie bildet wie bereits erwähnt, ein zusammenhängendes Ganze, da zwischen den beiden Netzen ein entsprechender Spielraum ist. (Vergl. Fig. 38.)

Die Elektroden werden in gleichmässigem Abstände von einander durch Glasrohre gehalten. Zwischen der unteren Kante der Elektroden und dem Boden des Glases ist ein Abstand von 3 bis 4 Cm., zu welchem Zwecke die Elektroden auf entsprechend dicke, mit

Paraffin getränkte Hölzer gestellt werden. Kurzschluss durch abgefallene Füllmasse kann somit nicht entstehen.

Dem Correns'schen Accumulator wird eine grosse Leistungsfähigkeit, verbunden mit einem ziemlich geringen Abfall in der elektromotorischen Kraft während der Entladung nachgerühmt und es hat derselbe infolge dieser Eigenschaft, trotzdem er noch neueren Datums ist, bereits einen derartigen Ruf erlangt, dass er nicht allein schon in recht bedeutendem Maasse in die Praxis eingeführt ist, sondern dass auch seine allgemeine Einführung nur eine Frage der Zeit ist. Es kommt ferner noch hinzu, dass das Gewicht der Elektrode bedeutend vermindert ist, was namentlich für transportable Batterien von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist.

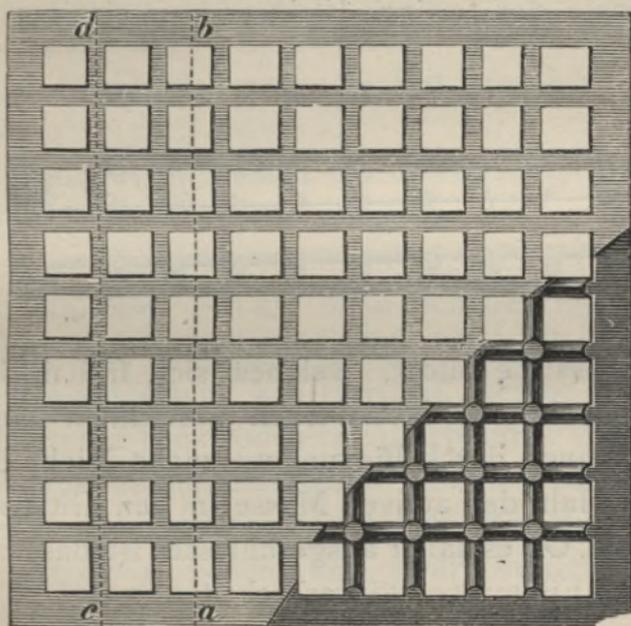
3. Der Accumulator von Gottfr. Hagen.

Gottfried Hagen in Köln (die Kölner Accumulatoren-Werke in Kalk bei Köln) suchte das Werfen und Zerreißen der Gitter dadurch zu vermeiden, dass er, in ähnlicher Weise wie beim System Correns, die Füllmasse des ganzen Gitters zu einem in sich zusammenhängenden Ganzen gestaltet, welches das Ausdehnen und Zusammenziehen der activen Masse in sich selbst zulässt, ohne ein Werfen und Zerreißen der gitterförmigen Elektroden befürchten zu müssen.

Zu diesem Ende construirte Hagen, in dessen Fabrik früher die de Kotinsky'schen Accumulatoren gebaut wurden, im Jahre 1887 das in den Fig. 39 und

40 dargestellte Gitter (Ansicht und Querschnitte). Nachdem die in der Fabrik mit diesen gitterförmigen Elektroden angestellten Versuche die unzweifelhafte Dauerhaftigkeit und Güte derselben dargethan hatten, trat 1890 Hagen mit seinen gitterförmigen Elektroden für Accumulatoren in die Oeffentlichkeit.

Fig. 39.

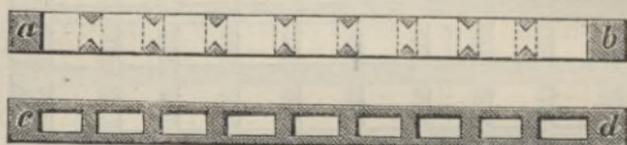


Wie aus den beiden Figuren ersichtlich, besteht das Gitter aus zwei Netzwerken, welche aus sich rechtwinkelig schneidenden Rippen zusammengesetzt sind. Die Querschnittsform der Rippen bildet ein Dreieck, welches mit der Grundfläche nach aussen liegt (Fig. 40). Die zwischen den Rippen befindlichen Gittermaschen sind dadurch nach aussen derartig verengt, dass ein

Ausfallen der dieselben nachher füllenden, aus Bleisalzen bestehenden activen Masse nicht stattfinden kann.

Die beiden Netzwerke liegen nicht direct aufeinander, sondern stehen, je nach der Dicke der Platten, 2 bis 4 Mm. von einander ab; sie sind nur an den Kreuzungspunkten durch Stege untereinander vereinigt (vergl. die Querschnitte in Fig. 40), infolgedessen eben die active Masse der fertigen Elektrode ein einziges, durch-

Fig. 40.



gehendes Ganze bildet, welches sich frei nach allen Richtungen in den Netzwerken ausdehnen kann, wie sich denn auch durch Biegungsversuche leicht der vortreffliche Halt der activen Masse in den Gittern nachweisen lässt. Ob es daher ausgeschlossen ist, dass einzelne Theile der Füllmasse stärker arbeiten (vergl. S. 55) als andere und dadurch ein Werfen, beziehungsweise Zerreißen der Gitter herbeiführen, muss abgewartet werden.

An die in der Figur 39 angedeutete Maschenweite der Gitter ist die Construction nicht gebunden; dieselbe richtet sich nach der Grösse und Dicke der Platten und ist z. B. ganz eng für feine Netzwerke, welche für transportable Accumulatoren bestimmt sind.

Als ein Vorzug an diesem Accumulator wird hervorgehoben, dass eine verhältnissmässig reichliche active Masse gegenüber dem Gewicht der gitterförmigen Elektroden vorhanden ist, dass somit eine bedeutende Stromaufnahme-Fähigkeit im Verhältniss zum Gewicht der Accumulatorplatten besteht. Diese Stromaufnahme-Fähigkeit soll eine so grosse sein, dass selbst bei Ladungen mit 200 Ampères pro Zelle eine bemerkbare Gasblasenbildung erst am Schlusse der Ladung auftritt, infolgedessen die bei anderen Accumulatoren so störenden Schwefelsäuredünste fast gänzlich vermieden sind (?).

Aus der Abwesenheit der Gasblasenbildung wollen Elektriker den Vorthiel herleiten, dass man die Accumulatoren-Batterie, wenn nöthig, in kürzerer Zeit mittelst stärkerer Ströme ohne Schaden laden kann.

Statt der Gefässe aus Holz oder Glas verwendet Hagen auch solche aus Hartblei, welche an den den Stirnseiten der Elektroden entsprechenden Wänden zwei Platten aus asphaltähnlichem Material enthalten. Die Platten sind mit Nuthen versehen, die zur Aufnahme der Elektroden dienen, und zwar werden diese von oben in die Nuthen hineingeschoben. Damit die Elektroden nicht ganz auf den Boden des Gefässes hinabreichen, bleiben die Nuthen 4 bis 6 Cm. über dem Boden. Es soll dadurch die Möglichkeit, dass durch Abfallen von activer Masse aus den positiven Elektroden Kurzschluss entstehen könnte, vollständig ausgeschlossen sein.

Der vorbeschriebene Accumulator hat ebenfalls wie derjenige von Correns, schon recht erfreulichen

Fortgang aufzuweisen. Allerdings kann mit Rücksicht darauf, dass dieser Hagen'sche Accumulator erst seit zwei Jahren im Gebrauche ist, ein endgiltiges Urtheil über seine praktische Brauchbarkeit zwar noch nicht abgegeben werden, iedessen lässt sich auch von ihm erwarten, dass er den gestellten Anforderungen genügen werde.

4. Der Accumulator der Maschinenfabrik Oerlikon.

Die Elektrode für den Oerlikon-Accmulator besteht nach der E. E. 1891, S. 689, aus sehr leichtem Gitterwerk, in welches die active Masse eingedrückt ist. Die gitterförmigen Platten sind in bestimmten Abständen an kräftige Bleileisten gelöthet, wie Fig. 41 und 42 erkennen lassen.

Die positiven Elektroden erhalten den Ableitungstreifen oben (Fig. 41), die negativen den Ableitungstreifen unten, welcher alsdann in Form eines einzigen kräftigen Bleistreifens in die Höhe führt.

Der Oerlikon-Accumulator unterscheidet sich von den anderen Accumulatoren nun hauptsächlich darin dass die Erregungs-Flüssigkeit aus gelatinöser Flüssigkeit besteht, wie solche von Zierfuss und Dr. Schoop angegeben wurde.

Diese Anordnung hat den Zweck, einerseits die (entsprechend gross gewählten) Zellen gefüllt und geladen versenden zu können, andererseits zu verhindern, dass etwa sich ablösende Theilchen der Füllmasse einen Kurzschluss zwischen den Elektroden

bilden, und dass bei einem etwaigen Bruche des Gefäßes die Säure alles überschwemmt, in welchem Falle der Strom sofort aufhört. Die Bewegung der Säure und das Entweichen von Gasblasen wird durch das gelatinöse Elektrolyt nicht behindert.

Es wird in der »Zeitschrift für Elektrotechnik« 1889, S. 451, diesem Oerlikon-Accumulator nachgerühmt,

Fig. 41.

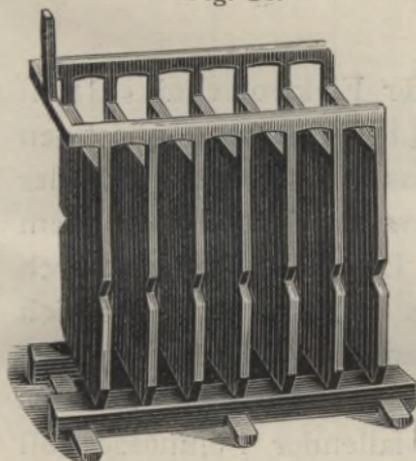
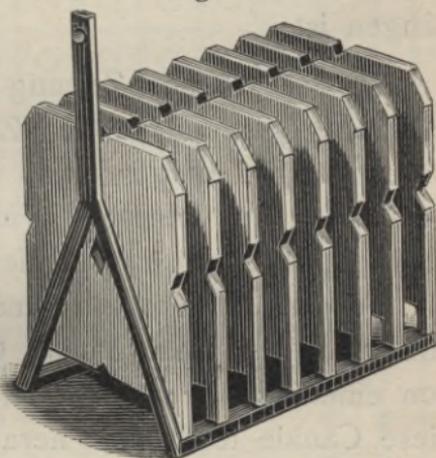


Fig. 42.



dass das Herausfallen der activen Masse, was bei den in gewöhnlicher Weise angesetzten Accumulator-Batterien selbst bei sehr sachkundiger Behandlung und bei schwacher Belastung kaum später als in drei Jahren geschieht, durch die gelatinöse Erregermasse ganz wesentlich hinausgeschoben werde.

Die Oerlikon-Werke verwenden daher nur noch Batterien mit Erreger-Flüssigkeit für geringe Beanspruchung, während für starke Belastung und grosse Haltbarkeit die mit Gelatine gefüllten Elemente empfohlen werden.

Eine Einbusse an Capacität sollen die Gelatine-Zellen, auf das Gewicht bezogen, gegenüber den anderen Zellen nicht aufweisen.

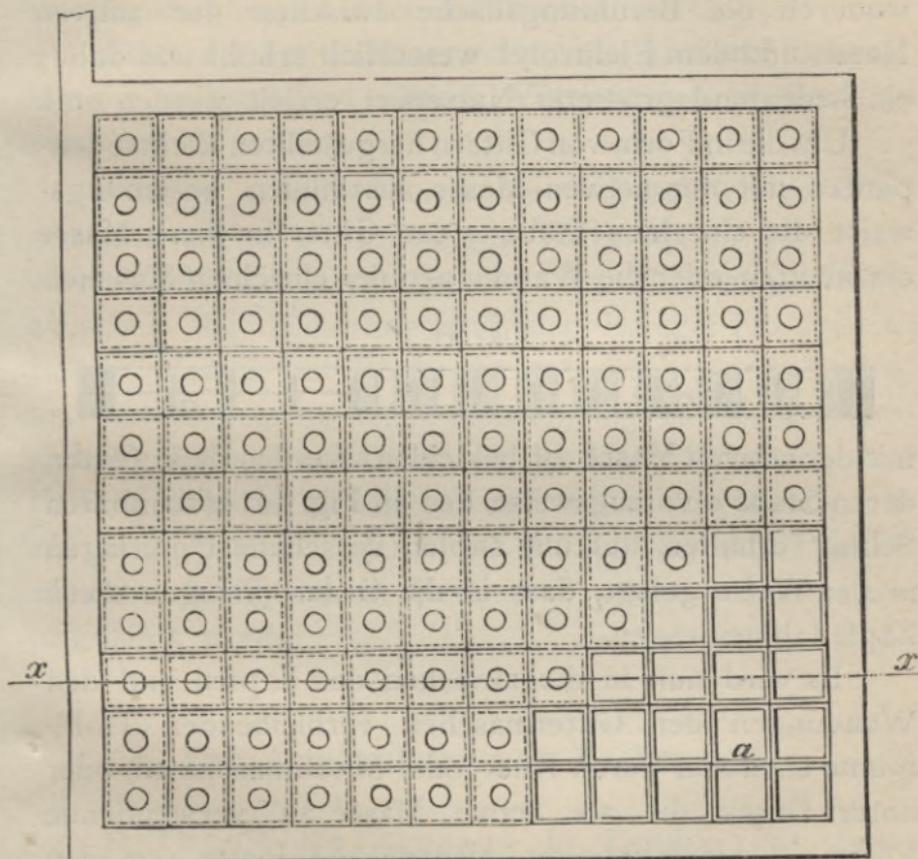
Die Unterhaltung der Gelatine-Zellen ist einfach. Vor Beginn der Ladung hat man u. a. dafür zu sorgen, dass etwas Flüssigkeit oben schwimmt, welche durch Aufgiessen von gewöhnlichem Wasser ersetzt wird, soferne dieselbe infolge Verdunstung verloren gegangen ist.

In der »Export-Zeitung für Elektrotechnik« 1891, wird, entgegen den von der »Z.f.E.« gegebenen, günstigen Daten darauf hingewiesen, dass, abgesehen von der Erhöhung des inneren Widerstandes und von dem schwierigen Ausgleich in der Dichte der Säure durch die Gelatine es vorgekommen sein soll, dass die sich entwickelnden Gase kleine Canäle durch die Gelatine von einer Platte zur andern gemacht haben. Da sich diese Canäle leicht mit herausfallender Füllmasse vollsetzen können, letztere aber nicht mehr auf den Boden des Gefässes sinken kann, so ist Kurzschluss möglich welcher sehr schwierig, wenn überhaupt zu beseitigen ist. Es wird ferner von dritter Seite noch behauptet, dass man im Allgemeinen zu der Ueberzeugung gekommen sei, dass der Nutzeffect des Accumulators mit gelatinösem Elektrolyt wesentlich geringer ist als bei den mit flüssigem Elektrolyt angesetzten Accumulatoren und nur 40% beträgt.

5. Der Accumulator von Huber.

Die vom Ingenieur J. L. Huber in Hamburg construirte Accumulator-Elektrode unterscheidet sich von

Fig 43.



den bisherigen gitterförmigen Elektroden dadurch, dass die in die Maschen des Gitters eingepresste active Masse nochmals durchlöchert wird (Fig. 43 in Ansicht, Fig. 44 im Schnitt), so dass die fertige Elektrodenplatte wie ein Sieb aussieht.

Es ist hierbei zu erwähnen, dass Huber die frühere Anordnung, die Durchbrechungen, beziehungsweise die Löcher in dem gitterförmig hergestellten Rahmen von Blei anzubringen, durch die eben erwähnte Anordnung der Durchbrechung der activen Masse ersetzt hat wodurch die Berührungsfläche zwischen der activen Masse und dem Elektrolyt wesentlich erhöht und daher ein bedeutend grösserer Nutzeffect erzielt werden soll.

Um die in Form von Gittern hergestellten Elektrodenplatten mit der activen Masse auszufüllen, beziehungsweise die einzelnen Stäbe *a* der Gitter in diese Masse einzubetten oder die Wandungen der einzelnen Maschen

Fig. 44.



mit der activen Masse zu bekleiden, werden diese Gitter, deren Stäbe *a* vorzugsweise, den in Fig. 44 erkennbaren Schnitt erhalten, auf mit Zapfen versehene Unterlagen in der Weise gelegt, dass in die Gitteröffnungen diese Zapfen hineinragen.

Es wird nun in die zwischen den Zapfen und den Wandungen der Gittermaschen verbleibenden Hohlräume entweder durch Knet- oder Mischmaschinen, oder unter Druck die als active Masse zu verwendende Füllung *b* hineingepresst, alsdann die Platte von den Zapfen abgehoben, beziehungsweise diese aus den Maschen herausgezogen, wodurch eben die beabsichtigten Oeffnungen *c* hergestellt werden, durch deren Wandungen die mit dem Elektrolyt in Berührung kommende Oberfläche der Elektrodenplatte entsprechend vergrößert wird, wie oben erwähnt.

Die vorbeschriebenen Oeffnungen c in der activen Masse der Platten können auch in der Weise hergestellt werden, dass man die Hohlräume der Gitter zuerst vollständig, beziehungsweise nahezu vollständig mit der activen Masse ausfüllt und dann die Löcher c durchdrückt, durchstösst oder durchbohrt.

Statt die active Masse vollständig zu durchlöchern, können selbstredend einfach Vertiefungen in dieselbe eingedrückt werden.

Huber erreicht durch die vorbeschriebene Construction seiner gitterförmigen Elektrode in der That eine erhebliche Vergrösserung der Berührungsfläche zwischen der Elektrode und der Erreger-Flüssigkeit. Sollte indessen mit Rücksicht auf die bei dem Laden und Entladen entstehende Ausdehnung und Zusammenziehung der activen Masse mit der Durchlöcherung der Füllung nicht der Uebelstand verbunden sein, dass nach kurzer Zeit eine sogenannte Ausspülung der Löcher entsteht, infolgedessen Verlust an activer Masse herbeigeführt werde?

6. Der Accumulator von Reckenzaun.

Anthony Reckenzaun in London hat zwei Arten von Accumulatoren-Elektroden construiert, von denen die erstere längere Zeit zu Strassenbahnzwecken vielfach Verwendung gefunden hat, gegenwärtig jedoch durch andere Arten ersetzt worden ist. Die letztere Art ist noch im Versuchsstadium, Reckenzaun hält die letztconstruirte Elektrode indessen für sehr geeignet,

weil die active Masse sehr schnell auf den Platten erzeugt wird.

Der erste Accumulator des genannten Erfinders datirt vom Jahre 1885, bzw. 1886. Die Elektrodenplatte wird in der Weise hergestellt, dass dünne ausgewalzte Bleistreifen in zwei oder mehreren Lagen auf einander gelegt und an drei Seiten aufgebogen werden, um einen Behälter für die Aufnahme der activen Masse abzugeben. Die aufgebogenen Kanten werden nach der Füllung umbördelt.

Jeder Elektrodenstreifen enthält zwei solcher mit activer Masse gefüllter Bleistreifen, welche mit ihrer Füllschichte aufeinandergelegt sind derartig, dass die umbördelten metallischen Bleikanten sich berühren, wie Fig. 45 zeigt. Die feste Verbindung wird dadurch gesichert, dass die so zusammengelegten Streifen durch eine Walzenstrasse getrieben und alsdann noch Gummiringe um das Ganze gelegt werden (Fig. 47 in perspectivischer Ansicht).

Um der Erreger-Flüssigkeit und den Gasen zu der activen Masse Zutritt zu verschaffen, werden, wie aus Fig. 45 hervorgeht, die in vorbeschriebener Weise hergestellten Streifen an zahlreichen Stellen durchlocht, was nicht unwesentlich zur Erhöhung des metallischen Contactes (vgl. Huber S. 91) und somit der Wirksamkeit des Accumulators beiträgt.

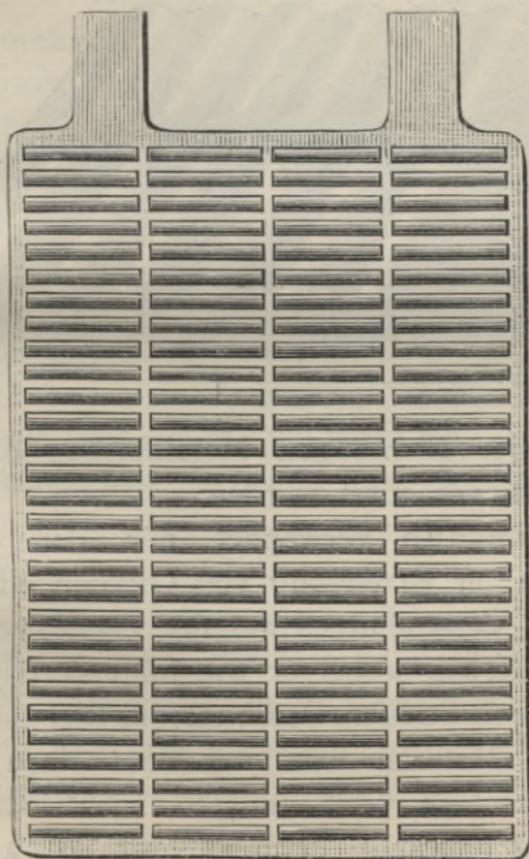
Die Elektrodenplatten werden zweckmässig in langen, schmalen Streifen hergestellt, um ein Werfen zu verhindern. Die erforderliche Grösse der Platte wird dadurch erhalten, dass mehrere solcher schmalen Streifen auf einer gemeinsamen Platte durch Löthung

oder in einer anderen, geeigneten Weise befestigt werden.

Fig. 45.



Fig. 46.

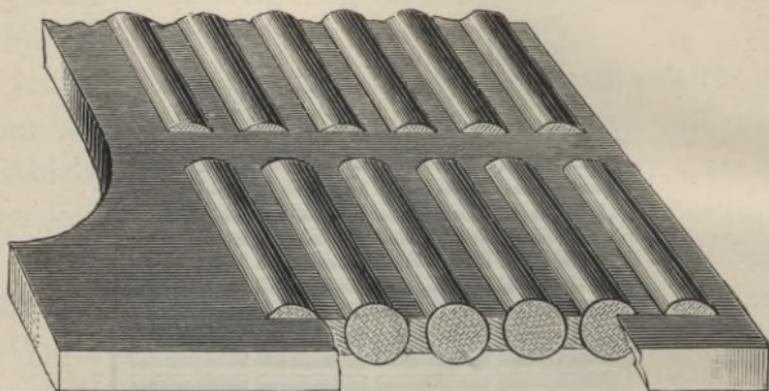


Figur 46 zeigt diese Anordnung in der Vorderansicht, und zwar sind vier Reihen zu je 29 Streifen

auf der gemeinsamen Platte, welche als Zuführungsplatte dient, angebracht.

Während nun die eben beschriebene Elektrode zu den gitterförmigen gehört, bildet die im Nachstehenden beschriebene eine massive Bleiplatte. Die Construction stammt aus dem Jahre 1890 und beruht darauf, dass unter der Einwirkung der elektrischen

Fig. 47.



Funken oder Lichtbogen Metallflächen oxydirt und physikalisch verändert werden.

Reckenzaun verwendet nun den elektrischen Lichtbogen zur Erzeugung von Oxyden oder anderen wirksamen Verbindungen auf der Platte von Accumulatoren-Batterien, wobei er wie folgt verfährt:*)

Ein Blech, Streifen, Band etc. aus Blei oder anderem geeigneten Material wird mit dem einen Pol einer Dynamomaschine oder anderen Elektrizitätsquelle in Verbindung gebracht, deren anderer Pol an einen geeigneten Leiter angeschlossen ist. Zwischen den bei-

*) D. R. P. 57.085.

den Polen werden Funken oder Lichtbogen erzeugt. Gleichzeitig wird entweder der Bleikörper etc. unter dem Leiterende, oder letzteres über dem Bleikörper, oder es werden beide gegen einander beweglich angeordnet, um die Einwirkung des Funkens oder Lichtbogens auf die ganze Platte oder auf nur einen Theil derselben zu ermöglichen. In dem einen Falle wird zur Erzeugung elektrischer Funken der Stromkreis zwischen der behandelnden Platte und dem Leiterende mehr oder weniger schnell unterbrochen und geschlossen, während im anderen Falle ein elektrischer Lichtbogen zwischen beiden Körpern erzeugt wird, der aufrecht erhalten bleibt, während der eine oder andere Körper bewegt wird.

Die durch den Lichtbogen erzielte Wirkung ist in Folge der höheren Temperatur energischer als bei elektrischen Funken. Die Endwirkung hängt von der Art des Leiters zur Bildung des Funkens oder Lichtbogens, sowie von dem umgebenden Medium ab. Atmosphärische Luft erzeugt gute Resultate. Die Wirkung wird jedoch durch im Ueberschuss von vorhandenem Sauerstoff erhöht.

Es ist nach vorliegender Erfindung nicht nur möglich, ein Oxydiren der Metalle zu bewirken, sondern auch Niederschläge zu erzeugen, die nach dem Material, aus dem die Leiterenden gemacht sind, sowie nach den Eigenschaften von in der Nähe befindlichen und unter dem Einfluss der Funken, bzw. des Lichtbogens stehenden Stoffen verschieden sind.

Dabei hat sich gezeigt, dass die Fläche einer in atmosphärischer Luft mittelst eines Lichtbogens von

gleichgerichtetem Strom behandelten Bleiplatte eine poröse oder Schwammform von brauner oder hellgelber Farbe annimmt, je nachdem die Platte den positiven oder negativen Pol bildete; bei Wechselströmen ist im Gegensatz hierzu eine Wirkung auf die Farbe nicht festzustellen.

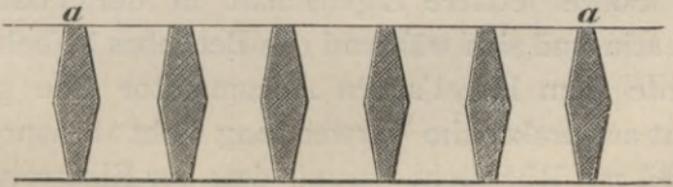
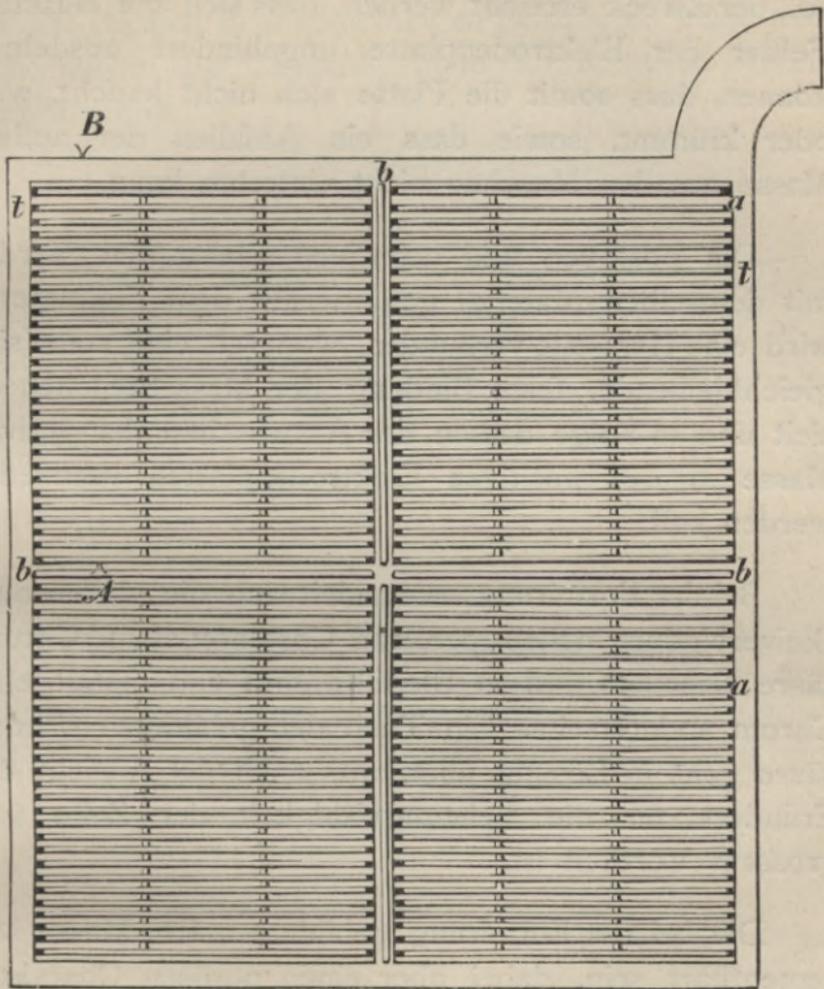
Selbstredend muss der Lichtbogen genügend Kraft besitzen, um die gewünschte Wirkung hervorzurufen.

7. Der Accumulator von Georg Heyl.

Der Accumulator von Georg Heyl in Berlin (in Firma Actiengesellschaft für Chromaccumulatoren) unterscheidet sich von den vorgeführten Accumulatoren mit gitterförmigen Elektroden dadurch, dass einerseits die Gitterform ein rostähnliches Netzwerk bildet, andererseits die active Masse an Stelle der Schwefelsäure mit Chromsäure angerührt wird. Die active Masse besteht somit aus chromsauren Bleiverbindungen, der Elektrolyt ist wie bisher verdünnte Schwefelsäure.

Die Elektroden bestehen aus einem Bleiträger t , (Fig. 48), welcher mehrere mit wagerechten, parallel zu einander gelegten Bleirippen a versehene Felder enthält. Die Rippen a sind nach aussen schwach konisch (Fig 49 im Schnitt) und durch Längsstäbe zu einem rostähnlichen Netzwerk mit rechteckigen Maschen vereinigt, deren wagerechte Seiten erheblich länger sind als die senkrechten.

Fig. 48 u. 49.



Die einzelnen Felder sind je durch eine seitlich angegossene Rippe b von einander getrennt. Dadurch soll der Zweck erreicht werden, dass sich die einzelnen Felder der Elektrodenplatte ungehindert ausdehnen können, dass somit die Platte sich nicht baucht, wirft oder krümmt, sowie dass ein Abfallen der activen Masse aus den Maschen nicht eintreten kann.

Die positiven und negativen Elektroden werden mit demselben Material gefüllt. Mit dem Füllmaterial wird eine Harzseife verbunden, wodurch eine stets sich gleichbleibende, feste Bindung der Massetheilchen erzielt und in Folge dessen das Auswaschen der activen Masse in den positiven Elektrodenplatten vermieden werden soll.

Bei der Formirung verwandelt sich die chromsaure Bleiverbindung in Bleisuperoxyd, Chromoxyd und Chromsäure einerseits und in Bleischwamm und metallisches Chrom andererseits. Ein Theil der gebildeten Chromsäure geht in Lösung über, was nach der Ansicht des Erfinders für die Leistungsfähigkeit der Zelle von grossem Vortheil ist.

Die bei der Formirung gebildete active Masse soll cementhart sein, dabei aber einen porösen Charakter zeigen. Sollte letztere Eigenschaft in der That vorhanden sein und sich während des Betriebes beibehalten, so könnte dem Heyl'schen Accumulator eine grosse Aussicht auf praktische Verwendung nicht abzusprechen sein, weil mit Rücksicht darauf, dass der Elektrolyt die

Gesammtmasse des Füllmaterials durchdringt, eine un-
gemein grosse Menge von activem Material gebildet
werden, die Elektrode eine grosse Lebensdauer zeigen
und bei starken Beanspruchungen Nachtheile nicht aus-
üben, sowie die Capacität nicht unwesentlich erhöht
werden würde.

Die Accumulatoren der Neuzeit.

Im Nachstehenden sollen von den in den letzten Jahren auf dem Gebiete des Accumulatorenwesens bekannt gewordenen Neuerungen und Verbesserungen die wesentlichsten kurz vorgeführt werden. Diese neueren Accumulatoren haben nicht allein zu umfangreichen Versuchen Anlass gegeben, sondern auch bereits versuchsweise Eingang in den praktischen Betrieb gefunden, wenn auch über eine endgiltige Einführung genaue Mittheilungen noch nicht vorliegen. Ausserdem enthalten die Constructionen manches Werthvolle, so dass die Vorführung der wichtigsten dieser neuen Accumulatoren von nicht zu unterschätzendem Interesse sein dürfte.

Die Arbeiten zur Verbesserung der Accumulatoren erstrecken sich nicht allein auf die Construction der Elektroden, sondern auch auf die Zusammensetzung des Elektrolyts und auf die Art der Bekleidung der Platten mit der activen Masse. Ganz wesentlich für die Leistungsfähigkeit der Accumulatoren muss das Bestreben bezeichnet werden, die Leitung des elektrischen Stromes im Innern des Elementes derartig zu gestalten, dass der Strom die active Masse im vollen Umfange durchfliessen muss. Auf diesen Umstand und auf die

daraus sich ergebenden Vortheile — grössere Leistungsfähigkeit und Beseitigung von localen Nebenwirkungen in Folge von Stromtheilung — habe ich schon mehrfach hingewiesen und bemerke ich noch, dass nach meiner Ansicht auch die Lebensdauer der Accumulatoren nicht unerheblich erhöht wird.

1. Der Accumulator von Tommasi.

Donato Tommasi und Charles Cheryc^{*)} construiren die Elektroden aus mit Löchern versehenen Bleiröhren R , welche am unteren Ende mit einer Platte A (Fig. 50) aus nicht leitendem Material abgeschlossen werden. In der Mitte der Platte A ist ein Metallstiel B eingelassen, welcher am oberen Ende mit einem Kopf versehen ist. Dieser Stiel B bildet die Zuleitung für die Elektrode R zu der Abführungsschiene S , welche mit entsprechend weiten Schlitzten versehen ist, die zur Aufnahme der Köpfe der Stiele B dienen (Fig. 51). Der metallische Contact zwischen der Elektrode R und der Schiene S wird somit lediglich durch Einhängen des Stieles B in die Schlitze herbeigeführt, wodurch der Vortheil erreicht wird, dass die Auswechslung der Elektroden in bequemer Weise und selbst während des Betriebes ohne nennenswerthe Störung geschehen kann.

Die Elektrode wird in Wirklichkeit aus dem durchlöcherten Rohr R , dem Stiel B und der activen Masse C gebildet, welch' letztere das Rohr ausfüllt derartig,

^{*)} D. R. P. 56413, Lum. El. 1890, S. 437 u. 1892, S. 183 u. 234.

dass der Stiel *B* in der Mitte sich befindet. Die active Masse besteht für die positiven Elektroden aus einem Bleioxyd, welches zweckmässig mit verdünnter Schwefel- und Phosphorsäure zu einem Teig angerührt wird. Für die negativen Elektroden wird Schwammblei genommen,

Fig. 50.

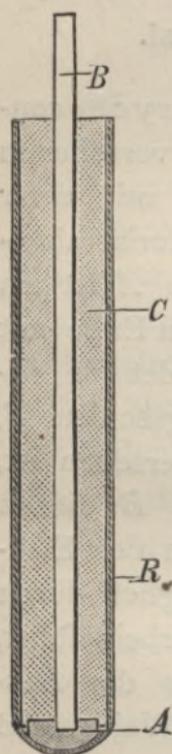
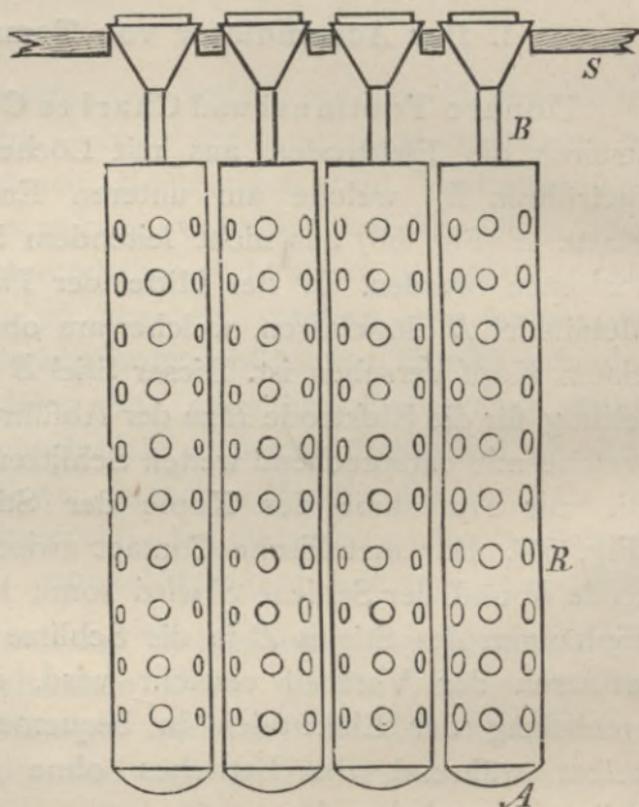


Fig. 51.

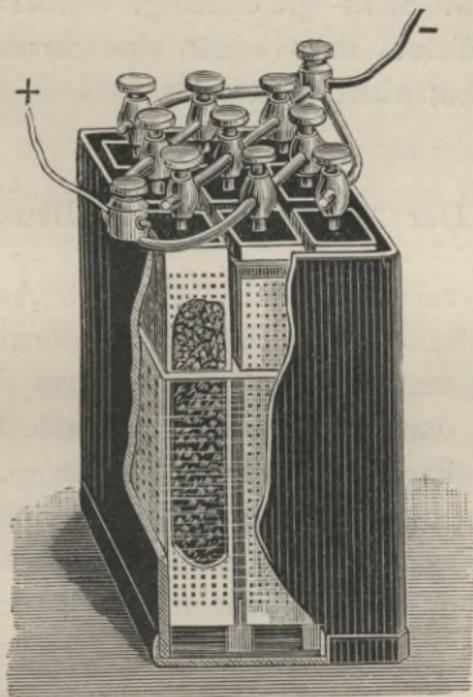


beziehungsweise Bleiglätte. Die etwaige Berührung zweier Elektroden unter einander wird durch isolirende durchlöchernte Scheidewände verhindert.

Die Röhrenform ist in neuester Zeit von Tommasi durch Röhren von rechteckiger oder quadratischer

Form ersetzt worden. Die Wandungen dieser Röhren sind ebenfalls vielfach durchlocht. Diese rechteckige Form hat vor der runden Form den Vortheil, dass erheblich an Raum gespart wird. Figur 52 zeigt eine Zelle mit neun quadratischen Elektroden.

Fig. 52.



Die Menge activen Materials, welches die vielrohri- gen Elektroden aufzunehmen vermögen, ist ganz erheblich und wird in Lum. Elect. 1891, S. 234 auf 67 Procent angegeben, so dass das Gewicht des activen Materials zum Gewichte des Bleies sich ungefähr wie 2:1 verhält.

Dem Accumulator von Tommasi werden ganz besondere Vorzüge nachgerühmt. Ob diese in der That vorhanden sind, muss abgewartet werden, da bis jetzt ausser den Angaben im Lum. El. weitere Mittheilungen fehlen. Indessen möchte ich schon hier darauf hinweisen, dass im Gegensatze zu andern Accumulatoren der Strom im Innern der Zelle den Bleikörper und das active Material nicht gleichzeitig, sondern hinter einander durchfließt, dass somit eine Stromtheilung im Elemente selbst nicht stattfindet.

2. Der Accumulator von Brush.

Brush*) verwendet zu Elektroden in Accumulatoren rostförmige, beziehungsweise rahmenförmige Bleirahmen, welche zunächst auf chemischem Wege blank geputzt und dann mit schwammigem Blei bedeckt werden. Dies kann auf zweierlei Weise geschehen. Es wird die chemisch rein geputzte Bleiplatte in eine Lösung von essigsauerm, salpetersauerm oder auch schwefelsauerm Blei gebracht und in diese Lösung eine Zinkplatte, welche mit der Bleiplatte verbunden ist, eingebracht, wodurch Bleischwamm niedergeschlagen wird, wobei auf einen sehr langsamen Process zu achten ist, damit der Bleischwamm fest an der Platte haften bleibt.

Es kann ferner in der Weise geschehen, dass die Vertiefungen der rahmenförmigen Bleiplatte an der einen Seite mit einem Pulver oder Brei von Bleisulfat

*) E. Z. 1891, S. 131.

ausgefüllt werden und dass alsdann die Platte mit der bekleideten Seite nach oben horizontal in ein Gefäß gelegt wird, welches mit einer gewöhnlichen Kochsalz- oder Ammoniaklösung oder einer anderen, Bleisulfat löslichen Salzlösung gefüllt ist. In der Lösung befindet sich eine Zinkplatte, welche mit der Bleiplatte verbunden wird. In diesem so gebildeten Element wird durch den elektrischen Strom das Bleisulfat zu schwammigem Blei reducirt, während ein Aequivalent Zink in die Lösung eingeht und zu Zinksulfat umgewandelt wird.

Ist auf diese Weise die eine Seite der Platte mit einer genügenden Menge schwammigen Bleies bedeckt, wird die andere Seite in derselben Weise behandelt, wobei nach beendeter Behandlung etwa niedergeschlagenes Zinksulfat durch Abwaschen entfernt wird.

Werden nun diese mit schwammigem Blei bedeckten Bleiplatten zu einem Element vereinigt und geladen, so wird auf den die positive Elektrode bildenden Platten das schwammige Blei leicht und schnell peroxydirt, während dasselbe auf den die negative Elektrode bildenden Platten eine sehr beträchtliche Menge Wasserstoffgas aufsaugt. Es hat sich indessen gezeigt, dass die negative Elektrode von geringer Dauerhaftigkeit ist. Brush begegnet diesem Uebelstand dadurch, dass er alle Platten zuerst als positive Elektroden verwendet und dann in denjenigen Platten, welche die negative Elektrode bilden sollen, das Superoxyd wieder reducirt. Der Elektrolyt ist verdünnte Schwefelsäure.

Hoppe bemerkt zu diesem Accumulator, dass über die Brauchbarkeit desselben viel Gutes gesagt

werde. So soll der Arbeitsverlust nur 15 bis 20 Procent betragen, die Capacität eine sehr grosse sein.

3. Der Accumulator von Kennedy & Groswith.

Kennedy & Groswith*) haben eine Elektrode construiert, welche in ähnlicher Weise wie die Platte von Reckenzaun, zwischen durchlöcherten Platten von Blei oder anderem geeigneten Material die active Masse enthält. Es besteht somit jede Elektrode aus zwei Platten mit zwischenliegender activer Masse.

Die beiden einander gleichen Platten *A* und *B* der Elektrode (Fig. 53, Schnitt durch die Batterie), haben auf der Aussenseite Vorsprünge *D*, auf der Innenseite einen vorstehenden Rand *E* (Fig. 54, die Innenseite der Platte), Behufs Bildung einer Kammer für die Aufnahme der wirksamen Masse *C* werden die Platten *A* und *B* mit den Rändern *E*, zwischen welchen vorher z. B. Bleiglätte in Form von Pulver oder Teig eingebracht ist, auf einander gelegt, so dass das Füllmaterial beider Platten *A* und *B* sich miteinander vereinigt und eine gleichförmige, zusammenhängende Masse bildet.

Jede Platte ist mit Oeffnungen *I* versehen, deren Bohrung derartig ausgeführt ist, dass ein nach innen vorspringender Rand *J* entsteht zum Zwecke, das Herausfallen der Füllmasse aus den Löchern zu verhindern.

Die einzelnen Elektroden werden neben einander gestellt unter Einfügung von Isolirunterlagen *M*. Um

*) D. R. P. 58280.

Fig. 53.

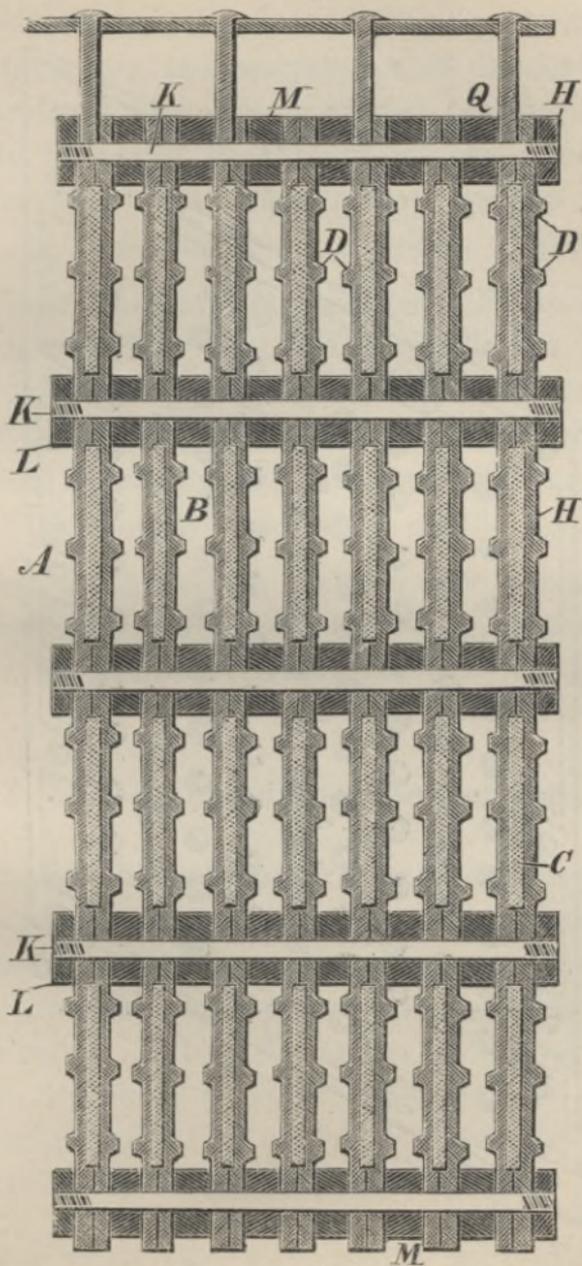
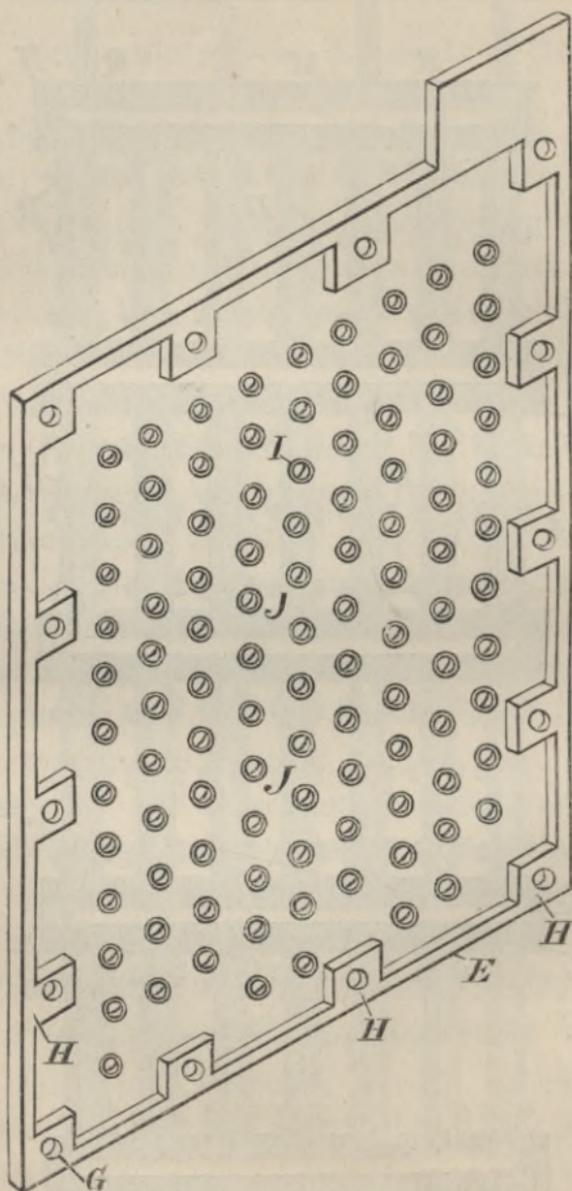


Fig. 54.



ein festes Ganzes zu erhalten, werden die Elektroden durch die mit den Löchern G versehenen Vorsprünge H verstärkt. Durch die Löcher H führen die Stangen K , welche durch die Isolirunterlagen M hindurch gehen und an beiden Enden mit Gewinden versehen sind, auf welche die Muttern L geschraubt werden, wodurch die Elektroden fest zusammengepresst werden und der Batterie die erforderliche Festigkeit gegeben wird.

Soll jede Elektrode nur aus einer Platte bestehen, so werden zwischen die einzelnen Platten A und B Scheiben aus Hartgummi geschoben, wodurch zwei Kammern gebildet werden, von welchen diejenige für die positive Elektrode mit Mennige, diejenige für die negative Elektrode mit Bleiglätte gefüllt wird.

Diesem Accumulator, welcher eine grosse Menge activen Materials umschliesst, ist fast ganz ähnlich derjenige von Johnson & Holdrege.

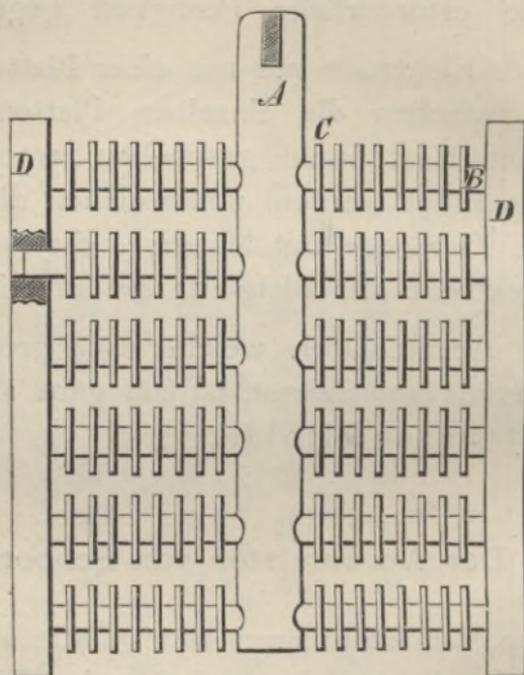
4. Der Accumulator von Schoop.

Schoop, *) bekannt durch seine gelatinösen Elektrolyte, construirt die positive und negative Elektrode in etwas abweichender Weise. Figur 55 zeigt eine positive Platte, welche aus einem kräftigen, senkrecht angeordneten Bleibalken A besteht. Dieser Balken A hat seitliche, mit Scheiben C versehene Arme B aus Blei, welch' letztere von zwei aus nicht leitendem Material bestehenden Trägern D gehalten werden.

*) West. Elektr. 1890, E. Z. 1890, S. 611.

Die in Figur 56 dargestellte, negative Platte besteht aus wagerechten Bleibalken *B*, welche die Bleischeiben *C* tragen und in Trägern *E* von leitendem Material ruhen. Während nun bei den positiven Platten der Balken *A* gleichzeitig als Abführung dient und mit

Fig. 55.



der Zuleitungsschiene *Z* verbunden ist, werden bei den negativen Elektroden die seitlichen Träger *E* an den Fussenden mit einer Ableitungsschiene *s* versehen, welche mit einem nach oben führenden, leitenden Stabe *t* verbunden ist, wie aus Figur 57 ersichtlich ist.

Um nun diese Platten schnell zu formiren, werden dieselben ohne Anwendung von activem Material

elektrochemisch in Platten mit schwammiger Oberfläche verwandelt. Dies geschieht in der Weise, dass in ein

Fig. 56.

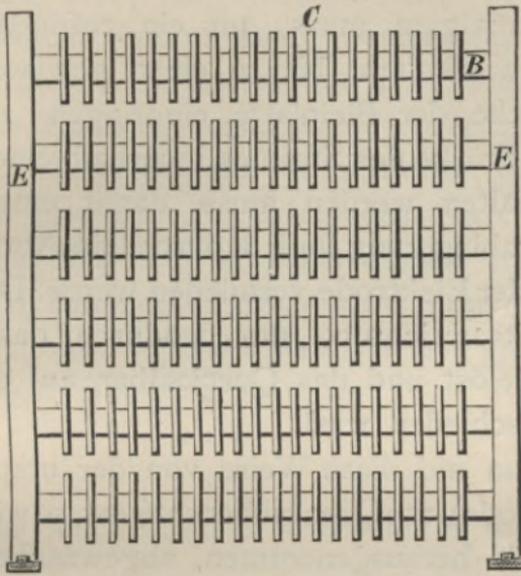
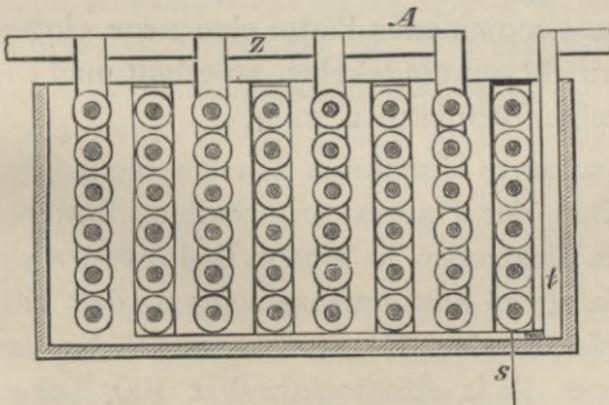


Fig. 57.



mit einer fünfprocentigen Quecksilbersulfat-Lösung gefülltes Gefäß zwei Elektroden gestellt werden. Leitet

man nun Strom in die so gebildete Zelle, so überzieht sich die negative Elektrode, die Kathode, mit einem Amalgam aus Quecksilber und Blei, während die Anode anscheinend unverändert bleibt.

Das Amalgam muss, um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erhalten, bis zu einer gewissen Tiefe in die Oberfläche der Bleiplatte eindringen, zu welchem Zwecke die Stärke des Stromes innerhalb einer gewissen Grenze gehalten werden muss, damit eine zu starke Quecksilberablagerung und dadurch ein Abtropfen desselben von der Elektrode vermieden werde. Darauf kehrt man die Stromrichtung um, wodurch das Amalgam wieder aufgelöst und das Quecksilber auf der unteren Platte abgeschieden wird.

Hat man auf diese Weise von der ursprünglichen Platte (Kathode) das Quecksilber entfernt, so wird dieselbe aus der Zelle herausgenommen, abgewaschen und mit Wasser abgespült; sie ist alsdann schwammig geworden und für das gewöhnliche Laden fertig. Wird an Stelle der herausgenommenen Platte eine neue eingesetzt und die Stromrichtung umgekehrt, so erhält man eine zweite schwammige Bleiplatte u. s. w.

Ein anderes Verfahren, schwammiges Blei auf den Oberflächen der Platten zu erhalten, besteht darin,*) dass die Elektroden in einem Bade von elektronegativen Halogen-Zusammensetzungen der Elektrolyse unterworfen werden. Es werden zwei Bäder verwendet, z. B. erstes Bad: Ammoniaksulfat 100, Schwefelsäure zu 50 Procent 140, Chlorkali 7, Wasser 2000 Theile;

*) Lum. Electr. 1890.

zweites Bad: 0·75 Chlorkali, Wasser 100, Doppelschwefelsaures Natron 5 Theile.

Die für die Behandlung erforderliche Stromstärke soll bei einer Temperatur von 30 Grad etwa $\frac{1}{6}$ Amp. betragen. Nach Verlauf einer bestimmten Zeit, etwa 36—100 Stunden, bildet sich auf der Anode Bleioxyd, während die Kathode anscheinend unverändert bleibt, da sich auf derselben nur Wasserstoff niederschlägt. Kehrt man nun die Richtung des Stromes um, so bildet sich auf der ursprünglichen Anode schwammiges Blei. Die so behandelte Platte wird nun der gewöhnlichen Waschung unterworfen und ist dann für das Laden fertig.

5. Der Accumulator von Clas & Weyde.

Eine eigenartige Construction finden wir in dem Accumulator von Clas & Weyde,*) von welchem eine Zelle in Figur 58 dargestellt ist. Wie ersichtlich, sind die einzelnen Elektrodenplatten senkrecht zu einander gelagert und zwar sind die positiven Elektroden senkrecht und die negativen wagerecht angeordnet. Die Verbindung der einzelnen Elektroden zu einem Element wird in der Weise herbeigeführt, dass jede Elektrode mit einem hervorragenden Metallstab versehen ist, welcher seitwärts gebogen ist und aus dem Zellengefäss seitlich hervorsteht. Die herausragenden Enden der Stäbe der zugehörigen Elektroden werden nun, wie

*) E. Z. 1890, S. 275; Revue Internat. 1890, S. 344.

Fig. 58.

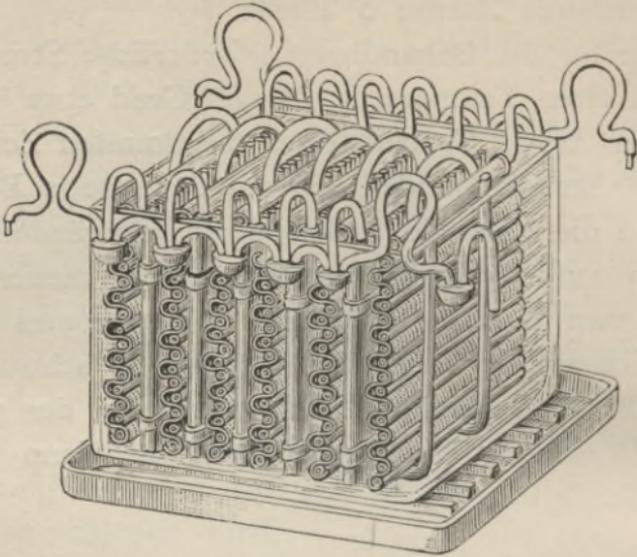
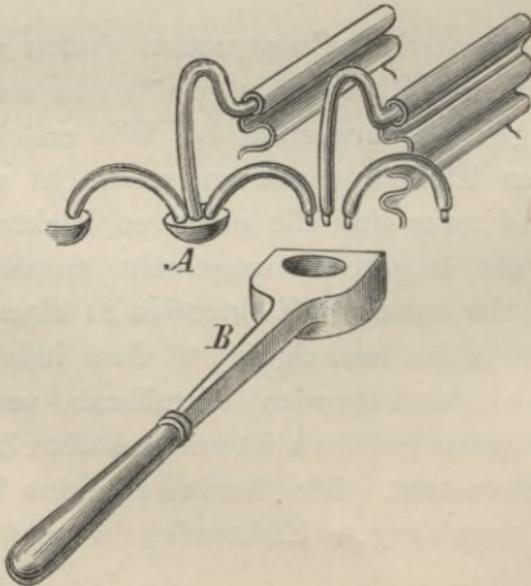


Fig. 59.



Figur 59 zeigt, in einem besonderen Löthlöffel *B* fest verlöthet.

Diese Art der Verbindung der einzelnen Elektroden unter einander gestattet in bequemer Weise die Ausschaltung einer einzelnen Elektrode und deren Ersatz, da es nur nothwendig ist, dass der Löthlöffel *B* an die Löthstelle gehalten und wieder glühend gemacht wird. Sobald nun das Blei *A* weich geworden ist, wird der Stab herausgezogen und es kann alsdann die einzelne Elektrode aus der Zelle herausgenommen und durch eine neue ersetzt werden.

Die Elektrode besteht nun nicht aus Blei, sondern aus activem Material, welches unter hydraulischem Druck in dickwandige, mit Löchern versehene Hohl-cylinder gepresst wird. Diese Cylinder werden unter Zwischenlegung von Metallscheiben in zwei Metallfassungen geklemmt und fest aneinander gepresst. Die beiden äusseren Cylinder sind aus festem Metall, um dieser so gebildeten Elektrode die erforderliche Steifheit zu geben. Die positiven und negativen Elemente werden gleichmässig hergestellt, indessen die letzteren mit mehreren Durchbohrungen versehen als die ersteren.

6. Der Accumulator von James.

James construirt die positiven Elektroden *) aus Blei und einem Zusatz von 1 Procent Cadmium und die negativen Elektroden aus Blei und einem Zusatz von 2 Procent Antimon. Die Elektrodenplatten sind

*) L. Elektr. 1891, S. 205.

mit runden Löchern versehen, welche derartig hergestellt werden, dass die active Masse nicht herausfallen kann.

Die positiven Platten werden mit einem Brei aus Mennige, Bleiglätte, Asbest und Kohlenpulver, mit verdünnter Schwefelsäure angerührt, die negativen Platten mit einem Brei aus Bleiglätte, Schwefel, Asbest und Kohle gefüllt.

James soll eine Anordnung getroffen haben, nach welcher die active Masse sich nicht desagregiren kann, selbst nicht unter der Wirkung eines viermal stärkeren Stromes, als derjenige, welcher für das Laden erforderlich ist.

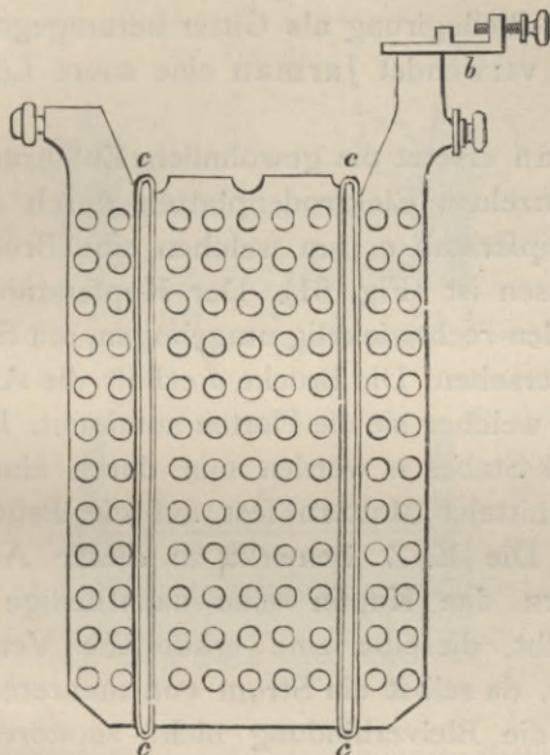
Die Figur 60 stellt eine Elektrode in Vorderansicht dar. *b* ist die Contactschraube aus Bronze, welche zur Vermeidung von Oxydirungen an den Contactstellen und dadurch von nachtheiligen Widerstandsänderungen mit einer besonderen Masse bedeckt ist. Die einzelnen Platten werden durch die Stäbe *c* von nicht leitendem Material von einander getrennt gehalten.

Seit Kurzem verwendet James Gitter aus Aluminium, was im Gefolge haben soll, dass das Wachsen der Platten verhindert und dass das Gewicht einer Zelle um das Fünffache leichter wird.

Ueber Versuche, an Stelle des Bleies Gitter, beziehungsweise Platten aus Aluminium als Träger für die active Masse zu verwenden, ist schon mehrfach in den Fachzeitungen berichtet worden; indessen sind die Erfolge anscheinend nicht ermuthigend gewesen, da bis jetzt über Aluminium-Accumulatoren nichts Positives bekannt geworden ist. Sollte in der That James mit seinen Aluminiumträgern für die active Masse Erfolg

haben, so wäre die Verbesserung für die industrielle Verwerthung der Accumulatoren nicht zu unterschätzen, z. B. für fliegende Beleuchtung und Kraftübertragung.

Fig. 60.



7. Der Accumulator von Jarman.

Der Accumulator von Jarman*) hat eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Accumulator von Schöller & Jahr, indem wie bei diesem aus der activen Masse, welche aus einer Mischung von unterschwefligsaurem

*) E. Z. 1890, S. 574.

Blei, essigsauerm Blei und einer geringen Menge von Bleiglätte gebildet und in Blöcke gegossen wird, durch eine Säge quadratförmige Stücke aufgeschnitten werden. Diese Stücke werden in Reihen angeordnet und es wird um dieselben als Träger der activen Masse eine Aluminium-Bleilegirung als Gitter herumgegossen. Als Elektrolyt verwendet Jarman eine saure Lösung von Alaun.

Jarman ersetzt die gewöhnliche Zuführungsleiste*) für die einzelnen Elektrodenplatten durch einen verzinnnten Kupferstab a , um welchen eine Brücke d aus Blei gegossen ist (Fig. 61). Der Kupferstab a ist an beiden Enden rechtwinkelig umgebogen, mit Schraubengewinde versehen. Die Brücke d erhält die Ausschnitte p , mittelst welcher sie die Platten aufnimmt. Die beiden Enden des Stabes a werden nun durch eine Kupferstange c mittelst Muttern fest auf die Brücke d geschraubt. Die E. Z. bemerkt zu dieser Anordnung dass, sofern das Kupfer eine nachtheilige Wirkung nicht ausübt, dieselbe eine erhebliche Verbesserung sein dürfte, da selbst ein Strom von mehreren hundert Ampères die Bleiverbindung nicht zerstören könnte, wie dies gegenwärtig nicht selten der Fall ist.

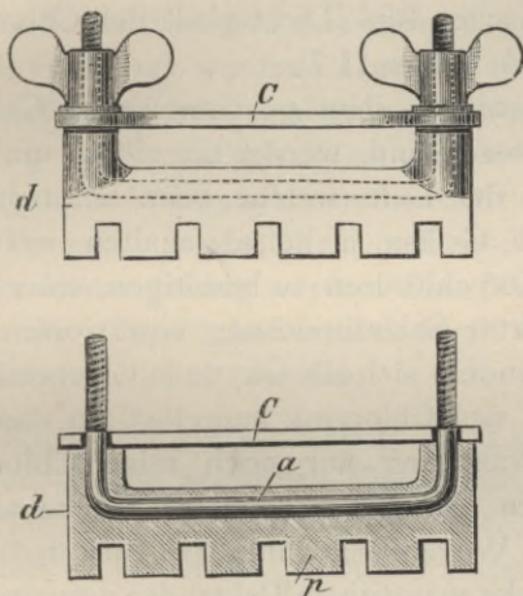
8. Der Accumulator der Société Anonyme.

Die Société Anonyme pour le travail électrique des métaux in Paris stellt die Elektrodenplatten in der Weise her, dass aus geschmolzenem Chlorblei besonders

*) Lum. Electr. Bd. 38, S. 227.

geformte Stücke (Pastillen) gegossen werden, welche in actives Material verwandelt und alsdann in bekannter Weise durch Umgießen mit antimonhaltigem Blei in Form eines Gitterrahmens zu Platten vereinigt werden, wie bereits mehrfach erwähnt.

Fig. 61.



Das Verfahren*) zur Herstellung dieser Stücke von activem Material besteht darin, dass Chlorblei in glühendem Zustande in die für die Stücke bestimmte Form gegossen wird. Dabei wird das Chlorblei, um ein Mitfortreissen desselben zu verhindern, in einem geschlossenen Gefäss geschmolzen. Damit die zu formenden Stücke weniger zerbrechlich werden, setzt man dem Chlorblei etwas Chlorzink zu.

* D. R. P. 57.053.

Damit das Chlorblei mit den Wandungen des Schmelzgefäßes nicht in Berührung komme, wird vor dem Einbringen des Chlormetalle so viel Blei geschmolzen, dass sich eine hinreichend dicke Schicht geschmolzenen Bleies über dem Boden des Gefäßes befindet. Wenn alsdann das Chlorblei schmilzt, so lagert es sich in Folge seiner geringeren Dichtigkeit auf dem metallischen Blei (Dichtigkeit des Chlorbleies 5·6, diejenige des Bleies 11·7).

Nachdem aus dem geschmolzenen Chlorblei die Stücke gegossen sind, werden dieselben, um die durch den Zutritt der Luft, welche beim Schmelzen in geschlossenem Gefäß nicht abgehalten werden kann, gebildeten Oxychlorüren zu beseitigen, einer Waschung in concentrirter Salzsäurelösung unterworfen. In dieser Säure verwandeln sich alle Oxyde in Chlorverbindungen, ferner wird das Chlorzink aufgelöst, so dass bei fortgesetzter Waschung nur noch reine Chlorbleistücke zurückbleiben. Alsdann werden die Stücke auf elektrochemischem Wege in schwammiges Blei und diejenigen Stücke, welche zu positiven Elektroden verwendet werden sollen, noch in Pastillen von schwammiger Bleiglätte umgewandelt. Letzteres geschieht in der Weise, dass die schwammigen Bleistücke in eine Trockenkammer gebracht und einer Temperatur von 250 bis 300⁰ C. ausgesetzt werden, wobei durch die oxydirende Wirkung der heißen Luft die Umwandlung der Pastillen in solche von schwammiger Bleiglätte stattfindet.

Die Pastillen werden, wie erwähnt, durch Umgiessen mit antimonhaltigem Blei, in Form eines Gitters zu Platten vereinigt.

9. Der Accumulator von Hering.

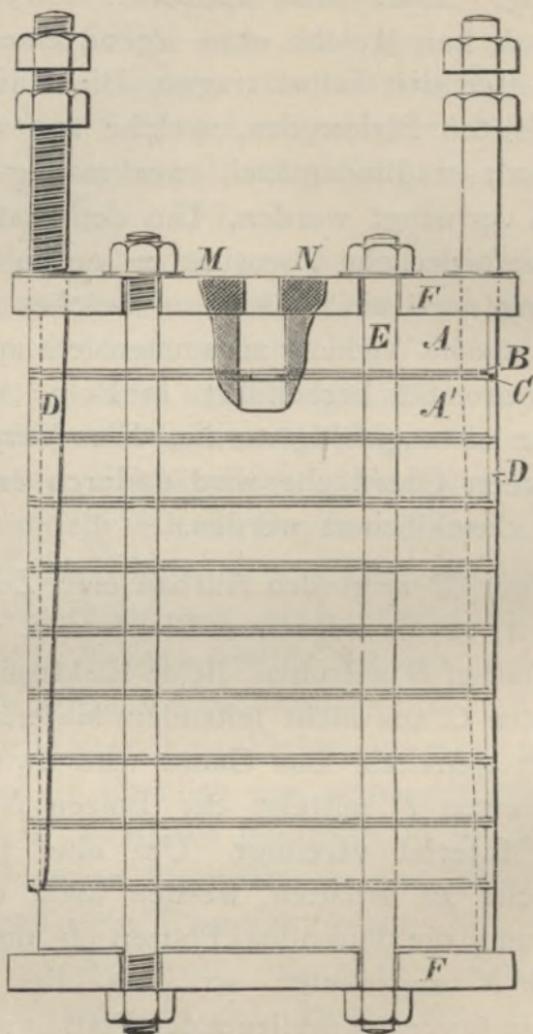
Hering *) stellt seine Elektroden vollständig aus activer Masse her, welche ohne irgend einen Rahmen oder ein Gitter sich selbst tragen. Die Masse besteht aus pulverisirten Bleioxyden, welche mit einem löslichen Bleisalz als Bindemittel, zweckmässig mit essigsaurem Blei vermennt werden. Um den Platten gleichzeitig die erforderliche Porosität zu geben, fügt man der Mischung noch ein Bleisalz zu, welches sich durch die elektrolytische Wirkung zusammenzieht und dadurch eben die Porosität herbeiführt, in Folge dessen die Platten sehr leistungsfähig werden. Eine Vergrösserung der wirksamen Oberfläche wird dadurch erzielt, dass die Platten durchlöchert werden.

Die Figur 62 zeigt den Aufbau einer Zelle. A sind die positiven, A' die negativen Elektroden, welche auf leitenden Platten B aufruhem. Beide Elektroden werden durch Blätter C aus nicht leitendem Material von einander isolirt gehalten. Das Ganze wird zwischen zwei Abschlussplatten F mittelst der Bolzen E aus nicht leitendem Material vereinigt. Um eine grosse Berührungsfläche zu erhalten, werden auch die Trennblätter C und die leitenden Platten B durchlöchert, wie bei MN angedeutet, so dass die Flüssigkeit zwischen den übereinanderliegenden Platten ungehindert umläuft. Die leitenden Platten B werden gleichzeitig als Ableitungsschiene benutzt, zu welchem Zwecke sie

*) Lum. El. 38. S. 86; D. R. P. 57.551.

mit den beiden Zuführungsbolzen *D* in Verbindung stehen.

Fig. 62.



Durch diese Art des Aufbaues können sich die Platten sowohl ihrer Länge, als auch ihrer Breite nach ausdehnen und zusammenziehen, ohne ihren metallischen

Leiter zu beschädigen und ohne ihre Berührung mit demselben zu verlieren. Auch kann eine Lockerung der Berührung zwischen Elektrode und leitender Platte nicht stattfinden, da die beiden unverrückbar fest gegeneinander gepresst sind. Der Druck ist regelbar.

*

Eine sehr grosse Aehnlichkeit mit dem vorbeschriebenen Accumulator zeigt der Atlas-Accumulator, bei welchem ebenfalls zwischen je einer Platte von Blei und activer Masse eine säurebeständige Platte aus nicht leitendem Material liegt. Alle Platten sind mit Löchern versehen, welche in Verband stehen und Abzugswege für die Gase bilden.

In beiden Accumulatoren scheint mir der innere Widerstand verhältnissmässig gross zu sein gegenüber demjenigen anderer Accumulatoren.

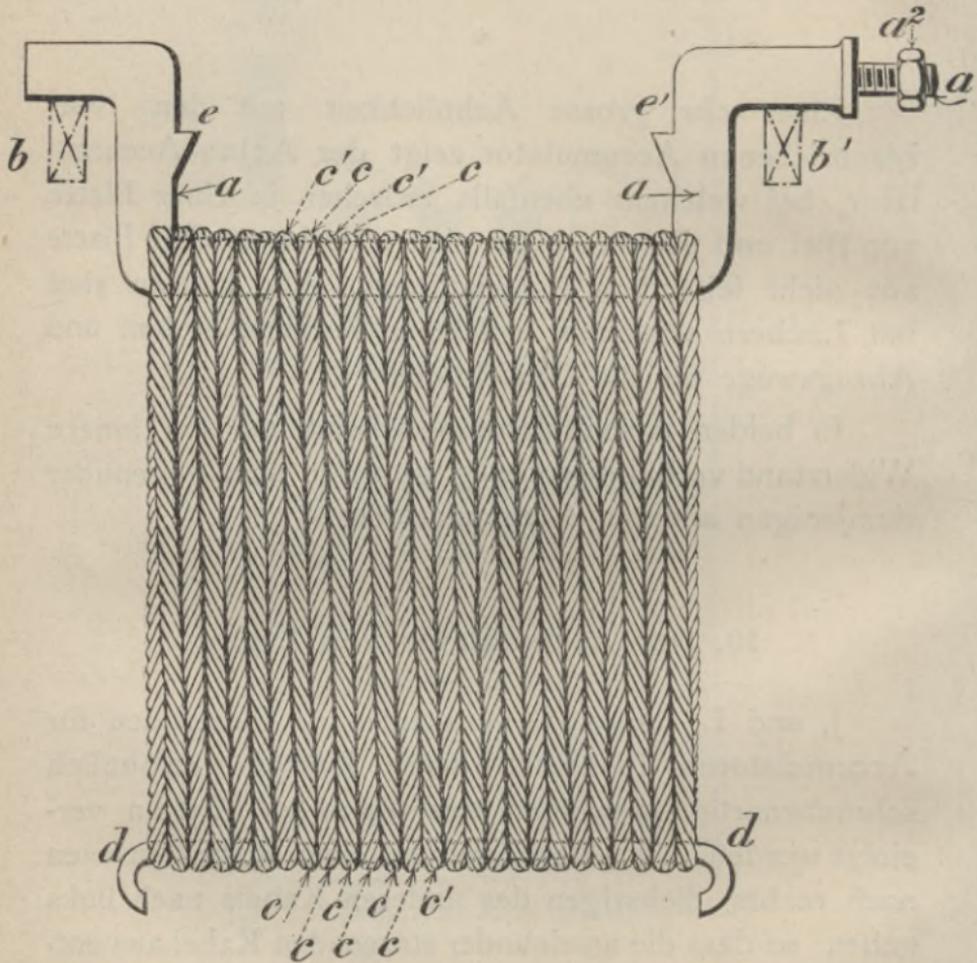
10. Der Accumulator von Legay.

J. und L. Legay^{*)} verwenden zu Elektroden für Accumulatoren Bleikabel, deren Drähte gewöhnlich schraubenartig gewunden und dann zu Kabeln vereinigt werden. Die Windungen des einen Kabels müssen nach rechts, diejenigen des anderen Kabels nach links gehen, so dass die an einander stossenden Kabel aus entgegengesetzten Drahtwickelungen bestehen (Figur 63 in Ansicht).

^{*)} D. R. P. 60,841.

Die Bleischiene a als Träger der Kabel cc^1 ruht auf den beiden Stützen bb^1 , welche auf den Ständern des Elementengefäßes aufliegen. Das Bolzengewinde a^1 mit Mutter a^2 dient zur Verbindung mit der Stromzuführung. Die beiden Vorsprünge ee^1 können zur Aufnahme eines das Element abschliessenden Deckels benützt werden.

Fig. 63.



a^1 mit Mutter a^2 dient zur Verbindung mit der Stromzuführung. Die beiden Vorsprünge ee^1 können zur Aufnahme eines das Element abschliessenden Deckels benützt werden.

Die Kabel c haben rechts-, die Kabel c' linksgehende Drahtwindungen. Unten sind die Kabel durch einen Querstab d , welcher an den beiden Enden zweckmässig umgebogen wird, gehalten.

Durch die Drahtwindungen werden Höhlungen gebildet, durch welche die Flüssigkeiten und Gase frei durchströmen können. Die Rechts- und Linkswicklung soll den Vortheil haben, dass die Elektrode sich nicht biegt oder wirft.

Ob eine active Masse angewendet wird, oder ob die Platten elektrolytisch mit der activen Masse bekleidet werden, ist nicht angegeben.

11. Der Accumulator von Main.

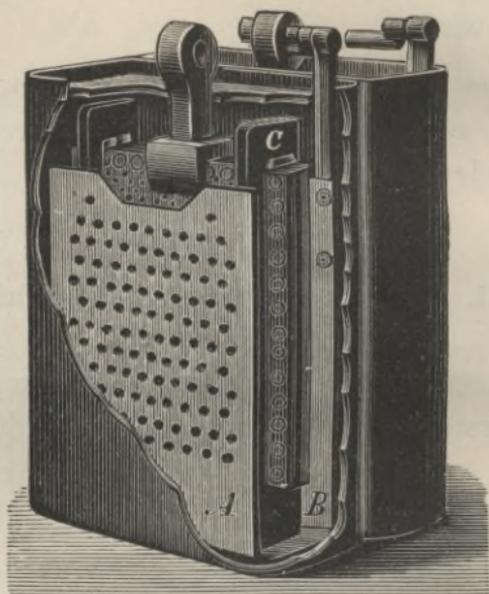
Der Accumulator von Prof. Main weicht sowohl in der Herstellung der positiven als der negativen Elektroden von den gebräuchlichen Accumulatortypen nicht unwesentlich ab (E. A, 892 S. 435).

Die positiven Elektroden bestehen aus einer Anzahl dünner Bleiplatten, welche nach aussen von zwei stärkeren bedeckt werden. Sämmtliche Platten sind mit feinen Löchern versehen.

Die so gebildete Elektrode wird durch eine Anzahl Bleiniethen zu einem Ganzen zusammengehalten. Diese Platten werden dann in üblicher Weise einer längeren Formation unterworfen, wodurch namentlich die innenliegenden dünnen Platten sich theilweise in Bleisuperoxyd verwandeln.

Die negativen Elektroden bestehen aus sogenanntem Zinkamalgame (Verbindung von Zink und Quecksilber), welches auf elektrolytischem Wege auf eine Kupferplatte niedergeschlagen wird. Diese negative Platte (in Fig. 64 mit *A* bezeichnet) enthält ebenfalls eine Anzahl Durchbohrungen und ist in \sqcup -Form

Fig. 64.



trogartig zusammengebogen. Je zwei Seiten dieser negativen Elektroden stossen, wie in der Figur ersichtlich, zusammen, respective werden durch kleine Stifte Niethen etc. mit einander verbunden, so dass für jedes Element nur an der ersten und letzten Platte Stromzuführungsleisten angebracht zu werden brauchen. In diese trogförmige negative Platte wird nun je eine positive, mit *B* bezeichnet, eingehängt, und zwar wird

über letztere ein Hartgummirahmen C geschoben, welcher die Berührung beider Platten verhindert.

Die Verbindung der einzelnen Platten unter einander oder der einzelnen Elemente wird durch eine keilförmige Vorrichtung aus Hartblei bewirkt, wie dies in ähnlicher Weise bei den alten Muffen-Löthstellen zur Verbindung der Telegraphen-Leitungen bekannt geworden ist.

Diesem Accumulator werden grosse Vorzüge nachgesagt, wie grosse Capacität, grosse Dauerhaftigkeit und Erhöhung der elektromotorischen Kraft um 20 Procent. Der E. A. bemerkt dazu, dass die Verwendung von Zinkplatten zu negativen Elektroden dauernde Erfolge bis jetzt nicht aufgewiesen hat. Ob der Zusatz von Quecksilber eine Besserung herbeiführt, muss abgewartet werden. Auch die Verbindung der Platten, beziehungsweise Elemente, durch Keilcontacte dürfte für einen gesicherten Betrieb den Anforderungen in vollem Umfange wohl nicht ganz entsprechen.

12. Die Accumulatoren von Bandsept, Pollak, Hartmann, Hatch, Epstein und Waddel-Entz.

12. Bandsept*) construirt die Elektrode in der Weise, dass gepulvertes Blei unter sehr hohem Druck in Formen gepresst wird unter Zuführung der bei der Formirung die Umwandlung des Metalls bewirkenden geeigneten Gase. Dadurch erhält einerseits die Platte

*) Jahrbuch für Elektr. Krebs-Grawinckel 1890.

einen hinreichenden Grad von Festigkeit, andererseits wird unter völliges Eindringen der Zersetzung in die Platte ein schnelles Formiren erreicht.

Die positive Platte enthält von vornherein einen Ueberschuss an Sauerstoff, die negative einen solchen an Wasserstoff.

Der Accumulator von Bandsept soll sich bereits gut bewährt haben.

*

13. Pollack lässt die Beiplatten durch Walzen derartig in ihrer Oberfläche aufreißen, dass sie ein stachelartiges, kurzhaarigen Bürsten ähnliches Aussehen erhalten. Dann werden die Platten mit einem Teig aus Bleisulfat und Kochsalz bedeckt und nach der Trocknung in einer Zersetzungszelle zu schwammigem Blei umgewandelt. Zwei solcher Platten werden aufeinandergepresst, so dass die active Masse eingeschlossen gehalten wird, wie dies in ähnlicher Weise beim ersten Accumulator von Reckenzaun angeführt wurde (vergl. S. 94).

Ueber den Accumulator von Pollack ist Näheres nicht bekannt geworden, was ich dem Umstande zuschreibe, dass der Constructeur durch den vorhandenen Patentstreit Faure-Correns bis zur Entscheidung desselben die Herstellung seiner Accumulatoren eingestellt hat.

Auch Umbreit & Matthes in Leipzig haben aus demselben Grunde von der Herstellung von Accumulatoren Abstand nehmen zu sollen geglaubt.

*

14. James Hartmann*) construirt die Elektrode für Accumulatoren aus durchlöcherten, dünnen Bleiblechen, deren Seitentheile umgefaltet werden und dadurch den Behälter für die Aufnahme der activen Masse bilden (vergl. S. 94 Reckenzaun). Die Durchlochungen werden in der Weise hergestellt, dass ein Werkzeug durch die Platte geschlagen wird, welches das Material streckt und ein mit einem vortretenden Rande versehenes Loch erzeugt, ohne irgendwie Theile von der Platte abzutrennen. Diese Löcher sollen den Zweck haben, einen freien Umlauf der Erregerflüssigkeit zu ermöglichen.

Um den Behälter für die active Masse herzustellen, besteht die Platte aus dem mittleren Haupttheil und den beiden Seitentheilen. In dem Haupttheil sind die vorerwähnten Löcher derartig hergestellt, dass die Ränder derselben in der Richtung wechseln und abwechselnd auf verschiedenen Seiten der Platte sitzen. In den Seitentheilen sind dagegen die Ränder sämtlich nach einer Seite gerichtet, so dass beim Umfalten dieser Theile um den Haupttheil die Ränder beider Seitentheile nach innen gegen den Haupttheil gerichtet sind.

Die Ränder um die Durchlochungen fördern die Leitung des elektrischen Stromes nach und von der activen Masse, welche zwischen dieselben gebracht und von ihnen gehalten wird.

*

*) D. R. P. 56.171.

15. Eine ganz abweichende Herstellungsart für die Accumulatoren-Elektroden hat Hatch angegeben. *) Derselbe verwendet sehr dünne, massive Bleiplatten, zwischen welchen poröse Platten aus nicht leitendem Material liegen. Diese Platten sind auf beiden Seiten mit Riffelungen, beziehungsweise Höhlungen versehen, welche die active Masse aufnehmen.

Die Riffelungen sind gegeneinander versetzt. Gegen dieselben liegen die Bleiplatten an, so dass eine Art Kammer für die active Masse gebildet wird; ein Herausfallen derselben ist somit nicht möglich.

Die einzelnen Platten von Blei und porösem Material werden aneinandergereiht und durch Gummibänder oder Klammern untereinander befestigt. Da die Bleiplatten durch die porösen Platten gehalten werden, so wird ein Werfen nicht zu befürchten sein. Die geringe Stärke der Elektroden erklärt sich darauf, dass dieselben die active Masse nicht aufnehmen.

Es lässt sich nicht in Abrede stellen, dass die Elektroden billig sind, auch in betriebstechnischer Beziehung manche Vortheile bieten; es ist aber auch hervorzuheben, dass der Widerstand der Zelle nicht unerheblich sein wird.

*

16. Epstein construirte ursprünglich *) eine gitterförmige Elektrode, deren Maschen er mit feinen, durch Zerstäuben von geschmolzenem Blei erzeugten Bleikörnern ausfüllte. Dieser Accumulator hat sich nicht

*) D. R. P. 57.195.

**) Z. f. E. 1885. S. 38.

bewährt. Neuerdings verwendet Epstein Bleiplatten zu Elektroden, welche ohne Anwendung von activer Masse durch directe Oxydation formirt werden. Ein Werfen dieser Elektroden, beziehungsweise die Möglichkeit eines kurzen Schlusses im Innern des Elements ist ausgeschlossen. Woodhouse & Rawson,*) welche diesen neuen Epstein'schen Accumulator eingeführt haben, rühmen an demselben eine lange Lebensdauer. Die Anzahl der zu einem Element vereinigten Elektrodenplatten soll im Vergleich mit anderen Accumulatoren gering sein.

*

17. Waddel-Entz, Footl & Philips*) haben einen Accumulator angegeben, dessen positive Elektroden aus einem Kupferdrahtgeflecht und dessen negative Elektroden aus Eisendrahtgaze bestehen. Die Maschen der positiven Elektroden werden mit einem hochporösen Kupfer gefüllt, welches als active Masse dient. Die Elektroden stehen in einem eisernen Gefäss, welches mit einer alkalischen Zinklösung gefüllt ist. Die negativen Elektroden können mit dem Eisengefäss in leitender Verbindung stehen. Das Herausfallen der activen Masse wird durch ein baumwollenes Gewebe verhütet. Die elektromotorische Kraft dieses so construirten Accumulators beträgt 0·9 Volt bei offenem Stromkreise und 0·8 Volt bei starker Beanspruchung in geschlossenem Stromkreise.

*) E. Z. 1891. S. 286.

**) El. Eng. Newyk. XI. S. 542, E. A. 1891, S. 826.

Dieser Accumulator kann füglich zu der Classe der Zink-Kupfer-Accumulatoren gerechnet werden, deren ursprüngliche Form das Lalande-Chaperon-Element bildete, welches von Desmazes in abgeänderter Form als Accumulator versucht wurde. Desmazes verwendete eine poröse Scheidewand von Pergamentpapier, welches Entz durch das oben erwähnte Gewebe ersetzt hat.

Die Gebrauchsspannung von 0·8 Volt hält P. Müller zu hoch. Nach seinen Messungen hatte z. B. das Lalande-Element, welches ebenfalls 0·8 Volt Gebrauchsspannung abgeben sollte, nur eine solche von 0·65 bis 0·68 Volt. Der wirkliche Zinkverbrauch war von dem berechneten nur wenig verschieden.

Dem Accumulator von Waddel-Entz wird vom »El. Eng.« nachgerühmt, dass er sehr leistungsfähig sei, grosse Beanspruchungen ohne Nachtheile ertragen könne, und dass irgend ein Zerfressen von metallischen Theilen ausgeschlossen sei. Ich bemerke zu diesen Mittheilungen, dass praktische Erfahrungen über die Verwendbarkeit von Zink-Kupfer-Accumulatoren bisher fehlten, dass daher die weiteren Versuche mit dem Waddel-Accumulator augewartet werden müssen, bevor ein sicheres Urtheil abgegeben werden kann.

Wieviel von den vorbeschriebenen Accumulatoren eine Einführung in die Praxis finden werden, darüber lässt sich nichts sagen. Ich möchte jedoch an dieser Stelle wiederholen, dass die Accumulatoren mit Elektroden, welche eine Theilung des Stromes im Element nicht zulassen, welche somit eine einseitige Stromführung ermöglichen, nach meiner Ansicht wohl be-

rufen sein könnten, für die Praxis werthvolle Dienste zu leisten, weil in Folge Fortfalls jeglicher durch die Stromtheilung herbeigeführter, localer Nebenwirkung die Elektrode jedenfalls eine längere Haltbarkeit, als andere aufweisen dürfte. Es muss indessen noch darauf hingewiesen werden, dass jeder Hinweis fehlt, wie sich der innere Widerstand derartiger Zellen gestaltet. Bedauerlicherweise sind bei der Prüfung des Tommasi'schen Accumulators wohl die Werthe für die elektromotorische Kraft angegeben worden, jedoch nicht diejenigen für den inneren Widerstand. Es ist aber mit Rücksicht auf die an und für sich geringen Widerstände in der Starkstromtechnik von Wichtigkeit, auch den Elementenwiderstand zu kennen.

Die Stromregulir-Vorrichtungen.

Allgemeines.

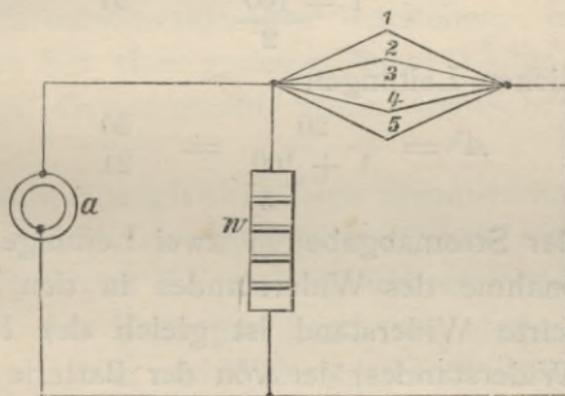
Von ausserordentlicher Wirksamkeit für alle elektrischen Anlagen ist es, dass die Strom- und Spannungsschwankungen, welche durch den ungleichmässigen Stromverbrauch in den Leitungen entstehen, so schnell als möglich ausgeglichen werden. Die Wichtigkeit dieser Fragen hat auch bereits eine nicht unerhebliche Anzahl von Constructionen hervorgerufen, welche die normalen Stromverhältnisse mehr oder weniger vollkommen aufrecht zu erhalten vermögen.

Die Regelung der Stromverhältnisse kann in verschiedener Weise bewirkt werden, entweder durch Widerstands-Änderungen in dem Nebenschluss einer Nebenschluss-Dynamo, oder durch Ein- und Ausschalten von Widerständen, welche in den Speiseleitungen angeordnet sind, oder durch Ab- und Zuschalten von Zellen, wenn Accumulatoren-Batterien mit zur Verwendung gekommen sind, oder endlich durch Verzögerung, bzw. Beschleunigung des Ganges der Dampfmaschine und dadurch des Ganges der Dynamo.

Um an einem Beispiel die Regulirung der Stromstärken klar zu machen, denke man sich für mehrere

Leitungen eine gemeinsame galvanische Batterie *a* (Fig. 65), deren Grösse derartig zu bemessen ist, dass bei gleichzeitigem Betrieb der angegebenen Leitungen jede derselben genügend Strom erhält. Es wird somit, ganz gleich, ob nur eine Leitung oder ob sämtliche Leitungen im Betriebe, stets die Gesamt-Batterie in Anspruch genommen. Es muss daher, wenn nur eine Leitung von der Batterie mit Strom versorgt wird, die Stromstärke eine ganz andere sein, als wenn zwei oder mehrere oder sogar sämtliche Leitungen

Fig. 65.



gleichzeitig gespeist werden, vorausgesetzt, dass der innere Widerstand **nicht** vernachlässigt werden kann.

Die Stromstärke ist für jede Leitung am grössten wenn von der Batterie jedesmal nur diese Leitung allein gespeist wird; sie nimmt ab mit jeder weiteren Leitung, welche gleichzeitig versorgt werden soll, bis sie bei gleichzeitiger Speisung sämtlicher Leitungen auf dasjenige Maass herabsinkt, welches für den Be-

trieb einer jeden Leitung als die normale Stromstärke zu betrachten ist.

Von der Batterie a sollen z. B. fünf Leitungen von gleichem Widerstande von 100Ω gespeist werden. Die Batterie soll insgesamt 20 Volt Spannung und 1Ω Widerstand haben, welche dem Widerstand einer Dynamo etwa gleichkommt. Die Stromstärke A ist nun bei Stromsendung in eine Leitung

$$A^1 = \frac{20}{1 + 100} = \frac{20}{101},$$

in zwei Leitungen

$$A^2 = \frac{20}{1 + \frac{100}{2}} = \frac{20}{51}$$

in sämtlichen Leitungen

$$A^5 = \frac{20}{1 + \frac{100}{5}} = \frac{20}{21}$$

Bei der Stromabgabe in zwei Leitungen wird in Folge Abnahme des Widerstandes in den Leitungen (der reducirte Widerstand ist gleich der Hälfte des Leitungs-Widerstandes) der von der Batterie gelieferte Strom zwar stärker, indessen ist die auf jede Leitung entfallende Stromstärke nur gleich der Hälfte von A^2 oder gleich $\frac{20}{102}$ gegen die Stromstärke von $\frac{20}{101}$, wenn nur eine Leitung allein Strom erhält. Bei Speisung der fünf Leitungen ist der für jede Leitung bestimmte Strom nur noch $\frac{20}{21} : 5 = \frac{20}{105}$.

Ist nun die Zahl der gleichzeitig zu speisenden Leitungen erheblich, wie dies im Betriebe von elek-

trischen Beleuchtungs-Anlagen der Fall ist, z. B. gleich 20, so ist die Stromstärke für jede Leitung bei gleichzeitiger Speisung

$$a = \frac{20}{1 + \frac{100}{100}} : \frac{1}{100} = \frac{20}{200}.$$

Die Stromstärke von $\frac{20}{200}$ muss nun als diejenige

Stromstärke bezeichnet werden, welche für den Betrieb einer der 20 Leitungen ausreichen muss. Wird dieselbe in Folge Abnahme in der Anzahl der gleichzeitig gespeisten Leitungen grösser, so können für den Betrieb störende Stromschwankungen entstehen, namentlich dann, wenn von einer geringen Anzahl Leitungen plötzlich auf die Gesamtzahl Strom abgegeben werden muss.

Um nun eine gleichmässige Stromstärke für jede Leitung aufrecht zu erhalten, wird, wie dies in der Fig. 65 angedeutet ist, ein regulirbarer Widerstand w parallel zu den Leitungen geschaltet, dessen einzelne Abtheilungen je so viel Widerstand enthalten, wie derjenige jeder Leitung, so dass beim Stromgeben durch richtiges Stöpseln, im Widerstand stets dieselben Verhältnisse vorhanden sind.

Wie mit der galvanischen Batterie verhält es sich auch mit der Dynamomaschine. Dieselbe muss so bemessen werden, dass sie der höchsten Anforderung, welche die Beleuchtungs-, Kraftübertragungs- u. dgl. Anlage stellt, zu genügen vermag. Nun kommt es und zwar namentlich in Beleuchtungs-Anlagen fast durchweg vor, dass der Betrieb zeitweise nur in ganz

geringem, zeitweise in mittlerem und zeitweise in vollem Umfange durchgeführt werden kann. Nichtsdestoweniger muss die Dynamo die volle Stromstärke hergeben, was in Anbetracht der grossen Stärke der erzeugten Ströme sehr nachtheilige Folgen mit sich bringt.

Es ist, wie vor erwähnt, die Stromstärke für jede einzelne Abzweigung von der Hauptleitung z. B. einer Beleuchtungs-Anlage am grössten, wenn sie allein, und am kleinsten, wenn sie mit sämmtlichen Abzweigungen gleichzeitig Strom empfängt. Die Gefahr einer Verletzung bzw. einer Beeinträchtigung der Lebensdauer der Glühlampen in Folge der veränderlichen Stromstärke liegt somit sehr nahe. Man schaltet daher, ebenso wie gezeigt, in den Stromkreis der Dynamo parallel zu den Leitungen einen regulirbaren Widerstand, den Nebenschluss-Regulator ein, welcher sowohl von Hand bedient, als auch selbstthätig geregelt werden kann.

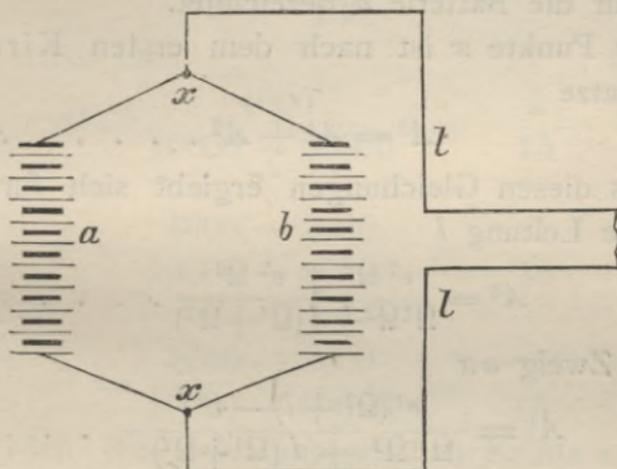
Enthält die elektrische Anlage neben den Dynamomaschinen noch Accumulatoren-Batterien in Parallel-Schaltung, so ist es unerlässlich, dass die elektromotorischen Kräfte oder die Spannungen beider Elektrizitätsquellen einander gleich sind, weil andernfalls am Kreuzungspunkte, wo die Zuführungen von Dynamo und Batterie sich vereinigen, die aus den beiden Elektrizitätsquellen entstehenden Ströme sich nicht in vollem Umfange summiren, wodurch nicht allein Schwankungen in der zum Betriebe der Anlage dienenden Stromstärke entstehen, sondern auch die Accumulatoren-Batterien in ihrer Dauerhaftigkeit sehr benachtheiligt werden.

Nehmen wir zur besseren Erklärung wieder zwei galvanische Batterien *a* und *b* (Fig. 66) an, welche

neben einander geschaltet sind und zum Betriebe einer beliebigen elektrischen Leitung dienen. Es werden die Stromstärken am Punkte x gleich gross sein, sofern die Ergebnisse aus Stromstärke und Widerstand (den beiden Constanten) in beiden Batterien einander gleich sind, sofern also

$$A^1 \Omega^1 = A^2 \Omega^2 \text{ ist.}$$

Fig. 66.



Dies ergibt sich aus der Stromverzweigung, welche die drei Stromwege axl , axb und bxl umfasst. Für den Stromweg axb ist, da die beiden Batterien mit gleichen Polen nach x führen, also entgegengesetzt gerichtet geschaltet sind, nach dem zweiten Kirchhoffschen Gesetze

$$e^1 - e^2 = A^1 \Omega^1 - A^2 \Omega^2 \dots (1)$$

Die elektromotorische Kraft e^1 wirkt der elektromotorischen Kraft e^2 entgegen, weshalb e^1 positiv und e^2 negativ genommen werden muss.

In dem Stromkreis axl ist

$$e^1 = A^1 \Omega^1 + A^3 l \dots \dots \dots (2)$$

und in dem Stromkreis bxl

$$e^2 = A^2 \Omega^2 + A^3 l \dots \dots \dots (3)$$

wo A^1 die Stromstärke in dem Zweige ax und Ω^1 den Widerstand, A^2 die Stromstärke und Ω^2 den Widerstand im Zweige bx , A^3 die Stromstärke und l den Widerstand im Zweige xl bedeutet, sowie e^1 die elektromotorische Kraft für die Batterie a und e^2 diejenige für die Batterie b bezeichnet.

Am Punkte x ist nach dem ersten Kirchhoffschen Satze

$$A^3 = A^1 + A^2 \dots \dots \dots (4)$$

Aus diesen Gleichungen ergibt sich für die zu speisende Leitung l

$$A^3 = \frac{e^1 \Omega^2 + e^2 \Omega^1}{\Omega^1 \Omega^2 + l(\Omega^1 + \Omega^2)} \dots \dots \dots (5)$$

für den Zweig ax

$$A^1 = \frac{e^1(\Omega^2 + l) - e^2 l}{\Omega^1 \Omega^2 + l(\Omega^1 + \Omega^2)} \dots \dots \dots (6)$$

und für den Zweck bx

$$A^2 = \frac{e^2(\Omega^1 + l) - e^1 l}{\Omega^1 \Omega^2 + l(\Omega^1 + \Omega^2)} \dots \dots \dots (7)$$

Ist nun $e^1 = e^2$, so wird aus den Gleichungen 2 und 3

$$A^1 \Omega^1 = A^2 \Omega^2 \dots \dots \dots (8)$$

woraus folgt, dass am Kreuzungspunkte x die Spannungen beider Batterien gleich sind.

Es wird ferner die Stromstärke der Batterie a gleich derjenigen der Batterie b , also $A^1 = A^2$ sein, wenn der Widerstand der Batterie a ebenfalls gleich

demjenigen der Batterie b , also $\Omega^1 = \Omega^2$ ist, was bei den Elementen von gleicher Beschaffenheit und Grösse stets der Fall ist.

Nehmen wir für die Batterien a und b

$$e^1 = e^2 = 20 \text{ Volts,}$$

$$\Omega^1 = \Omega^2 = 100$$

$$l = 100$$

so wird aus (8)

$$A^1 = A^2 \frac{100}{100} = A^2.$$

Aus (5) erhält man

$$A^3 = \frac{4000}{10000 + 20000} = \frac{2}{15};$$

aus (6)

$$A^1 = \frac{4000 - 2000}{10000 + 20000} = \frac{1}{15}$$

und aus (7)

$$A^2 = \frac{4000 - 2000}{10000 + 20000} = \frac{1}{15}.$$

Würden die elektromotorischen Kräfte e^1 und e^2 einander nicht gleich sein, so wäre am Kreuzungspunkte x das Product $A^1 \Omega^1$ nicht mehr gleich dem Product $A^2 \Omega^2$, somit die Stromstärke A^1 nicht mehr gleich der Stromstärke A^2 und es würde alsdann nicht mehr die Summe der aus den Batterien a und b kommenden Ströme in die Leitung abfliessen, sondern nur ein Theil derselben. Denn wäre z. B. die elektromotorische Kraft e^1 der Batterie a gleich 18 Volt, so würde unter Beibehaltung der vorgegebenen Werthe

$$A^3 = \frac{18 \times 100 + 20 \times 100}{10000 + 20000} = \frac{38}{300}$$

sein gegen $\frac{2}{15}$ oder $\frac{40}{300}$, wenn $e^1 = e^2$ ist.

Stellt nun die Batterie *a* die Dynamo und die Batterie *b* die Accumulatoren-Batterie vor, so würde bei ungleicher Spannung in der einen oder anderen Elektrizitätsquelle am Kreuzungspunkte *x* sozusagen eine Stromtheilung stattfinden und demzufolge ein Stromantheil von der stärkeren Quelle dem Strome der schwächeren Quelle entgegenwirken, was für die Accumulatoren-Batterien in dem Falle schädlich auftritt, wo die Spannung der Dynamo höher ist als diejenige der Batterie.

Es muss somit, wenn Dynamo und Accumulator-Batterie gemeinsam zum Betriebe einer elektrischen Anlage verwendet werden, mit grosser Sorgfalt die gleichmässige Spannung in den beiden Elektrizitätsquellen aufrecht erhalten werden, soll der Betrieb in jeder Beziehung glatt abgewickelt werden.

Man hat nun verschiedene Apparate construirt, um die Aufrechterhaltung einer gleichmässigen Stromstärke, beziehungsweise Spannung sicherzustellen.

Das Princip der Stromregulir-Apparate beruht darauf, dass entweder von Hand oder auf selbstthätigem Wege ein Contacthebel über eine Anzahl von Messingschienen, welche entsprechend elektrisch verbunden sind, hin- und herbewegt wird, wodurch Widerstände ein- und ausgeschaltet, Zellen ab- und zugeschaltet, das Ventil geöffnet werden u. s. w.

Es sollen nachstehend einige Stromregulatoren vorgeführt werden, um an Hand der Beschreibung die Wirkungsweise zu zeigen, und zwar sowohl solche für den alleinigen Betrieb mittelst Dynamos, als auch für den Betrieb mittelst Dynamos und Accumulatoren-Batterien.

1. Der selbstthätige Stromregulator von Lane Fox.

Die Stromregulir-Vorrichtung von Lane Fox in London, welche bereits 1881 bekannt wurde, besteht aus einem Relais, einem Selbstunterbrecher, einem Doppelrelais mit gemeinsamem Anker und dem zur Verstellung des Contacthebels dienenden Wendegetriebe.

Das zur Controle der Stromstärke oder Spannung dienende und zu diesem parallel zur Dynamo geschaltete Relais ist in der Schaltungsskizze (Fig. 67) nicht angegeben. Die Begrenzungsschrauben des Ankerhebels dieses Relais führen, wie in der Skizze angedeutet, je zu einem Elektromagnet m des Doppelrelais, dessen Enden der Umwindungen vereinigt und durch den Selbstunterbrecher m^1 mit der Rückleitung verbunden sind.

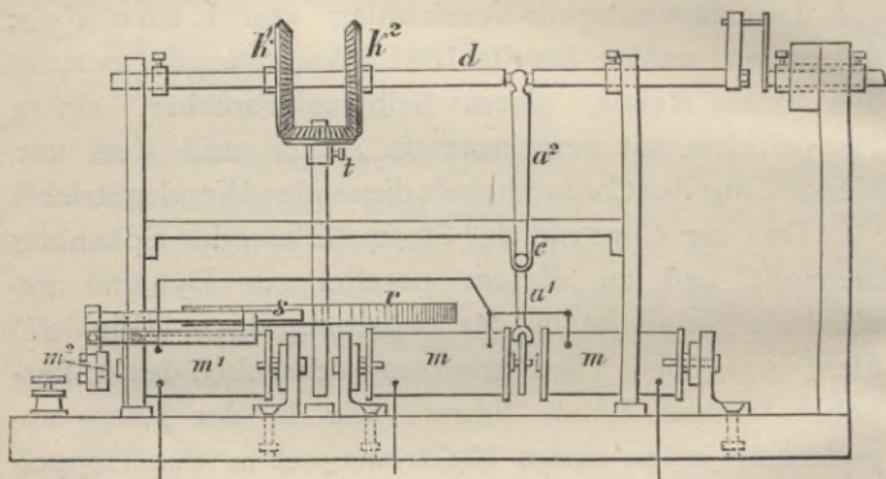
Der Körper des Relaisankers steht mit der Hauptleitung, oder wenn nicht der Strom der Maschine, sondern derjenige von einigen Elementen eines Accumulators zum Betriebe des Doppelrelais verwendet wird, mit dem einen Pol der Ortsbatterie in Verbindung.

Der Anker m^2 des Selbstunterbrechers trägt eine Schaltklinke s , welche durch die in Folge des Durch-

fließens des Stromes durch die Umwindungen entstehenden Schwingungen des Ankers m^2 ein Schaltrad r in Drehung versetzt. Letzteres befindet sich mit dem conischen Rade t auf einer und derselben Achse.

Der Anker $a^1 a^2$ des Doppelrelais ist in c drehbar. Der obere Hebelarm a^2 greift mit seinem oben gabelförmig gestalteten Ende in eine auf einer Achse d be-

Fig. 67.



findliche Nuth derartig ein, dass er, je nachdem er nach rechts oder links bewegt wird, diese Achse mit den beiden Kegelrädern $k^1 k^2$ ebenfalls nach rechts oder links verschiebt und dadurch eines dieser Räder mit dem conischen Rade t in Eingriff bringt.

Die Achse d ist nun mit einem Contacthebel versehen, welcher auf einer mit einer Anzahl von durch Drahtwiderstände unter einander verbundenen Messingschienen versehenen Scheibe aufruhet.

Wird nun in Folge Aenderung in der Stromstärke z. B. der Elektromagnet m links erregt, so geht der Ankerarm a^1 an dessen Kernpol, während der Arm a^2 nach rechts geht, bei dieser Bewegung die Achse d mitnimmt und das Rad k^1 in das Rad t einrückt. Durch die hin- und hergehende Bewegung des Ankers m^2 mit der Schaltklinke s wird das Rad r und mit ihm das Rad t in Drehung versetzt, welche durch das conische Rad k^1 auf die Welle d übertragen, dadurch der Contacthebel h nach rechts gedreht und in Folge dessen z. B. Widerstand ein- oder ausgeschaltet wird.

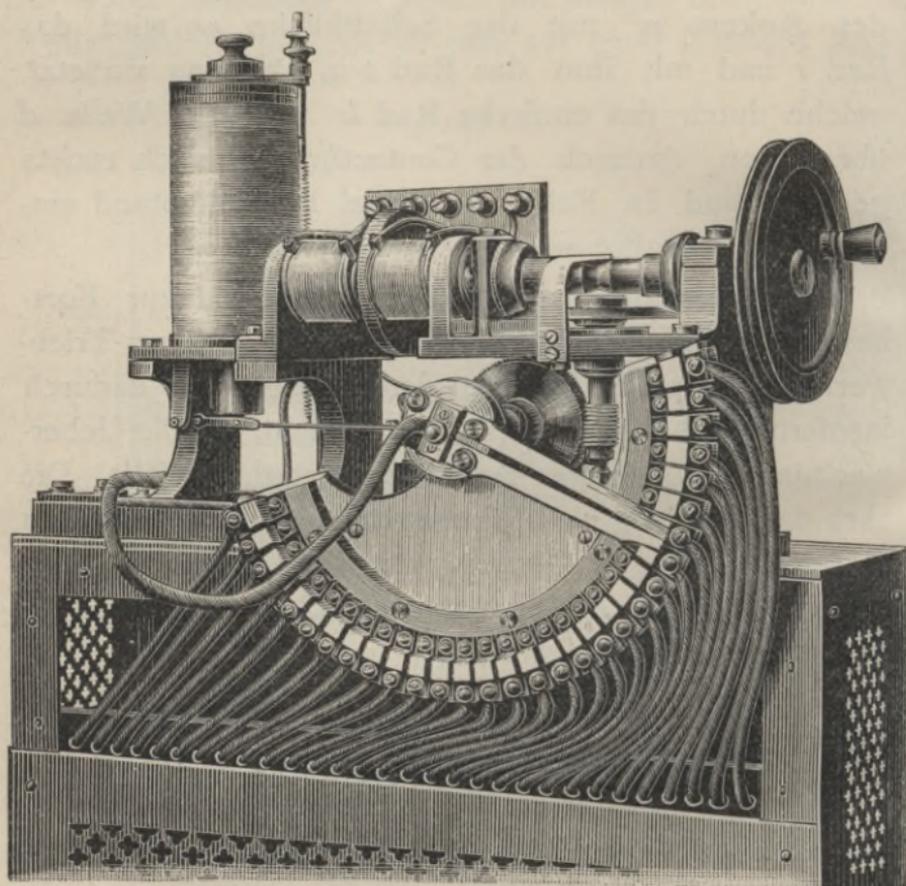
Bei diesem Stromregulator bedarf es zur Fortbewegung des Contacthebels eines besonderen Triebwerkes nicht; die Gesamt-Anordnung wird dadurch insoferne nicht unwesentlich vereinfacht, als die Ueberwachung für richtiges Aufziehen u. dgl. fortfällt. Die Art der Drehung des Wendegetriebes dürfte indessen Bedenken erregen können, da diese Drehung durch die am Anker m^2 des Selbstunterbrechers m^1 befindliche Schaltklinke s bewirkt wird.

2. Der selbstthätige Strom-Regulator von Thury.

Die Regulir-Vorrichtung von Thury, welche von der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft in Berlin benützt wird, hat die Anordnung gemeinsam mit der Vorrichtung von Lane Fox, dass ebenfalls durch Erregung eines Relais ein Wendegetriebe in Thätigkeit versetzt und dadurch ein Contacthebel über eine mit

mehreren von einander isolirten Messingschienen versehene Vertheilerscheibe bewegt wird; indessen werden an Stelle des Rädergetriebes Frictionsscheiben verwendet. (E. A. 1892).

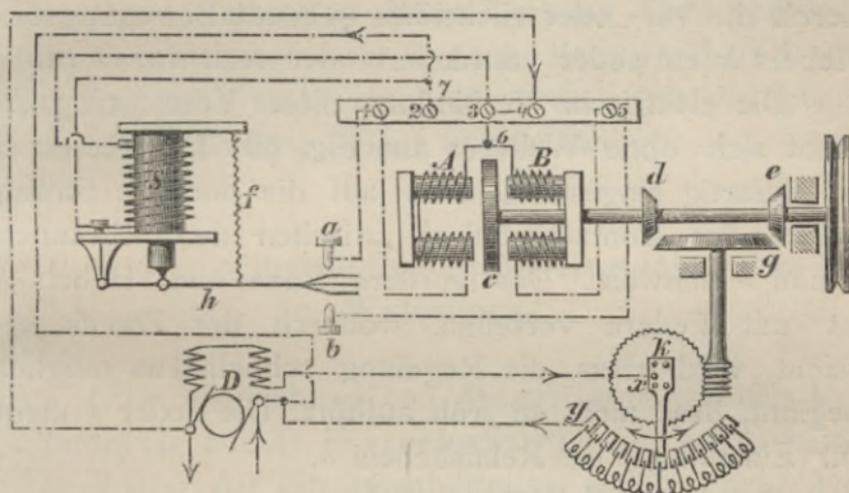
Fig. 68.



Das Relais *S* besteht aus einer Drahtspule (Solenoid), dessen Eisenkern beweglich ist und an welchem der zwischen den beiden Begrenzungsschrauben *a* und *b* spielende Contacthebel *h* angebracht ist. Dieses

Relais dient zur Schliessung eines Ortsstromkreises für die beiden Relais *A* und *B*, welche den gemeinsamen Anker *c* haben. Letzterer besteht aus einer Scheibe von weichem Eisen und dreht sich zwischen den Polen der Relais *A* und *B*. Als treibende Kraft für diese Scheibe kann ein Laufwerk u. s. w. dienen.

Fig. 69.



In der in Figur 68 dargestellten, perspectivischen Ansicht wird der Antrieb durch eine rechts sichtbare Schnurrolle bewirkt, auf deren Achse sich die beiden Frictionscheiben *d* und *e* befinden. (Fig. 69.) An dieser Achse ist nun die sich drehende Eisenscheibe befestigt.

Zwischen den Frictionscheiben *d* und *e* befindet sich eine grössere Frictionscheibe *g*, mit welcher die ersteren je nach ihrer Stellung, in Eingriff kommen. Die Scheibe *g* ist nun mit einem Schneckenrad ausgerüstet, welches in das den Contacthebel *k* tragende Schaltrad *x* eingreift und verstellt.

In der Figur 69 ist der vorbeschriebene Regeler zur Aenderung des Widerstandes im Nebenschluss der Dynamo bestimmt, zu welchem Zwecke das Aussenende des Nebenschlusses nicht direct an die Dynamo D , sondern an den Hebel h führt. Die Messingschienen der Scheibe y sind nun zwar von einander isolirt, indessen durch Widerstände wieder untereinander verbunden, so dass der Widerstand des Nebenschlusses durch die vor- oder rückwärts gehende Bewegung des Hebels h entweder vermindert oder vermehrt wird.

Die elektrische Verbindung dieser Vorrichtung ergibt sich ohne Weiteres aus Fig. 69. Das Relais S ist derartig eingestellt, dass auf die normale Stromstärke der Contacthebel h zwischen den Schrauben a und b schwebt. Das vordere Ende des Hebels h ist mit Federn versehen, wodurch der Zweck erreicht wird, dass die Regelung schnellstens möglich beginnt, bzw. nicht zu früh aufhört. Die Feder f dient zur Einstellung des Relaishebels h .

Das Relais S liegt parallel zu den Speiseleitungen und zwar geht der Strom der Dynamo nach der Klemme 4 und über Klemme 3 durch die Umwindungen von S , Körper des Contacthebels h , Knotenpunkt 7 zurück nach der Dynamo.

Die drehende Bewegung des Hebels h über die Schienen der Scheibe y wird nun dadurch herbeigeführt, dass, sobald die Stromverhältnisse in den Speiseleitungen sich ändern, die Erregung des Relais S ebenfalls eine Aenderung erleidet und seinen Kern entweder in die Rolle hineinzieht oder ihn mehr aus derselben hervortreten lässt. Dadurch wird der Hebel h

entweder an die Schraube *a* oder *b* gelegt, z. B. an *b*, in Folge dessen der Stromkreis für das Relais *B* von 4 über 3, 6, *B*, 5, *b*, *h*, 7 und 2 zur Dynamo geschlossen wird. Die Eisenscheibe *c* wird nun von den Polen des Relais *B*, welches durch den Strom erregt wurde, angezogen und legt demzufolge die Scheibe *d* an die Scheibe *g*, welche dadurch mitgenommen wird und ihre Bewegung auf das Schneckenrad überträgt. Das Rad *x* nimmt an dieser Drehung Theil und dreht den Contacthebel *k* z. B. nach links, während eine Drehung nach rechts erfolgen würde, wenn die Scheibe *e* an die Scheibe *g* gelegt worden wäre.

3. Der selbstthätige Strom-Regulator von Waterhouse.

Ganz abweichend von den vorbeschriebenen Vorrichtungen sucht Waterhouse*) die selbstthätige Regulirung der Stromverhältnisse zu erreichen. Derselbe ging von dem Gedanken aus, die durch Widerstands- oder Spannungs-Änderung eintretende Verschiebung des neutralen Punktes am Stromsammler durch eine dritte Bürste für die Bethätigung eines Contacthebels zu verwerthen.

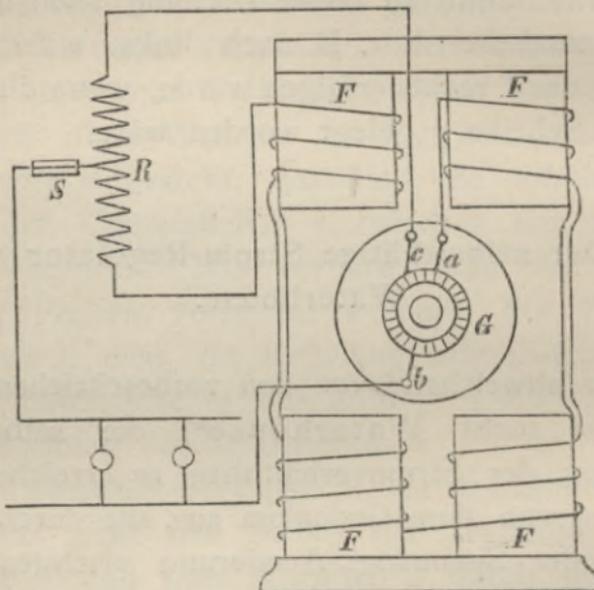
Zu diesem Ende verwendete der Erfinder (Fig. 70) drei Strombürsten *a*, *b* und *c*. *a* und *b* sind die beiden, den Strom der Maschine ableitenden Bürsten, welche mit dem Feldmagnete *F* verbunden sind. Die Lichtleitung mündet einerseits an den über den regelbaren

*) Telegr. Journal and El. Rev. 1888. S. 396.

Widerstand R hin und her beweglichen Schlitten S andererseits an die Bürste b .

Der Anfang des Widerstandes R steht mit der Bürste c , das Ende desselben mit dem Aussenende des Feldelektromagneten F in Verbindung, während das innere Ende des letzteren an die Bürste a geführt ist.

Fig. 70.



Jede Dynamo hat nun einen genau bestimmten Punkt für die Stromableitung, den neutralen Punkt, auf welchen die Bürsten a und b genau eingestellt sein müssen, soll der Gesamtstrom der Dynamo in die Lichtleitungen gehen. Verschiebt sich nun der neutrale Punkt (welcher mit dem Punkte x der Fig. 66 identisch ist), so geht, wie Eingangs dieses Capitels erklärt, nicht mehr der volle Strom in die Lichtleitungen,

sondern ein Theil wird abgeleitet in die Spulen, weil das Product $A \times \Omega = E$ der einen Hälfte der Armatur nicht mehr gleich dem Producte $A \times \Omega = E$ der anderen Hälfte ist.

Die Verschiebung des neutralen Punktes ist abhängig von einer Aenderung des Widerstandes in den Leitungen oder der Spannung in der Maschine. Sie erfolgt in der Richtung nach der Bürste c , wenn der Widerstand abnimmt, dagegen in der Richtung von der Bürste c , sofern der Widerstand zunimmt.

Der Stromlauf ist nun wie folgt:

Von der Bürste a geht der Strom durch den Feldelektromagnet F , den Widerstand R und die Lichtleitungen zurück an die Bürste b . Ein Stromtheil kann, so lange der neutrale Punkt unverrückt bleibt, so lange also die Widerstands- und Spannungs-Verhältnisse gleich sind, auf den Stromweg $c R$ nicht entfallen.

Wenn nun durch Ausschalten von Lampen der Widerstand in der Lichtleitung derartig geändert wird, dass die von der Dynamo abzugebende Stromstärke sich erhöht, so ändert sich dadurch die Lage des neutralen Punktes, und zwar rückt derselbe nach der Bürste c hin. Es entfällt demnach mehr Strom auf den Zweig $c R$, welcher schliesslich so anwächst, dass er ein zum Hin- und Herbewegen des Schlittens S dienendes, in dem Zweig $c R$ liegendes Relais erregt. Der Schlitten S wird nach oben verschoben, dadurch für die Lichtleitungen mehr, für den Zweig $c R$ weniger Widerstand eingeschaltet und somit die für die Licht-

leitungen benötigte Stromstärke constant erhalten, da nunmehr der Ueberschuss über Rc abgeführt wird.

Der selbstthätige Strom-Regulator von Cuénod, Sautter und Hochreutner.

In etwas abweichender Weise, jedoch auf demselben Grundgedanken beruhend, haben die Schweizer Ingenieure Cuénod, Sautter und Hochreutner den in der Fig. 71 dargestellten Strom-Regulator, auch Bürsten-Regulator genannt, construiert. (E. A. 1891, S. 1834).

Wie ersichtlich, werden statt einer Bürste zwei Hilfsbürsten A und B benutzt, zwischen welchen eine der Hauptbürsten C sich befindet. Der Halter der Bürsten C ist um die Achse E , welche unter der Einwirkung eines besonderen Triebwerkes steht, drehbar angeordnet.

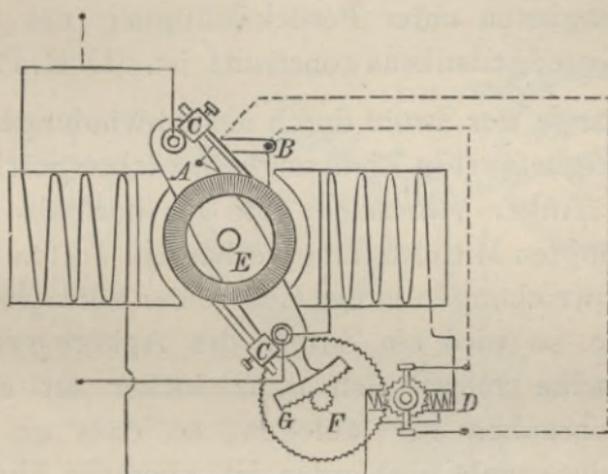
Die Bürsten A und B sind mit der Armatur eines kleinen Elektromotors verbunden, dessen Magnetfeld D besonders erregt wird. Durch diesen Motor kann mit Hilfe der Zahnräder F und des Zahnsegmentes G der Halter der beiden Hauptbürsten C um die Achse E gedreht werden.

Die Hilfsbürsten A und B sind nun derartig eingestellt, dass, wenn zwischen ihren Auflagerungspunkten die Spannungsdifferenz $= 0$ ist, die Hauptbürsten C genau in der neutralen Linie des Stromsammlers sich befinden und daher Funkenbildung bei sonst richtiger Construction vermieden wird.

Es leuchtet ohne Weiteres ein, dass, wenn durch verschiedenartige Belastung oder sonstige Umstände

die neutrale Linie ihre Lage ändert, ein gewisser Spannungsunterschied zwischen den zu den Hauptbürsten *C* symmetrisch liegenden Hilfsbürsten *A* und *B* herrschen wird, welcher in der einen oder der anderen Richtung den kleinen Motor in Bewegung setzt, bis dieser Spannungsunterschied ausgeglichen ist,

Fig. 71.



d. h. bis die Hauptstromabnehmer *C* – *C* wieder in die richtige Lage gekommen sind.

Die sichere Functionirung dieser Vorrichtung wird natürlich in hohem Maasse von der Empfindlichkeit des Hilfsmotors abhängen und es wird in manchen Fällen diese Art der Regelung der Spannung an der Dynamo durch beständige Verschiebung der Hauptbürsten auf den neutralen Punkt praktisch zu verwerthen sein.

Der selbstthätige Stromregulator von Siemens und Halske.

Der Stromregulator von Siemens und Halske besteht ausser dem elektro-magnetischen Schaltwerk noch aus dem zum Betriebe dieses Schaltwerkes dienenden Relais, welches im Gegensatze zu den gewöhnlichen Elektromagneten unter Berücksichtigung des nachstehenden Grundgedankens construiert ist. (D. R. P. 60150).

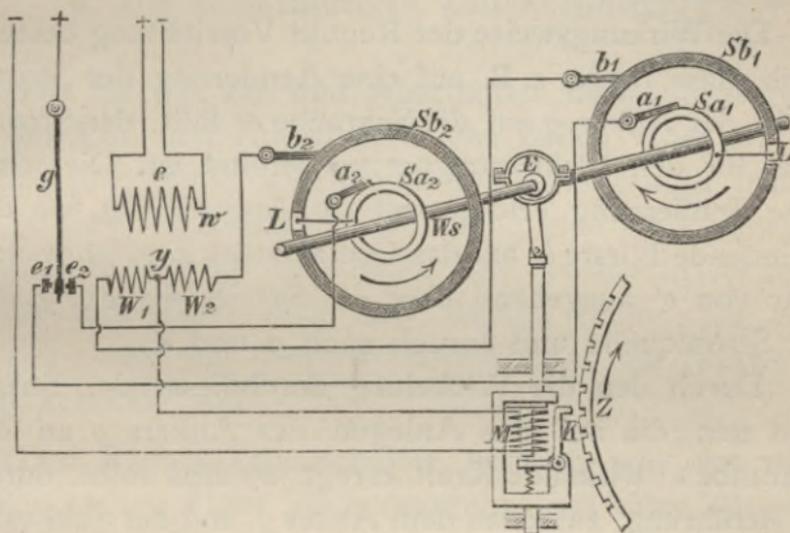
So lange der Strom durch die Umwindungen w des Elektromagnets e (Fig. 72) in ungeschwächter Stärke fliesst, wird der Anker g in seiner ihm für normale Verhältnisse bedingten Mittelstellung verharren. Treten indessen kleine Abweichungen in der Grösse der normalen Stromstärke ein, so wird ein Zittern des Ankers g entstehen und derselbe zuerst sich ganz locker an eine der Contactschrauben $e^1 e^2$ anlegen, so dass ein inniger Stromschluss nicht vorhanden ist, vielmehr ähnlich wie beim Selbstunterbrecher Schwingungen des Ankers g eintreten, bis die Aenderung in der Stromstärke so gross geworden ist, dass der Anker g an der zugehörigen Schraube liegen bleibt.

Die Schwingungen des Ankers g erzeugen nun an den Berührungsstellen mit den Schrauben $e^1 e^2$ Funken, welche auf die Reinheit dieser Stellen schädigend einwirken. Diesem Uebelstande hat nun die genannte Firma dadurch begegnet, dass sie dem Elektromagnet e drei Umwickelungen gegeben hat, von denen die Wickelungen w und w^2 sich unterstützen,

während die Wickelung w^1 entgegengewirkt gewunden ist.

Die Figur 72 zeigt die vereinfachte Anordnung. Die hin- und hergehende Bewegung des Zahnrades z wird nur durch einen Elektromagnet M mit Anker K bewirkt. Die Umwindungen des Elektromagneten M liegen einerseits an dem Knotenpunkte y der beiden

Fig. 72.



Hilfswickelungen $w^1 w^2$ des Relais e , andererseits an der zur Erregung dienenden Stromquelle. Die Hilfswickelungen $w^1 w^2$ liegen somit nicht in den Hauptleitungen, sondern im Stromkreise des Elektromagnets M .

Um den Stromkreis für die Bewegung des Zahnrades Z rechtzeitig unterbrechen zu können, sind auf der Welle W_s zwei Paare von Schleifringen Sa und Sb aufgesetzt. Das Paar Schleifringe $Sa^1 Sa^2$ ist vollständig aus leitendem, das andere Paar $Sb^1 Sb^2$ fast

ganz aus nicht leitendem Material hergestellt; letzteres Paar enthält nur die Contactstelle L , welche je mit den Schleifringen $Sa^1 Sa^2$ elektrisch verbunden ist. Beide Paare Schleifringe sind von einander isolirt,

Der Schleifring Sa^1 ist durch die Schleifbürste a^1 mit der Schraube e^1 , der Schleifring Sa^2 durch die Bürste a^2 mit der Schraube e^2 verbunden, während die Bürsten b^1 und b^2 mit den Wickelungen w^1 und w^2 in Verbindung stehen.

Die Wirkungsweise der Regulir-Vorrichtung besteht darin, dass, wenn z. B. auf eine Aenderung der Stromstärke der Anker g auf die Schraube e^1 fällt, der Stromkreis für den Elektromagnet vorbereitet ist. Die wirkliche Schliessung erfolgt erst im Augenblicke, wo die schleifende Bürste b^1 auf das Contactstück L gelangt, und zwar von e^1 ausgehend über $a^1, Sa^1, L, b^1, w^1, y, M$ die Stromquelle und zurück nach g und e^2 .

Durch den die Wickelung durchfliessenden Strom wird nun die auf das Anlegen des Ankers g an die Schraube e^1 wirkende Kraft erregt, so dass sofort durch die Berührung zwischen dem Anker g und der Schraube e^1 ein inniges Anliegen gesichert ist.

Sobald die Bürste b^1 infolge Drehung der Welle Ws die Contactstelle L verlässt, wird der Strom unterbrochen. Der Unterbrechungsfunken kann indessen auf die Schraube e^1 schädigend nicht einwirken, da die Unterbrechung nur bei L erfolgen kann und diese Stelle durch Reibung stets rein erhalten wird.

Um mit Hilfe des einen Elektromagnets M das Zahnrad Z nach links und rechts drehen zu können, müssen die Zeitpunkte, in welchen die Bürste b^1 (b^2) auf

L kommt und dadurch den Stromkreis schliesst, genau bestimmt zum Excentrik *E* liegen. Es greift alsdann die Klinke *K* einmal am Beginn des nach oben gerichteten Hubes, das andere Mal am Beginne des nach unten gerichteten Hubes an und dreht daher das Zahnrad bald links, bald rechts.

6. Die selbstthätigen Zellenschalter.

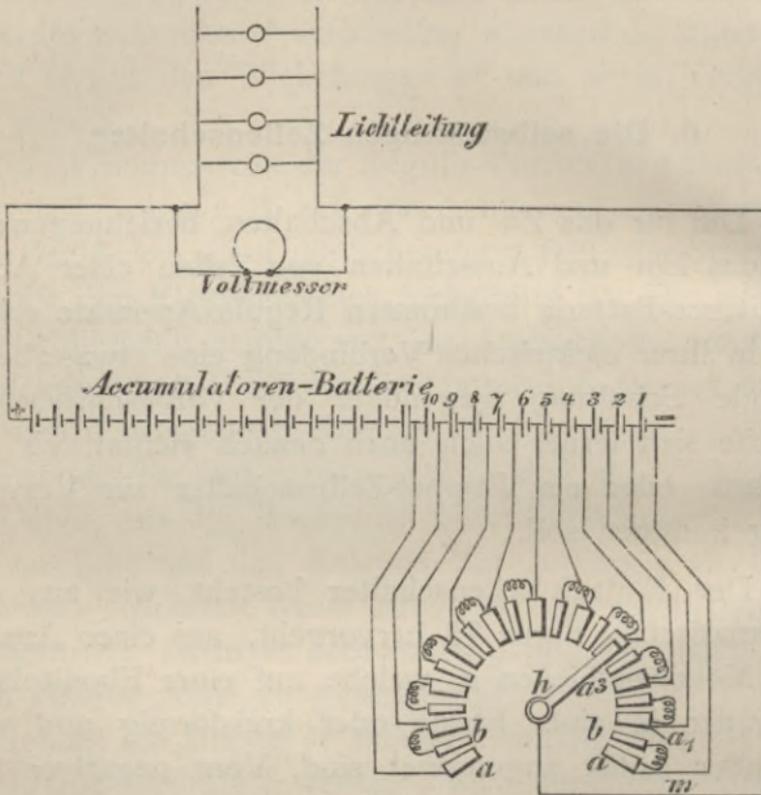
Die für das Zu- und Abschalten, beziehungsweise für das Ein- und Ausschalten von Zellen einer Accumulatoren-Batterie bestimmten Regulir-Apparate erhalten in ihrer elektrischen Verbindung eine etwas abweichende Schaltung gegenüber der vorbeschriebenen, welche sich ferner auch noch danach richtet, ob ein Einfach- oder ein Doppel-Zellenschalter zur Verwendung kommen soll.

Der Einfach-Zellenschalter besteht, wie aus der schematischen Figur 73 hervorgeht, aus einer Anzahl von Messingschienen *a*, welche auf einer Ebonitplatte entweder in einer Ebene oder kreisförmig und von einander isolirt angeordnet sind. Vom negativen Pol ausgehend werden diese Schienen mit den Zellen verbunden, wie es in der Figur 73 angedeutet ist.

Zwischen den Messingschienen *a* sind, isolirt von diesen, Zwischenschienen *b* angebracht, welche je durch einen Drahtwiderstand mit den zugehörigen Hauptschienen *a* verbunden sind, während sie je von den anderen benachbarten Hauptschienen isolirt bleiben.

Diese Zwischenschaltung des Widerstandes bezweckt einerseits eine allmähliche Regulirung, da der Strom nicht direct von einer Hauptschiene auf die andere übergehen kann, sondern erst den Regulir-Widerstand durch-

Fig. 73.



fließen muss, andererseits die Verhütung eines kurzen Schlusses für das aus-, bzw. einzuschaltende Element beim Uebergehen von einer Schiene auf die andere.

Das Fehlen der Verbindung zwischen der Schiene *a* und der nicht zugehörigen Schiene *b* wird dadurch bedingt, dass anderenfalls die abgeschalteten Zellen

unter sich kurz geschlossen sind. So würde z. B. die letzte Zelle der Accumulatoren-Batterie, sofern die Schiene b ausser mit der Schiene a auch noch mit Schiene a^1 verbunden wäre, über 1, Regulir-Widerstand, b und a in sich kurz geschlossen sein, somit sich entladen und zu jeder weiteren Thätigkeit unfähig werden.

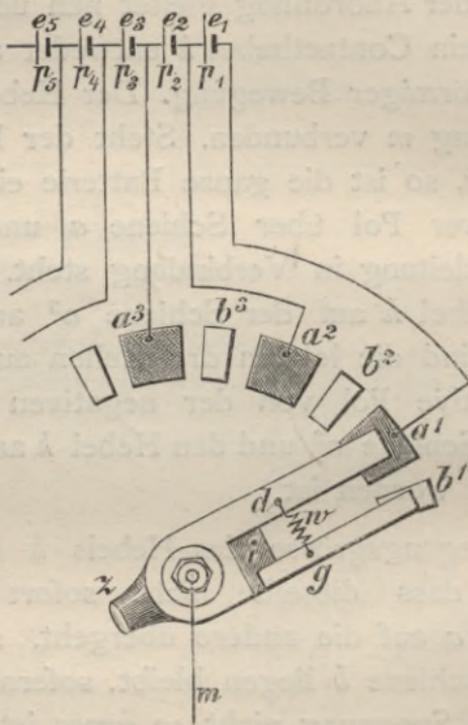
Je nach der Anordnung gleitet nun über die Messingschienen ein Contacthebel h entweder als Schlitten oder in kreisförmiger Bewegung. Der Hebel h ist mit der Rückleitung m verbunden. Steht der Hebel h auf der Schiene a , so ist die ganze Batterie eingeschaltet, deren negativer Pol über Schiene a und Hebel h mit der Rückleitung in Verbindung steht. Wenn dagegen der Hebel h auf der Schiene a^3 aufliegt (vgl. Fig. 73), so sind die letzten drei Zellen ausgeschaltet, da der negative Pol von der negativen Platte der Zelle 4 über Schiene a^3 und den Hebel h an die Rückleitung gelegt worden ist.

Die Bewegungsgrösse des Hebels h ist derartig eingerichtet, dass dieselbe nicht sofort von einer Hauptschiene a auf die andere übergeht, sondern auf der Zwischenschiene b liegen bleibt, sofern der Unterschied in der Spannung nicht so gross ist, dass eine Zelle ausgeschaltet werden muss. Der Widerstand stellt die Grösse einer halben Spannung einer Zelle dar.

Es ist bei der Bedienung des Zellschalters sorgfältig darauf zu achten, dass der Hebel h nie gleichzeitig auf zwei Schienen stehen bleibt; derselbe muss vielmehr in seiner Ruhelage stets nur auf einer Schiene stehen.

An Stelle der Widerstände zwischen je zwei Schienen a und b kann, wie dies z. B. von der Accumulatoren-Fabrik in Hagen i. W. geschieht, der Hebel h durch einen gabelförmigen Hebel z (Fig. 74) ersetzt werden, dessen Zinke g von der Zinke d durch

Fig. 74.



das Ebonitstück i isolirt, dagegen durch den zwei Volt darstellenden Widerstand w verbunden ist. Die Zinke d steht über den Hebel z mit der Rückleitung m in Verbindung.

In der gezeichneten Stellung des Hebels z ist die volle Batterie eingeschaltet. Wird nun der Hebel z verschoben, so gelangt die Zinke g bereits an die

Schiene a^1 , bevor die Zinke d dieselbe verlassen hat. Kommt später der Hebel z mit der Zinke d auf der Schiene b^2 und mit der Zinke g auf Schiene a^1 zur Ruhe, so ist die Batterie zwar noch ganz, indessen über den Widerstand w eingeschaltet.

Geht nun der Hebel z weiter, so erreicht die Zinke d die Schiene a^2 , bevor die Zinke g die Schiene a^1 verlassen hat. Die Zelle e^1 ist alsdann über p^1, a^1, g, w, d, a^2 und p^2 geschlossen; es hat dies aber keinen Nachtheil, da die Zelle e^1 durch den Widerstand w voll beansprucht wird. Sobald die Zinke d voll auf der Schiene a^2 aufliegt, steht die Zinke g auf der todten Schiene b^2 ; die Zelle e^1 ist abgeschaltet.

*

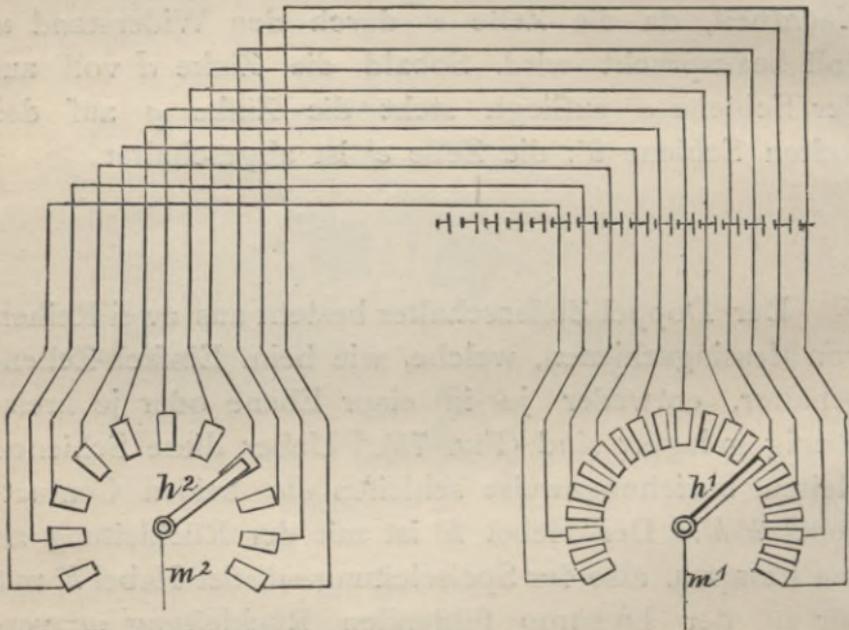
Der Doppel-Zellenschalter besteht aus zwei Reihen von Messingschienen, welche, wie beim Einfach-Zellenschalter, entweder je in einer Ebene oder je kreisförmig gelagert sind (Fig. 75).³ Ueber diese Schienen gleiten, beziehungsweise schleifen die beiden Contacthebel $h^1 h^2$. Der Hebel h^1 ist mit der Rückleitung zu den Lampen, also der Speiseleitung m^1 , der Hebel h^2 mit der zu der Dynamo führenden Rückleitung m^2 verbunden. Die beiden Contacthebel $h^1 h^2$ sind von einander isolirt angebracht und getrennt von einander bewegbar.

Will man während des Ladens das beständige Hin- und Hergehen des mit der Wartung des Accumulators beauftragten Mannes vermeiden, so kann in die Rückleitung zur Maschine an geeigneter Stelle ein

Voltmeter aufgestellt werden, mit dessen Hilfe zu jeder Zeit die Spannung abgelesen werden kann.

Der Hebel h^1 hat die Bestimmung des Einfach-Zellenschalters zu erfüllen; er dient also dazu, die Unterschiede in der Spannung zwischen Dynamo und Batterie auszugleichen und kommt daher nur bei der

Fig. 75.



Entladung in Thätigkeit. Der Hebel h^2 hat dagegen den Zweck, während des Ladens in Thätigkeit zu treten und die Endzellen, welche während der Entladung weniger beansprucht werden, als die vor dem Zellenschalter liegenden Elemente, auszuschalten, sobald diese voll geladen sind.

Der Hebel h^1 für die Entladung wird von Hand oder selbstthätig, der Hebel h^2 für die Ladung nur von Hand verstellt.

*

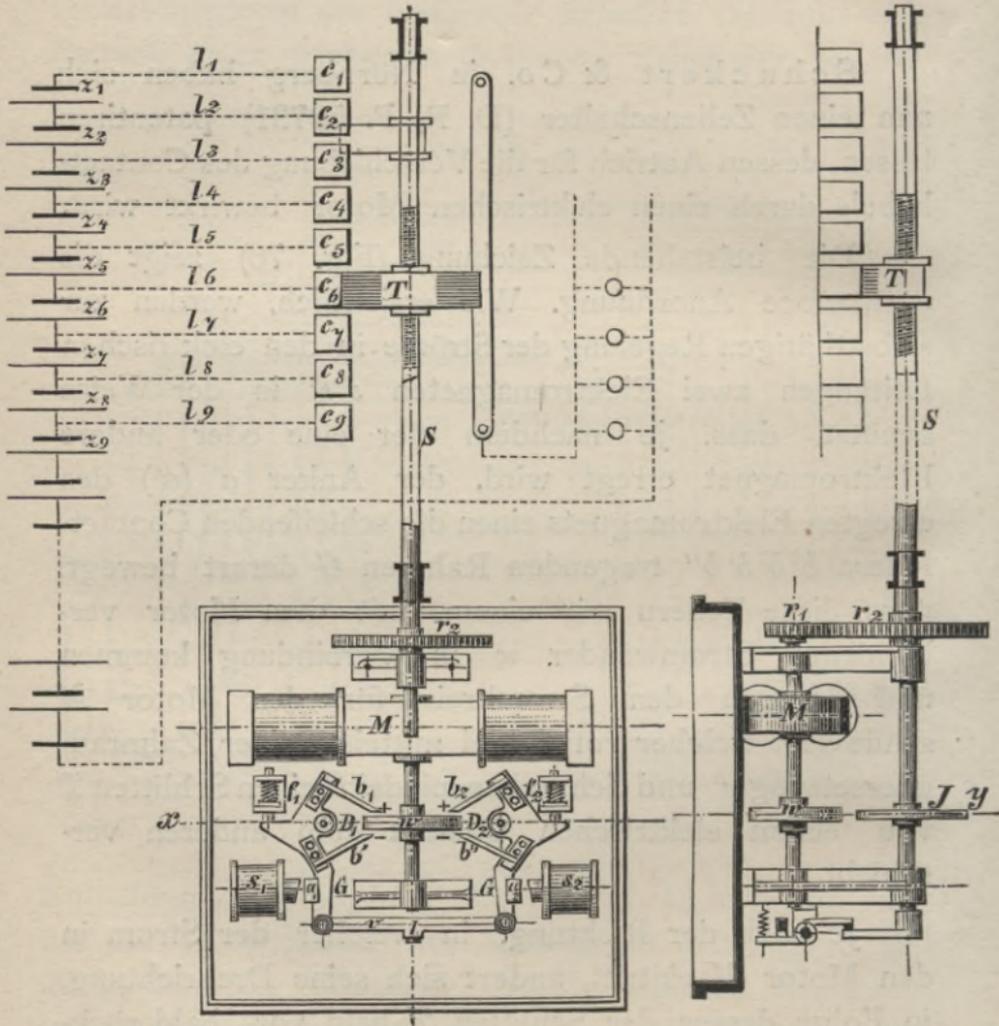
Schuckert & Co. in Nürnberg haben sich nun einen Zellschalter (D. R. P. 59731) patentiren lassen, dessen Antrieb für die Verschiebung des Contacthebels durch einen elektrischen Motor bewirkt wird.

Die beistehende Zeichnung (Fig. 76) zeigt die entworfene Anordnung. Wie ersichtlich, werden zur selbstthätigen Regelung der Ströme in den elektrischen Leitungen zwei Elektromagneten $s^1 s^2$ in der Weise benützt, dass, je nachdem der eine oder andere Elektromagnet erregt wird, der Anker a^1 (a^2) des erregten Elektromagnets einen die schleifenden Contactfedern $b^1 b^2 b^3 b^4$ tragenden Rahmen G derart bewegt, dass diese Federn mit einem, mit dem Motor verbundenen Stromwender w in Verbindung kommen und dadurch den Stromkreis für den Motor M schliessen, welcher rotirt und mittelst einer Zahnradübersetzung r^2 und Schraubenspindel S einen Schlitten T von einem elektrischen Contact zum anderen verschiebt.

Je nach der Richtung, in welcher der Strom in den Motor M eintritt, ändert sich seine Drehrichtung, in Folge dessen der Schlitten T bald vor-, bald rückwärts bewegt wird, so dass durch die entstehenden Stromänderungen, welche die Erregung eines der beiden Elektromagnete $s^1 s^2$ bedingen, eine selbst-

thätige Aus- und Einschaltung von Widerständen, Zellen einer Secundärbatterie u. dgl., somit eine selbst-

Fig. 76.



thätige Regelung der Stromverhältnisse in elektrischen Leitungen erzeugt wird.

Es ist bei diesem selbstthätigen Regler die Anordnung getroffen, dass der Schlitten T so weit verschoben wird, dass er nie auf einem Zwischenraum zwischen zwei Contacten und auch nie auf zwei Contacten zugleich stehen bleiben kann, sondern dass er stets nur einen Contact berührt.

Die Wirkungsweise dieser Regulir-Vorrichtung ist wie folgt:

Bei Erregung des Elektromagnets s^1 wird der Anker a^1 und mit diesem der Rahmen G in eine der beiden Endstellungen gezogen, in Folge dessen die Bürsten $b' b''$ mit dem Stromwender w in Berührung kommen, so dass der Strom durch den Motor M geht und dieser zu rotiren beginnt. Die Drehung des Motors M wird durch die Zahnradübersetzung $r^1 r^2$ auf die Schraubenspindel S und den Schlitten T übertragen.

Die Gewindesteigung an der Schraubenspindel S ist nun derartig getroffen, dass eine Umdrehung der letzteren einer Verschiebung des Schlittens T von einem Contactstück auf das benachbarte entspricht.

Die Drehung erfolgt bis zu der durch Abfallen des Ankers a^1 herbeizuführenden Unterbrechung des Motorstromkreises. Es wird nämlich der Rahmen G unter der Einwirkung der Feder f^1 in seine normale Stellung zurückgebracht, in Folge dessen die Bürsten $b' b''$ vom Stromwender w abgehoben werden und den Motorstromkreis unterbrechen.

Wird der Elektromagnet s^2 erregt, so entsteht eine Anziehung des Ankers a^2 . Der Rahmen G tritt

alsdann mit den Bürsten $b^1 b^3$ an den Stromwender w , in Folge dessen der Strom in einer der früheren Richtung entgegengesetzten Richtung in den Motor M fließt und diesen daher auch in entgegengesetztem Sinne dreht, welche Drehung auf den Schlitten T übertragen wird.

Der chemische Vorgang in dem Accumulator.

Neben den eigenen Arbeiten von Planté, welche er in den »Recherches sur l'Electricité« niedergelegt hat, haben Gladstone und Tribe sich in eingehender Weise mit dem chemischen Vorgang in dem Accumulator befasst (E. Z. 1882). Ferner hat Dr. Aron eine eingehende Studie über denselben Gegenstand angestellt und in der E. Z. 1883 veröffentlicht.

Eine treffliche Zusammenstellung der bis 1888 gegebenen Erklärungen über den chemischen Vorgang im Accumulator findet sich in dem Werke von E. Hoppe, »Die Accumulatoren für Elektrizität«. An diese Zusammenstellung schliessen sich die Arbeiten von Kohlrausch und Heine (E. Z. 1889), von Frankland und Ayrton (E. Z. 1890), von Ayrton, Lamb und Smith (E. Z. 1891) und von Dr. Hans Strecker (E. Z. 1891). Weitere Abhandlungen enthalten Comptes Rendus 1882, Poggendorff's und Wiedemann's Annalen, Lumière Electrique u. s. w.

Die vielfachen Untersuchungen über den chemischen Vorgang im Accumulator hier in vollem Um-

fange wiederzugeben, würde über den Rahmen dieses Werkes hinausgehen. Unter Hinweis auf die angezogene Literatur und auf die von Planté gegebene Darstellung des chemischen Processes möge zunächst kurz die im Accumulator auftretende Zersetzung erklärt werden, um daran die Ergebnisse der Untersuchungen von Strecker ebenfalls in kurzer Abhandlung anzuschliessen.

*

Wenn der elektrische Strom durch den Accumulator, dessen Elektroden z. B. mit Bleioxyd ($Pb O$) bekleidet sind, hindurchgeleitet wird, so wird das Wasser zersetzt und es scheidet sich der Sauerstoff des Wassers an derjenigen Platte aus, an welcher der positive Strom in den Accumulator eintritt; er verbindet sich mit dem dort vorhandenen Bleioxyd zu Bleisuperoxyd ($Pb O_2$). An derjenigen Platte, wo der positive Strom austritt, scheidet sich der Wasserstoff aus, welcher dem Bleioxyd den Sauerstoff entzieht und sich mit demselben zu Wasser verbindet. Es bleibt von dem Bleioxyd nun das metallische Blei zurück, welches sich in fein vertheilter Form auf der negativen Platte niederschlägt und dort eine Schicht schwammigen Bleies bildet.

Dieser Vorgang entspricht zwar nicht ganz genau den Thatsachen; er ist indessen vollkommen geeignet, um für die Praxis ein genügend klares Bild von der in der Zelle des Accumulators auftretenden chemischen Arbeit zu geben, zumal, wie bereits erwähnt, eine genaue Erklärung über den im Accumulator statt-

findenden Process bis jetzt so wie so noch nicht vorhanden ist.

Sobald nun die vorhandenen Bleioxydmassen in vollem Umfange chemisch verändert sind, finden die entstehenden Sauer- und Wasserstoffgase keine Angriffsobjecte mehr und müssen alsdann in Perlen und Blasen als Gase entweichen. — Der Accumulator ist voll geladen. —

Wir haben jetzt wieder wie beim Planté'schen Accumulator zwei Elektroden von verschiedener Beschaffenheit und es findet daher bei der Entladung des Accumulators der bereits S. 39 beschriebene Vorgang statt, bis die Elektroden ihren normalen Zustand wieder erlangt haben. — Der Accumulator ist entladen. —

In Betreff der auf den positiven Platten gebildeten Bleisuperoxydschicht muss noch bemerkt werden, dass die eigenthümliche Farbe dieser Schicht eine besondere Aufmerksamkeit erregte. Während Bleisuperoxyd braun aussieht, zeigt die geladene, positive Platte eine Schicht von blauschwarzer Farbe. Ein derartiger Körper ist von Wernicke*) als ein Superoxydhydrat bei der Elektrolyse von alkalischen Flüssigkeiten zwischen Bleiplatten nachgewiesen. Wernicke schreibt für diese Verbindung die Formel: $Pb O_2 + H_2 O$, also eine Verbindung von Bleisuperoxyd und Wasser. Aron schlägt vor, dieselbe: $Pb O + H_2 O_2$ zu schreiben, also den Körper als eine Verbindung von Bleioxyd und Wasserstoff-Superoxyd anzusehen.

*) Pogg. Ann. 139 S. 132 u. 141 S. 109; Hoppe S. 151.

Strecker hat nach seinen Untersuchungen gefunden, dass wir es auf der Anode nur mit Bleisuperoxyd zu thun haben.*)

Ayrton, Lamb & Smith, welche in der Veröffentlichung ihrer Untersuchungen besonders darauf hinweisen, dass in Accumulatoren mit Füllmasse (zur Zeit seit 16 Jahren bekannt) diese chemischen Vorgänge während der verschiedenen Stadien der Ladung und Entladung nur geschätzt, keineswegs aber durch entscheidende Versuche endgiltig festgestellt worden seien, haben nun die Füllmasse von positiven und negativen Platten eines *EPSC*-Accumulators für alle Stadien der Ladung und Entladung untersucht.**)

Was das Aussehen der Platten während des Ladens anbetrifft, so hat sich Folgendes ergeben, wobei noch bemerkt wird, dass die Platten mit 9 Amp. geladen und mit 10 Amp. entladen wurden, und dass die Ladung bis auf $2.4 V$, die Entladung dagegen bis nahezu auf Null getrieben wurde.

Die Curve in Figur 77 zeigt den Ladestrom, diejenige in Fig. 78 den Entladestrom in seinen verschiedenen Spannungen. Die Herausnahme von Proben fand statt an den Punkten *A*, *B*, *C* und *D* während der Ladung und bei *A'*, *B'*, *C'* und *D'* während der Entladung.

Während der Ladung und Entladung zeigten die beiden Elektroden ein verschiedenes Aussehen, sowie

*) E. Z. 1891, S. 525.

***) E. Z. 1891, S. 66.

Fig. 78.

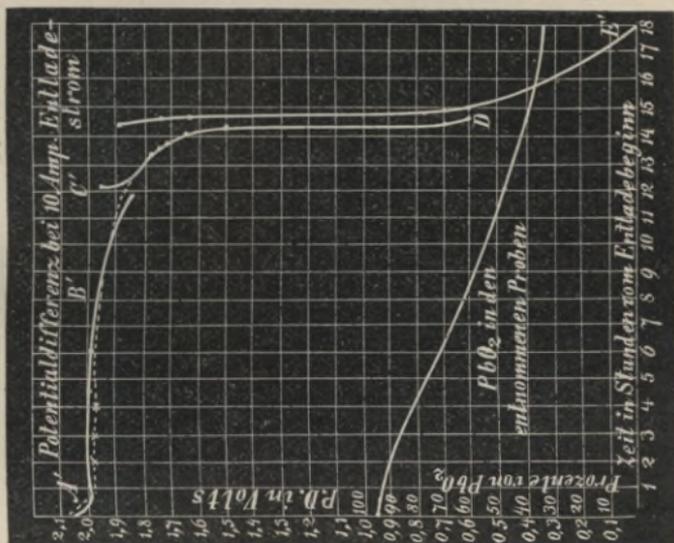
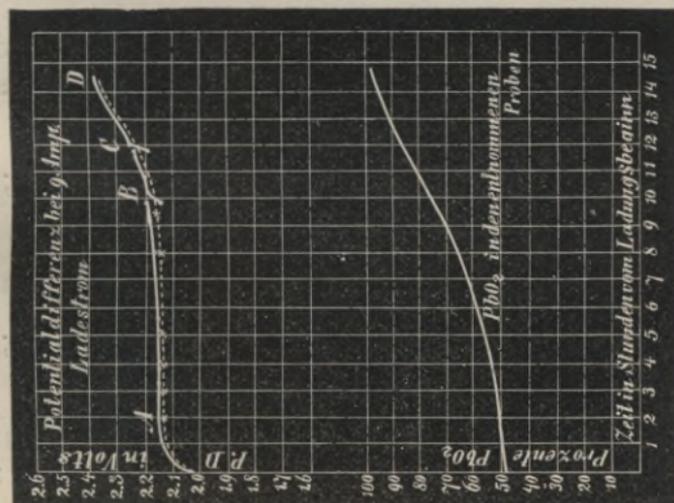


Fig. 77.



einen sich ändernden Härtegrad der activen Masse, und zwar gestaltete sich der Vorgang, wie folgt:

Ladung.

Positive Platten.

Negative Platten.

Punkt *A*, Fig. 77; Klemmenspannung 2·134 *V*; spec. Gew. der Säure 1·178.

Der obere Theil der Platten zeigte eine graubraune Farbe und war anscheinend mit einer dünnen Schicht weissen Bleisulfats überzogen; unterer Theil der Platten rothbraun; obere Füllmasse hart, untere ganz weich.

Oberer Theil der Füllmasse am weichsten.

Punkt *B*, Fig. 77; Klemmenspannung 2·2 *V*; spec. Gew. der Säure 1·198.

Füllmasse keine Spur von weiss, überall etwas dunkler rothbraun wie vorher.

Füllmasse oben und unten härter als zuvor, speciell oben.

Punkt *C*, Fig. 77; Klemmenspannung 2·234 *V*; spec. Gew. der Säure 1·201.

Vorige Ladung vermehrt. | Vorige Ladung vermehrt.

Punkt *D*, Fig. 77; Klemmenspannung 2·4 *V*; spec. Gew. der Säure 1·206.

Platten von tiefbrauner Farbe des Bleisuperoxyds; obere Theile der Füllmasse weicher, untere wie anfänglich.

Starker Metallglanz der Füllmasse wie Silber; obere Theile am härtesten.

Das Aussehen der positiven Platten geht somit während des Ladens von einer graubraunen, beziehungsweise rothbraunen Farbe allmählich in eine tiefbraune Farbe des Superoxyds über; die Füllmasse ist im oberen Plattentheil hart und wird etwas weicher, die Masse im unteren Theile ist ganz weich. Bei den negativen Platten ist eine Umkehrung vorhanden. Die Füllmasse derselben hat am Ende der Ladung starken Metallglanz; sie ist anfänglich oben weicher als unten, wird dann allmählich überall härter und schliesslich oben härter als unten.

Entladung.

Positive Platten

Negative Platten.

Punkt *A'*, Fig. 78; Klemmenspannung 1·908 *V*; spec. Gew. der Säure 1·205.

Füllmasse oben härter als unten.	Füllmasse ebenso stark metallisch glänzend wie beim Ladungsende.
----------------------------------	--

Punkt *C'*, Fig. 78; Klemmenspannung 1·850 *V*; spec. Gew. der Säure 1·180.

Füllmasse viel härter.	Platten entschieden weiss durch und durch.
------------------------	--

Punkt *D'*, Fig. 78; Klemmenspannung 0·6 *V*; spec. Gew. der Säure 1·175.

Füllmasse sehr hart besonders unten.	Füllmasse etwas weicher.
--------------------------------------	--------------------------

Punkt *E'*, Fig. 78; Klemmenspannung 0 *V*; spec. Gew. der Säure 1·172.

Füllmasse so hart, dass sie bei Entnahme splitterte.	
--	--

Die Gasentwicklung an den negativen Platten verschwand, sobald die Entladeklemmenspannung auf $1.85 V$ fiel (Punkt C' , Fig. 78) und begann wieder am Ende der Entladung.

Die Abnahme der Klemmenspannung gegen Ende der zu weit getriebenen Entladung erfolgte sehr rasch was daraus erklärlich ist, dass das Bleisuperoxyd ($Pb O_2$) an der negativen Platte rascher gebildet wird, als es die localen Wirkungen entfernen könnten, es wurde dies durch die chemische Analyse der bei D' (Fig. 78) entnommenen Proben erwiesen.

In dem Eingang seiner Untersuchungen weist Dr. Strecker darauf hin, dass die Theorie des chemischen Vorganges in den Blei-Accumulatoren erst dann richtig wiedergegeben werden kann, wenn die chemische Zusammensetzung der Körper, welche bei der Ladung und Entladung des Accumulators in Wechselwirkung treten, genau erkannt ist, dass daher die directe chemische Analyse der Plattenüberzüge, wie solche von Ayrton u. s. w. ausgeführt wurde, diese Frage nicht lösen kann, weil die auf den Elektroden niederschlagenden Ionen sich schon in der Schwefelsäure der Zelle und in Berührung mit Luft zersetzen.

Strecker behandelt nun zunächst die Frage, ob auf den Bleiplatten Bleisulfat gebildet werde. Nachdem derselbe die Erörterung der verschiedenen Autoren für und wider die Bildung von Sulfat auf den Platten besprochen hat, gelangt er zu der Ueberzeugung, dass sich während der Ladung Bleisulfat auf den Platten zersetzt und Schwefelsäure frei wird, dagegen während

der Entladung Schwefelsäure ($H_2 S O_4$) aus dem Elektrolyt verschwindet, um Bleisulfat ($Pb S O_4$) zu bilden.

Ueber die Rolle, welche dem Bleisulfat in dem chemischen Prozesse der Ladung und Entladung zukommt, lassen sich, wie Strecker angiebt, zwei Theorien aufstellen:

1. Die Entladung ist die Folge Entstehens von Bleisulfat auf den beiden Elektroden, während die Ladung in der Beseitigung des Bleisulfats besteht.

2. Die Bildung und die Zerstörung von Bleisulfat ist nur eine Begleiterscheinung anderer Reactionen und für die Wirkung des Elementes unwesentlich.

Alsdann wurde die Frage der Erschöpfung des Accumulators oder die Ursache des Verfalls der E. M. K. des Accumulators von Dr. Strecker behandelt und es gelangt derselbe nach seinen Untersuchungen zu der Folgerung, dass bei den bekannten Arten von Accumulatoren und bei einer vorschriftsmässigen Behandlung derselben der Spannungsabfall in der Zelle nur von der Erschöpfung der Kathode herrührt, dass mithin die Oxydation des Bleischwammes die Erschöpfung der Zelle bedingt.

Nachdem Strecker noch eine eingehende Studie über die chemische Natur der Anode und Kathode angestellt hat, giebt derselbe als Ergebniss der Versuche über den chemischen Vorgang im Accumulator die nachstehende Theorie:

»Schliessen wir den Ladungsstrom, so wird Wasser zersetzt. Es tritt dann an der Anode Sauerstoff auf, der schwefelsaures Blei zu Bleisuperoxyd oxydirt. An

der Kathode reducirt der elektrolytische Wasserstoff Bleisulfat und Bleioxyd zu metallischem Blei,

Beide Platten sind geladen, wenn an ihnen Gas stürmisch entweicht. Bei der Entladung wird wieder Wasser zersetzt, jedoch so, dass diesmal an der Anode Wasserstoff auftritt, welcher Bleisuperoxyd zu Bleioxyd reducirt. Dieses Bleioxyd bildet nun mit Schwefelsäure Bleisulfat. An der Kathode tritt der Sauerstoff auf, der Blei zu Bleioxyd oxydirt, welches mit Schwefelsäure Sulfat bildet. Ausser diesen Producten bildet sich nach Streintz*) bei der Entladung auf der negativen Platte neben Bleioxyd noch Bleisuperoxyd, dessen geringere oder grössere Menge von der Stromdichte abhängen wird.

Neben dem Hauptprocess treten noch Nebenprocesse auf, die man mit dem Namen der »Localaction« bezeichnet hat. Diese Processe gehen schon in der offenen Zelle vor sich und können auch während Ladung und Entladung nebenher auftreten. Sie sind insofern von Belang, als sie Bleisulfat bilden, welches einen Verlust an Strom bedeutet und ausserdem für die Platten schädlich ist.

Für die Betrachtung des die Stromwirkung verursachenden chemischen Vorganges in dem Accumulator hat die Localaction jedoch keine wesentliche Bedeutung, da sie ja immer nur Sulfat, bzw. Superoxyd erzeugt.

Cantor**) hat festgestellt, dass der Wasserstoff,

*) Wiedem. Ann. 1889, Bd. 38.

**) Cantor. Monatshefte für Chemie (Wien). Bd. XI., S. 438 und 441.

der bei der Ladung und Entladung nicht frei auftritt, sich mit Sauerstoff zu Wasser vereinigt, indem er entweder $Pb O$ oder $Pb SO_4$, das wir ja als $Pb O SO_3$ schreiben können, den Sauerstoff entzieht.

Es muss also die Aenderung des specifischen Gewichtes bei der Ladung abhängen von dem Wasserstoff, der gasförmig entweicht, also kein Wasser zurückbildet, ausserdem aber von der Menge SO_3 , die durch Reduction des schwefelsauren Bleioxydes frei ward, schliesslich von der Menge SO_3 , die dem Sauerstoff äquivalent ist, der zur Oxydation des schwefelsauren Bleioxydes verbraucht wurde.

W. Kohlrausch und C. Heim*) haben gezeigt, dass die beobachtete Aenderung des specifischen Gewichtes bei Ladung und Entladung mit den einfachen Gleichungen übereinstimmt, indessen drücken ihre Gleichungen nicht aus, dass Ladung und Entladung in erster Linie durch das an den Platten wechselnde Auftreten der Gase bedingt werden.

Strecker hat deshalb Gleichungen aufgestellt, welche der von W. Kohlrausch und C. Heim im Wesentlichen quantitativ entsprechen.

Diese Gleichungen zeigen deutlich die den Gasen zukommenden Rollen. Bei der Ladung und Entladung wird ein Molecül Wasser zersetzt. Die auftretenden Gase H_2 und O setzen beide je ein Molecül SO_3 in Freiheit, welches sich dann mit $H_2 O$ zu $H_2 SO_4$ vereinigt.

Der in Reaction tretende Wasserstoff bildet stets wieder Wasser zurück, so dass also die Aenderung des

*) W. Kohlrausch und C. Heim. E. T. Z. 1889, Bd. X., S. 327 und 328.

specifischen Gewichtes nur von dem wechselnden Gehalt der Säure an SO_3 herrührt, wenn man von dem geringen Verluste absieht, der durch das Entweichen von Wasserstoff entsteht.

Andere Reactionsproducte, wie Wasserstoffsperoxyd, Ueberschwefelsäure, schweflige Säure und Schwefelwasserstoff, welch' letztere öfter von Strecker bemerkt wurden, können bei dem chemischen Vorgang in dem Accumulator in untergeordnetem Maasse zwar auftreten, sind jedoch nicht von Bedeutung für den stromgebenden Process.

In ganz neuer Zeit hat nun Dr. Moscheles*) noch auf eine secundäre Verbindung, welche im Accumulator durch Schwefelsäure gebildet wird, hingewiesen. Es ist dies eine neue Oxydationsstufe des Schwefels und von Traube Schwefeltetroxyd (SO_4) genannt. Berthelot fand, dass bei der Einwirkung eines starken elektrischen Stromes auf ein Gemenge von schwefliger Säure (SO_2) und Sauerstoff (O) sich neben der Schwefelsäure (SO_3) noch ein Körper von der Zusammensetzung S_2O_7 bildet, welcher nach späteren Untersuchungen von Traube nur die Lösung eines Körpers von der Zusammensetzung SO_4 in SO_3 sein kann und demnach Sulfurhyperoxyd ist.

Nach weiteren Angaben gelangt Moscheles zu dem Schlusse, »dass unter der Annahme der secundären Bildung von SO_4 im Accumulator unter geeigneten Verhältnissen es zuweilen vorkommen muss, dass derselbe beim wiederholten Laden und Entladen eine Unwirksamkeit erleidet, welche einhergeht mit

*) Mitth. des Berl. Elektrotechn. Vereins Nr. 2, 1892.

einer Abscheidung von Blei und Bleisulfat auf der Superoxydplatte unter Entwicklung von inactivem Sauerstoff, was auch schon thatsächlich theilweise beobachtet worden ist.

Für die weitere Entwicklung der Accumulatoren ist es nun von grösster Wichtigkeit, der Frage näher zu treten, ob sich auf der positiven Platte in der That Bleisuperoxydhydrat, sowie die secundäre Verbindung SO_4 im Accumulator bildet. Bis jetzt hat die Elektrochemie die Lösung dieser Frage noch nicht erzielt. Allerdings ist nicht zu verkennen, dass mannigfache Schwierigkeiten in Betreff der Lösung dieser Frage zu überwinden sein werden; indessen scheint eine gedeihliche weitere Entwicklung der Accumulatoren in ersterer Linie von der Lösung dieses Problems abzuhängen, da dadurch eine andere Gestaltung des gegenwärtig erheblich schweren Accumulators nicht ausgeschlossen erscheint.«

Wir wissen, dass das erhebliche Gewicht nicht allein, sondern auch die Dauerhaftigkeit des Accumulators der Verwendung desselben in manchen Fällen hindernd im Wege steht. Der Vortheil, welcher somit durch die Verminderung des Gewichtes und die Erhöhung der Dauerhaftigkeit herbeigeführt wird, darf daher als ein ganz enormer bezeichnet werden, und dieser Umstand sollte sicherlich die Elektrochemiker zu weiteren Untersuchungen über die inneren Vorgänge im Accumulator anzuregen vermögen, umsomehr, als mit der Lösung dieser Frage ganz erhebliche, pecuniäre Einnahmen verbunden sind.

Das Zusammensetzen und Laden der Accumulatoren.

1. Das Zusammensetzen.

Es ist jedem Fachmann zur Genüge bekannt, dass eine galvanische Batterie sorgfältig angesetzt und überwacht sein will, soll dieselbe einen entsprechend constanten Strom abgeben und eine entsprechende Lebensdauer aufweisen. Bei den gewöhnlichen Batterien, bei denen die Elementgefäße durchweg aus Glas bestehen, können unbeschadet der Spannung diese Gefäße ohne ein Zwischenstück von isolirendem Material beliebig aufgestellt werden, wobei allerdings Bedacht genommen werden muss, dass die Gläser sich nicht berühren und dass die Elektroden der benachbarten Gefäße nicht gegen einander stossen.

Eine Berührung der Elementengefäße würde nämlich in allen Fällen, wo die Ränder sich mit einer Salzkruste überziehen, zu Kurzschluss Anlass geben; dasselbe würde bei Gegeneinanderstossen der Elektroden geschehen.

Wenn nun auch sehr häufig, z. B. in der Telegraphie, Batterien von einer erheblichen Anzahl von

Elementen, also von hoher Spannung — z. B. für eine lange Telegraphenleitung Batterien von 160 Meidinger = 160 Volt — zur Verwendung kommen, so kann trotzdem von einer aussergewöhnlichen Isolation der Gefässe in dem Batterieschrank oder in den Fachwerken Abstand genommen werden, weil in Anbetracht des zu überwindenden, bedeutenden Leitungs-Widerstandes die verlangte Stromstärke nur eine sehr geringe ist.

Die Anforderungen, welche man einer galvanischen Batterie angedeihen lassen muss, um von ihr die constante Arbeit zu verlangen, müssen in Anbetracht der geforderten, grossen Stromstärken in erheblich höherem Maasse auf die Accumulatoren übertragen werden. Namentlich ist ein Hauptaugenmerk darauf zu richten, ob die Gefässe durch besondere Theile aus nicht leitendem Materiale vom Gestelle gut isolirt, ob die zur Aufnahme der Elektroden-Abführungen dienenden Bleileisten gut aufgepasst und ob die Bleileisten gut unter einander verlöthet sind.

Bei grossen Batterien für grössere Spannungen wendet man noch die Vorsicht an, dass auch die Holzgestelle, auf denen die Zellen bereits isolirt aufgestellt sind, noch mittelst Isolirfüssen vom Erd- beziehungsweise Fussboden isolirt werden.

Die als Elementengefässe zur Verwendung kommenden Behälter bestehen entweder in Glasgefässen oder, wie dies z. B. bei der Accumulatoren-Fabrik System Tudor in Hagen i/W. der Fall ist, in Holzgefässen mit Bleiausschlag; erstere dienen zur Aufnahme der kleineren, letztere zu derjenigen der grösseren

Batterien. Auch werden Gefässe von Teakholz vielfach verwendet.

Je nach der verlangten Leistung, beziehungsweise um die Elemente verschiedenen Leistungen anpassen zu können, werden die Blei-Elektroden in verschiedener Grösse verwendet. Hierbei ist im Allgemeinen die Anordnung getroffen, dass von den zu negativen Elektroden bestimmten Platten eine mehr vorhanden ist, als von den zu positiven Elektroden bestimmten.

Es werden nun die erste, dritte, fünfte u. s. w. Bleiplatte durch eine gemeinschaftliche Bleileiste und ebenso die zweite, vierte, sechste u. s. w. Bleiplatte — selbstredend isolirt von den ungeraden Platten — durch eine gemeinschaftliche Bleileiste miteinander verbunden. Je nachdem nun die Zellen neben- oder hintereinander geschaltet werden sollen, werden die Leisten der ungeraden und geraden Bleiplatten je untereinander in Verbindung gebracht, oder es wird die Leiste der positiven Platten der einen Zelle an die Leiste der negativen Platten der zweiten Zelle u. s. w. geführt.

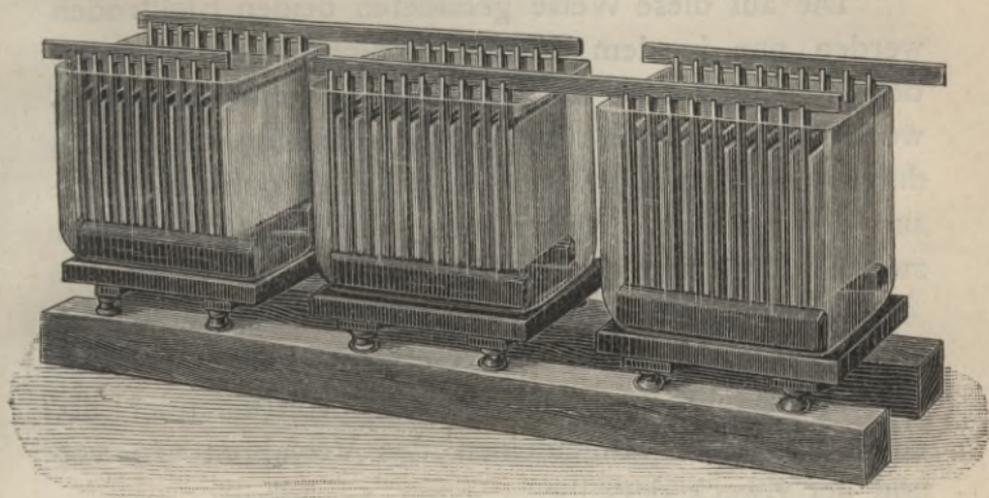
In beistehender Figur 79 sind drei Zellen auf Spannung, d. i. in Reihen oder hintereinander geschaltet. Jede Zelle enthält 6 positive und 7 negative Platten; die Abführungsleisten führen vom negativen Pol der einen Zelle zum positiven Pol der anderen Zelle.

Die vorerwähnte Schaltung einer positiven Platte zwischen zwei negative, wodurch die beiden Seitenflächen der ersteren ausgenützt werden, ging, wie Hoppe behauptet, von Volkmar aus. Dies ist nicht zutreffend, da Metzger bereits eine derartige Zusammenstellung der Elektroden benützte. Sind nun mehr als

drei Platten in einer Zelle vorhanden, so findet ebenfalls auch eine Ausnützung der beiden Seitenflächen der negativen Platten statt, sofern diese nicht die Polplatten bilden (vergl. Thomsen S. 21).

Wenn schon dadurch, dass die Platten an die Bleileisten gelöthet sind und dass dieselben bedeutende

Fig. 79.



Schwere haben, eine gewisse Sicherheit in dem gleichmässigen Stande der Elektrodenplatten vorhanden ist, so hat man trotzdem gegen Zufälligkeiten, Nachlässigkeiten u. dergl. Vorsichtsmaassregeln treffen müssen, um den gleichmässigen Abstand der Platten von einander zu sichern und somit alle und jede Möglichkeit der Berührung der Platten auszuschliessen.

Bei der Beschreibung einiger Accumulatoren ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die Platten durch Glasrohre, paraffinirte Hölzer, Gummipflöcke,

Streifen aus Hartgummi, Glas u. dergl. in regelmässigem Abstände gehalten werden. Es wird nun ausserdem noch der ganze Satz Platten, welche zu einer Zelle gehören, mit einem oder zwei Gummiringen zusammenge-spannt, nachdem vorher gegen die Trennstücke der beiden äusseren, negativen Platten je eine Platte aus Glas, Holz oder dergl. und um diese der oder die Gummiringe gelegt worden sind.

Die auf diese Weise gebildeten beiden Elektroden werden nun in dem Glasgefäss nicht unmittelbar auf den Boden, sondern auf isolirende Unterlagen gestellt, wobei der Zweck im Auge behalten werden muss, dass durch etwa herausfallende Theile der activen Masse aus den positiven Platten eine Verbindung zwischen zwei Platten nicht eintrete.

Die Art der Anbringung der isolirenden Unterlagen auf dem Boden des Gefässes weicht bei den verschiedenen Constructeuren zwar von einander ab, indessen ist im Allgemeinen das Verfahren wie vor und der Zweck derselbe.

Um das übermässige Verdampfen der Erreger-Flüssigkeit, wie dies ja in galvanischen Elementen tagtäglich beobachtet werden kann, zu verhüten, stellt man die Accumulatoren-Batterie, wenn möglich, in trockenen, ja nicht in feuchten Keller-räumen auf, andernfalls in solchen trockenen Räumen, in denen die Temperatur möglichst niedrig und constant ist. Da ausser der Verdampfung noch ein Verlust durch Aufsteigen und Zerplatzen der Gasblasen entsteht, so ist es geboten, die Erreger-Flüssigkeit nicht durch einfaches Nachgiessen von Wasser

wieder auf die vorgeschriebene Höhe im Gefäss zu bringen — die Platten müssen von der Lösung ganz überdeckt sein —, sondern es wird zu diesem Zwecke verdünnte Säure von etwas niedrigerem Gehalte verwendet, als diejenige, welche beim Ansetzen der Batterie benützt wurde.

2. Das Laden.

Nachdem die Accumulatoren-Batterie sorgfältig aufgestellt und mit der betreffenden zum Laden bestimmten Elektrizitätsquelle verbunden ist, wird mit dem Einfüllen der Erreger-Flüssigkeit begonnen, wobei es indessen zweckmässig ist, sich vorher noch zu vergewissern, dass die Ladung sofort nach geschehener Füllung beginnen kann.

Was das Laden anbetrifft, so ist unbedingt auf die Erhaltung eines gleichmässig starken Stromes die grösste Sorgfalt zu verwenden. Würde nämlich die Stromstärke der Dynamo durch Aenderung der elektromotorischen Kraft in Folge ungleichmässiger Umdrehungs-Geschwindigkeit Schwankungen unterliegen, oder würde sogar die Dynamo still stehen, ohne dass die Verbindungen mit dem zu ladenden Accumulator gelöst wären, so fände der Strom des letzteren einen geschlossenen Weg durch die Umwindungen der Maschine und würde unter Umständen sogar eine Umpolarisirung der Dynamo herbeiführen, abgesehen von der damit verbundenen theilweisen und nutzlosen Entladung des Accumulators.

Um beim Laden nun die Möglichkeit der theilweisen Entladung des Accumulators, beziehungsweise der Umpolarisirung der Dynamo zu verhüten, bedient man sich automatischer Um-, beziehungsweise Ausschalter, welche sich mit Hilfe von Elektromagneten oder gewöhnlichen Relais leicht herstellen lassen, wie dies von Hospitalier bereits 1881 geschehen ist.

Beim Beginn der Ladung ist der Strom naturgemäss wesentlich stärker als beim Schluss derselben, weil die elektromotorische Gegenkraft in den Accumulatoren-Batterien erst durch die Bildung der wirkamen Schichten auf den Platten entsteht, somit ihre grösste Stärke am Schlusse der Ladung besitzt.

Die anfänglich zu grosse Stromstärke wird dadurch ausgeglichen dass in den Nebenschluss der Dynamo ein selbstthätiger oder von Hand regelbarer Widerstand geschaltet und dieser während der ersten Zeit des Ladens entsprechend geregelt wird. Wenn indessen die Ladung der Zellen bis zu einer bestimmten Höhe vorgeschritten ist, so wird ein grosser Theil des Ladestromes zur Ueberwindung der in den Zellen entstandenen, elektromotorischen Gegenkraft verbraucht. Es erfolgt alsdann nur eine langsame Weiterladung, welche jedoch nicht schädlich, sondern sogar nützlich sein soll, weil (nach Salomons) die Wirkung sich mehr auf actives Material erstreckt und weniger Gefahr vorhanden ist, dass in Folge der starken Bewegung der Flüssigkeit Theile der activen Masse in Form von Pulver abgewaschen werden.

Die Fortschritte in der Ladung werden durch beständige Messungen des Säuregehaltes der Erreger-

Flüssigkeiten festgestellt, da beim Laden der Gehalt an Säure zu-, beim Entladen abnimmt. Sichtbare Zeichen für die Beendigung der Ladung sind in zuverlässiger Weise nicht vorhanden. Man nimmt zwar an, dass das Kochen, d. h. die stärkere Gasentwicklung in den Zellen das Zeichen einer genügenden Ladung, beziehungsweise zur Beendigung der Ladung sei, indessen ist dies, wie Hoppe meint, kein sicheres Erkennungszeichen.

Salomons*) scheint ebenfalls der Ansicht zu sein, dass das Kochen der Zellen kein zuverlässiges Erkennungszeichen ist. Er bemerkt, dass bei zu starkem Ladestrom die Zellen zu kochen beginnen, als ob sie bereits vollständig geladen wären. Auch weist derselbe darauf hin, dass, nachdem das Kochen begonnen hat, eine Unterbrechung der Ladung von einer halben Stunde genügt, um das Laden wieder für längere Zeit fortzusetzen, bevor ein Kochen wieder eintritt. Immerhin soll man die Zellen stets so lange laden, bis sie gut kochen.

Die Entladung wird in der Regel bis auf $\frac{3}{4}$ der aufgenommenen Ladung ausgedehnt. Um diesen Punkt, welcher an einem starken Abfall der elektromotorischen Kraft erkenntlich ist, nicht zu übersteigen, wird ein selbstthätiger Ausschalter eingeschaltet, welcher im Augenblick, wo die Spannung den für die Entladungsgrenze bestimmten Abfall zeigt, in Thätigkeit tritt.

*) Behandlung der Accumulatoren von Salomons, deutsch von J. L. Huber.

Es wird ferner, um ein zu schnelles Entladen zu verhüten, bei sehr kleinem äusseren Widerstande, noch ein selbstthätiger Stromregulator verwendet, welcher entweder Widerstand einschaltet oder Zellen abschaltet, wie dies bei den Stromregulatoren besprochen worden ist.

Bei der Entladung der Batterie wird ebenso wie beim Laden derselben durch Feststellen des jeweiligen Säuregehaltes die Grösse der abgegebenen Strommenge bestimmt, bis die Spannung auf die vorbeschriebene Grenze herabgesunken ist.

*

Das Princip eines selbstthätigen Ausschalters beruht darauf, dass ein (nicht polarisirter) Elektromagnet oder ein Relais mit dem Anker derartig in den Ladestromkreis eingeschaltet wird, dass durch Abfallen des Ankers der Stromkreis unterbrochen wird.

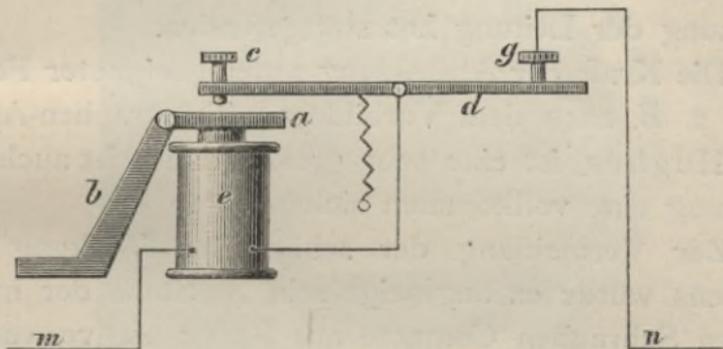
Zu diesem Ende muss der Anker des Elektromagneten derartig eingestellt sein, dass, sobald die Stromstärke in Folge Abnahme der elektromotorischen Kraft oder anderweitiger Umstände auf ein gewisses Maass zurückgegangen ist, der Anker durch die Regulirfeder von den Polen des Elektromagneten abgezogen und dadurch die Accumulatoren-Batterie ausgeschaltet wird, welcher Zeitpunkt durch Läutewerke der überwachenden Stelle hörbar gemacht werden kann.

Der Ankerhebel kann dabei direct auf einem Contact aufliegen, oder mittelst eines Stiftes oder einer Gabel in ein mit Quecksilber gefülltes Näpfchen eintauchen, so lange der Ladestromkreis geschlossen wird.

Bei den selbstthätigen Ausschaltern wird vielfach der Kern der Drahtumwindungen beweglich angeordnet. Derselbe dient alsdann gleichzeitig als Ankerträger.

Ein in Fig. 80 dargestellter automatischer Ausschalter, besteht in der Verwendung eines gewöhnlichen Elektromagnet-Systems, dessen Elektromagnet *e* mit seinen Drahtumwindungen einerseits an die Dynamo-Leitung *m*, andererseits an den Körper des Hebels *d* geführt ist. Der Anker *a*, drehbar im Ankerträger *b*

Fig. 80.



liegt im normalen Zustande auf den Polen des Elektromagnets *e* auf, wie ich denn hier noch die nachträgliche Bemerkung machen muss, dass der Anker des Relais von Hand an den betreffenden Leitungscontact gelegt, beziehungsweise dessen Stifte in die Quecksilbernäpfe eingetaucht werden müssen, um den Stromkreis für die Batterie herzustellen.

Ueber dem Anker *a* befindet sich ein zweiarmiger Hebel *d*. Das unmittelbar über dem Anker stehende Ende trägt die Schraube *c*, welche in normaler Stellung den Anker *a* in seiner Lage auf den Polen nicht be-

rühren soll. Das andere Ende des Hebels liegt in innigem Contact mit der an die Batterie-Leitung n elektrisch geführten Schraube g , welche selbstredend durch jede andere Contact-Vorrichtung ersetzt werden kann.

Es ist nun einleuchtend, dass, wenn die Stärke des durch den Elektromagnet e fliessenden Stromes auf das bestimmte Maass herabsinkt, der in den Kernen vorhandene Magnetismus so weit abnimmt, dass unter Hilfe von Federn der Anker a abgestossen, gegen die Schraube c geschleudert wird und dadurch den Hebel d mit seinem rechten Ende von der Schraube g abzieht. Die Unterbrechung der Leitung hat stattgefunden.

Die Kraft der Abstossung unter geeigneter Federkraft, z. B. nach dem Vorbilde am Telegraphen-Apparate Hughes, ist eine sehr grosse, daher ist auch die Wirkung eine vollkommen sichere.

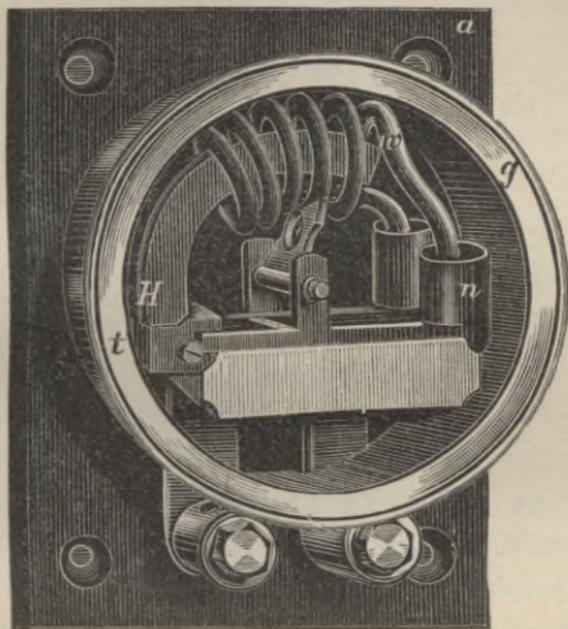
Zur Vermeidung der schädlichen Wirkung des Funkens würde es angezeigt sein, an Stelle der metallischen Schrauben Contacte aus Kohle zu verwenden und den Hebel d derartig anzuordnen, dass er über den Contact schleift. Schleifende Contacte haben bekanntlich den Vortheil, dass durch die Reibung stets elektrisch reine Berührungsflächen erhalten werden.

*

Abweichend von der bisherigen Verwendung eines gewöhnlichen Elektromagnets fertigt die Firma Woodhouse & Rawson einen selbstthätigen Ausschalter, welcher, wie Fig. 81 zeigt, aus einem auf der Schieferplatte a angebrachten Gehäuse g besteht. In letzterem befindet sich der Träger t des Eisenkernes H , über welchen

die drehbar befestigte Wickelung w aus blankem Kupferdraht gewunden ist. Die Enden der Wickelung w tauchen in zwei mit Quecksilber gefüllte Näpfcchen n , welche einerseits mit der Zuführung zur Dynamo, anderseits mit derjenigen zur Batterie verbunden sind.

Fig. 81.



Je nach der Stärke des Stromes wird sich nun die Kupferdraht-Wickelung w , die Drahtspirale, mehr oder weniger weit auf den Kern H schieben, bis schliesslich die Enden derselben aus dem Näpfcchen n herausgehoben werden, wodurch der Stromkreis unterbrochen wird.

Die isolirenden Umspinnungen für die Drahtwindungen der Wickelungen w , sowie die Isolirhülsen sind

bei dieser Anordnung fortgefallen, was insofern von Vortheil ist, als Durchbrennungen nicht mehr auftreten können. Es dürfen indessen die Drahtwindungen den Eisenkern *H* nicht berühren, weil andernfalls dieselben zum Theile, beziehungsweise gänzlich ausgeschaltet würden und dadurch der beabsichtigte Zweck verloren ginge.



Das Bild zeigt einen kreisförmigen Aufbau, der die innere Struktur eines Akkumulators darstellt. In der Mitte ist ein vertikales Element zu sehen, umgeben von einer spiralförmigen oder radialen Struktur, die die Drahtwindungen darstellt. Ein Eisenkern ist ebenfalls angedeutet. Die Beschriftungen sind sehr schwach und schwer zu entziffern, scheinen aber Buchstaben wie 'H' zu enthalten, was mit dem Text übereinstimmt.

Die Verwendung der Accumulatoren.

Allgemeines.

Die praktische Verwendung des Accumulators in der Industrie und der Technik ist im Laufe der Zeit eine sehr umfangreiche geworden. Nicht allein, dass es nach dem heutigen Stande der Technik verfehlt wäre, noch eine elektrische Beleuchtungs-Anlage ohne Accumulatoren auszuführen, dass somit der Accumulator für elektrische Beleuchtungszwecke so zu sagen zu einem Bedürfniss geworden ist, dass er zum Betriebe von Fahrzeugen, sowie zur Beleuchtung derselben verwendet wird, dass er für die elektrische Kraftübertragung werthvolle Dienste leistet, sondern er hat auch bereits Eingang gefunden in der Galvanoplastik, Telegraphie, Medicin u. s. w.

Die Eigenschaft, welche den Accumulator für eine so vielfache Verwendung geeignet macht, besteht in seiner Fähigkeit, die aufgesammelte Elektrizitätsmenge zu beliebiger Zeit, in beliebiger Menge (selbstverständlich über seine Kraft hinaus) und an jedem beliebigen Ort wieder abzugeben. Abgesehen von der ungemein

grossen Ersparniss an Betriebskosten hat man ein Mittel an der Hand, die durch Zufälligkeiten entstehenden Störungen im Betriebe mit Dynamomaschinen sofort durch die Einschaltung einer Accumulatoren-Batterie auszugleichen.

Desgleichen dient der Accumulator dazu, etwaige überschüssige Energie, welche von der Dynamo erzeugt wird, für diejenige Zeit aufzusammeln, während welcher mehr Kraft gebraucht wird, als die Dynamo zu liefern vermag, beziehungsweise der durch diese erzeugten Energie entspricht.

Vom ökonomischen Standpunkte aus ist die Erzeugung des elektrischen Stromes derartig einzurichten, dass unter Aufwendung von möglichst geringen Kosten der Anforderung in Bezug auf Stromverbrauch jederzeit Genüge geleistet werden kann. Zur Erreichung dieses Zweckes trägt die Verwendung der Accumulatoren in hohem Maasse bei, weil die in demselben aufgesammelte überschüssige Energie zur Ausgleichung der Schwankungen im Stromverbrauche, welche vielfach sehr erheblich sind, vortheilhaft benützt werden kann.

Da der Accumulator eine Elektrizitätsquelle von sehr constanter Stromstärke ist, so bildet derselbe ein vorzügliches Hilfsmittel, Stromschwankungen der Dynamos in vollem Umfange unschädlich zu machen. In Folge dieser Eigenschaft eignet er sich aber auch zum Ersatz für Primär-Elemente (gewöhnliche galvanische Elemente), deren Stromstärke in Folge der Polarisation erheblich in ihrer Constanz beeinträchtigt wird.

Endlich ist noch darauf hinzuweisen, dass der Accumulator zu vielfachen industriellen Zwecken, sowie im Verkehrsleben insofern zur Leistung wesentlicher Dienste berufen ist, als infolge seiner steten Dienstbereitschaft die elektrische Kraft zu jeder Zeit zur Verwendung bereit steht, zumal wenn vorhandene Starkstrom-Anlagen das Laden des Accumulators an Ort und Stelle gestatten.

Es soll nun im Nachstehenden auf den praktischen Werth der Accumulatoren näher eingegangen und dabei nicht allein deren Verwendung in den Starkstrom-, sondern auch in den Schwachstrom-Anlagen einer Besprechung unterzogen werden.

1. Die Accumulatoren in Beleuchtungs-Centralen.

Die Schwankungen im Stromverbrauche treten insbesondere bei elektrischen Beleuchtungs-Centralen hervor, welche, wie die statistischen Nachweisungen ergeben haben, die bei Weitem grösste Strommenge in der Zeit von fünf bis sieben Uhr Abends abgeben müssen. Für die Vormittagsstunden, bzw. während der Nacht ist dagegen der Stromverbrauch verhältnissmässig gering, unter Umständen gleich Null. Da aber eine elektrische Beleuchtungs-Anlage stets dienstbereit sein muss, so würde durch den beständigen Betrieb einer oder mehrerer Dynamos, welche bekanntlich von Dampfmaschinen getrieben werden, ganz erhebliche Betriebskosten erwachsen, welche so hoch werden

können, dass gegenüber anderen Beleuchtungsarten die elektrische Anlage in Frage gestellt werden könnte.

Ausser den erheblichen Ausgaben für Unterhaltung und Betrieb, wodurch auf die Rentabilität sehr ungünstig eingewirkt wird, kommt noch vom technischen Standpunkt der Nachtheil hinzu, dass eine Dynamo ungleich arbeitet, wenn sie nicht dauernd voll auf diejenige Leistung in Anspruch genommen wird, für welche sie gebaut ist.

Bei einer elektrischen Beleuchtungs-Anlage wird daher beständig eine ungünstige Ausnützung der Maschine eine bedeutende Ausgabe für den erheblich grösseren Kohlenbedarf, sowie die Möglichkeit unconstanter Ströme gegenüber einer gleichmässigen, vollen Belastung im Gefolge haben.

Man kann diese Uebelstände zwar dadurch etwas mildern, dass an Stelle einer oder mehrerer grossen Maschinen eine Anzahl kleinerer Maschinen vorgesehen wird, so dass z. B. die Gesamtleistung in $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ und 2 mal $\frac{1}{8}$ getheilt wird und 4 Maschinen von der der Eintheilung entsprechenden Grösse aufgestellt werden.

Wenngleich durch eine derartige Einrichtung einer Beleuchtungs-Centrale der Betrieb gewiss sehr vortheilhaft durchgeführt werden kann, weil die Maschinen stets voll belastet arbeiten, so darf eine solche Anordnung trotzdem nicht als rationell bezeichnet werden. Zunächst ist nämlich in Betracht zu ziehen, dass mit der erwähnten Theilung des directen Betriebes mittelst einer oder mehrerer grossen Dynamos, sofern dieselbe Erfolg haben soll, auch die Dampfkessel in entsprechender Anzahl und Grösse vorgesehen werden

müssen, weil nur dadurch dem Stromverbrauch entsprechend die Dampferzeugung geregelt und die Kessel nach Bedarf aus- und eingeschaltet werden. Dann aber kommt zweitens in Betracht, dass bekanntlich die grossen Dampfmaschinen vortheilhafter in Bezug auf Dampf- bzw. Kohlenverbrauch arbeiten als kleine Maschinen. Es ist demnach an und für sich weder technisch, noch ökonomisch richtig, eine Anzahl grosser Maschinen durch eine grössere Anzahl kleinerer Maschinen zu ersetzen.

Die Ungleichmässigkeiten in der Dampferzeugung und damit die Unregelmässigkeiten im Gange der Dampf- und Dynamomaschinen treten namentlich recht nachtheilig auf, wenn der die Dynamo treibende Motor seinen Dampf von einer Arbeitsmaschine erhält, welche im Fabriks-, Druckerei- u. s. w. Betrieb oft sehr unregelmässig belastet ist, weil dadurch recht erhebliche Stromschwankungen entstehen und diese wiederum Zuckungen der Lampen im Gefolge haben, unter Umständen ein Versagen der Lampen herbeiführen.

Des Weiteren wird in einer Anlage mit directem Maschinenbetriebe eine Reserve in der Kraftanlage, also in den meisten Fällen in der Dampfkessel- und Dampfmaschinen-Anlage vorhanden sein müssen, um Betriebssicherheit zu garantiren. So wird, wenn derartige Zufälligkeiten auch nur selten eintreten, das Abfallen eines Riemens, das Heisslaufen eines Lagers, der Bruch eines Maschinentheils an der Dampf- oder Dynamomaschine, eine sofortige Betriebsstockung hervorrufen, so dass die zu beleuchtenden Räume dunkel bleiben.

Man kann diesem Uebelstande allerdings dadurch begegnen, dass die Reserve-Anlage stets zum sofortigen Betrieb bereit gehalten wird, in Folge dessen eine sofortige Umschaltung stattfinden kann. Ob aber die stete Dienstbereitschaft einer Reservekraft-Anlage vom ökonomischen Standpunkt angezeigt ist, dürfte sehr fraglich sein.

Kann nun mittelst einer Accumulatoren-Batterie, welche zu der aufgestellten Dynamomaschine in dem richtigen Grössenverhältniss steht, den vorgenannten Uebelständen in einem für die Praxis genügendem Maasse abgeholfen werden?

Diese Frage schon jetzt in vollem Umfange zu bejahen, würde verfrüht sein, da die Verwendung der Accumulatoren-Batterien in den Beleuchtungs-Centralen einen noch zu kurzen Zeitraum umfasst, um in technischer und ökonomischer Beziehung unangreifbare Schlüsse zu ziehen über die Vor- und Nachtheile des Betriebes mit Accumulatoren gegenüber dem Betriebe mittelst getheilter Maschinen.

Nach dem gegenwärtigen Fortschritt in der Construction der Accumulatoren darf indessen wohl erwartet werden, dass letztere den beregten Uebelständen zu begegnen im Stande sind, was auch noch daraus zu schliessen sein dürfte, dass gegenwärtig eine Beleuchtungs-Centrale ohne Accumulatoren-Batterien wohl kaum noch gebaut wird.

Nehmen wir nun an, dass die Accumulatoren dasjenige leisten, was man von ihnen für die Beleuchtungs-Centralen erwartet, und dass sowohl die Grösse der aufzustellenden Accumulatoren-Batterien, als auch deren

Schaltung richtig gewählt worden sei, so bietet die Verwendung derselben die nachstehend aufgeführten Vortheile:

1. Die Eigenschaft, als Stromregulator verwendet werden zu können, hat im Gefolge, dass der Einfluss von Ungleichmässigkeiten im Gange der Maschinen-Anlage vollständig aufgehoben wird.

2. Der Betrieb ist unter allen Umständen gesichert, da im Falle, wo aus irgend einem Grunde die Maschinen-Anlage versagt, die Accumulatoren-Batterie die Beleuchtung ohne bemerkbaren Einfluss auf das Brennen der Lampen übernimmt.

3. Bei directem Maschinenbetrieb muss, ganz gleichgiltig, ob viel oder wenig Lampen brennen, die Maschinen-Anlage im Betrieb erhalten werden, was im Gefolge hat, dass die Ausnützung der ganzen Maschinen-Anlage höchst ungünstig ist.

Unter Verwendung einer Accumulatoren-Batterie sammelt diese während der Zeit des geringen Stromverbrauches den Ueberschuss der durch die nunmehr voll belasteten Maschinen erzeugten elektrischen Energie auf und übernimmt, sobald der Betrieb es zulässt, die Lieferung des geringen Stromverbrauches allein, so dass die Maschinen-Anlage nicht mehr beständig in Thätigkeit ist.

4. Es vermag mit Hilfe der Batterie die Maschinen-Anlage einen etwa erforderlich werdenden, grösseren Stromverbrauch zu leisten, da in Folge der Aufsammung eines genügenden Vorrathes von elektrischer Energie die Accumulatoren-Batterie dasjenige hergibt, was die Maschinen nicht mehr herzugeben vermögen. Es kann ferner zu jeder beliebiger Zeit bis zu einer

gewissen Grenze jede beliebige Lichtmenge, erforderlichen Falls unabhängig vom Maschinenbetrieb, von der Batterie hergegeben werden, weil sie dieselbe Rolle spielt wie die Gasreservoirs bei einer Gasanstalt und die Hochwasser-Reservoirs bei einer Wasserversorgungs-Anlage, so dass also eine Reserve-Beleuchtung irgend welcher Art als ausgeschlossen betrachtet werden muss.

5. Die Verwendung von Accumulatoren-Batterien in Beleuchtungs-Centralen hat ferner eine erhebliche Verkleinerung der Maschinen-Anlage im Gefolge weil die überschüssige Energie von einer Accumulatoren-Batterie aufgesammelt wird.

Des Weiteren wird mit der Verkleinerung der Maschinen-Anlagen mittelst der Accumulatoren-Batterien gleichzeitig auch die Bedienung nicht unerheblich vereinfacht, weil die Kessel unter gleicher Spannung gehalten, die Dynamomaschinen unter gleicher Stellung des Nebenschluss-Regulators arbeiten und die Dampfmaschine stets gleich belastet bleibt. Dass ein solcher Betrieb wesentlich besser ist und dem Wärter eine sorgfältigere Ueberwachung der ganzen Anlage gestattet, sowie eine wesentliche Verminderung der Betriebskosten herbeiführt als beim directen Maschinenbetrieb, bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung.

6. Die Erweiterung von Beleuchtungs-Centralen mit directem Maschinenbetrieb ist mit vielen Schwierigkeiten und nicht unerheblichen Ausgaben verbunden, weil neue Betriebskräfte aufgestellt oder die vorhandenen durch grössere ersetzt werden müssen. Es kommt

dabei nicht selten vor, dass in Ermangelung geeigneter Räume eine Ausdehnung überhaupt nicht ausführbar ist.

Wird nun einer vorhandenen Anlage eine Accumulatoren-Batterie hinzugefügt, so kann eine beabsichtigte Erweiterung in einfacher, bequemer und wenig kostspieliger Weise durchgeführt werden. Es können ferner bei örtlich sehr ausgedehnten Anlagen die Accumulatoren-Batterien auf mehrere Stellen vertheilt werden, so dass beliebig weite Beleuchtungsgebiete von einer einzigen Beleuchtungs-Centrale, welche zudem noch ausserhalb der Stadt liegen kann, unter Benützung von Leitungen mit verhältnissmässig kleinem Querschnitt mit Strom versorgt werden.

*

Sollen nun die unter eins bis sechs angegebenen Vortheile aus der Verwendung von Accumulatoren-Batterien in Beleuchtungs-Centralen in der That erzielt werden, so müssen die Batterien, ihre Brauchbarkeit vorausgesetzt, zu der Maschinen-Anlage richtig geschaltet sein und zwar parallel zu den Dynamos und den Leitungen, wenn Dynamo und Batterie gleichzeitig Strom geben, bzw. letztere die erstere zeitweise unterstützen soll, oder in besonderer Schaltung, wenn die Accumulatoren-Batterie im Wesentlichen nur zur Reserve dienen und bei Störungen im Maschinenbetrieb oder nach Aufhören desselben in Thätigkeit treten soll, oder aber für abgesonderte Zweige des Beleuchtungsnetzes, z. B. für Wohn-, Bureau- oder dergl. Räume, die Lieferung des Stromes zu besorgen hat.

Für die elektrische Verbindung der Accumulatoren-Batterien in paralleler Schaltung zu den Dynamomaschinen und Lichtleitungen giebt es verschiedene Anordnungen, ob eine oder mehrere Batterien zur Verwendung kommen, oder ob Nebenschluss oder Compound-Dynamos zur Beleuchtung dienen oder ob während der Ladung Lampen brennen können oder nicht.

Essollen nun im Nachstehenden mehrere Schaltungen vorgeführt werden, wie solche in der Praxis für die verschiedenen Fälle der Einrichtung von Beleuchtungs-Centralen allgemein gebraucht werden.

2. Schaltungen für den Parallelbetrieb der Dynamo und Accumulatoren-Batterie.

Die Figur 82 zeigt die Schaltung für eine Accumulatoren-Batterie und eine Nebenschluss-Dynamo von genügend hoher Spannung, um die Batterie in einer Reihe laden zu können. Während der Ladung können Lampen brennen.

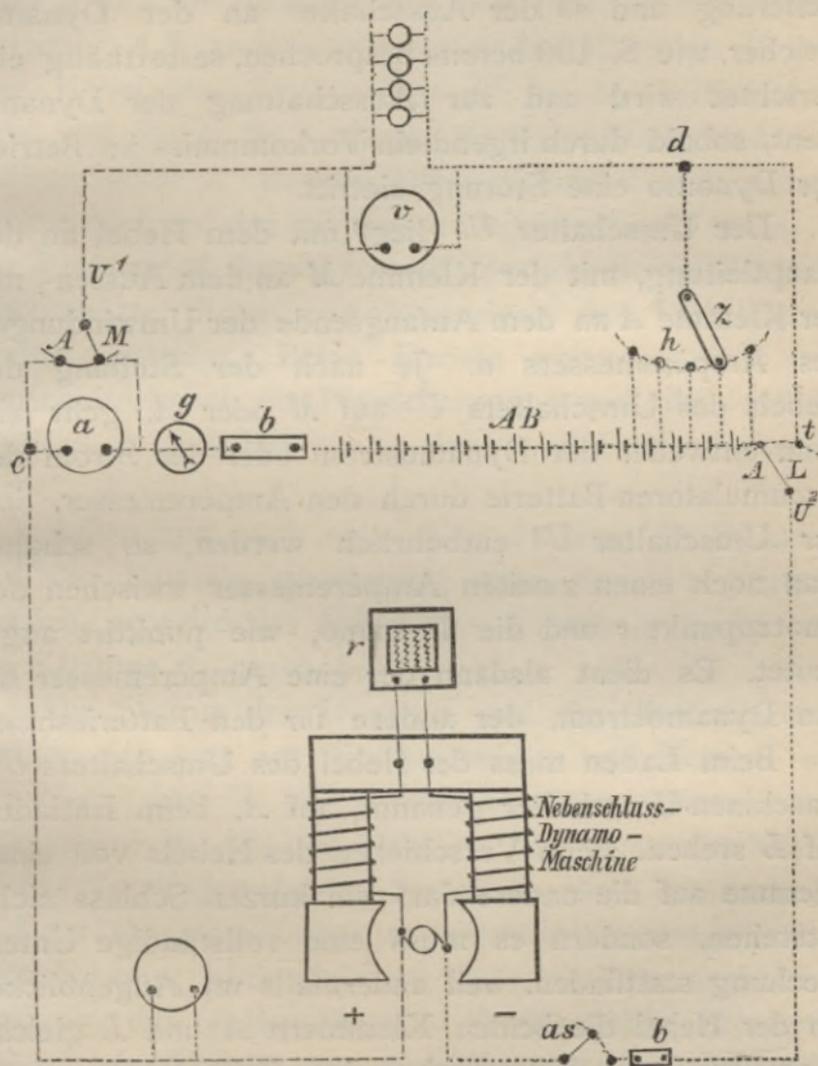
Bei der Ladung, welche in derselben Schaltung wie die Entladung stattfindet, lässt man die Dynamo mit hoher Spannung laufen.

Von dem $+$ -Pol der Nebenschluss-Dynamo führt die Leitung zum Knotenpunkt c und von dort einerseits über den Umschalter U^1 in die Speiseleitungen, andererseits über den Ampèremesser a , das Galvanoskop g und die Bleisicherung b in die Batterie AB .

Die letzten Elemente der Batterie AB sind mit einem einfachen Zellschalter Z verbunden, dessen

Hebel h bei d mit der Rückleitung in Verbindung steht. Der Endpol der Batterie führt an die Klemme

Fig. 82.



A des dreitheiligen, bzw. Kurbel-Umschalters U^2 , dessen Klemme L mit der Rückleitung und dessen Hebel mit der Zuführung zur Dynamo verbunden ist.

Der Voltmesser v , dessen Umschalter nicht eingezeichnet ist, liegt in den beiden Speise- oder Lichtleitungen, r ist der Nebenschluss-Regulator, b die Bleisicherung und as der Ausschalter an der Dynamo, welcher, wie S. 190 bereits besprochen, selbstthätig eingerichtet wird und zur Ausschaltung der Dynamo dient, sobald durch irgend ein Vorkommniß im Betrieb der Dynamo eine Störung eintritt.

Der Umschalter U^1 liegt mit dem Hebel an der Hauptleitung, mit der Klemme M an dem Aussen-, mit der Klemme A an dem Anfangsende der Umwindungen des Ampèremessers a . Je nach der Stellung des Hebels des Umschalters U^1 auf M oder A , geht alsdann entweder der Dynamostrom oder der Strom der Accumulatoren-Batterie durch den Ampèremesser. Soll der Umschalter U^1 entbehrlich werden, so schaltet man noch einen zweiten Ampèremesser zwischen den Knotenpunkt c und die Dynamo, wie punktirt angedeutet. Es dient alsdann der eine Ampèremesser für den Dynamostrom, der andere für den Batteriestrom.

Beim Laden muss der Hebel des Umschalters U^2 , Maschinen-Umschalter genannt, auf A , beim Entladen auf L stehen. Beim Verschieben des Hebels von einer Klemme auf die andere darf ein kurzer Schluss nicht entstehen, sondern es muss eine vollständige Unterbrechung stattfinden, weil andernfalls im Augenblicke, wo der Hebel die beiden Klammern A und L gleichzeitig berührt, die zwischen dem Zellenschalter und dem Schlusspol der Batterie liegenden Zellen in sich geschlossen und dadurch in ihrer Ladung beeinträchtigt würden.

Nach der Figur 82 ist auf Laden geschaltet. Der Dynamostrom fließt nach c und weiter durch den Ampèremesser a , wo er einerseits über das Galvanoskop g und die Bleisicherung b in die Accumulatoren-Batterie AB , andererseits über die Klemme M und den Hebel des Umschalters U^1 in die Lichtleitung geht und durch die Lampen, die Rückleitung und den Zellschalter Z , dessen Hebel h beim Laden selbstverständlich auf den Schlusspol eingestellt sein muss, in die Klemme A fließt, wo sich der durch die Batterie abgezweigte Strom mit demjenigen der Lichtleitung wieder vereinigt. Beide Ströme gelangen über den Umschalterhebel, die Bleisicherung b und den selbstthätigen Ausschalter as an den —-Pol der Dynamo zurück.

Sollen nun nach vollendeter Ladung die Dynamo und die Batterie gleichzeitig zum Betriebe benützt werden, so wird der Hebel des Umschalters U^2 auf die Klemme L geschoben.

Die Ströme der Dynamo und der Batterie vereinigen sich nun am Knotenpunkt c und fließen, da der Hebel von U^1 auf A stehend angenommen wird, gemeinsam in die Lichtleitung. Der Knotenpunkt d ist der Vereinigungspunkt für die Endpole der Batterie und der Dynamo. Dabei ist entweder die Endzelle der Batterie oder aber diejenige Zelle, welche nach der Stellung des Zellschalters Z das letzte Element bildet, als Endpol zu betrachten, welcher letzterer über den Zellschalter und Hebel h an den Knotenpunkt d führt, wohin auch der Endpol der Dynamo über as , b , U^2 und L geleitet ist.

Soll die Einrichtung der Schaltung derartig getroffen werden, dass der Accumulator geladen wird, wenn keine Lampen mitbrennen sollen, so genügt es, zwischen den Knotenpunkt d und die Rückleitung einen Ausschalter einzulegen.

*

In der Figur 83 ist dieselbe Schaltung gegeben, wobei indessen der Umschalter U^2 derartig eingerichtet sein muss, dass beim Verschieben von einer Klemme auf die andere eine Unterbrechung nicht stattfindet. Des Weiteren ist der Einfach-Zellenschalter durch einen Doppel-Zellenschalter ersetzt. Während des Ladens können ebenfalls Lampen brennen. Die Nebenschluss-Dynamo besitzt eine genügend hohe Spannung, um die Accumulatoren-Batterie AB in einer Reihe laden zu können.

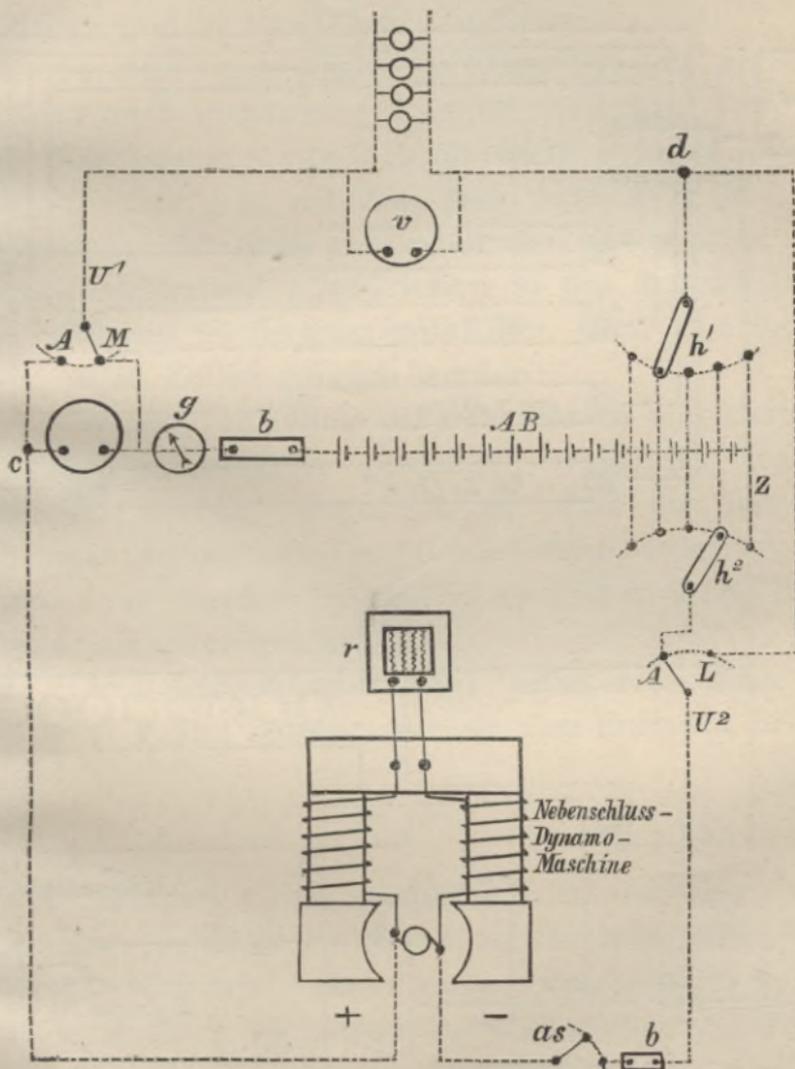
*

Die Schaltung in Figur 84 giebt die Verbindung von Nebenschluss-Dynamos und vier Batterien, welche beim Laden in drei Reihen, beim Entladen in zwei Reihen neben einander geschaltet werden. Diese Reihenschaltungen werden mit Hilfe eines eigens dazu construirten Umschalters bewirkt. In dem Stromlauf ist a der Ampère-, v der Voltmesser, as der Ausschalter für den Ampèremesser und uv der Umschalter für den Voltmesser.

Es wird bekanntlich nur ein Voltmesser benützt, welcher mittelst des Umschalters uv derartig eingeschaltet werden kann, dass sowohl die Spannung in

den Lichtleitungen, als auch diejenige der Dynamomaschine und der Accumulatoren-Batterie bestimmt werden kann.

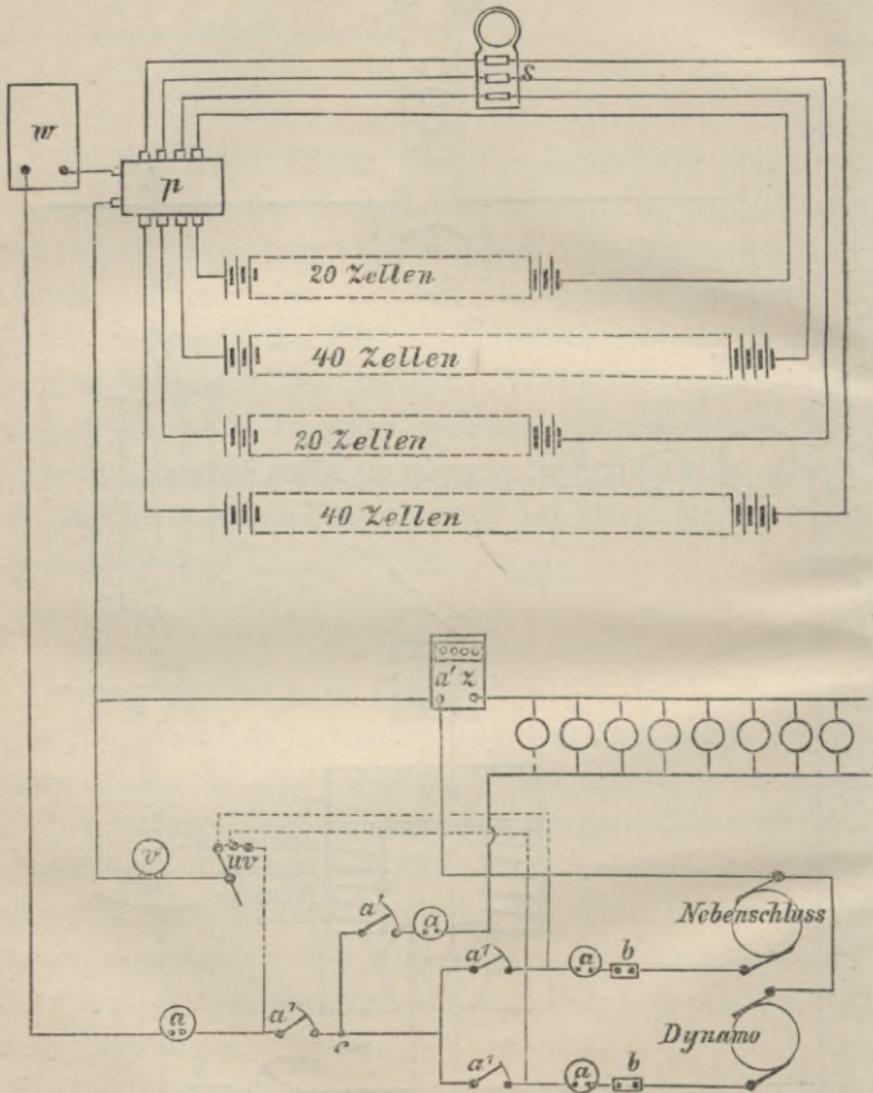
Fig. 83.



a ist ein Elektrizitätszähler, System Aron, v der Vorschalt-Widerstand, p der Reihenschalter, s eine Sack. Accumulatoren.

Vorrichtung, um die richtige Reihenschaltung der Accumulatoren-Batterien prüfen zu können, und a^1 ein

Fig. 84.



zweitheiliger Ausschalter für das Ein- und Ausschalten des Ampèremessers a . Diese Schaltung wird für die

Verwendung zweier Nebenschluss-Dynamos benützt, deren Spannung sich nicht erhöhen lässt. Um dabei die Dynamos mit dem grösstmöglichen Nutzeffect arbeiten zu lassen, werden die Batterien in drei Reihen geladen und in zwei Reihen entladen.

In dem gegebenen Stromlauf können mit dem Laden auch gleichzeitig Lampen brennen. Der von der Maschine kommende Strom theilt sich am Knotenpunkt c und geht mit dem einen Antheil in die Lichtleitungen, mit dem andern Antheil nach dem Vorschalt-Widerstand w und weiter in den Reihenschalter p . Letzterer ist derartig geschaltet, dass drei Reihen von je 40 Zellen geladen werden.

Bei der Entladung sind Maschinen und Batterien parallel zu einander geschaltet, wobei der Reihenschalter derartig eingestellt ist, dass die Batterien in zwei Reihen von je 60 Elementen vereinigt sind, und zwar werden zu den je 40 Zellen je 20 Zellen hinter einander geschaltet.

Der Zellschalter liegt selbstverständlich nur in jeder vollen Batterie, wie sie zum Entladen benützt wird.

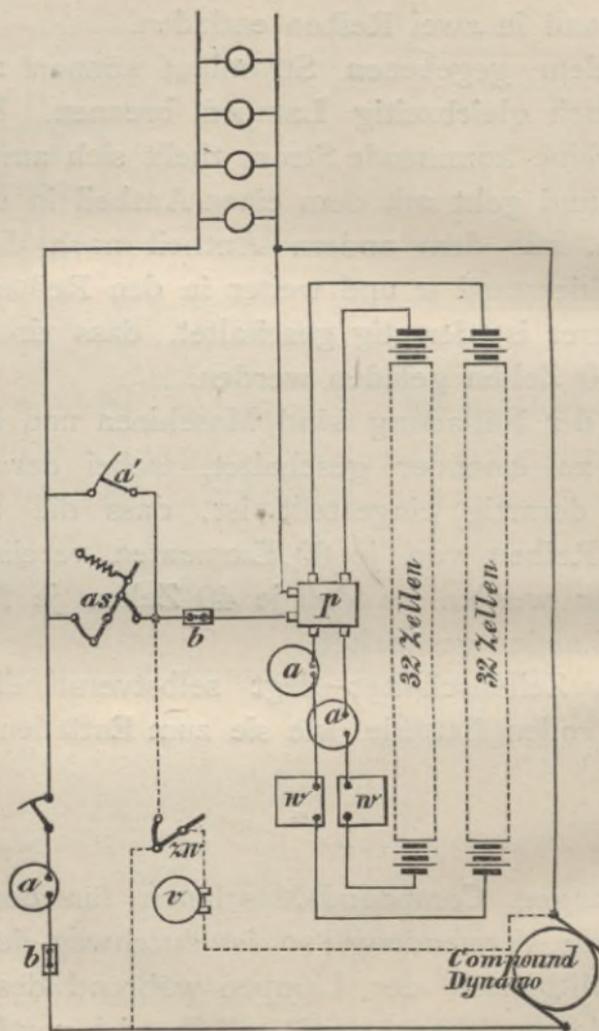
*

Gelangen Compound-Maschinen für den Lichtbetrieb zur Verwendung, so ist durchweg der gleichzeitige Mitbetrieb der Lampen während des Ladens ausgeschlossen, ebenso der Parallelbetrieb von Maschine und Batterie auf dasselbe Leitungsnetz.

Die Accumulatoren-Batterie, welche aus 60 Elementen besteht wird, in zwei Reihen zu je 32 Zellen,

wie in Fig. 85 dargestellt, geladen, dagegen in einer Reihe entladen. Die erforderlichen Schaltungen für

Fig. 85.



Laden und Entladen werden durch den Reihenschalter p bewirkt.

Bei der Ladung muss in jeder Reihe von Zellen Widerstand vorgeschaltet werden, um die überschüssige Spannung der Dynamo zu reduciren und die Stromstärke in jeder Zellenreihe auszugleichen. Diese Widerstände werden ebenfalls bei der Entladung zum Reguliren der Spannung verwendet.

In dem gezeichneten Stromlauf (Fig. 85) bezeichnet a den Ampèremesser, b die Bleisicherung, w den Widerstand, p den Reihenschalter, v den Voltmeter mit Umschalter zv , as den selbstthätigen Ausschalter und a^1 einen Ausschalter.

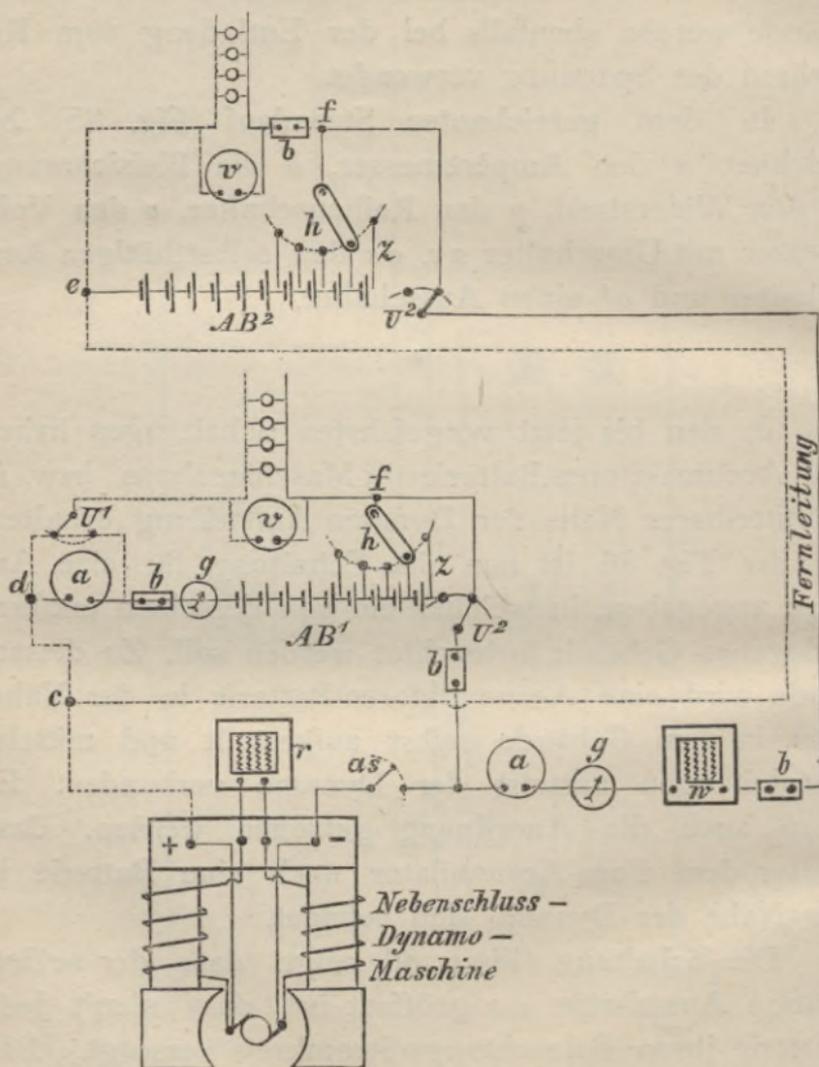
*

In den bis jetzt vorgeführten Schaltungen haben die Accumulatoren-Batterie im Maschinenhaus, bzw. in unmittelbarer Nähe der Dynamo Aufstellung erhalten. In der Fig. 86 ist nun eine Schaltung für eine Anlage angegeben, in welcher ein von derselben entfernt gelegenes Gebäude beleuchtet werden soll. Zu diesem Ende wird eine Accumulatoren-Batterie in der Nähe, bzw. in dem Gebäude selbst aufgestellt und mittelst Fernleitungen mittelst der Dynamo verbunden. Es kann auch die Anordnung getroffen werden, dass ausser dem Fern-Accumulator noch eine Batterie in der Nähe der Dynamo sich befindet.

Die Schaltung (Figur 86) zeigt, dass der selbstthätige Ausschalter as geöffnet ist, dass somit jede Batterie ihren Beleuchtungs-Stromkreis versorgt. Der Ampèremesser a liegt in der Zuleitung des Accumulators. Der Strom fliesst von der Batterie AB über g , b , a , U^1 (in der zweiten Zuleitung nicht mit ge-

zeichnet), Lichtleitung, Knotenpunkt f und Hebel h des Zellschalters Z zur Batterie zurück.

Fig. 86.



Sollen beim Laden keine Lampen brennen, so kann dies nach der vorliegenden Schaltung dadurch

erreicht werden, dass der Hebel des Umschalters U^1 in die Mitte gestellt wird. Die Hebel von U^2 werden selbstverständlich nach links verschoben. Der Ladestrom theilt sich bei c ; ein Stromtheil geht in die Fernleitung zur Batterie AB^2 , der andere Stromtheil nach d und in die Batterie AB^1 . Eine Abzweigung der Stromtheile hinter dem zugehörigen Ampèremesser a kann nicht eintreten, da der Umschalter U^1 geöffnet ist. Nur in dem Falle, wo der Hebel von U^1 auf einer der Klemmen steht, findet eine Stromvertheilung auf die jeweilige Lichtleitung statt.

*

Um bei Verwendung von Dynamo-Maschinen, welche nur die für das regelrechte Brennen der Lampen erforderliche Spannung zulassen, die Ladung einer Accumulatoren-Batterie mit gleich hoher Entlade-Spannung in einer Reihe zu ermöglichen, wird mit der zum Betriebe dienenden Nebenschluss- oder Compound-Dynamo noch eine Nebenschluss-Dynamo, die Zusatz-Maschine, in Hintereinander-Schaltung verbunden. Dieselbe liefert alsdann die für das Laden der Batterie in einer Reihe erforderliche Vermehrung der Spannung.

Die Stromstärke, welche von der Zusatz-Dynamo gefordert wird, soll die Stärke des zum Laden der Accumulatoren-Batterie bestimmten Stromes nicht übersteigen, um einem Laden mit zu starkem Strom zu begegnen. Die Spannung ist derartig zu bemessen, dass sie mit derjenigen der Hauptmaschine zusammen

die Spannung der Batterie am Ende der Ladung ergibt.

Besitzt z. B. die Hauptmaschine eine Spannung von 110 Volt, so ist eine Accumulatoren-Batterie von 60 Elementen zu wählen, welche für jedes Element am Ende der Ladung je nach der Beschaffenheit der Elektroden eine entsprechende höhere Spannung, z. B. 2,6 Volt aufweisen, so dass die Gesamt-Spannung $60 \times 2,6 = 156$ Volts beträgt. Demnach muss von der Zusatz Maschine die Mehr-Spannung von $156 - 110 = 46$ Volts geliefert werden.

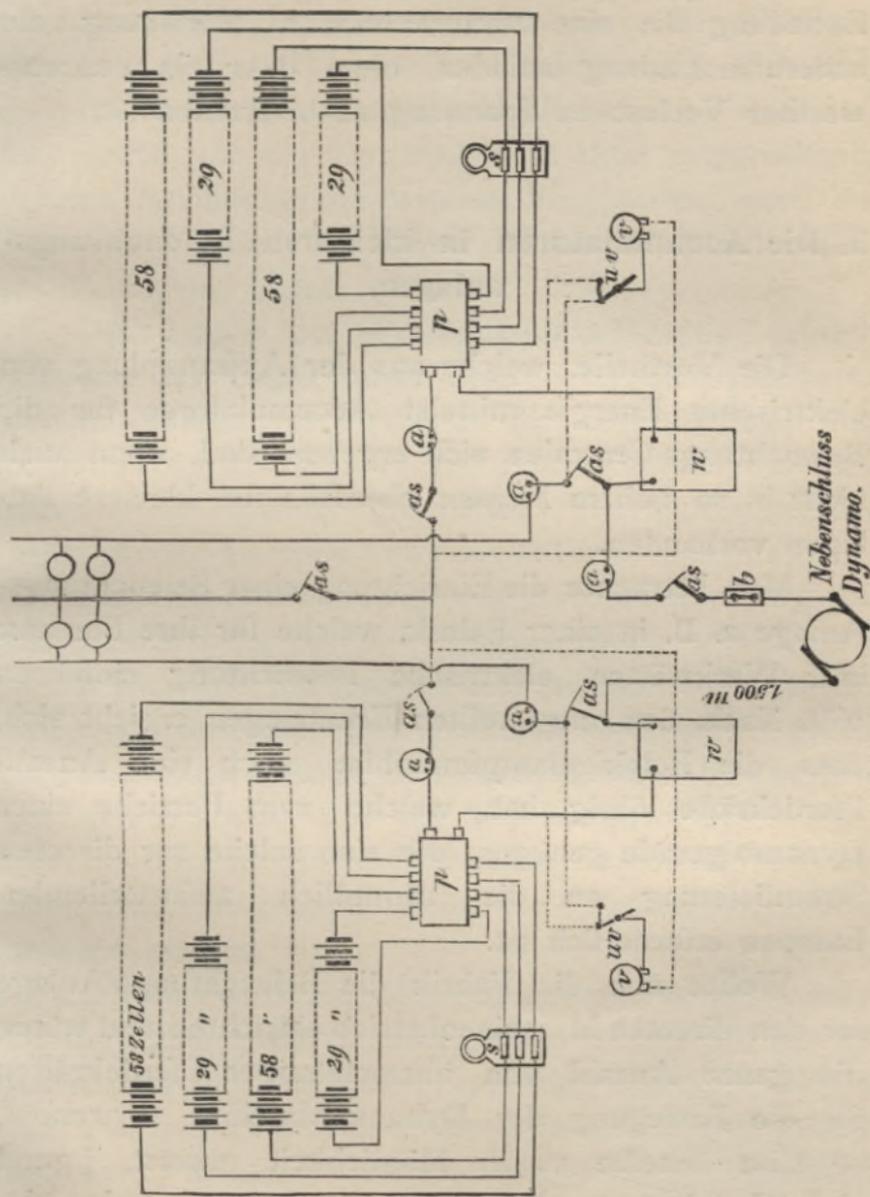
Die Schaltung der Zusatz-Dynamo wird in der Weise bewirkt, dass unter Benützung einer der gegebenen Schaltungen diese Dynamo z. B. zwischen den selbstthätigen Ausschalter und den Maschinen-Umschalter, oder zwischen die Hauptdynamo und den Ausschalter gelegt wird.

*

In der Schaltung nach Fig. 87 wird noch die Anordnung gegeben für die Verwendung einer oder mehrerer Accumulatoren-Batterien in einem Dreileiter-System. In derselben bedeutet *a* den Ampèremesser, *v* den Voltmesser, *b* die Bleisicherung, *as* den Ausschalter, *uv* den Umschalter für den Voltmesser, *s* den Prüfer für die richtige Reihenschaltung der Accumulatoren-Batterien, *p* den Reihenschalter und *w* den Vorschalt-Widerstand.

Für beide Batterien ist die Anordnung getroffen, dass sie mittelst des Reihenschalters *p* für die Ladung in drei, für die Entladung in zwei Reihen geschaltet

Fig. 87 .



werden. Dabei kann in Anbetracht des geringen Unterschiedes in der Spannung zwischen Ladung und Entladung die eine Batterie sich in Entladung, die andere in Ladung befinden, ohne dass ein nennenswerther Verlust an Spannung zu befürchten ist.

3. Die Accumulatoren in kleineren Beleuchtungsanlagen.

Die Vortheile, welche aus der Aufsammlung von elektrischer Energie mittelst Accumulatoren für die Beleuchtungs-Centralen sich ergeben, sind, wenn auch nicht in so hohem Maasse, ebenfalls für kleinere Anlagen vorhanden.

Man betrachte die Einrichtung einer Beleuchtungs-Anlage z. B. in einer Fabrik, welche für ihre Bureaux und Werkstätten elektrische Beleuchtung einführen will. Nach den angestellten Erhebungen ergibt sich, dass die Betriebsdampfmaschine noch eine Anzahl Pferdekräfte übrig hat, welche zum Betriebe einer Dynamo gerade genügen, wie eine solche zur directen Stromlieferung an die sämtlich aufzustellenden Lampen erforderlich ist.

Wollte nun die Fabrik die Beleuchtungs-Anlage für den directen Maschinenbetrieb einrichten und würde die ganze Anzahl von überschüssigen Pferdekräften für die Bewegung der Dynamo-Maschine verwendet, so wäre dieselbe ausser Möglichkeit gesetzt, irgend eine Erweiterung des Fabriksbetriebes mittelst der vorhandenen Dampfmaschine vorzunehmen, weil eben

die noch überschüssige Kraft bereits zum Betriebe der Dynamo aufgewendet wurde. Es muss demnach im Interesse einer späteren Erweiterung des Fabriksbetriebes die Leistung der Dynamo-Maschine für den Hauptlichtbetrieb derartig getheilt werden, dass je die Hälfte von der Dynamo und einer entsprechend grossen Accumulatoren-Batterie hergegeben wird, so dass der Fabrik die andere Hälfte der Pferdekräfte zur Verfügung bleibt.

Das Laden der Accumulatoren-Batterie erfolgt während des Tages durch dieselbe Dynamo-Maschine, welche während des Abends die Lichtleitungen mit Strom versorgt. Dynamo und Accumulatoren-Batterie, parallel zu einander geschaltet, besorgen nun das Brennen der Lampen gemeinschaftlich.

Aus der Verwendung des Accumulators ergibt sich zunächst der Vortheil, dass bei etwaigen Störungen in der Dynamo die Accumulatoren-Batterie die Stromlieferung übernimmt. Des Weiteren bietet der Vorrath an elektrischer Energie den Vortheil, dass die Lampen auf den Bureaux, den zur Fabrik gehörigen Wohnhäusern oder in den Nachtstunden, beziehungsweise an Sonntagen, überhaupt, wenn der Fabriksbetrieb ruht, brennen können.

Diesen Vortheilen steht gegenüber, dass die Kosten für die Anlage mit Accumulatoren höher sind, als die Kosten für directen Maschinenbetrieb. Indessen dürften die aus der Verwendung der Accumulatoren-Batterie mit einer kleineren Dynamo entstehenden Vortheile, namentlich die beständige Aufrechterhaltung eines regulierten Betriebes gegenüber dem Betriebe durch eine

grössere, den Lichtbetrieb allein besorgende Dynamo die geringeren Anlagekosten mehr als ausgleichen.

Ist in einem Fabriksbetrieb die noch zur Verfügung stehende Kraft überhaupt zu klein, um eine für den Gesamt-Lichtbedarf bestimmte Dynamo treiben zu können, so erübrigt nur die Aufstellung einer Accumulatoren-Batterie in Verbindung mit einer kleineren, derselben entsprechenden Dynamo.

Auch für eine kleinere Einzel-Anlage, in welcher sowohl die Dynamo, als auch die Dampfmaschinen und Kessel neu beschafft werden müssen, bietet die Verwendung von Accumulatoren insofern Vortheile, als dadurch die erforderlichen Kessel mit Dampf- und Dynamo-Maschine derartig kleiner genommen werden können, dass durch die geringeren Anlagekosten für diese die Beschaffungskosten für die Accumulatoren-Batterie gedeckt werden, so dass auch bei Neuanlagen für besondere Fälle die Anordnung mit Accumulatoren sowohl in ökonomischer, als auch in technischer Beziehung dem directen Maschinenbetriebe vorzuziehen sein wird.

*

Es wird nicht unzweckmässig erscheinen, die Berechnung einer Beleuchtungs-Anlage für eine Fabrik mit Tagesbetrieb hier wiederzugeben, welche ich im Auszuge dem von der Accumulatoren-Fabrik in Hagen i. W. mir freundlichst zur Verfügung gestellten Angaben entnommen habe.

Für die elektrische Beleuchtung einer Fabrik mit 12stündiger Arbeitszeit und Beleuchtung von Morgens 6 bis 8 und von Abends 4 bis 7, insgesamt

5 Stunden, stellt sich die gesammte Stromlieferung wenn 120 Glühlampen zu 16 V und 0.5 A erforderlich sind, auf $120 \times 0.5 = 60$ Ampère und für 5 Stunden auf $60 \times 5 = 300$ Ampèrestunden.

Für diese Strommenge ist eine Dynamo von 110 Volt Spannung erforderlich; demnach stellt sich die Gesamtleistung auf $60 \times 5 \times 110 = 33.000$ Volt-Ampèrestunden.

Die Stromlieferung wird zur Hälfte auf die Dynamo, zur Hälfte auf einen Accumulator vertheilt. Da 25% Verlust an hineingeladenen Volt-Ampère gerechnet werden, so sind für den Accumulator mit Rücksicht auf die halbe Stromlieferung nur $25:2 = 12\frac{1}{2}$ % in Rechnung zu stellen. Die Dynamo muss aber diesen Verlust decken, somit entfällt auf dieselbe eine Leistung von

$$33.000 \times \frac{100}{100 - 12.5} = 33.000 \times 1.143 = 37.719$$

Volt-Ampèrestunden oder bei dem 12stündigen Betrieb eine Leistung von 3143 Volt-Ampère pro Stunde.

Bei 110 Volt Spannung muss somit eine Nebenschluss-Dynamo beschafft werden, welche $3143:110 = 28.6$ Ampère giebt, so dass von dem Accumulator noch 31.4 Ampère herzugeben sind. Es wird nun, um beiderseits 30 Amp. zu liefern, die Dynamo etwas grösser gewählt, so dass sie bei 110 V 30 Amp. zu geben vermag. Demgemäss wird ebenfalls der Accumulator auf 30 Amp. Entladestrom eingerichtet.

Für den Accumulator ist noch der Verlust an Stromstärke, welchen der Ladestrom bei der Entladung erleidet und auf 10% angenommen wird, in

Rechnung zu stellen, in Folge dessen, um die Hälfte der verlangten Ampèrestunden mit 150 zu erhalten, $100 : (100 - 10) = 1.111 \times 150 = 166.5$ Ampèrestunden in den Accumulator geladen werden müssen.

Für den Accumulator ist eine Batterie zu wählen, welche unter Berücksichtigung, dass während der Ladung Lampen nicht brennen, dass somit die mittlere Spannung auf $(2.70 + 1.90) : 2 = 2.3$ Volts angesetzt werden muss, sowie unter Anrechnung der Verluste 60 Elemente umfasst. Dieselben ergeben eine Gesamtspannung von 133.8 Volt, so dass unter der Bedingung, dass die Dynamo beständig mit $110 \times 30 = 3300$ Volt-Ampère belastet sein soll, ganz gleich, ob beleuchtet oder nur geladen wird, ein mittlerer Ladestrom von $3300 : 133.8 = 24.66$ Ampère erforderlich ist, welcher bei siebenstündiger Ladezeit auf 24 Amp. ermässigt wird.

Die Ladung beginnt mit einer Spannung von 2.05 Volt und endigt mit hochgerechnet 2.75 Volt; die mittlere Spannung beträgt daher 2.4 Volt pro Element, also $60 \times 2.4 = 144$, rund 145 Volt. Die Maschine muss bei dieser Durchschnitts-Spannung von 2.4 V den vorberechneten Ladestrom von 24 Amp. noch liefern; sie muss aber auch derartig eingerichtet sein, dass sie 2.75 V, oder für die ganze Batterie 165 Volt zulässt, bei welcher Spannung indessen die Ladestromstärke auf 12 Amp. herabgehen kann. Für die erste Ladung sind jedoch 20 Amp. empfehlenswerth, so dass beständig das Product 3300 erhalten wird.

Für den Antrieb der Dynamo ist eine Betriebsmaschine von $5\frac{1}{2}$ Pferdestärken erforderlich. Dies

ergibt sich aus der Belastung von 3300 Volt-Ampère, dividirt durch die Pferdestärke mit 600 Volt-Ampère, gleich $5\frac{1}{2}$. Ferner ist erforderlich:

1. eine Accumulatoren-Batterie von 60 Elementen geeigneter Grösse für 150 Ampèrestunden Capacität, 25 Ampère Lade- und 30 Ampère Entladestrom;

2. eine Nebenschluss-Dynamo-Maschine von 110 bis 165 Volt und einer Stromstärke von 30, 24 und 20 Ampère.

Dieser verkleinerten Betriebs-Einrichtung gegenüber würde bei directem Maschinenbetrieb, also bei alleiniger Uebernahme der Gesamtleistung eine Dynamo von 110 Volts und 60 Ampère = 6600 Volt-Ampère und zu deren Antrieb ein Motor von $6600:60 = 11$ Pferdestärken erforderlich sein.

Das von der Accumulatoren-Fabrik bei der Berechnung angegebene Element ist mit Nr. 6b bezeichnet und kostet ausschliesslich Verpackung 57 M.; es wiegt ohne Säurefüllung und unverpackt 50 Kg. 60 Elemente kosten demnach $60 \times 57 = 3420$ Mark ohne Fracht von der Fabrik zum Besteller.

Eine Dynamo-Maschine mit Nebenschluss-Regulator von 110 Volts und 30 Ampères kostet ausschliesslich Verpackung 950 M., die Anlage mit Dynamo und Accumulator in der vorangegebenen Grösse kostet demnach insgesamt 4370 M.

Diesem Anlagecapital steht die Ausgabe für eine Dynamo mit Nebenschluss-Regulator von 110 Volts und 60 Ampères mit 1260 M. ausschliesslich Verpackung gegenüber, so dass sich eine Mehrausgabe von 2110 M. zu Ungunsten des gemischten Betriebes

ergibt im Vergleich mit dem alleinigen Maschinenbetrieb, was bei 5⁰/₀ Zinsen und 5⁰/₀ Tilgung eine Jahresausgabe von 211 M. ergibt.

Diesem finanziellen Nachtheil ist entgegenzustellen, dass der Fabrik, sofern sie die Dynamo von der Fabrikmaschine treiben lässt, 5¹/₂ Pferdekkräfte mehr zur Verfügung stehen, als beim directen Maschinenbetrieb, was in allen Fällen, wo die Fabrik überhaupt nur wenige Pferdekkräfte in Ueberschuss hat, derartig ins Gewicht fällt, dass der berechnete finanzielle Nachtheil mehr als aufgewogen wird, abgesehen von der erhöhten Sicherheit im Betriebe bei einer gemischten Anlage gegenüber einer directen Maschinenanlage.

Ist eine Betriebsmaschine nicht vorhanden, und müssen in Ermangelung von Kesselanlage und Zubehör die noch besonders in Rechnung gestellt werden, so ist es ohne Weiteres einleuchtend, dass der gemischte Betrieb dem directen Betrieb auch vom ökonomischen Standpunkte aus vorzuziehen ist.

Die Unterhaltungskosten sind bei dieser Berechnung nicht in Rechnung gestellt, da dieselben genau sehr schwierig festzustellen sind, zumal die verschiedenen Constructeure von Accumulatoren, sowie viele andere Techniker für oder gegen Accumulatoren in ihren Angaben wesentlich von einander abweichen. Die Praxis findet auch hier das Beste, nämlich die Anlage für kleinere Beleuchtungsanlagen für jeden einzelnen Fall und beide Betriebsarten besonders zu entwerfen und gegen einander abzuwägen.

4. Die Accumulatoren für Beleuchtung von Fahrzeugen.

Die hohe Bedeutung, welche die Accumulatoren für die Beleuchtung von Fahrzeugen haben, namentlich von Eisenbahnzügen, ist in neuerer Zeit mehr und mehr gewürdigt worden. Auch für Dampfschiffe bürgert sich die elektrische Beleuchtung mittelst der Accumulatoren immer mehr ein, obgleich bei den Dampfschiffen für den Betrieb von Dynamo-Maschinen ein kleiner Motor aufgestellt werden kann, welcher seinen Dampf entweder von der Hauptmaschine erhält oder von einem Nebenkessel. Eine derartige Anordnung für den Betrieb einer Dynamo würde auf Locomotiven nicht durchführbar sein, weil das häufige Wechseln der Locomotive ein Stillstehen der Dynamo, somit ein Einstellen der Beleuchtung im Gefolge hätte.

Nichtsdestoweniger ist aber auch für Dampfschiffe, ganz gleich, ob dieselben Tag und Nacht, oder nur bei Tage und theilweiser Abendzeit in Thätigkeit sind, der Accumulator ein dringendes Bedürfniss geworden, weil bei Schadhafwerden der Kessel, also bei Unglücksfällen, anderenfalls man im Dunkeln sitzen müsste.

Für die Eisenbahnen ist der Vortheil vorhanden, dass alle und jede Gefahr durch Explosion einer Gaslampe ausgeschlossen ist, dass ferner die Beleuchtung als solche nicht mehr von dem Beklettern der Wagendächer abhängig ist und dass Unglücksfälle für die Lampenanzünder, welche namentlich bei Glatteis

feuchtem Wetter u. s. w. stattfinden können, vollständig beseitigt sind.

Die schwersten Bedenken, welche seiner Zeit gegen eine allgemeine Einführung des Accumulators für die Beleuchtung der Eisenbahnwagen erhoben wurden, bestanden jedenfalls darin, dass die technischen, elektrischen Einrichtungen Schwierigkeiten boten, dass ferner vom ökonomischen Standpunkte noch manches näher zu beleuchten war, dass endlich der Transport der Accumulatoren und dessen Auswechslung viel Mühe und Arbeit verursachten.

Die königl. württemberg. Staatsbahn hat, wie Hoppe angiebt, die elektrische Beleuchtung deshalb nicht eingeführt, weil sich die Kosten erheblich höher stellten als diejenigen der Gasbeleuchtung. Die Anlage war derartig eingerichtet, dass eine von der Radachse aus getriebene Dynamo mit einer Accumulatoren-Batterie im Gepäckwagen sich befand.

Seit jener Zeit hat nun die elektrische Beleuchtung in Städten eine solche Ausdehnung genommen, dass auf den Hauptstationen einer Eisenbahnlinie Accumulatoren in geladenem Zustande stets bereit gehalten werden können, wie dies in ähnlicher Weise mit den Wärmeflaschen, beziehungsweise der Presskohlenfeuerung geschieht. Das Umschalten wird mittelst entsprechend eingerichteter Schaltapparate ohne die geringste Lichtzuckung bewirkt.

Durch eine solche Anordnung werden zunächst die Beschaffungskosten für die Dynamo hinfällig, desgleichen die Kosten für die Unterhaltung derselben; auch wird die Anlage wesentlich vereinfacht.

Soll nun aber nach jeder Richtung eine vollkommene elektrische Beleuchtung durchgeführt werden, so sind die Uebelstände, welche den früheren, technischen Einrichtungen anhafteten, nämlich dass durch Theilung des Zuges die hinter dem Accumulator liegenden Wagen unbeleuchtet sind, dass ferner bei Aussenleitungen durch Rangiren des Zuges Lockerungen der Verbindungen entstehen können, dass endlich die feuchte Witterung Einfluss auszuüben vermag, dauernd zu beseitigen.

Diese Uebelstände lassen sich dadurch in vollem Umfange fortschaffen, dass, wie von mehreren Seiten bereits vorgeschlagen und auch zum Versuche gebracht worden ist, jeder Wagen seinen eigenen Accumulator erhält. Die Anlage wird dadurch allerdings vertheuert, wenn auch die Glühlampen auf eine niedrige Anzahl von Volt construirt werden; indessen ist mit Rücksicht darauf, dass für die Ausrüstung jedes Wagens mit einem Accumulator die Beanspruchung des letzteren für vier Lampen nur vier Ampère beträgt, bei der längsten Brennzeit eine Auswechslung der Batterie nicht erforderlich.

Für Eisenbahn-, Pferdebahn-Wagen- u. dergl. Beleuchtungszwecke werden die Accumulatoren-Elemente in entsprechend kleineren Abmessungen hergestellt und zwei oder mehrere in einem Kasten mit Deckel aus Holz untergebracht. Die Elementengefässe sind entweder aus Glas oder Hartgummi. Die Füllung besteht aus der gewöhnlichen Erreger-Flüssigkeit oder aber aus dem gelatinösen Elektrolyt nach den Patenten von Zierfuss und Dr. Schoop. Der Kasten ist mit

gezeichneten Contactklemmen versehen, sowie mit Handgriffen und es ist das Gewicht der in demselben untergebrachten Elemente derartig bemessen, dass zwei Mann den Kasten mit den Elementen bequem tragen können.

Für Wagenlampen werden Glühlampen von 14.5 Volt zu 8, 10 und 12 Kerzen construiert, welche 15 Watt oder einen Strom von 1.04 A. beanspruchen. Diese Lampen werden von den Berliner Accumulatoren-Werken (E. Correns & Co.) benützt, welche dieselben für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen nunmehr eingeführt haben.

Genannte Firma verwendet für jeden Wagen acht Elemente mit fünf positiven und sechs negativen Elektroden, welche in zwei Kästen zu je vier untergebracht werden. Jeder Kasten mit den vier gefüllten Elementen hat ein Gewicht von etwa 60 Kg; er ist somit von zwei Personen bequem zu transportieren.

Die Elemente werden mit gewöhnlicher Erreger-Flüssigkeit gefüllt und alsdann mit einem geeigneten Deckel fest verschlossen, so dass ein Ausspritzen der Säure aus dem Gefäss nicht stattfinden kann. Zum Zwecke der Abführung von Gasen ist durch den Deckel ein Stöpsel mit ganz feiner Oeffnung hindurchgeführt. Die Capacität des Elementes beträgt 72 Ampèrestunden; es bedarf mithin bei einer Beleuchtungszeit von 16 Stunden an den kürzesten Wintertagen keiner Auswechslung der Accumulatoren-Batterien.

Die Batteriekästen werden nun nicht unter den Sitzen in dem Wagen, sondern unter dem Wagenboden untergebracht. Zu diesem Ende wird ein Kasten von

Eichenholz ausserhalb unter dem Wagenboden angebracht und mit Gleitschienen versehen, auf welchen die Kästen mit den Elementen bequem eingeschoben werden können. Die Abmessungen für den eichenen Kasten sind: Länge 116, Breite 57, und Höhe 42 Cm.

Die Kosten für die Gasammt-Einrichtung eines Wagens, nämlich innere technische Einrichtung, vier Glühlampen, Fassungen, zwei Holzkästen mit je vier Elementen und einem eichenen Kasten stellen sich etwa auf 800 Mark. Die Unterhaltungskosten beschränken sich nur auf die Ausgaben für das Laden und den Ersatz von Glühlampen.

Rechnet man auf das Laden der Accumulatoren $3\frac{1}{2}$ Pferdekraftstunden zu 15 Pf., ferner stündlich bei achtstündiger Brennzeit $0.2\frac{0}{00}$ Zinsen für die Anlage, $1\frac{0}{00}$ Tilgung für die Anlage und $0.3\frac{0}{00}$ Tilgung für die Lampen, so stellen sich die Ausgaben für eine dreizehnstündige Beleuchtung auf 1 M. 90 Pf. für jeden Wagen, oder auf 0.3 Pfg. für jede Kerzenstunde und im Durchschnitt.

Vom ökonomischen Standpunkte wird nun wohl in allernächster Zeit die Frage gelöst sein, ob die dauernde, elektrische Beleuchtung für Eisenbahnzüge eingeführt werden soll, zumal von elektrotechnischer Seite die Einrichtung derartig getroffen ist, dass irgend ein Versagen, ein Dunkelbleiben oder ein Erlöschen von Lampen bei Unglücksfällen, sowie überhaupt irgend ein Unglücksfall aus der Verwendung der Elektrizität für elektrische Zugbeleuchtung vollständig ausgeschlossen ist.

Auch mit dem Heyl'schen Accumulator sind neuerdings Versuche für die Beleuchtung der Wagen der Simplonbahn, welche die Huber'schen Accumulatoren verwendet, im Gange. Die Accumulatoren sind ebenfalls, wie von den Accumulatoren-Werken (E. Correns & Comp.) geschehen, in einem Kasten unter dem Wagenbocke untergebracht. Derselbe enthält 18 Elemente mit 34 Volt Spannung und 50 Ampèrestunden Capacität. In der Mitte ist eine Scheidewand, wodurch zwei Kammern zu je neuen Zellen gebildet werden.

Heyl ordnet in jeder Wagenabtheilung 2 Lampen zu 8 Kerzen an, welche je ihren besonderen Stromkreis haben. Es soll dadurch einem Versagen der elektrischen Beleuchtung in Folge von Fehlern in der inneren Einrichtung begegnet werden.

Die elektrische Beleuchtung von gewöhnlichen Wagen, Droschken u. dgl. ist zwar ebenfalls schon mannigfach versucht worden, indessen scheint man noch nicht zu der Ueberzeugung gekommen zu sein, dass mit der elektrischen Beleuchtung mittelst unter dem Kutscherbock angebrachter Accumulatoren nennenswerthe Vortheile verbunden sind.

Dagegen finden die elektrischen Lampen eine besondere Berücksichtigung in den Bergwerken, wo sie zur Vermeidung von Entzündungen schlagender Wetter verwendet werden. Von den verschiedenen Lampenformen sind die bekanntesten die elektrischen Grubenlampen von Steller und von Pollack. Letzterer hat seine Lampe u. A. auch in Deutschland patentiren lassen (D. R. P. 59096). Die Brenndauer der Lampen beträgt je nach ihrer Grösse 10—16 Stunden.

Die Accumulatoren-Batterie besteht aus zwei Zellen zu je 5 Platten und wiegt nach Steller 1600 Gr., nach Pollack 1800 Gr. Pollack's Lampe war auf der Ausstellung in Frankfurt a. M. vorgeführt, wo sie die Aufmerksamkeit der Bergwerktechniker auf sich lenkte.

5. Die Accumulatoren zur Fortbewegung von Fahrzeugen.

Die Verwendung von Accumulatoren zur Fortbewegung von Fahrzeugen, namentlich von Booten und Pferdebahnwagen hat schon frühzeitig begonnen. So trieb schon 1881 Trouvé in Paris ein kleines Boot durch Accumulatoren. Reckenzaun fuhr 1882 auf der Themse und 1883 in Wien mit einem elektrischen Boote, getrieben von Accumulatoren, 1885 mit einem neuen, 6 Meter langen und 1·5 Meter breiten Boot in London.

Die Firma Siemens & Halske hat sich um die Durchführung der elektrischen Fortbewegung von Fahrzeugen unter Verwendung von Accumulatoren ausserordentlich viel bemüht. Das von der Frankfurter Ausstellung her bekannte Boot Elektra wurde 1886 in Harsburg gebaut. Dasselbe, aus verzinktem Stahlblech bestehend, ist 11·5 Meter lang und 2 Meter breit; es geht 0·8 Meter tief und hat Platz für 20 bis 30 Personen. In der Mitte des Bootes sind 80 Accumulatorzellen aufgestellt, welche eine Dynamo treiben, deren Achse mit der Schraubenwelle gekuppelt ist. Die Zellen können beliebig entweder hinter- oder in zwei

oder in vier Reihen nebeneinander geschaltet werden. Jede Zelle wiegt 26 Kilogr., die Batterie von 80 Zellen somit etwa 2 Tonnen. Die elektromotorische Kraft ist im Mittel 2 Volt, die Capacität beim Entladen in 4 Stunden 35 Ampère; es liefert somit die Batterie 5600 Volt-Ampère oder etwa 7·61 elektrische Pf.

Von der Firma Escher, Wyss & Co. in Zürich war für die Dauer der Ausstellung in Frankfurt am Main 1891 ein elektrisches Boot auf dem Main zur regelmässigen Fahrt zwischen Ausstellung und Fahrthor im Betriebe. Dasselbe hatte eine Batterie von 56 Zellen der Oerlikon-Fabrik an Bord, welche unter Deck angebracht waren. Die Batterie lieferte für 5 bis 6 Stunden genügenden Strom zum Betriebe der Dynamo, auf deren Welle die Achse der Schraube gekuppelt war. Das Boot hatte, wie auch dasjenige von Siemens & Halske, eine Geschwindigkeit von 10 bis 11 Kilometer in der Stunde.

Der elektrische Betrieb von Schiffen mittelst Accumulatoren hat für gewisse Zwecke einen sehr grossen Werth, weshalb namentlich die Kriegsmarine diesem Betriebe grosse Aufmerksamkeit widmet. So würde für Torpedoboote der elektrische Betrieb insofern von Vortheil sein, als in Folge Vermeidung jeglicher Rauch- und Dampfentwicklung das Herannahen der Boote nicht sofort bemerkt werden kann. Ferner wird die Fortbewegung der Boote unter Wasser ermöglicht, wie dies die Versuche in verschiedenen Kriegsmarinen (Frankreich, Spanien u. s. w.), sowie von mehreren Firmen dargethan haben. Bis jetzt sind indessen die Erfolge anscheinend noch nicht derartig gewesen, dass

eine dauernde Verwendung von elektrischen, unterseeischen Booten zu erwarten steht.

Ob die elektrischen Boote für den gewöhnlichen Schifffahrtsverkehr durchdringen werden, ist zur Zeit ebenfalls noch zweifelhaft. Ich verkenne sicherlich nicht die Vortheile, welche sich namentlich vom Sicherheits- und Gesundheitspunkte aus der Verwendung elektrischer Boote ergeben. Auch ist wohl anzunehmen, dass der Betrieb mit elektrischen Booten rentabel und billiger sein wird, als derjenige mit Dampfbooten. Indessen muss ich hervorheben dass die gegenwärtigen Accumulatoren, sofern sie grosse Leistungen z. B. von Morgens 3 oder 4 bis Abends 12 Uhr oder ununterbrochen ausüben sollen, von einem erheblichen Gewicht sein müssen. Dann kommt noch der Umstand dazu, dass nicht immer und nicht überall Gelegenheit zum Laden vorhanden ist. Endlich ist selbst bei den kleinen Schraubendampfern für das Ein- und Ausschleppen der Schiffe in die, bzw. aus den Häfen es unbedingt sehr störend, wenn dieselben zum Zwecke der Aufnahme einer neuen Accumulatoren-Batterie nach je 4, 5 oder 6 Stunden nach einem gewissen Platz fahren müssen. Gerade für die kleinen Schraubendampfer in grösseren Häfen mit den fast undurchdringbaren Rauchwolken spielt das Gewicht der Batterie und die Dauer ihrer Wirkung eine grosse Rolle. Dass die augenblicklich nach obwaltenden Bedenken, welche der Verwendung von elektrischen Booten entgegenstehen, mit der Zeit beseitigt werden, ist allerdings zweifelsohne.

Von den vielen Versuchen, welche mit Accumulatoren zum Betriebe von Strassenbahnwagen angestellt

worden sind, erwähnen wir zunächst diejenigen von Reckenzaun in Berlin 1885*) und von Huber in Hamburg 1886. Letzterer hat in einer eingehenden Abhandlung den Verlust an Energie, sowie den mittleren täglichen Verbrauch an Energie an verschiedenen und in verschiedenen Jahreszeiten festgestellt**) und nachgewiesen, dass der Verbrauch fortwährend wechselt und zwischen 300 Wattstunden im Minimum und 900 Wattstunden im Maximum für den mittleren, an einem Tage gefahrenen Kilometer geschwankt hat.

Der im Jahre 1886 in Brüssel eingerichtete elektrische Strassenbahnbetrieb mittelst Accumulatoren hat im Jahre 1890 eingestellt werden müssen,***)) angeblich wegen schlechter Rentabilität gegenüber dem Betriebe durch Pferde. Die Verhältnisse müssen indessen in Brüssel sehr verworren gelegen haben, da ein Betrieb für acht Wagen vorgesehen war, jedoch nur drei Wagen in Betrieb genommen worden waren. Der Ingenieur Conseil gelangte dahin, dass der elektrische Betrieb mit Accumulatoren ebenso theuer wäre (25 Cts. für den durchfahrenen Kilometer), wie der Betrieb durch Pferde.

Huber hat aus seinen Versuchen nachgewiesen, dass der elektrische Bahnbetrieb mittelst Accumulatoren auf einen Kilometer berechnet, insgesamt 14 Pf. beträgt und zwar 4 Pf. für Accumulatoren-Abnützung, 6 Pf. für Laden u. s. w., 4 Pf. für Schmieren an dem

*) E. Z. 1886 S. 4.

**) E. A. 1890 S. 194.

***)) L'Ing. Cons. 1890.

Wagen und Motor u. dergl., während ohne Anrechnung von Abnutzung lediglich an Unterhaltung der Pferdebahnbetrieb sich auf 16·4 Pf. gestellt hat. Auch von anderer Seite ist der elektrische Betrieb mittelst Accumulatoren billiger nachgewiesen als derjenige mittelst Pferde.

In Paris sind in neuerer Zeit mehrere elektrische Strassenbahnen durch Accumulatoren im Betrieb. So ist z. B. *) von der Société pour le travail électrique des métaux eine elektrische Bahn zwischen dem Industriepalast und dem Concordiaplatze mittelst Accumulatoren eingerichtet.

In England werden ebenfalls die Strassenbahnen mit Accumulatorenbetrieb in erheblichem Umfange verwendet. Als Accumulatoren kommen die Systeme von der E. P. S. C., von Jarman, Crompton-Howell und in ganz neuer Zeit auch von Epstein zur Benützung.

Die weitgehendste Vertretung haben die elektrischen Strassenbahnen mit Accumulatoren Betrieb in Amerika gefunden, wengleich dieselben gegen solche mit Dynamobetrieb noch weit zurückstehen. Die Direct Electric Company hat sich namentlich dem elektrischen Strassenbahnbetriebe unter Verwendung von Accumulatoren-Batterien gewidmet. Letztere sind die Zink-Kupfer-Zellen von Waddel-Entz. **)

Ueber finanzielle Ergebnisse gegenüber dem Betriebe mit Dampf oder Pferden sind Angaben nicht gemacht worden.

*) Bull. Intern. de L'Electr. 1890, E. Z. 1890, S. 610.

**) El. Eng. Newyork XI, S. 542.

In Deutschland sieht es mit dem elektrischen Strassenbahnbetriebe an und für sich nicht sehr erbau-lich aus. Ob ausser der Waldbahn in Frankfurt am Main mit Oerlikon-Accumulatoren, der Bahn Berlin-Lichterfelde theils mit Dynamo-, theils mit Tudor-Accumulatoren und der Bahn Frankfurt am Main — Offenbach am Main, sowie in Halle a. d. Saale mit Dynamobetrieb noch andere elektrische Bahnen im Betriebe sind, ist mir nicht bekannt geworden.

Was nun den elektrischen Betrieb von Strassenbahnen mittelst Accumulatoren anbetrifft, so sind meines Erachtens die Hauptbedenken darin zu suchen, dass einerseits das Gewicht der Accumulatoren-Batterien verhältnissmässig zu gross ist, andererseits die Batterien noch nicht bewiesen haben, dass sie die hohen Beanspruchungen, welche mit dem elektrischen Bahnbetriebe verbunden sind, in einem für die Praxis genügenden Maasse zu erfüllen befähigt sind. Letzteres Bedenken ist das geringere und kann, sofern die Angaben über die Verwendbarkeit der Accumulatoren zum elektrischen Strassenbahnbetriebe der Wirklichkeit entsprechen, wohl als beseitigt angenommen werden. Es handelt sich somit nur um die Verminderung des Gewichtes der Accumulatoren-Batterien und zwar müsste dasselbe nur einen kleinen Bruchtheil des ganzen Wagengewichtes ausmachen. Ob auch dieses Bedenken mit der Zeit beseitigt werden wird?

Nach dem gegenwärtigen Stande des Accumulatorenwesens scheint man auf eine Verminderung des Gewichtes in oben angedeutetem Sinne nicht zu rechnen. Man beabsichtigt vielmehr, Accumulator-Locomotiven

zu bauen, was namentlich dann von grossem Werthe wird, wenn vom Dynamobetrieb ausserhalb der Stadt auf Accumulatoren-Betrieb innerhalb der Stadt übergegangen werden muss. Die Batterien sind über und neben einander in Kästen oder Regalen übersichtlich und leicht angeordnet. Mittelst eines Hebewerkes werden die Batterien auf die, bzw. von der Locomotive geschafft; dieselben können z. B. 15 Pferdestärken 12 Stunden lang liefern.

Der Motor befindet sich unterhalb der Batterien. Auf der Vorder- und Hinterplattform stehen die elektrischen Schaltapparate zum Langsam-, Vor- und Rückwärtsfahren und die Bremse. Die Mitte der Locomotive ist frei und dient zur Aufstellung der Mess- und Controlinstrumente.

Der elektrische Betrieb von Droschken, Lastwagen, Omnibus u. dergl. mittelst Accumulatoren wird vorläufig wohl nur als Sport zu betrachten sein. Meines Erachtens wird vorläufig in Anbetracht der eigenartigen Betriebsverhältnisse der elektrische Betrieb für Wagen, welche nicht auf Geleise laufen, kaum je in ernstliche Erwägung zu ziehen sein.

6. Die Accumulatoren in der Telegraphie.

Bereits im Jahre 1887 wurde auf die Verwendung der Accumulatoren als Ersatz für die Telegraphiebatterien in den Fachblättern hingewiesen. Seit dieser Zeit sind von verschiedenen Telegraphen-Verwaltungen Versuche angestellt worden, an welche sich die seit

1889 begonnenen Versuche der Reichstelegraphen-Verwaltung Deutschlands anschliessen.

Die in dem Ingenieur-Bureau des Reichs-Postamtes in Berlin angestellten Vorversuche lieferten derartig günstige Ergebnisse, dass das Haupt-Telegraphenamt mit einem Versuche im Grossen zur Speisung der Arbeitsstrom-Leitungen für Hughes- und Morsebetrieb beauftragt wurde.

Zum Betriebe von 237 Leitungen waren bisher 6000 Zink-Kupfer-Elemente nöthig, welche durch eine Batterie von 80 Accumulator-Elementen ersetzt werden konnten. Eine Batterie von 40 Zellen war zur Reserve bereit gestellt. Von diesen Leitungen entfielen 93 auf den Hughes-, 144 auf den Morsebetrieb.

Jede Zelle einer Accumulatoren-Batterie besteht aus drei positiven und vier negativen Platten, System Tudor, und besitzt eine Capacität von 62 Ampère stunden für 10 A. Entladestrom.

Die Accumulatoren-Batterie umfasst drei Gruppen zu je 40 Elementen, von denen zwei Gruppen in Hintereinander-Schaltung verwendet werden. Soll nun eine Gruppe ausgewechselt werden, so wird zur Vermeidung von Störungen die neue Gruppe parallel zu der zu ersetzenden geschaltet und letztere dann fortgenommen. Es sind somit im Ganzen 120 Elemente erforderlich, welche mit Rücksicht darauf, dass jede Zelle sieben Elektroden enthält, somit vier nebeneinander geschaltete Elemente vorstellt, einer Batterie von $4 \times 120 = 480$ Elementen entspricht.

In Betreff der umfangreichen Schaltungs- und Einrichtungsarbeiten, welche auf dem Hauptamte in Berlin

getroffen werden mussten, verweise ich auf die E. Z. 1890 S. 629.

In den Apparat-Zuführungen, und zwar vom Umschalter im Saal zum Apparat, befinden sich Ausgleichswiderstände, dieselben sind auf 1Ω pro 1 Volt festgestellt, so dass z. B. in eine Zuführung für eine Leitung, welche einen Strom von 160 V. beansprucht, ein Widerstand von 160Ω einzuschalten ist. (?)

Es war nahe liegend, dass die grossplattigen Elemente der Accumulatoren-Batterien nicht in dem Maasse ausgenützt wurden, wie es vom ökonomischen Standpunkte wünschenswerth sein musste. Daher wurden zum grossen Theile nach den Vorschlägen des Telegraphen-Ingenieur-Bureaus in Berlin einerseits von der Accumulatoren-Fabrik in Hagen i. W., andererseits von den Berlinern Accumulatorenwerken (E. Correns & Co.) in Berlin neue Elemente ausgeführt, welche zu den in den Figuren 88 bis 89 dargestellten Formen führten. Das Element ist erheblich verkleinert, besteht aus zwei negativen und einer positiven Elektrode, also aus zwei neben einander geschalteten Elementen, hat eine Capacität von 10 bis 12 Ampèrestunden und einen Entladestrom von 1 bis 2 Ampère.*)

Das von der Accumulatoren-Fabrik in Hagen i. W. hergestellte Element zeigen die Figuren 88, 89 und 90 in Vorder-, Seiten- und Oberansicht.

Die beiden negativen Platten *nn* sind durch zwei entsprechend umgebogene, beim Guss der Platten mit-

*) E. Z. 1891, S. 555.

gebildete Bleibügel ss , welche auf dem Boden des schmalen Glases mit ihrem unteren Theile aufliegen, miteinander verbunden. Die dicht an den Gefäßwänden anliegenden negativen Platten erhalten so

Fig. 88.

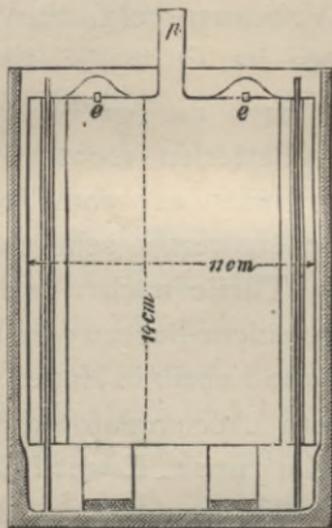


Fig. 89.

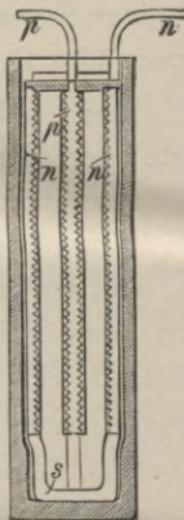
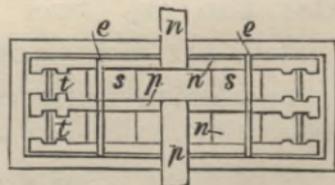


Fig. 90.



einen festen Stand. Die positive Platte p besitzt an der oberen Kante zwei halbkreisförmige durchbohrte Ansätze, durch welche Ebonitstäbchen gesteckt werden; mittelst dieser hängt die positive Platte auf den beiden negativen Glasstreifen tt , welche in Nuthen der Platten

bis zum Boden des Glasgefäßes eingeschoben werden, verhindern die Näherung der Elektroden. Die Elek-

Fig. 91.

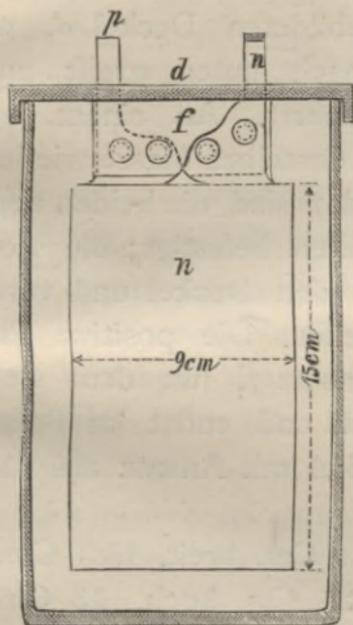


Fig. 92.

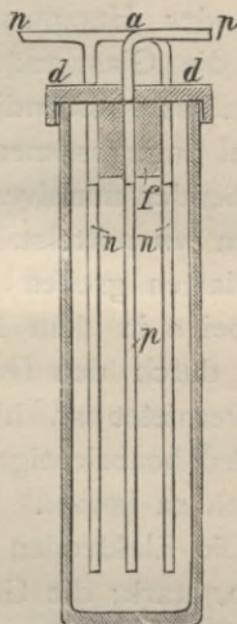
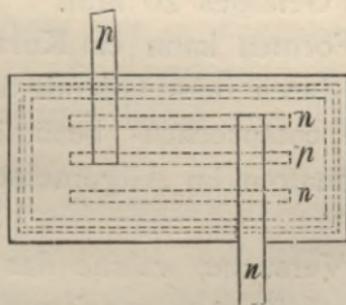


Fig. 93.



troden sind 11 Cm. breit, 14 Cm. hoch, 4 bis 5 Mm. stark; die Gläser haben 19 Cm. Höhe, 12·5 Cm. Breite und 4·2 Cm. lichte Weite. Der Abstand der Elektroden

untereinander beträgt 15 Mm., die Entfernung der positiven Platte vom Boden des Gefäßes 25 Mm.

Die Fig. 91, 92 und 93 zeigen die Correns-Form. Bei dieser hängen die drei Elektroden an einem aus isolirender Harzmasse gebildeten Deckel d , welcher über die Glaswandung nach unten greift und das Glasgefäß vollständig absperrt. An einem, an dem Deckel angegossenen, aus derselben Masse wie letzterer bestehenden massiven Stück f sind die beiden negativen Platten nn mittelst Bleinieten befestigt; die Fortsätze der Platten greifen durch den Deckel und vereinigen sich bei a in dem Polstreifen. Die positive Platte p greift durch den Deckelansatz f , mit dem sie ebenfalls vernietet ist, hindurch und endet im Polstreifen. Es wird beabsichtigt, Deckel mit Ansatz aus Porzellan fertigen zu lassen.

Die Elektroden sind 9 Cm. breit, 15·3 Cm. hoch, 4 Mm. stark; die Gläser 21 Cm. hoch, 13 Cm. breit und haben 4·5 Cm. lichte Weite. Der Abstand der Platten unter einander beträgt 11 Mm., der Abstand vom Boden des Gefäßes 20 Mm.

Bei beiden Formen kann ein Kurzschluss zwischen den Elektroden durch herabfallende Masse nicht leicht eintreten, beide entsprechen bezüglich ihrer elektrischen Eigenschaften im Allgemeinen den gestellten Bedingungen.

Die ersten Versuche, welche das Ingenieur-Bureau mit anderen kleinen Formen von Sammlern (Construction Correns) anstellte, wurden auch in der Richtung ausgedehnt, dass die Ladung durch eine Kupferbatterie erfolgte. Hierbei zeigte sich, dass bei bestimmten Be-

triebsverhältnissen die Ladung kleiner Sammler durch Kupferelemente mit wirtschaftlichem, unter Umständen erheblichem Nutzen möglich ist (vgl. E. Z. 1891 S. 128).

Welche Stromgebung wirtschaftlich von Vortheil ist, berechnet sich, wenn man in beiden Fällen Aufsichts- und Generalkosten als gleich annimmt, für n Kupferelemente, wie folgt:

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Preis der n Elemente rund 0.70 Mk.,
davon 4% als Verzinsung | 0.028 n Mk. |
| 2. Unterhaltung einschliesslich des Ersatzes
der Gläser und Elektroden, abzüglich
des Werthes des wiedergewonnenen
Materialies 0.30 Mk. für das Element
und Jahr . . . , | 0.300 n Mk. |
| 3. Unvorhergesehene Ausgaben 5% der
Summe unter 1 und 2 | 0.016 n Mk. |
| | Zusammen 0.344 n Mk. |

oder rund 0.35 n Mark,

Eine Rechnung über die Kosten der Sammler, welche zum Ersatz der n Elemente bestimmt sind, sowie der zur Ladung erforderlichen Kupferbatterie hat zu zeigen, ob der Betrag von 0.35 n Mark erreicht wird.

Interessante Aufschlüsse liefern die Aufzeichnungen über den Stromverbrauch und die Unterhaltung der auf dem Haupttelegraphenamte aufgestellten Sammlerbatterie von 120 Tudor'schen Zellen.

Grawinckel macht für einen Zeitraum von 151 Tagen (fünf Monate) die folgenden Angaben:

»Es wurden 8400 Kupfer-Elemente durch die Accumulatoren-Batterie ersetzt. Die von einem Aronschen gut regulirten Elektrizitätsmesser registrierte Strommenge, welche zum Laden in dem angegebenen Zeitraum angewendet wurde, betrug 1534·68 Ampèrestunden. Die Kosten für diesen Verbrauch, für Unterhaltung der Accumulatoren-Batterie, sowie für eine 20⁰/₀ betragende Tilgung der Beschaffungskosten für die Zellen ergaben rund 340 Mk.

Die Verzinsung und Amortisation der gesammten übrigen technischen Einrichtung (4⁰/₀ Zinsen und 5⁰/₀ Amortisation) erfordert 325 Mk., so dass die gesammten Kosten sich auf 665 Mk. belaufen.

Die Unterhaltungskosten für die Kupferbatterie von 8400 Elementen einschliesslich der Amortisation und abzüglich des Werthes der gewonnenen Materialien betragen für einen fünfmonatlichen Zeitraum rund 930 Mk.

Da der Preis eines Elementes sich in Berlin auf nur 65 Pfg. stellt, so erwachsen an Zinsen zu 4⁰/₀ gerechnet rund 90 Mk., so dass die gesammten Kosten 1020 Mk. betragen. Schlägt man die für das Wart- und Aufsichtspersonal erwachsenden Kosten für beide Stromquellen (mit Rücksicht auf die der Sammelbatterie zu widmende peinliche und stetige Aufsicht) vorläufig gleich hoch an, so hat sich der Betrieb mit Kupferbatterien um mehr als 50⁰/₀ theurer als der Sammlerbetrieb, beziehungsweise der letztere um 35⁰/₀ billiger als der erstere gestellt. Dieses ausserordentlich günstige Ergebniss hat wesentlich seinen Grund darin, dass

nicht besondere Maschinen zur Ladung benützt werden, sondern letztere durch die Elektrizitätswerke erfolgt.

Die nutzbaren Ampèrestunden gegenüber den aufgewendeten stellen sich auf durchschnittlich täglich 5·32 gegen 10·16; es werden mithin 52·4% wieder gewonnen. Dieser Verlust erscheint ziemlich bedeutend; zu einem Theile ist er darin begründet, dass trotz der angewendeten Maassregeln zur sorgsamten Isolirung der Zellen untereinander und gegen die Erde ein merkbarer Ausgleich stattfindet.

Bei den durch eine Kupferbatterie geladenen kleinen Sammlern wurden 68·4% der eingeladenen Menge wieder gewonnen. Die kleinen Sammler haben sich in dieser Beziehung also wesentlich vortheilhafter als die grossen Zellen verhalten, wobei indessen bemerkt werden muss, dass, da der Versuch mit den kleinen Sammlern sich auf wesentlich kürzere Zeit (39 Tage) erstreckt hat, bezüglich der nutzbaren Strommenge sich vielleicht ein günstigeres Ergebniss herausstellte. Immerhin darf das gesammte Ergebniss der Versuche nicht allein als technisch, sondern auch als finanziell so befriedigend angesehen werden, wie es kaum erwartet werden konnte und auch nicht erwartet worden ist.«—

Was den Schlusssatz von Grawinckel anbelangt, so war ein finanziell günstiges Resultat ganz bestimmt zu erwarten, da bekanntlich Elemente mit sehr geringem innerem Widerstande sich sehr gut zu einer gemeinsamen Batterie für viele Leitungen eignen.

Was nun die Kosten-Berechnung anbelangt, so ist bedauerlicher Weise der Preis der Accumulatoren-

Batterie von Grawinckel in der gemachten Berechnung nicht angegeben; auch fehlen die Kosten für die Entnahme des Stromes von den Berliner Electricitätswerken. Wenn ich auch nicht im Geringsten an der Richtigkeit der von Grawinckel angegebenen Zahlen zweifle, so wäre es doch angezeigt gewesen, auch Andern die Möglichkeit zu vergleichenden Zusammenstellungen zu geben.

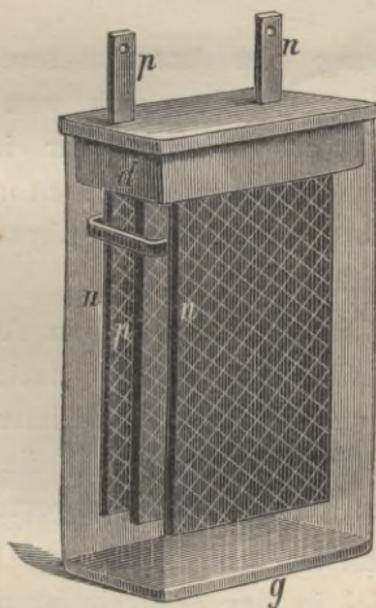
In technischer Beziehung würde ferner noch aufzuklären sein, wie die Schaltung für die Leitungen von verschiedenem Widerstande ist, da die Art und Weise der Schaltung des Widerstandes, wie dies in Nr. 49 der E. Z. 1890 (vgl. S. 239) angegeben wird, der Klarheit entbehrt. Auch wäre eine eingehende Erörterung darüber, wie sich Abzweigungen gestalten, wie sich ferner die Batterie verhält, wenn dieselbe die Stromabgabe für eine Leitung plötzlich auf alle Leitungen ausdehnen muss, wünschenswerth gewesen.

Die kleine Zelle, welche gegenwärtig verwendet wird, könnte insofern zu kurzem Schluss Anlass bieten, als bei nicht sorgfältiger Behandlung, namentlich beim Einsetzen der Elektroden in das Glasgefäß, die unteren Enden der negativen Elektroden mit den positiven sich berühren. Um diesem Uebelstande zu begegnen ist die Verbindung der beiden negativen Elektroden unter einander nicht mehr über dem Deckel *d* (Fig. 92), sondern unter dem Deckel angebracht, wie Figur 94 zeigt. Dieselbe kann auch noch tiefer gelegt werden und es wird bei genügend starker Wahl des Verbindungsstreifens eine Berührung der Elektroden vollständig vermieden.

Die Figur 94 stellt in perspectivischer Ansicht das neue von den Berliner Accumulatoren-Werken für die Reichspost gebaute Element dar, welches zu weiteren Versuchen bestimmt ist.

Auch ist die genannte Firma damit beschäftigt, noch eine kleinere Type zu Versuchszwecken für die

Fig. 94.



Reichspost zu construiren, da nach Ansicht Gra-
winckel's der Betrieb mit kleinen Zellen, abgesehen
von dem erheblich niedrigeren Beschaffungspreis, in
wirthschaftlicher Beziehung sich noch bedeutend gün-
stiger gestalten wird.

Dass die in den Figuren 88 bis 94 vorgeführte
Zelle bis auf das gewöhnliche Format des gebräuch-
lichen galvanischen Elementes und darunter verkleinert

werden kann, ist zweifelsohne. Auch unterliegt es keinem Zweifel, dass derartige Accumulator-Batterien für Telephonie, Haustelegraphie u. dgl. Verwendung finden können; ob indessen mit Vortheil, möchte ich zur Zeit in Frage stellen.

7. Die Accumulatoren in der Metallbearbeitung.

Die Verwendung von Accumulatoren in der galvano-plastischen Industrie hat sich von ausserordentlicher Wichtigkeit gezeigt und zwar in Folge der gleichmässigen Stromstärke, welche eben in der Galvanoplastik zur Erzeugung von gleichmässig starken Niederschlägen verlangt wird.

Ein weiterer Vortheil ist mit dem Accumulatorenbetrieb insofern verbunden, als die Batterie bei Tage von der Dynamo geladen wird und dann während der Nacht den Betrieb fortsetzt, während die Dynamo ausgeschaltet und der Dampfbetrieb abgestellt wird.

Die Anstalt für Galvanoplastik von Benzinger & Comp. in Einsiedel in der Schweiz ist mit Hilfe von Accumulatoren-Batterien auf Dauerbetrieb eingerichtet. *) Ferner betreibt die Verlagsanstalt Union in Stuttgart ihre galvano-plastische Einrichtung mittelst Accumulatoren, wie dies auch mehrfach schon durchgeführt ist und sich bewährt hat.

Mit der Verwendung der Accumulatoren für die Schweissung von Metallstücken an einander, scheint

*) E. A. 1890. 1463.

ein guter Erfolg nicht erzielt zu sein. Man schreibt den schlechten Erfolg der ungemein hohen Wärme zu, welche durch den elektrischen Lichtbogen entwickelt wird, und es ist zur Zeit noch sehr fraglich, ob das elektrische Schweissverfahren, ganz gleich ob Dynamo- oder Batterieströme verwendet werden, für die Praxis mit Erfolg wird eingeführt werden können.

8. Die Accumulatoren in der Medicin.

Zwei Wirkungen des elektrischen Stromes werden hauptsächlich in der Medicin verwendet: das elektrische Licht und die Galvanokaustik. Für beide Wirkungen muss eine elektrische Kraftquelle genommen werden, welche Ströme von sehr grosser Stärke zu liefern vermag, um den eingeschalteten Schliessungsdraht in glühenden Zustand zu versetzen.

Die mannigfachen Nachtheile der bisher allgemein zu medicinischen Zwecken benützten galvanischen Batterien veranlassten in den letzten Jahren Aerzte und Techniker an Stelle der Batterien die Accumulatoren zu verwenden. Zu diesem Ende wurden letztere in kleineren Abmessungen hergestellt und in einem kleinen Kästchen untergebracht, welches vom Arzt bequem mitgenommen werden kann. Dr. Seligmann*) hat von der Firma Emil Braunschweig in Frankfurt a/M. nach seinen Angaben eine kleine Accumulatoren-Batterie herstellen lassen, deren Elektroden etwa 10 Cm² Oberfläche haben.

*) Therapeut. Monatshefte 1890.

Die Zahl der Elemente beträgt 4, die Spannung jeder Zelle etwa 2 Volt, so dass eine Gesamtspannung von acht Volt zur Verfügung stand. Mit dieser Leistung war die Batterie für die Galvanokaustik brauchbar, da die sämtlichen galvanokaustischen Instrumente eine wesentlich geringere Spannung besitzen und zur Beleuchtung des Trommelfelles, der Nase, des Kehlkopfes, sowie zu der im Jahre 1888 von Voltolini in die Praxis eingeführten Durchleuchtung eine Glühlampe von acht Volt genügt.

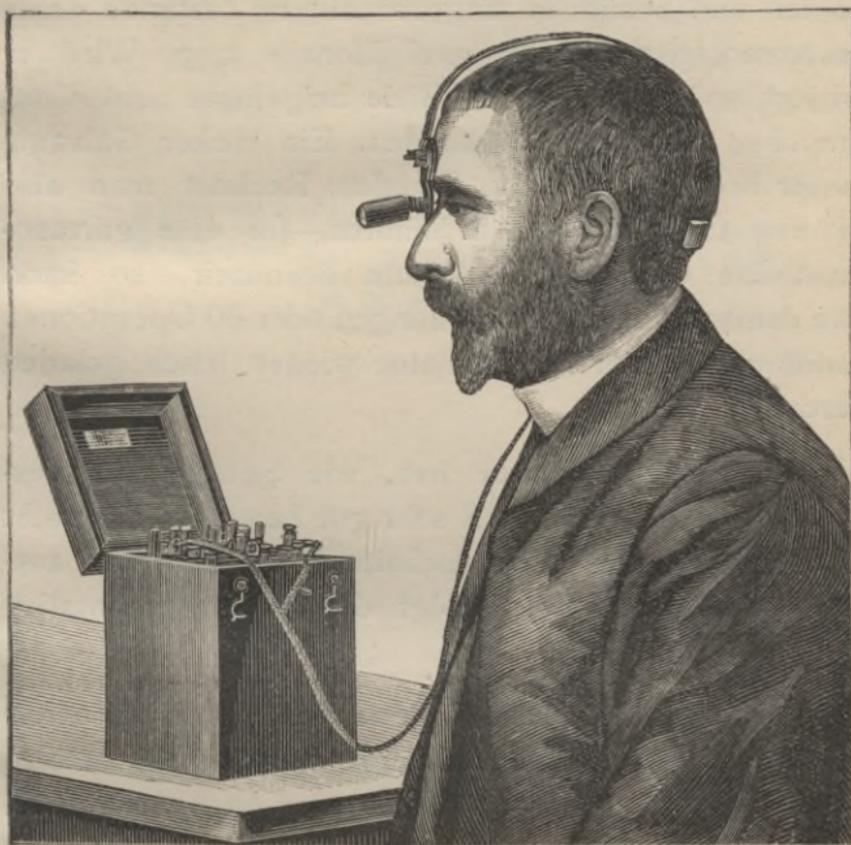
Die Batterie besteht aus einem Hartgummikästchen das 12 Cm. lang, $10\frac{1}{2}$ Cm. breit und 13 Cm. hoch ist; dasselbe ist durch drei Zwischenwände in vier Abtheilungen getheilt, deren jede 2 Cm. breit ist. Jede Abtheilung bildet ein Element und enthält drei Platten eine positive und zwei negative, die ganze Secundärbatterie also zwölf Platten.

Nachdem die Platten in ihre Abtheilungen eingesetzt sind, werden die letzteren oben durch kleine Deckel verschlossen und so verkittet, dass nur noch die acht Polklemmen aus dem Kästchen hervorragen (vgl. Fig. 95). Neben diesen befindet sich eine durch Schraubenstöpsel verschliessbare Oeffnung an jedem Element von der Grösse eines Zwanzigpfennig-Stückes. Die Oeffnungen dienen zum Füllen der Elemente mit verdünnter Schwefelsäure (1 Theil Schwefelsäure auf 9 Theile Wasser).

Zum leichteren Transport ist der ganze Apparat fest in ein Holzkästchen eingesetzt, in welchem er auch bei der Ladung und Benützung verbleiben kann. Das

Holzkästchen ist oben an einem Griffe tragbar und verschliessbar. In dieser Gestalt hat der gefüllte Accumulator ein Gewicht von $5\frac{1}{2}$ Kg. (11 Pfund), ist also

Fig. 95.



leicht transportfähig. Er hat etwa die Grösse eines Cigarrenkistchens.

Das Verhältniss des Apparates zum Lämpchen und zum sitzenden Beobachter ist aus der Figur 95 ersichtlich.

Die Schaltung zur Ladung, sowie zum Gebrauch für Licht und Galvanokaustik geschieht mit sechs Stöpseln in sehr einfacher und bequemer Weise. Die Ladung erfolgt in etwa drei Stunden. Geladen kann der Apparat nun an jeden beliebigen Ort mitgeführt werden und behält in ungebrauchtem Zustande seine elektromotorische Kraft zwei Monate lang. Wird er benützt, so brennt das im Bilde beigefügte acht Voltlämpchen mit ihm 20 Stunden. Ein dicker Galvano-kauter brennt etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden. Rechnet man also für eine Untersuchung 3 Minuten, für eine galvanokaustische Operation 1 Minute Brennzeit, so kann man demnach 400 Untersuchungen oder 60 Operationen ausführen, bis der Accumulator wieder frisch geladen werden muss.

Dieser Accumulator hat, wie Seligmann ausdrücklich hervorhebt, sich sehr gut bewährt; er kostet mit der erwähnten Stöpselschaltung 50 Mk. Bei ausgedehntem Gebrauche erfolgt die Ladung monatlich einmal.

Die Accumulatoren-Batterie wird auch in einer Grösse von acht Elementen hergestellt, welche letztere mittelst einer Stöpselschaltung in zwei oder vier Reihen nebeneinander geschaltet werden können, so dass nach Belieben mit vier, mit acht oder mit sechzehn Volt gearbeitet werden kann.

Eine weitere Verwendung findet der Accumulator beim Zahnarzt und es dient derselbe dazu, Bohrer und Hämmer mittelst eines von ihm gespeisten Elektro-

motors in Thätigkeit zu versetzen. Auch hier ist der Erfolg nicht abzustreiten, so dass zu erwarten steht, dass in nicht zu ferner Zeit die primären Elemente durch Accumulatoren-Zellen vollständig verdrängt sind, zumal mit Rücksicht auf die Durchführung der elektrischen Beleuchtung in den Krankenhäusern, Laboratorien u. dergl. das Laden zu jeder Zeit ohne Weiteres geschehen kann.

BIBLIOTEKA MIASTOWA
KRAKOW

Inhalt.

	Seite
Vorwort	V
Sach-Register	X
Namen-Register	XIII
Illustrationsverzeichniss	XV
Einleitung	I
Die secundären Batterien bis Planté.	
Das Princip der secundären Batterie	6
Der chemische Vorgang im Secundär-Element	7
Die ersten Beobachtungen über Polarisation	10
Die Ladungssäule von Ritter	10
Weitere Forschungen von Nobili	12
Marianini	12
de la Rive	13
Poggendorff	13
Wheatstone, Faraday u. s. w.	16
Die Gegenbatterie von Jacobi	16
Die Polarisations-Batterie von Thomsen	18
Der Condensator von Little	23
Das secundäre Element von Ch. Kirchhoff	24
Das secundäre Element oder der Accumulator von Planté	29
Der chemische Vorgang im Planté-Element	35
Die Accumulatoren nach Planté.	
Allgemeines	43
Der Accumulator von Metzger	44
» » » Faure	49
Die Accumulatoren der Praxis.	
Allgemeines	57
Die Accumulatoren mit massiven Blei-Elektroden.	
1. Der Accumulator von Tudor	59
2. » » » de Khotinsky	64
3. » » » Crompton-Howell	68
4. » » » Schöller & Jahr	71

Die Accumulatoren mit gitterförmigen Blei-Elektroden

1. Der Accumulator der E. P. S. Comp.	76
2. » » von E. Correns	81
3. » » » Gottfr. Hagen	84
4. » » » Oerlikon	88
5. » » » Huber	90
6. » » » Reckenzaun	93
7. » » » Georg Heyl	98

Die Accumulatoren der Neuzeit.

1. Der Accumulator von Tommasi	103
2. » » » Brush	106
3. » » » Kennedy & Groswith	108
4. » » » Schoop	111
5. » » » Clas & Weydl	115
6. » » » James	117
7. » » » Jarman	119
8. » » » Société Anonyme	120
9. » » » Hering	123
10. » » » Legay	125
11. » » » Main	127
12. » » » Bandsept	129
13. » » » Pollack	130
14. » » » Hartmann	131
15. » » » Hatsh	132
16. » » » Epstein	133
17. » » » Waddel-Entz	133

Die Stromregulir-Vorrichtungen.

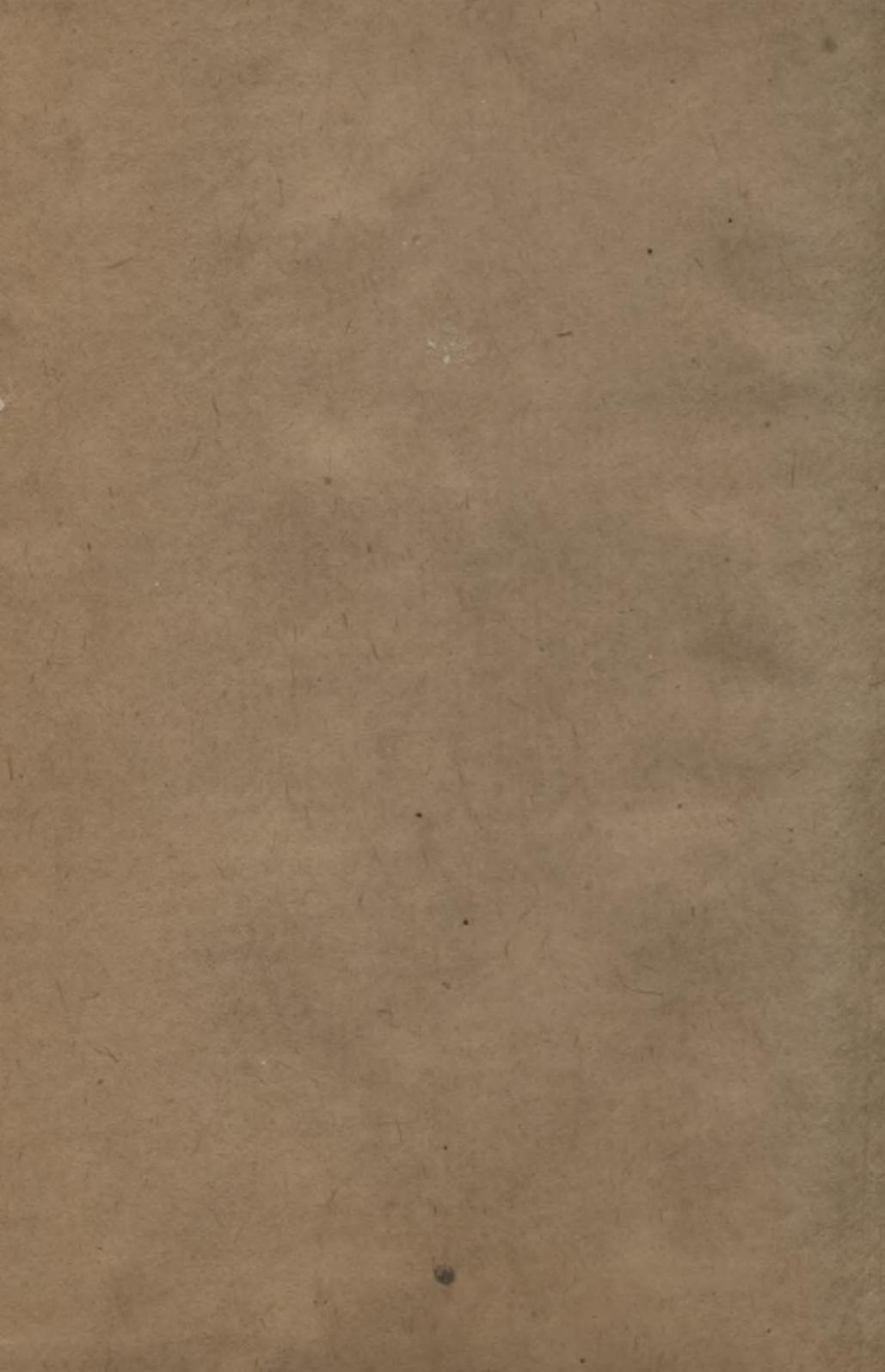
Allgemeines	136
1. Der selbstthätige Stromregulator von Lane Fox	145
2. » » » » Thury	147
3. » » » » Waterhouse	151
4. » » » » Cuénod	154
5. » » » » Siemens	156
6. Die selbstthätigen Zellschalter	159
7. Der Einfache Zellschalter	159
8. Der Zellschalter der Accumulatoren-Fabrik Hagen i. W.	162

	Seite
9. Der Doppel-Zellenschalter	163
10. Der Zellenschalter von Schuckert	165
Der chemische Vorgang in dem Accumulator	169
Der Vorgang für die Praxis	170
Untersuchungen von Wernicke	171
» » Ayrton, Lamb & Smith	172
» » Strecker	176
» » Moscheles	180
Das Zusammensetzen und Laden der Accumulatoren.	
1. Das Zusammensetzen	182
2. Das Laden u. Entladen	187
3. Selbstthätiger Ausschalter	190
4. » » von Woodhouse & Rawson	192
Die Verwendung der Accumulatoren.	
Allgemeines	195
1. Die Accumulatoren in Beleuchtungs-Centralen	197
2. Schaltungen für Accumulatoren und Dynamo	204
3. Die Accumulatoren in kleinen Beleuchtungs-Anlagen	218
Berechnung einer Beleuchtungs-Anlage.	220
4. Die Accumulatoren für Beleuchtung von Fahrzeugen	225
5. » » zur Fortbewegung	231
6. » » in der Telegraphie	237
7. » » » » Metallbearbeitung	248
8. » » » » Medicin	249
Inhalt	254

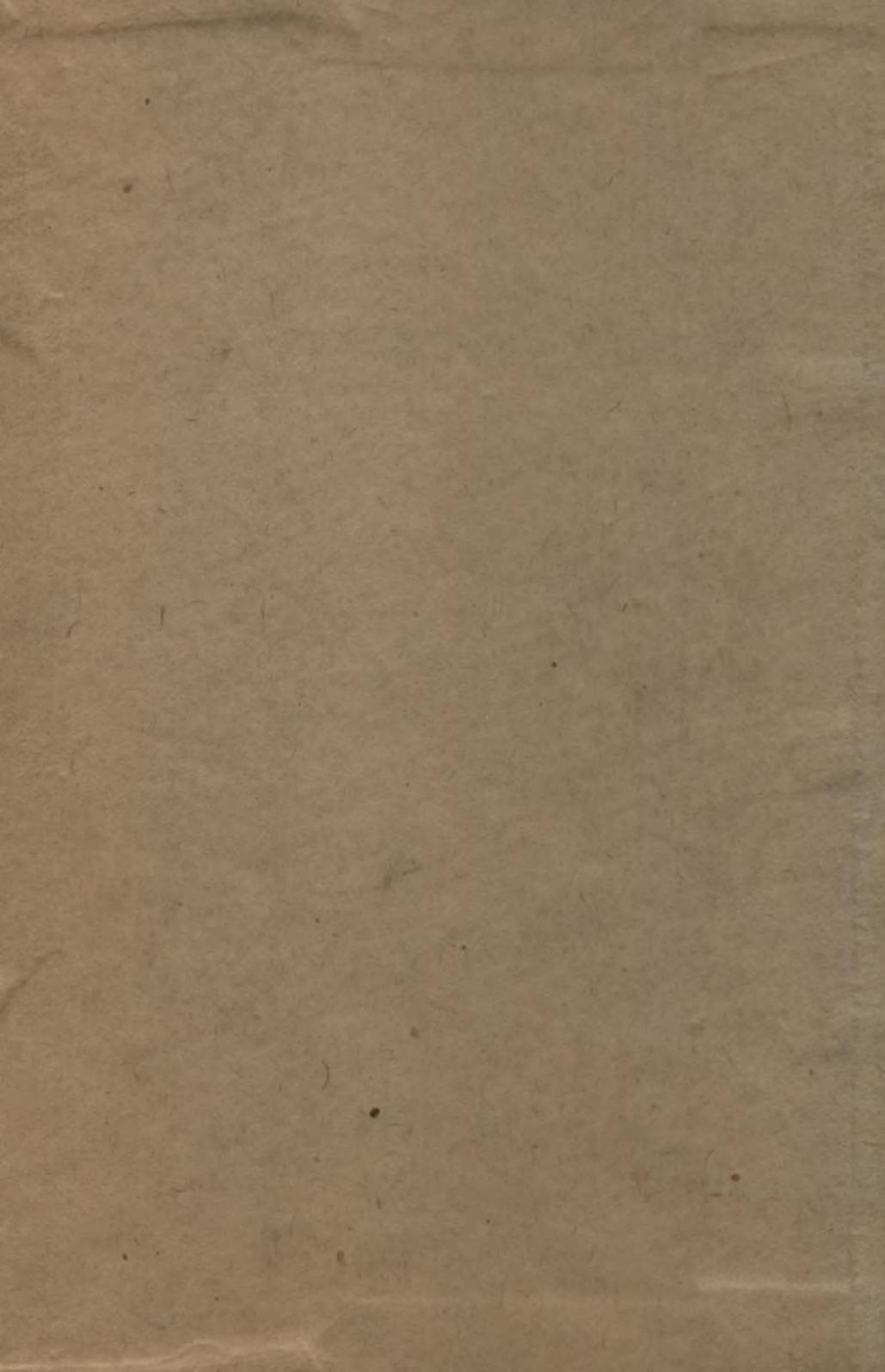
S-96

20

S. 61



8000
1



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301606

PK Est. 1280/73 - 100000 egz.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296109