



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299078

Accumulators

1900

1901

x  
647



*J.*

# Die Accumulatoren

für

stationäre elektrische Anlagen.

Von

**Dr. Carl Heim,**

Professor an der königlichen technischen Hochschule zu Hannover.

---

Zweite, vermehrte Auflage.

Mit 83 Abbildungen.

*1873.*

*F. Nr. 21288*



LEIPZIG

Verlag von Oskar Leiner

1897.

*VIII 2*

Das Recht der Uebersetzung vorbehalten!

II 5424



Akc. Nr. 5180 50

## Aus dem Vorworte zur ersten Auflage.

---

Die vorliegende Schrift ist entstanden in Folge des von verschiedenen Seiten dem Verfasser gemachten Vorschlages, aus seinem im Frühjahr d. J. erschienenen Werke »Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen für Gleichstrombetrieb« die die Accumulatoren behandelnden Abschnitte zusammenzufassen und gesondert herauszugeben. Dieser Anregung wurde Folge gegeben, einmal, weil der Verf. die genannten Apparate während mehrerer Jahre zum Gegenstande von praktischen Untersuchungen und Studien gemacht hatte, denselben also ein besonderes Interesse entgegenbrachte, ferner aber mit aus dem Grunde, weil zu Anfang d. J. noch keine Veröffentlichung in Buchform existirte, welche in knapper und möglichst allgemein verständlicher Form das zum Verständniss der Wirkungsweise, Construction und Anwendung der für Beleuchtungszwecke bestimmten Accumulatoren Erforderliche, unter Ausschluss alles weiteren Beiwerkes, behandelte.

Demgemäss sollten in der Schrift vorwiegend nur diejenigen Punkte berücksichtigt werden, welche für den Betrieb einer stationären Accumulatoren-Anlage wissenswerth sind, sowie überhaupt das, wonach jeder, der praktisch mit Accumulatoren zu thun hat, zunächst fragen wird, also das wesentlich Technische. Eingehende Erörterungen über die chemische Theorie, sowie über die bis jetzt vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen konnten wegbleiben. Auch sind aus demselben Grunde Beschreibungen nur von solchen Constructionen aufgenommen worden, die zur Zeit, vorwiegend in Deutschland, wirklich gebaut werden.

Hannover, im August 1892.

## Vorwort zur zweiten Auflage.

---

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieser Schrift sind im Bau und in der Anwendung der Accumulatoren für stationäre Anlagen erhebliche Fortschritte gemacht, ganz besonders nachdem zu Anfang dieses Jahres das vielumstrittene Patent Faure erloschen ist. Ich bin bei Bearbeitung der zweiten Auflage bestrebt gewesen, die bis zum 1. September 1896 vorliegenden Neuerungen und Verbesserungen, soweit sie werthvoll erscheinen, nach Möglichkeit zu berücksichtigen, damit die neue Auflage des Buches dem Stande der Technik zur Zeit ihres Erscheinens möglichst vollkommen entspreche.

Trotz mehrfacher Anregungen habe ich mich nicht entschliessen können, bei der Neubearbeitung auch die Accumulatoren für transportable Einrichtungen zur elektrischen Beleuchtung, sowie für Strassenbahnwagen mit aufzunehmen. Die sogenannten transportablen Accumulatoren, die ja in vielen Punkten von den stationären erheblich verschieden sind, befinden sich gerade jetzt in einem so regen Entwicklungsprozesse, dass mir zu einer Behandlung derselben in Buchform der geeignete Zeitpunkt noch nicht gekommen erscheint.

Ebenso wie die erste Auflage, bringt die vorliegende über die historische Entwicklung der Secundärelemente nichts, über die Theorie der chemischen Vorgänge im Blei-Accumulator nur das Nothwendigste, jedoch unter Berücksichtigung der neuesten Forschungen. Dagegen ist sie sowohl in den allgemeinen, wie in den rein technischen Abschnitten durch brauchbares Zahlenmaterial und Angaben aus der Praxis vielfach bereichert worden.

Hannover, im September 1896.

Der Verfasser.

# Inhaltsverzeichniss.

## I. Abschnitt.

### Wirkungsweise und Construction der Accumulatoren im Allgemeinen.

	Seite
1. Das Secundärelement. Chemische Vorgänge. Formirung . . . . .	1
2. Construction der Accumulatoren . . . . .	6
3. Die sogen. Constanten eines Accumulators. Verhalten derselben beim Laden und Entladen . . . . .	8
4. Aenderung der Säuredichte bei Ladung und Entladung . . . . .	11
5. Maximale Stromstärke. Stromdichte . . . . .	14
6. Die Capacität . . . . .	15
7. Wirkungsgrad . . . . .	16
8. Accumulatoren für verschiedene Entladungsdauer . . . . .	18
9. Verhalten der Accumulatoren bei längerer Nichtbenutzung . . . . .	20
10. Ueberladen und Ueber-Entladen . . . . .	21
11. Lebensdauer . . . . .	22

## II. Abschnitt.

### Beschreibung ausgeführter Constructionen von Accumulatoren.

12. Tudor-Accumulatoren der »Accumulatorenfabrik, Actien-Gesell- schaft« in Hagen i. W. . . . .	24
13. Accumulatoren von Pollak . . . . .	36
14. Accumulatoren von Correns . . . . .	45
15. Accumulatoren von Gottfried Hagen . . . . .	50
16. Accumulatoren der »Elektricitäts-Gesellschaft Gelnhausen« (De Khotinsky) . . . . .	53
17. Accumulatoren von Dr. Lehmann & Mann . . . . .	59
18. Accumulatoren, System Julien . . . . .	62
19. Accumulatoren von Schäfer & Heinemann . . . . .	64
20. Accumulatoren von W. A. Boese & Co. . . . .	66

## III. Abschnitt.

### Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen mittelst Accumulatoren.

21. Vortheile des Accumulatorenbetriebes . . . . .	71
22. Dynamomaschinen zum Laden von Accumulatoren . . . . .	72
23. Regulirung des Stromes bei Ladung und Entladnng . . . . .	75
24. Einrichtung der Zellschalter . . . . .	77

<b>Schaltungen für Accumulatorenbetrieb.</b>		Seite
25. Einrichtung mit Einfach-Zellenschalter . . . . .		80
26. Einrichtung mit Doppel-Zellenschalter . . . . .		82
27. Accumulatoren als Reserve. Ladung der Batterie in 2 Reihen . . . . .		84
28. Betrieb mit Zusatzmaschine . . . . .		86
29. Benutzung von »Gegenzellen« . . . . .		91
29a. Bestimmung der Grösse einer Batterie . . . . .		95

#### **Hilfsapparate.**

30. Zellenschalter . . . . .	99
31. Selbstthätige Ausschalter . . . . .	109
32. Umschalter, Stromrichtungszeiger, Widerstände . . . . .	118
33. Schalttafel . . . . .	122

### IV. Abschnitt.

#### **Aufstellung und Wartung der Accumulatoren. Betriebsstörungen und deren Beseitigung.**

34. Aufstellung der Accumulatoren . . . . .	125
35. Behandlung der Accumulatoren im Betriebe . . . . .	127

#### **Störungen und deren Beseitigung.**

36. Nebenschluss innerhalb einer Zelle . . . . .	129
37. Auslaufen eines Zellengefässes . . . . .	130
38. Erdschluss innerhalb der Batterie . . . . .	131
39. Schlechte Verbindungsstellen. Selbstentladung der negativen Platten, Abnahme der Capacität . . . . .	131

### V. Abschnitt.

#### **Kosten der Accumulatoren nebst den Hilfsapparaten.**

40. Preise von Accumulatoren. Berechnung von Batterien . . . . .	134
41. Nebenkosten. Kosten der Hilfsapparate . . . . .	137



Die

**Accumulatoren.**

---



## I.

# Wirkungsweise und Construction der Accumulatoren im Allgemeinen.

---

### I. Das Secundärelement. Chemische Vorgänge. Formirung.

Die elektrische Arbeit lässt sich nicht als solche aufspeichern, sondern muss zuvor in eine andere Form der Arbeit, in chemische Arbeit, umgewandelt werden. Die Producte einer durch den Strom bewirkten chemischen Zersetzung können unter Umständen eine gewisse Zeit lang aufbewahrt und es kann bei Bedarf durch chemische Rückbildung wieder elektrische Arbeit erhalten werden. Vorrichtungen, welche hierzu dienen, heissen Accumulatoren für Elektrizität, elektrische Sammler, Secundärelemente oder Ladungssäulen. Die Wirkungsweise der am meisten angewendeten Arten dieser Apparate gründet sich auf folgende Thatsachen:

Taucht man zwei Bleiplatten in verdünnte Schwefelsäure und verbindet sie mit den Polen einer Stromquelle, so verändert die Wirkung, welche der von der einen Platte durch die Flüssigkeit zur anderen Platte gehende Strom auf die Flüssigkeit ausübt, das Blei an der Oberfläche der mit dem positiven Pole verbundenen Platte. Es wird in dunkelbraunes Bleisuperoxyd verwandelt. An der negativen Platte entwickelt sich während dessen Wasserstoffgas. Unterbricht man den Strom, nachdem er eine Zeit lang hindurchgegangen, so zeigt es sich, dass die Bleiplatten jetzt selbst elektrische Pole sind, dass sie zusammen mit der verdünnten Schwefelsäure ein galvanisches Element bilden, das eine gewisse elektromotorische Kraft besitzt. Man erhält, wenn man

die nun »polarisirten« Platten durch einen Draht verbindet, einen Strom, den sog. Polarisationsstrom. Dieser nimmt jedoch bald an Stärke ab und hört endlich ganz auf. Während die Platten Strom abgeben, wird das Bleisuperoxyd auf der positiven Platte allmählig desoxydirt und unter dem Einflusse der Schwefelsäure zum Theil in Bleisulfat (schwefelsaures Blei) verwandelt. Gleichzeitig geht das Blei an der Oberfläche der negativen Platte ebenfalls in Bleisulfat über. Durch Hindurchleiten eines Stromes kann dieses »Secundärelement« auf's Neue »geladen« werden. Dabei entsteht an der positiven Platte wieder Bleisuperoxyd, während das an der negativen beim Entladen gebildete Bleisulfat in feinertheiltes Blei zurückverwandelt wird.

Planté, der die genannten Vorgänge zuerst eingehend studirt und technisch verwerthet hat, beobachtete, dass durch häufiges Wiederholen der Ladung und Entladung, insbesondere, wenn zwischendurch öfter »umgeladen«, d. h. der Ladestrom in verkehrter Richtung durchgeleitet und so die vorher pos. Platte zur neg. gemacht wird, die Fähigkeit der Platten, sich an ihrer Oberfläche chemisch zu verändern und so indirekt Elektrizität aufzuspeichern, immer grösser wird. Es nimmt allmählig immer mehr Blei an den chemischen Umsetzungen theil und wird dadurch mehr und mehr aufgelockert, geht in eine Art porösen, schwammigen Zustandes über. Je grösser die Menge dieser schwammigen, beim Laden und Entladen jedes Mal in der angegebenen Weise sich verändernden »activen« Substanz wird, desto grösser wird die Aufspeicherungsfähigkeit (Capacität) des Secundärelementes. Man nennt den Process des häufigen Ladens und Entladens, zu dem Zwecke, die »active Masse« des Accumulators zu vermehren, die Formirung. In dem Maasse, wie die active Masse sich vergrössert, nimmt der innere, unverändert bleibende Kern von festem Blei an Dicke ab. Ist dieser ganz oder doch zum grössten Theile verschwunden, so zerfallen die Platten und das Secundärelement wird unbrauchbar. Die positiven Platten, auf welchen beim Laden das braune Bleisuperoxyd sich bildet, sind der allmählichen Zerstörung in viel höherem Grade ausgesetzt als die negativen. Ein Accumulator dieser Art besitzt also nur eine begrenzte »Lebensdauer«. Diese kann durch Verwendung dickerer Platten vergrössert werden.

Die nach dem Planté'schen Verfahren hergestellten Accumulatoren wurden sehr vertheuert durch den langdauernden Formirungsprocess, den sie durchmachen mussten, bevor sie zur Auf-

sammlung grösserer Arbeitsmengen brauchbar waren. Faure versuchte deswegen, das durch den Planté'schen Process allmählig entstehende Bleisuperoxyd von vornherein auf die positiven Platten aufzutragen und durch geeignete Mittel darauf festzuhalten. Wegen des hohen Preises der genannten Substanz benutzte er statt ihrer die billigere Mennige, ein Gemisch verschiedener Bleioxyde. Durch die erste Ladung, die man länger ausdehnt, wird die Mennige dann in Superoxyd verwandelt. Eine entsprechende Menge schwammigen Bleies erzeugt man auf den negativen Platten durch Auftragen, entweder ebenfalls von Mennige, oder besser von Bleiglätte (Bleioxyd), welche der Strom bei der ersten Ladung in metallisches Blei von poröser Form verwandelt. Auf diese Weise erhält man sofort auf beiden Platten beträchtlich dicke Schichten der activen Masse, und das viel Zeit und Geld erfordernde Formiren nach Planté fällt weg. (Faure hatte auf sein Verfahren ein Patent genommen, das bis zu seinem vor Kurzem erfolgten Erlöschen der Gegenstand zahlreicher Processe gewesen ist.)

Ein jahrelang viel verwendeter Accumulator (der Tudor'sche) war ein Mittelding zwischen dem Planté'schen und dem Faure'schen Secundärelement. Die positiven Platten desselben werden zuerst längere Zeit nach dem Planté-Verfahren formirt, dann mit Mennige bestrichen und nochmals kurze Zeit (jedoch ohne Umladen) weiter formirt. Dagegen erhalten die negativen Platten keine Planté'sche Formirung, sondern die Bleiglätte, mit der sie bedeckt sind, wird erst während der ersten Ladung des fertigen Sammlers in Bleischwamm verwandelt.

Ueber die chemische Natur der »activen Substanzen« des geladenen Blei-Accumulators und deren Veränderung bei der Entladung hat Darrieus<sup>1)</sup> sorgfältige, von Analysen begleitete Versuche angestellt. Er glaubt gefunden zu haben, dass das active Material der geladenen positiven Platten aus Bleisuperoxyd und Ueberschwefelsäure ( $H_2S_2O_8$ ) bestehe. Die active Masse der geladenen negativen Platten ist Blei in Schwammform, das ein wenig Wasserstoff eingeschlossen enthält. (Den feinzertheilten Bleischwamm sieht Schoop als eine chemisch besonders active Form des Bleies an, ähnlich dem Platinschwamm). In der

---

<sup>1)</sup> Darrieus, Bulletin de la Société internationale des Electriciens, 1892. Seite 205. — Einen Bericht über diese Arbeit giebt Schoop in der »Zeitschrift für Elektrotechnik und Elektrochemie.« 1894, Seite 293.

activen Masse des normal entladenen Accumulators fand sich, unmittelbar nach der Entladung, bei der positiven Platte, neben Bleisuperoxyd, Bleioxyd und etwas Bleisulfat. Die Menge des Sulfates stand jedoch durchaus nicht im Verhältniss zu der beim Entladen entnommenen Strommenge, sondern war nur gering. Die wirksame Substanz der negativen Platten enthielt, unmittelbar nach der normalen Entladung, Schwammblei und Bleisulfat. Die Menge des vorhandenen Bleisulfates entsprach ziemlich genau der bei der Entladung erhaltenen (in Ampère-Stunden gemessenen, vergl. 6) Strommenge. Die Sulfatbildung an der negativen Platte während des Entladens ist jedoch, ebenso wie bei der positiven Platte, als ein secundärer Vorgang anzusehen. Denn als die Platten eines normal geladenen Secundärelementes sofort in eine 17-procentige Lösung von Natriumsulfat gesetzt und hier entladen wurden, waren die elektrischen Verhältnisse von denen einer normalen Entladung nicht viel verschieden; aber es ergaben sich an den negativen Platten nach dem Entladen nur Spuren von Bleisulfat. Dagegen bestand die Masse, neben Schwammblei, aus Bleisuboxyd ( $Pb_2O$ ). Bleisuboxyd setzt sich aber bei Berührung mit verdünnter Schwefelsäure sofort in Bleisulfat und metallisches Blei um.

Nach diesen Versuchsergebnissen gelangt Darrieus zu folgenden Annahmen über die chemischen Vorgänge im Blei-Accumulator: Bei der Ladung entsteht an der positiven Platte Ueberschwefelsäure, welche die Bleioxyde und das etwa vorhandene Bleisulfat sämmtlich in Superoxyd (nach Schoop vielleicht z. Th. auch in überschwefelsaures Blei) überführt. Sobald diese Umwandlung vollzogen ist, setzt sich die noch weiter entstehende Ueberschwefelsäure in gewöhnliche Schwefelsäure und Sauerstoff um, der als Gas entweicht. Auf der negativen Platte findet während dessen Reduktion des Bleisulfates zu Schwammblei und ausserdem Einschliessung geringer Mengen Wasserstoff durch den Bleischwamm statt. Schliesslich tritt der Wasserstoff als freies Gas auf. Bei der Entladung wird zuerst der auf den negativen Platten eingeschlossene Wasserstoff oxydirt und die an den positiven Platten vorhandene Ueberschwefelsäure reducirt. Diesen Vorgängen entspricht die anfänglich erhöhte EMK des Bleiaccumulators (vergl. 3). Darauf findet auf der negativen Platte die allmähliche Oxydation eines Theiles des Bleischwammes zu Bleisuboxyd, unter gleichzeitiger Zersetzung des Suboxydes durch die Schwefelsäure in Bleisulfat und metallisches Blei statt. An der positiven Platte wird Bleisuperoxyd in niedrigere Oxydationsstufen des Bleies über-

geführt, welche sich, nach beendigter Entladung, im Laufe der Zeit mit Schwefelsäure theilweise in Bleisulfat umwandeln. Dadurch wird die als »Localaction« bekannte, allmälige Selbstentladung der positiven Platten erklärt. Ebenso bildet sich auch an den negativen Platten, bei längerem Stehen des Accumulators, fortgesetzt, jedoch langsam festes Bleisulfat. —

Gegen die im Vorstehenden kurz wiedergegebene Theorie von Darrieus sind von Elbs und Schönherr<sup>1)</sup> schwerwiegende, auf Experimente gestützte Einwände erhoben worden. Durch diese wird die von Darrieus angenommene Wirkung der Ueberschwefelsäure an der positiven Elektrode ziemlich unwahrscheinlich. Elbs und Schönherr weisen nämlich nach, dass bei den verhältnissmässig niederen Stromdichten (vergl. 5), welche bei der Ladung der Accumulatoren angewendet werden, Ueberschwefelsäure sich höchstens spurenweise bilden könne. Ferner sei Ueberschwefelsäure, welche gewöhnlicher verdünnter Schwefelsäure beigemischt ist, nicht im Stande, Blei in Bleisuperoxyd überzuführen; sie habe in diesem Falle vielmehr die Zersetzung etwa vorhandenen Superoxydes in Bleisulfat und Sauerstoffgas zur Folge.

Die Darrieus'sche Erklärung der Vorgänge an der negativen Elektrode wird dagegen durch die Arbeiten der Genannten nicht erschüttert. —

Eine einfachere Erklärung der Vorgänge im Blei-Accumulator hat neuerdings Liebenow<sup>2)</sup> gegeben. Danach ist die Leitfähigkeit der Flüssigkeit zwar hauptsächlich durch die »Ionen«<sup>3)</sup> der Schwefelsäure bedingt; an den Elektroden jedoch scheiden sich während des grösseren Theiles der Ladezeit nur die Ionen  $PbO_2$  (Bleisuperoxyd) und Pb (Blei) aus, da hierzu die geringste Stromarbeit erforderlich ist. Da diese jedoch in der Flüssigkeit nur in geringer Menge enthalten sind, würden sie in der Nähe der Elektroden schnell erschöpft sein, wenn nicht aus dem an den Elektroden selbst angehäuften Bleisulfat fortwährend neue Moleküle in Lösung gingen. Diese dissociiren dabei und geben, zu-

---

<sup>1)</sup> Elbs und Schönherr, »Zeitschr. f. Elektrochemie«, I, S. 473. — II, S. 162 und 471.

<sup>2)</sup> Liebenow, »Zeitschrift f. Elektrochemie«, II, S. 420 und 653.

<sup>3)</sup> Bezüglich der unter dem Namen »Ionentheorie« bekannten Erklärung der elektrolytischen Vorgänge muss auf Ostwald, »Allgemeine Chemie«, II, 1, Leipzig 1893, Ostwald, »Elektrochemie«, Leipzig 1896 und Le Blanc, »Elektrochemie« Leipzig\*1896, verwiesen werden.

sammen mit den ebenfalls dissociirenden Bestandtheilen des Wassers, zur fortwährenden Neubildung der Ionen  $PbO_2$  und  $Pb$  Veranlassung. Dabei wird Wasser verbraucht und, aus dem zeretzten Sulfat, Schwefelsäure neu gebildet. Wenn schliesslich an einer der beiden Elektroden alles Bleisulfat in der eben genannten Weise gelöst und umgewandelt ist, scheiden sich bei weiterem Stromdurchgange die am nächstleichtesten ausscheidbaren Ionen, d. i. Sauerstoffgas resp. Wasserstoffgas, aus. Beim Entladen vollziehen sich die beschriebenen Vorgänge in umgekehrter Richtung:  $PbO_2$  einerseits und  $Pb$  andererseits treten als Ionen in die Flüssigkeit, und es wird unter Mitwirkung der Ionen der Schwefelsäure an beiden Elektroden Bleisulfat ( $PbSO_4$ ) und zugleich an der positiven Elektrode Wasser ausgeschieden.

Dass thatsächlich  $PbO_2$  in Form von sogen. Ionen in Lösungen vorhanden sein kann, hat Liebenow durch Versuche sehr wahrscheinlich gemacht. —

Elbs<sup>1)</sup> sucht den Vorgang an der positiven Elektrode während der Ladung, nach dem Vorgange von Le Blanc, aus der Annahme vierwerthiger Blei-Ionen zu erklären. Er stellt sich die Bildung des Bleisuperoxydes so vor, dass das Bleisulfat sich primär mit dem Säureradical  $SO_4$  verbinde zu  $Pb(SO_4)_2$  und dass letzteres sich dann secundär mit Wasser zu  $PbO_2$  und  $2H_2SO_4$  umsetze.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass die theoretischen Ansichten über die Vorgänge im Blei-Accumulator z. Z. wohl noch nicht genügend geklärt sind.

**2. Construction der Accumulatoren.** Was die Bauart der Accumulatoren ganz im Allgemeinen betrifft, so bestehen sie aus einem rechteckigen Gefässe aus Glas, Steingut, Hartgummi oder mit Blei ausgekleidetem Holze, in welchem eine Anzahl positiver und negativer Platten, gewöhnlich in senkrechter Stellung, angebracht sind. Alle positiven Platten eines Elementes einerseits und alle negativen andererseits sind durch angelöthete Bleistreifen unter sich verbunden (parallel geschaltet). Dadurch wird dasselbe erreicht, wie wenn das Element nur eine grosse positive und eine negative Platte besässe, jede von einer Oberfläche gleich der sämmtlicher pos. bzw. neg. Platten zusammengenommen. Die Platten stehen abwechselnd, d. h. auf eine negative Platte folgt eine positive, dann wieder eine negative, dann eine

---

<sup>1)</sup> Elbs, »Zeitschr. f. Elektrochemie«, III, S. 70.

positive, u. s. f. (vergl. Fig. 1, welche einen Accumulator, von oben gesehen, in schematischer Zeichnung darstellt). Gewöhnlich sind die beiden äussersten Platten negative, sodass eine negative Platte mehr vorhanden ist als positive und jede der letzteren zwischen zwei negativen steht. Die einzelnen Platten sind von rechteckiger oder quadratischer Form. Sie bestehen, abgesehen von der Füllmasse, aus reinem Blei oder aus Hartblei (Legirung von Blei mit etwas Antimon). Die Oberfläche der Bleiplatten ist niemals eben, sondern mit Löchern, Vertiefungen, Rinnen oder anders gestalteten Hohlräumen, behufs Vergrösserung der Oberfläche sowie zum Auf-

nehmen und möglichst sicheren Festhalten der activen Masse, versehen. Die Füllmasse wird mit etwas verdünnter Schwefelsäure zu einem steifen Brei gemischt und so auf die Bleiplatten auf- und hineingestrichen, dass die fertige Platte eine gleichmässige Oberfläche erhält. Die einzelnen positiven Platten

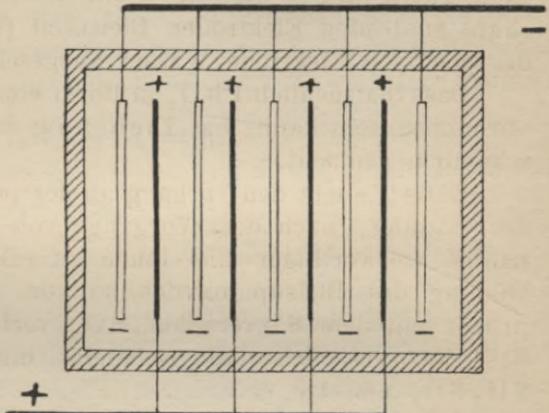


Fig. 1.

eines Elementes sind von den benachbarten negativen durch geeignete Isolirstücke aus Glas, Kautschuk, Hartgummi oder dgl. getrennt. Auch stellt man die Platten, falls sie vertical stehen, nicht direkt auf den Gefässboden auf, sondern so, dass zwischen dem unteren Plattenrande und dem Boden sich noch ein Zwischenraum befindet. Dies geschieht, um zu verhindern, dass Theilchen der Füllmasse, welche mit der Zeit von den Platten abfallen, leitende Brücken zwischen pos. und neg. Platten bilden und so eine allmälige Selbstentladung des Elementes herbeiführen können. Man stellt ferner zu diesem Zwecke die Platten auf schmale Rippen, welche auf dem Gefässboden ruhen und nur eine ganz schmale Auflagefläche bieten, oder hängt sie, noch zweckmässiger, mittelst angegossener Nasen, welche sich auf Vorsprünge der Gefässwände, oder auf den Gefässrand, oder auf besondere Tragstücke auflegen, in der gewünschten Höhe auf. Bei Accumulatoren mit horizontal liegenden Platten ist die Anordnung in sofern einfacher, als die isolirenden Trennstücke zugleich als Träger der Platten dienen

können. Die Füllung geschieht (bei neuen Elementen) meistens mit einer verdünnten Schwefelsäure von 20 bis 22 Procent (specif. Gewicht 1,145 bis 1,159 [bei 15° C] oder 19 bis 20 Grad Baumé). In neuerer Zeit haben manche Fabriken die Concentration erhöht und füllen mit einer Säure von etwa 24 Grad Baumé (specif. Gewicht etwa 1,2, Procentgehalt etwa 27).

**3. Sogenannte Constanten eines Accumulators. Verhalten derselben beim Laden und Entladen.** Die sogenannten elektrischen Constanten eines Accumulators sind, wie die eines galvanischen Elementes, elektromotorische Kraft  $E$  und innerer Widerstand  $W_i$ . Für den praktischen Betrieb am wichtigsten ist die Klemmenspannung  $K$ , welche von den Constanten und der Stromstärke  $J$  abhängt. Bei der Entladung ist

$$K = E - JW_i$$

bei der Ladung jedoch

$$K = E + JW_i$$

Durch den letzteren Werth ist die EMK (elektromotorische Kraft) der Stromquelle bedingt, mittelst welcher man laden will.

Die EMK eines geladenen Accumulators beträgt etwa 2 Volt; der innere Widerstand hängt, bei gleichem Abstände der Platten, von der Grösse der gesammten Plattenoberfläche ab, liegt aber schon bei kleinen Elementen unter  $\frac{1}{100}$  Ohm, bei grösseren unter  $\frac{1}{1000}$  Ohm. Im Verlaufe der Entladung sinkt die EMK, zuerst sehr langsam, später rascher. Gleichzeitig steigt der innere Widerstand, nachdem er zu Anfang etwas abgenommen hatte<sup>1)</sup>. Die von der Grösse des Entladestromes mit abhängige Klemmenspannung beträgt, bei der im normalen Betriebe zulässigen höchsten Strom-Beanspruchung, 1,93—1,91 Volt bei Beginn der Entladung. Die letztere ist abzubrechen, wenn die bei der genannten Stromstärke gemessene Klemmenspannung auf 1,82 bis 1,80 Volt gesunken ist. Während der normalen Entladung findet also ein Abfall der Spannung von etwa 5—6 Procent statt. Damit ist jedoch das Element noch nicht vollständig entladen.

---

<sup>1)</sup> Nach Ayrton beträgt bei Accumulatoren von der z. Z. ziemlich allgemein gebräuchlichen Einrichtung, während der Entladung mit einer Stromdichte von etwa 0,5 Amp. auf 1 *qdm*, der mittlere innere Widerstand, berechnet für 1 Quadratdecimeter Oberfläche der positiven Platten, etwa 0,084 Ohm, für 2 *qdm* also die Hälfte, für 10 *qdm* den zehnten Theil u. s. f.

Es ist vielmehr im Stande, noch eine nicht unbeträchtliche Elektrizitätsmenge abzugeben. Setzt man jedoch die Entladung über die oben genannte Grenze hinaus fort, so beginnt die Spannung immer rascher abzufallen und sinkt, nachdem sie einmal bis 1,7 V abgenommen hat, in sehr kurzer Zeit auf  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  des anfänglichen Werthes und dann allmählig noch tiefer, bis der Accumulator erschöpft ist. Da jedoch die dem Beleuchtungsbetriebe dienenden Stromquellen eine möglichst constante Spannung liefern sollen, so ist die normale Ladung bei der genannten Grenze, welche vor Beginn des raschen Spannungsabfalles liegt, beendigt. Fig. 2 veranschaulicht den Verlauf der Klemmenspannung bei einer nor-

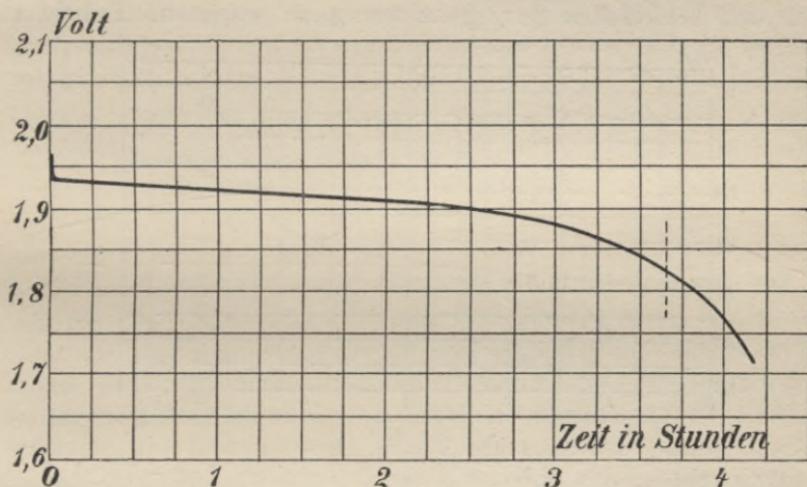


Fig. 2.

malen, auf etwa 3 Stunden bemessenen Entladung, nach Beobachtungen des Verfassers. Die Grenze des praktisch zulässigen Theiles derselben ist durch die punktirte verticale Linie bezeichnet.

Bei der Ladung des normal entladenen Accumulators steigt die EMK zunächst allmählig, gegen Ende etwas rascher, während der innere Widerstand zuerst etwas sinkt, gegen Ende ansteigt. Die Klemmenspannung beträgt bei Beginn der mit normaler Stromstärke ausgeführten Ladung etwa 2,0 — 2,05 Volt, wächst aber innerhalb einiger Minuten auf etwa 2,15 V, bleibt auf diesem Werthe längere Zeit fast constant, um dann sehr langsam zuzunehmen. Nachdem die Ladung einige Stunden gedauert, beginnen zunächst an den pos., dann auch an den neg. Platten Gasbläschen aufzusteigen, und zwar an den pos. Platten Sauerstoff, an den neg. Wasserstoff. Dies ist ein Zeichen, dass die Umwandlung der activen Masse in Bleisuperoxyd bezw. schwammiges Blei so weit

gediehen ist, dass nicht mehr der ganze Strom zur chemischen Veränderung der noch unverändert gebliebenen Theile erforderlich ist, sodass ein Theil des Stromes zur Zersetzung des vorhandenen Wassers in seine Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff, verwendet wird. Dieser letztere Theil nimmt mehr und mehr zu, sodass die Gasbildung immer stärker wird. Schliesslich ist das active Material vollständig in der genannten Art umgewandelt, und aller etwa noch weiter zugeführte Strom bewirkt nur noch Wasserersetzung. Vom Beginn der Gasentwicklung ab, die bei ungefähr 2,25 V einsetzt, fängt die Klemmenspannung an, beträchtlich rascher zu steigen, um von etwa 2,5 V ab langsamer und schliesslich nur ganz wenig zu wachsen. Sobald die

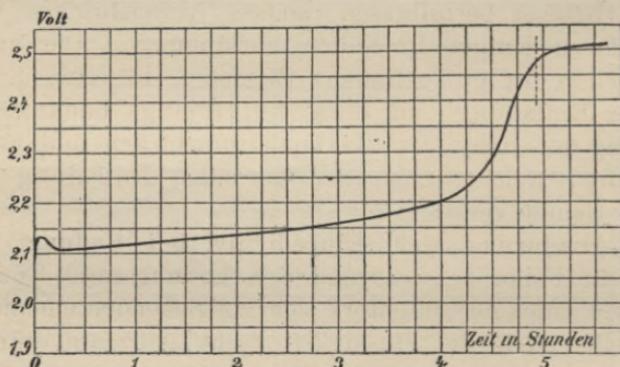


Fig. 3.

Gasentwicklung den höchsten Grad erreicht hat, beträgt die Spannung etwa 2,6 V und steigt von da ab nur noch langsam weiter bis etwa 2,7 V. und darüber, vorausgesetzt, dass der Ladestrom nicht unterbrochen wird. Die Grenze, bei welcher die normale Ladung als beendet anzusehen ist, steht nicht so sicher fest, wie diejenige der Entladung. Während hie und da behauptet wird, es genüge, bis zum Beginn einer mässigen Gasentwicklung zu laden, verlangen andere die Fortsetzung der Ladung bis zur starken Gasbildung, die sich durch ein milchiges Aussehen der Flüssigkeit zu erkennen giebt. Als Grenze einer normalen Ladung kann bei den meisten Sammlertypen wohl das Ansteigen der Spannung auf etwa 2,6 V angesehen werden, besonders wenn man berücksichtigt, dass es nur vortheilhaft ist, während der Periode der Gasentwicklung die Stromstärke etwas unter den zulässigen Maximalbetrag abfallen zu lassen. Letzteres schreiben in neuerer Zeit einige Fabriken sogar vor.

Eine rationellere Fixirung der Grenze ist dadurch gegeben,

dass man die Ladung unterbricht, sobald das Ansteigen der Spannung, nachdem es mit der Gasentwicklung mehr und mehr zugenommen hat, sich wieder zu verlangsamten beginnt. Dieser Punkt ist in Fig. 3, die den Verlauf der Spannung bei einer normalen, vom Verfasser ausgeführten Ladung veranschaulicht, durch eine punktirte Linie bezeichnet. Es sei noch hervorgehoben, dass die hier für die verschiedenen Stadien der Ladung und Entladung angegebenen Spannungswerthe durchaus nicht bei jeder Batterie genau zutreffen. Die Art der Füllmasse und die Gestalt und Grösse ihrer Berührungsfläche mit der Bleiunterlage, der mehr oder weniger gute Zustand, in welchem die Platten sich befinden, die Stromdichte, auch die Concentration der Säure, können die Spannung nicht unerheblich beeinflussen, sodass Abweichungen von jenen Zahlen bis zu einigen Procenten vorkommen. Die angeführten Werthe gelten für gut gehaltene Elemente, für etwa  $3\frac{1}{4}$  stündige Dauer der Entladung und etwa  $4\frac{1}{2}$  stündige Ladungsdauer, bei Anwendung der zulässigen Maximalstromstärken und Füllung mit einer Säure, welche, nach der normalen Entladung gemessen,  $17 - 18^{\circ}$  Baumé zeigt.

**4. Aenderung der Säuredichte bei Ladung und Entladung.** In Folge der während der Ladung und Entladung an den Platten eines Accumulators sich vollziehenden chemischen Vorgänge bleibt auch die Flüssigkeit nicht ganz unverändert, wie schon in I angedeutet wurde. Bei der Zersetzung des Bleisulfates während der Ladung wird eine gewisse Menge Schwefelsäure gebildet und Wasser verbraucht, wodurch der Säuregehalt der Flüssigkeit steigt. Umgekehrt findet beim Entladen Wasserbildung statt, während etwas Schwefelsäure der Flüssigkeit entzogen wird, sodass die Concentration der letzteren abnimmt. Diese Aenderungen lassen sich mittelst eines in die Flüssigkeit gesenkten Aräometers leicht nachweisen. Man beobachtet während der Ladung eine Zunahme, beim Entladen eine Abnahme des specifischen Gewichtes der Säure.

Bei einem in regelmässigem Betriebe befindlichen Accumulator bleiben der Maximal- und Minimalwerth der Säuredichte, welche durch die normale Ladung und Entladung erreicht werden, wesentlich constant. Findet Ueberladung statt, so steigt von dem Augenblick, wo die Gasentwicklung und mit ihr die Klemmenspannung den Höhepunkt erreicht hat, die Dichte der Säure nicht weiter. Es lässt sich jedoch nicht allgemein angeben, welche Beträge die genannten Grenzwerte haben, da sie durch verschiedene Umstände bedingt sind. Sie hängen zunächst ab von

der Concentration der Säure, mit der man die Zelle anfänglich gefüllt hat, bei gegebener Füllung aber von dem Verhältniss der Plattenoberfläche zu der Menge der vorhandenen Flüssigkeit. Von der Oberfläche der Platten hängt nämlich die zur normalen Ladung und Entladung erforderliche Strommenge ab und allein von der letzteren die Menge Schwefelsäure bezw. Wasser, welche dabei frei bezw. verbraucht werden. Stellt man nun einen und denselben Satz positiver und negativer Platten einmal in eine kleinere, später in eine grössere Menge der gleichen verdünnten Schwefelsäure, so wird im letzteren Falle das specif. Gewicht derselben nach normaler Ladung kleiner sein als im ersteren.

Für die Form, in welcher grössere Accumulatoren z. Z. in Deutschland am meisten ausgeführt werden, dass nämlich in einem viereckigen Behälter eine grössere Anzahl Platten in einem Abstand von 10 — 15 *mm* von einander eingesetzt ist, sodass unterhalb der Platten noch ein etwa 100 *mm* tiefer freier Raum bleibt und die Säure noch etwa 20 *mm* über den Platten steht können die Grenzen, in welchen die Säuredichte sich ändert, annähernd angegeben werden. Wurde das neue Element mit Säure von 19° Baumé (spec. Gew. 1,147, Gehalt an concentrirter Schwefelsäure etwa 20,3%) gefüllt, so sinkt, wenn die Batterie einige Zeit in Betrieb gewesen ist, die Säuredichte am Ende der normalen Ladung bis etwa 18° B (spec. Gew. 1,138, Säuregehalt 19,2%) und steigt bei der normalen Ladung bis etwa 20° B (spec. Gew. 1,157, Säuregehalt 21,8%). Einige Fabriken verwenden Säure von noch höherer Concentration, wenn auch durch Messungen nachgewiesen ist, dass zur Erzielung möglichst hoher Capacität (vergl. I) und dauernder Erhaltung derselben eine Säure am günstigsten ist, deren spec. Gewicht, gemessen im normal entladenen Zustande, etwa 1,114 oder 15° B (Säuregehalt 16%) beträgt.

Sind bei einer gegebenen Sammlerbatterie die genannten Grenzwerte einmal festgestellt, so kann die mit dem Aräometer ermittelte Säuredichte mit dazu dienen, zu finden, wie weit in dem betreffenden Augenblicke die Entladung oder Ladung bereits vorgeschritten ist, da der Säuregehalt sich proportional der den Elementen entnommenen bezw. zugeführten Strommenge ändert.

Die zum Messen des specif. Gewichtes dienenden Aräometer werden in die Säure eingesenkt, am besten zwischen zwei Platten. Es existiren für diesen Zweck besondere Formen mit flachem Glasgefässe. Man liest den Theilstrich ab, welcher in der Höhe der Oberfläche der Flüssigkeit liegt. Die Ablesung ist nur dann richtig, wenn das Auge mit dem Flüssigkeitsniveau in dieselbe Ebene ge-

bracht werden kann. Dies ist jedoch nur bei durchsichtigen Glasgefässen und selbst da nicht immer möglich. Bei dem Aräometer von Holden (Fig. 4) ist dieser Uebelstand beseitigt, da die Ablesung ausserhalb des Gefässes geschieht. Man hat jedoch dafür Sorge zu tragen, dass die an den Platten befestigte Skala im selben Verhältniss gesenkt oder gehoben wird, wie der Flüssigkeitsspiegel mit der Zeit sinkt oder (beim Auffüllen) steigt.

Es sei endlich noch darauf hingewiesen, dass die Dichte der Säure in einem Accumulator keineswegs durchaus gleichmässig ist. Vielmehr findet man, dass sie von den unteren nach den oberen Schichten der Flüssigkeit zu stetig abnimmt. Dies rührt daher, dass beim Laden die zunächst an den Platten befindlichen Flüssigkeitstheile reicher an Schwefelsäure, also schwerer werden und auf den Boden herabsinken. Dies geschieht anhaltend, und nach beendigter Ladung haben sich die Schichten nach ihrer Dichte regelmässig über einander gelagert. Eine Mischung und Ausgleichung der Concentration bei längerem Stehen der Zellen findet nur äusserst langsam statt, so dass man bei regelmässigem Gebrauche der Elemente stets

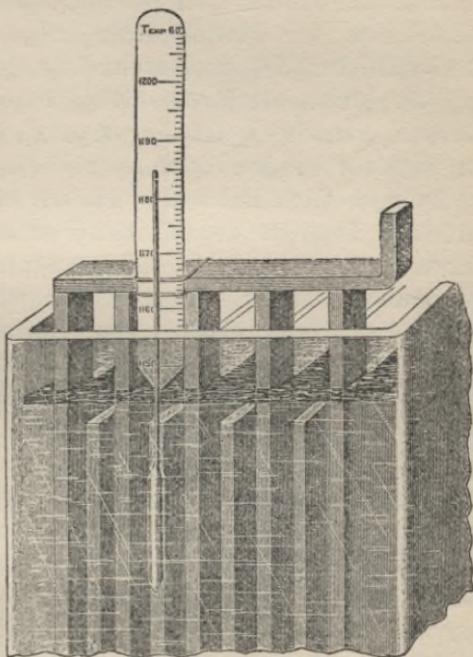


Fig. 4.

mit der beschriebenen Beschaffenheit der Flüssigkeit zu rechnen hat. Die Entladung bewirkt nicht etwa wieder eine gleichmässige Vertheilung der Säuredichte durch das ganze Element. Die Flüssigkeitstheile in der Nähe der Platten werden beim Entladen durch Wasseraufnahme leichter und steigen in die Höhe; schwerere Theile nehmen ihre Stelle ein. Es kann jedoch nicht dem entsprechend vom Boden des Gefässes ein Aufsteigen der Flüssigkeit stattfinden, da die Schwerkraft beim Laden und Entladen im gleichen Sinne wirkt und die Flüssigkeit, wie erwähnt, nur sehr träge diffundirt. Die genannten Erscheinungen müssen umso mehr hervortreten, je tiefer die unterhalb der Platten befindliche Säure-

schicht ist, d. h. je höher über dem Boden die Platten sich befinden. Will man die für Messungen in Betracht kommende mittlere Dichte der zwischen den Platten befindlichen Flüssigkeitsschichten finden, so muss das Gefäss des Aräometers zwischen Ober- und Unterkante der Platten symmetrisch stehen, oder man muss aus der in halber Höhe der Platten befindlichen Schicht etwas Flüssigkeit absaugen und mittelst einer aräometrischen Waage (Mohr, Westphal) messen. Die oben angeführten Zahlen beziehen sich sämtlich auf diese mittlere Säuredichte. Der Unterschied in der Concentration der Säure zwischen Ober- und Unterkante der Platten kann 1 %, der zwischen Oberfläche und Gefässboden 2,5 % und mehr betragen.

**5. Maximale Stromstärke. Stromdichte.** Die grössten Stromstärken, welche beim Laden und Entladen eines Accumulators angewendet werden dürfen, sind bedingt durch die Grösse der wirksamen Oberfläche der Platten einer und derselben Art. Der auf die Einheit der Plattenoberfläche entfallende Betrag der Stromstärke, die sogen. Stromdichte, darf nicht beliebig gross genommen werden. Es giebt für jede Plattenconstruction, sowohl bei der Ladung als bei der Entladung, eine gewisse Grenze für die Stromdichte, die nicht überschritten werden darf, wenn man nicht die Haltbarkeit der Platten gefährden und zugleich den Wirkungsgrad (vgl. 7) zu sehr herabdrücken will. Lädt man mit zu grosser Stromdichte, so geht schon bald nach der Ladung ein Theil des Stromes durch Gasentwicklung verloren. Wird mit zu hohem Strome entladen, so erhält man von der in das Element hineingeladenen Elektrizitätsmenge weniger wieder, als bei normaler Entladung. In beiden Fällen wird zugleich der Zusammenhang der activen Masse unter sich und mit dem Bleikern gelockert, und es können Theile derselben abfallen. Die normale grösste Stromdichte beträgt bei Accumulatoren, welche in stationären Beleuchtungsanlagen Verwendung finden und nicht schneller als in mindestens 3 Stunden normal entladen werden sollen, für die Ladung 0,7 bis 1,3 Ampère für 1 Quadratdecimeter Oberfläche der positiven Platten, für die Entladung, wenn diese in 3 Stunden erfolgen soll, zwischen 0,75 und 1,3 Ampère für 1 *qdm*. Bei den unten (vergl. 8) noch zu erwähnenden »Accumulatoren für starke Entladung« geht man bis zu über 2 Ampère für 1 *qdm* beim Entladen und bis etwa 1,6 Ampère für 1 *qdm* beim Laden.

Nach der oben gegebenen, allgemein üblichen Definition wird die Stromdichte auf die aus Länge und Breite der Platten ermittelte Oberfläche bezogen. Dies ist jedoch nicht correct. In

Wirklichkeit ist die Stromdichte stets kleiner, weil die Oberfläche der Platten nicht eben und in Folge dessen grösser ist, als dort angenommen. Die wahre Stromdichte genau anzugeben, ist jedoch nicht gut möglich, da auch die Vertheilung der Stromstärke auf die einzelnen Theile der Plattenfläche nicht ganz gleichmässig ist, so zwar, dass alle Vorsprünge stärker beansprucht werden, als die Vertiefungen. Die Stromdichte, welche man ohne Schaden für den Bestand der Platten noch anwenden kann, ist im Allgemeinen um so grösser, je dünner die Schicht des activen Materials ist. Platten, welche nur eine *Planté*-Formirung besitzen, können am stärksten beansprucht werden.

Mit geringeren als den maximalen Stromdichten zu entladen, oder auch zu laden, ist selbstverständlich in ganz beliebiger Weise zulässig. Nur pflegt man die Ladung, um deren Zeitdauer nicht zu sehr auszudehnen, gewöhnlich mit der höchsten zulässigen Stromdichte auszuführen. Versuche haben übrigens ergeben, dass man für den ersten Theil der Ladung, bis zum Beginne der Gasentwicklung, die Stromdichte noch beträchtlich über die oben angegebenen Höchstbeträge steigern kann, ohne das Aufspeicherungsvermögen oder den Bestand der Platten merklich zu schädigen.

Die grössten normalen Stromstärken für die Ladung und Entladung sind nach dem Vorstehenden, abgesehen von der für die betreffende Plattenconstruction zulässigen Stromdichte, durch die gesammte vorhandene Plattenoberfläche bedingt. Kann also ein Element, welches 5 positive Platten enthält, z. B. mit im Maximum 35 Ampère entladen werden, so kann man von einem anderen, mit 10 ebenso grossen oder mit 5 doppelt so grossen positiven Platten, 70 Ampère entnehmen. Durch Vermehrung der Plattenzahl und Vergrösserung der Oberfläche derselben lässt sich also der normale Entladungsstrom beliebig steigern. Es werden zur Zeit Accumulatoren für bis über 2500 Ampère maximaler Entladestromstärke gebaut.

**6. Die Capacität.** Die Zeitdauer, welche zur normalen Entladung bzw. Ladung bei der höchsten zulässigen Stromstärke erforderlich ist, ist unabhängig von der Plattenoberfläche. Sie ist lediglich bedingt durch das Aufspeicherungsvermögen der betreffenden Plattenconstruction. Dieses letztere hängt u. A. davon ab, in einer wie grossen Fläche die Füllmasse mit der Bleiunterlage in Berührung ist, bei gegebenen äusseren Dimensionen der Platte. Thatsächlich ist es in den letzten Jahren gelungen, durch passende Gestaltung der Bleiplatten mit zahl-

reichen Vorsprüngen diese eigentliche »wirksame Oberfläche« zu vergrössern und dadurch das Aufspeicherungsvermögen, bei gleichbleibenden äusseren Abmessungen der Platten, bedeutend zu erhöhen. Bei verschiedenen grossen Elementen derselben Construction dauert also die Entladung sowie die Ladung gleich lange, wenn stets dieselbe Stromdichte angewendet wird. Man nennt das Produkt aus dem zulässigen maximalen Entladestrom in die Zeitdauer der Entladung die Capacität des Accumulators. Da der Strom in Ampère, die Zeit in Stunden gemessen wird, wird die Capacität in Ampère-Stunden ausgedrückt. Ein Secundärelement, welches im Maximum 60 Ampère 3 Stunden lang geben kann, besitzt eine Capacität von 180 Ampère-Stunden. Dieser Betrag bezeichnet die Elektrizitätsmenge, welche man von dem Element erhält. Um die dabei geleistete elektrische Arbeit zu berechnen, hat man die Stromstärke mit der Spannung an den Klemmen des Accumulators und der Zeit zu multipliciren. Drückt man das Produkt Stromstärke mal Spannung in Voltampère oder Watt, die Zeit wieder in Stunden aus, so ergibt sich die elektrische Arbeitsleistung in Watt-Stunden.

Da jedoch die Spannung sowohl bei der Ladung als bei der Entladung nicht constant ist, so muss man zur Berechnung der elektrischen Arbeitsleistung den mittleren Werth finden, den die Spannung während der Ladung bzw. Entladung besitzt. Dieser ist nicht das arithmetische Mittel aus dem Anfangs- und Endwerthe, da die Spannung sich nicht gleichmässig ändert (vergl. 3). Man erhält den erwähnten Mittelwerth, wenn man die Lade- bzw. Entladezeit in eine Anzahl kleiner gleicher Abschnitte theilt und aus den sämtlichen Werthen, welche die Spannung in jedem solchen Zeitabschnitte hatte, das Mittel nimmt. Die Abschnitte müssen so klein gewählt sein, dass man die Spannung in jedem derselben als constant annehmen kann. Man erhält, wenn die Spannung zu Anfang (bzw. einige Min. nach Anfang) und Ende der Ladung 2,15 und 2,60 V, zu Anfang und Ende der normalen Entladung 1,93 und 1,82 V betrug, als mittlere Spannung für die Ladung etwa 2,28 V, für die Entladung etwa 1,89 V. Es sei noch hervor gehoben, dass bei den vorstehenden Ausführungen, wie auch im folgenden Absatze, vorausgesetzt ist, dass die Stromstärke während der ganzen Dauer der Ladung sowohl als der Entladung constant gehalten werde.

**7. Wirkungsgrad.** Da die mittlere Spannung bei der Ladung beträchtlich höher ist, als bei der Entladung, so muss schon aus

diesem Grunde die in Watt-Stunden gemessene elektrische Arbeitsleistung im ersteren Falle grösser ausfallen, als im letzteren. Man erhält aber ausserdem nicht dieselbe (in Ampère-Stunden gemessene) Elektrizitätsmenge bei der Entladung wieder, welche man beim Laden aufgewendet hat. Man kann deswegen in zwei Beziehungen von dem Wirkungsgrade oder Güteverhältniss eines Accumulators sprechen: bezüglich der in Ampère-Stunden gemessenen Elektrizitätsmengen und bezüglich der in Watt-Stunden gemessenen elektrischen Arbeitsleistungen. Man findet den Wirkungsgrad in Bezug auf die Elektrizitätsmengen, wenn man die bei der Entladung erhaltenen Ampère-Stunden durch die bei der Ladung aufgewendeten dividirt. In gleicher Weise wird das auf die elektrische Arbeitsleistung bezogene Güteverhältniss aus den entsprechenden in Watt-Stunden gemessenen Werthen gefunden.

Lädt man etwa bis zu der in **3** bezeichneten Grenze (etwa 2,6 V) und entlädt bis zu 5—6% Abfall der Klemmenspannung, so zwar, dass die Entladung spätestens innerhalb 24 Stunden nach beendigter Ladung vorgenommen wird, so erhält man je nach der Zeitdauer der Entladung, bzw. je nach der Stromdichte, mit der die Entladung geschieht, bei modernen guten Accumulatoren nach Messungen des Verfassers als Wirkungsgrade:

Dauer der Entladung	3 Stunden	5 Stunden	7 Stunden
Stromdichte bei Entladung	1,00—1,25	0,70—0,85	0,50—0,65
Wirkungsgrad bez. auf die Amp.-Stunden . . . .	91—90 %	93—92 %	95—93 %
Wirkungsgrad bez. auf die Watt-Stunden . . . .	77—75 %	82—79 %	84—82 %

Dabei ist vorausgesetzt, dass bei der Ladung ebenso wie bei der Entladung die Stromstärke von Anfang bis zu Ende gleichmässig sei.

Im praktischen Betriebe werden in Folge des Zusammenwirkens verschiedener Umstände die angeführten günstigen Zahlen im Allgemeinen nicht erreicht. Man kann bei Kostenberechnungen das auf die elektrische Arbeitsleistung bezügliche Güteverhältniss zu nicht mehr als etwa 70% bei 3-stündiger und zu etwa 75% bei 5-stündiger Entladung annehmen.

Beispiel zur Erläuterung der elektrischen Constanten einer Accumulatorenatterie. Die Batterie bestehe aus 57 Elementen. Normaler Ladestrom 40 A, normaler Entladestrom 48 A.

Durch Versuche sei gefunden, dass die Ladung, bis die Spannung pro Zelle auf 2,60 V, im Ganzen also auf rund 150 V gestiegen ist, 4,00 Stdn., die Entladung bis zu 5—6% Spannungsabfall 3,02 Stdn. dauert. Als Mittelwerthe der Spannung seien berechnet worden: für die Ladung 2,27 V, für die Entladung 1,89 V. Dann sind zur Ladung jeder Zelle aufgewendet worden:

$$4,00 \times 40 = 160 \text{ A-Stdn. und } 2,27 \times 160 = 364 \text{ Watt-Stdn.}$$

Bei der Entladung wurden erhalten:

$$3,02 \times 48 = 145 \text{ A-Stdn. und } 1,89 \times 145 = 274 \text{ Watt-Stdn.}$$

Es beträgt also der Wirkungsgrad bezüglich der Elektrizitätsmengen  $\frac{145}{160} = 0,907$  oder 90,7%, bezüglich der elektrischen Arbeits-

mengen  $\frac{274}{364} = 0,753$  oder 75,3%. Bei Berechnung der Betriebskosten kommt nur diese letztere Zahl in Betracht, da die der ladenden Dynamomaschine zuzuführende mechanische Arbeit nur durch die bei der Ladung aufzuwendende elektrische Arbeit bedingt ist.

**8. Accumulatoren für verschiedene Entladungsdauer.** Man erzielt bei Accumulatoren grössere Elektrizitätsmengen (höhere Capacität) und zugleich günstigere Wirkungsgrade, wenn man mit schwächeren Strömen als den höchsten zulässigen lädt und entlädt. Der Grund davon ist, dass bei geringer Stromdichte mehr Theile des activen Materiales an den chemischen Umwandlungen bei der Ladung und Entladung theilnehmen, oder mit anderen Worten, dass die active Masse in ausgedehnterem Maasse vom Strome »durchgearbeitet« wird. Dies hat jedoch zur Folge, dass man für gleiche elektrische Arbeitsleistung grösserer Elemente benöthigt, als bei stärkerer Beanspruchung der Platten, wodurch die Anschaffungskosten erhöht werden.

In den die Mehrzahl bildenden Beleuchtungsanlagen, welche für den sogenannten reinen Parallelbetrieb zwischen Accumulatoren und Dynamomaschine eingerichtet sind (vergl. **25**) ist die grösste vorkommende Stromdichte so bemessen, dass bei dieser die normale Entladung 3 Stunden dauern würde, wenn sie dauernd beibehalten würde. Letzteres ist jedoch gewöhnlich nicht der Fall, sondern die Art des Betriebes (vergl. **21**) bringt es mit sich, dass der grössere Theil der Entladung mit geringerer Stromdichte erfolgt. Die Dauer der normalen Ladung beträgt gewöhnlich zwischen 4 und 5 Stunden.

In anderen Fällen liegen die Verhältnisse derart, dass die Entladestromstärke (bezw. die Stromdichte) sich nicht viel ver-

ändert, dass aber der Strom für verhältnissmässig lange Zeit — 7 bis 10 Stunden und mehr — gebraucht wird. Dementsprechend sind hier für gleichen Entladestrom weit grössere Zellen erforderlich, als bei 3 stündiger Entladung.

Endlich wird zuweilen eine Entladung in ganz kurzer Zeit gewünscht. Dies ist z. B. in solchen Anlagen der Fall, wo der Maschinenbetrieb Tag und Nacht währt und in 24 Stunden nur 1 bis 2 Schmierpausen von höchstens 1 Stunde Dauer vorkommen, während deren jedoch die Beleuchtung keine Unterbrechung erfahren soll (z. B. in den Kellern von Brauereien). In diesem Falle wird der Accumulator nur dann völlig ausgenutzt, wenn er in etwa 1 Stunde vollkommen entladen werden kann. Oder man wünscht, dass die Batterie vorübergehendes, sich jedoch oft wiederholendes, starkes Ansteigen des Entlade- sowie des Ladestromes ohne Schaden vertragen soll. Dies ist der Fall bei den sogen. Pufferbatterien für Strassenbahnen und andere Kraftübertragungs-Anlagen, welche parallel mit dem äusseren Stromkreise an die Dynamomaschinen gesetzt werden und bestimmt sind, durch Aufnahme der starken Stromschwankungen, wie sie der Strassenbahnbetrieb mit sich bringt, die Maschinen zu schonen.

Für derartige Zwecke bauen z. Z. verschiedene Fabriken »Accumulatoren für starke Entladung«. Diese können von 3 Stunden bis herab zu 1 Stunde völlig entladen und in etwa 2 Stunden geladen werden, sollen aber auch vorübergehende Stromstösse von noch höherem Betrage vertragen, als die Stromstärken bei 1 stündiger Entladung bzw. 2 stündiger Ladung sind. Die Stromdichte, bezogen auf die Oberfläche, die man aus den äusseren Abmessungen der Platten erhält, beträgt bei den Accumulatoren »für starke Entladung« im Maximum, bei Entladung in 1 Stunde, etwa 2,0 bis 2,6 Ampère auf 1 Quadratdecimeter, bei der Ladung in 2 Stunden etwa 1,3 bis 1,7 für 1 *qdm*.

Die Platten für derartige stark beanspruchte Accumulatoren müssen naturgemäss eine möglichst grosse »wirksame Oberfläche« (vergl. 6) besitzen. Einzelne Fabriken verwenden dazu Platten mit einem Bleikern, der durch geeignete Rinnen, Nuthen, Löcher, Vorsprünge oder dergl. besonders stark zertheilt ist; andere haben ihr Plattenmodell überhaupt in dieser Richtung vervollkommenet und benutzen eine und dieselbe Plattenart durchgehends für alle Stromdichten.

Naturgemäss ergibt eine und dieselbe Plattenform bei völliger Entladung in einer Stunde lange nicht die Capacität, die man bei 3 stündiger oder gar noch längerer Dauer der Entladung

erzielt (vergl. **6** bis **8**), so wie man ja auch bei Entladung in 3 Stunden weniger Ampère-Stunden als bei 5 stündiger oder noch länger während der Entladung erhält. Die Fabriken pflegen deswegen für verschiedene Zeitdauer der Entladung eines und desselben Elementes verschiedene Capacitätsbeträge zu garantiren, worüber sich an späteren Stellen nähere Angaben finden.

**9. Verhalten der Accumulatoren bei längerer Nichtbenutzung.** Bisher ist angenommen, dass die Entladung möglichst bald, spätestens innerhalb 24 Stunden, auf die Ladung folge. Lässt man geladene Accumulatoren länger stehen, so geht, in Folge gewisser chemischer Prozesse, die zwischen der activen Substanz der Platten und der Säure sich abspielen, ein Theil der Ladung verloren, der mit der Zeit immer grösser wird. Wird z. B. eine Woche nach beendigter Ladung erst entladen, so kann dieser Verlust bis 10 % der A-Stdn. erreichen, welche man erhält, wenn die Entladung innerhalb 24 Stdn. nach dem Laden stattfindet. Es sind verschiedene Mittel vorgeschlagen worden, um den Ladungsverlust bei längerem Stehen zu verhüten, oder doch zu vermindern. Die Brauchbarkeit derselben ist jedoch nicht genügend erprobt, um sie hier empfehlen zu können.

Ein mehrtägiges Stehen in vollgeladenem Zustande schadet im Uebrigen den Accumulatoren nicht. Dagegen muss, wenn die Elemente normal entladen sind, möglichst sofort eine neue Ladung vorgenommen werden. Stehen die Zellen ungeladen, so findet an der Oberfläche der Platten reichliche Bildung von festem Bleisulfat statt, wobei die positiven Platten eine hellere, die negativen eine dunklere Färbung erhalten. Dadurch wird die Capacität des Accumulators beträchtlich vermindert, da beim Laden das Sulfat keineswegs wieder völlig in Superoxyd bzw. schwammiges Blei verwandelt wird, sondern zum grossen Theile unzersetzt bleibt. Wenn dann beim weiteren Betriebe immer nur bis zur normalen Grenze geladen wird, so sind sehr viele Ladungen und Entladungen erforderlich, um das Element wieder auf seine normale Capacität zu bringen. Es ist deswegen längeres Stehen der Accumulatoren in entladnem Zustande unbedingt zu vermeiden. Aber auch im theilweise entladnen Zustande beginnen die Platten, wenn sie länger stehen, den erwähnten Uebelstand schon zu zeigen. Man wird eine Batterie also jedesmal, bevor sie voraussichtlich länger nicht gebraucht werden wird, vollladen und sogar, wenn die Pause mehrere Wochen dauern sollte, etwa alle 14 Tage bis zur normalen Grenze aufladen.

Es sei noch bemerkt, dass selbst bei Batterien, welche dauernd benutzt und fast täglich geladen werden, eine allmähliche Abnahme der Capacität in Folge der Bildung festen Bleisulfates stattfinden kann. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Erscheinung mit der Concentration der angewendeten Schwefelsäure in Zusammenhang steht, da sie bei höherer Säuredichte stärker, bei schwächerer Säure in geringerem Maasse auftritt. Aus diesem Grunde würde es sich empfehlen, entgegen der derzeitigen Gepflogenheit, mit einer mässig concentrirten Säure (spec. Gewicht, in normal entladnem Zustande gemessen, 1,114 oder 15° Baumé, wie schon oben angegeben) zu arbeiten.

**10. Ueberladen und Ueber-Entladen.** Eine Batterie, bei welcher in Folge nicht sachgemässer Behandlung sich soviel festes Bleisulfat gebildet hat, dass die Capacität dauernd vermindert ist, kann indessen innerhalb kurzer Zeit wieder auf normale Beschaffenheit gebracht werden. Man hat nur nöthig, sie zu überladen, d. h. eine Ladung weit über die normale Grenze hinaus fortzusetzen. Dadurch wird das an den Platten haftende Bleisulfat wieder in Superoxyd bezw. metallisches Blei verwandelt. Es geschieht in Folge der energischen Einwirkung, welche die sich reichlich entwickelnden Gase, Sauerstoff und Wasserstoff, im Entstehungszustande auf das Sulfat ausüben. In den meisten Fällen dürfte es genügen, wenn die Zeitdauer des Ueberladens, von der Grenze der normalen Ladung an gerechnet, etwa ebenso gross ist, als die einer normalen Ladung. Falls dies noch nicht hinreichen sollte, so ist es zweckmässiger, zunächst zu entladen und dann eine nochmalige Ueberladung vorzunehmen, statt die erste Ueberladung immer weiter fortzusetzen.

Eine Ueber-Entladung, d. h. eine Entladung bis über den Beginn des raschen Abfalles der Klemmenspannung hinaus, kann nur in Folge von Unachtsamkeit vorkommen, da sich im normalen Betriebe das Ueberschreiten der Grenze sehr bald am Dunklerbrennen der Lampen bemerklich macht. Die Elektrizitätsmenge, die man noch erhält, nachdem die Spannung um etwa 8% vom Anfangswerthe abgefallen ist, ist praktisch nicht von Bedeutung, weil die Spannung immer schneller weiter sinkt. Ausserdem ist eine zu weit getriebene Entladung von sehr schädlichem Einfluss auf die Platten. Sollte eine solche dennoch, etwa in Folge eines Zufalles, vorgekommen sein, so thut man gut, die nächste Ladung etwas weiter als gewöhnlich fortzusetzen.

**Ueberanstrengung.** Es kommt im praktischen Betriebe vor, dass eine Accumulatorenatterie mit einer höheren als der

normal zulässigen Maximalstromstärke entladen wird. Der Zufall, Unachtsamkeit, Störungen, oder auch besondere Umstände, wie das Schadhafwerden einer Maschine, können die Ursache davon sein. Solid construirten Platten thut eine derartige Ueberanstrengung, wenn sie nur selten vorkommt, keinen wesentlichen Schaden.

**II. Lebensdauer.** Ueber die Lebensdauer der Accumulatoren, d. h. die Zeit, während welcher die Platten in gebrauchsfähigem Zustande bleiben (vgl. I), lassen sich allgemein giltige Angaben nicht gut machen. Die Zeit, während welcher Secundärbatterien in grösserem Umfange praktische Verwendung finden, ist noch zu kurz, als dass hinreichendes Erfahrungsmaterial vorliegen könnte. Auch ist die Lebensdauer durch eine ganze Anzahl verschiedener Umstände beeinflusst, welche nicht bei jeder Batterie in gleicher Weise zur Wirkung kommen. Was die Erfahrung bis jetzt ergeben hat, ist etwa Folgendes: Platten mit starkem Bleikern halten länger, als solche mit dünnem. Aus diesem Grunde haben manche Fabriken das Bleigerippe ihrer Platten mit der Zeit verstärkt. Ferner: Die Füllmasse muss, wenigstens bei allen Platten, welche keine Planté-Formirung besitzen, möglichst am Abfallen gehindert werden. Wir finden bei manchen Constructionen, dass die Oeffnungen des Bleikernes, welche die Masse enthalten, von innen nach aussen enger werden, oder mit durchlöcherten Deckeln verschlossen sind, dass das active Material sich zwischen zwei Bleigittern oder in taschenartigen Höhlungen befindet u. dgl. Andere halten es für zweckmässiger, das Abfallen der Masse dadurch zu verhindern, dass die letztere nicht grössere zusammenhängende Stücke bildet, sondern nur dünne Schichten, dass aber die Berührungsfläche derselben mit dem Bleikern, durch geeignete Gestaltung der Oberfläche des letzteren, soviel als möglich vergrössert wird. Es hat sich weiter als vortheilhaft erwiesen, die Platten, insbesondere die positiven, aufzuhängen, statt mit ihrer Unterkante aufzustellen, zunächst zur Vermeidung von inneren Kurzschlüssen, dann aber auch, um das sogenannte Werfen der positiven Platten zu verhindern. Dadurch, dass das Blei der letzteren in Superoxyd übergeht, vergrössert sich ihr Volumen etwas, was bei feststehenden Platten, welche an freier Bewegung vielfach gehindert sind, leicht ein Verziehen und Krümmen zur Folge hat. Hängende Platten können sich dagegen freier ausdehnen.

Mit den grössten Einfluss auf die Lebensdauer einer Batterie hat die Behandlung, die ihr im Betriebe zu Theil wird. Häufiges Entladen mit zu hohem Strome, zu starkes Ueberladen, seltenes

Laden, häufige nur theilweise Ladung, Stehenlassen im entladene Zustande, Unterlassen des Auffüllens der Säure und nachlässige Behandlung überhaupt können auch vorzüglich gebaute Accumulatoren vorzeitig verderben. Im Allgemeinen hält sich eine Batterie am besten in einem regelmässigen Betriebe, bei welchem Entladung und Ladung in kurzen Zwischenräumen und unter ungefähr gleichen Umständen einander folgen.

Die Dauer der negativen Platten scheint nach den bisherigen Erfahrungen, sachgemässe Behandlung vorausgesetzt, eine fast unbegrenzte zu sein. Die positiven dagegen halten, auch bei ganz normalem Betriebe, nur eine Reihe von Jahren, so lange nämlich, bis der Bleikern zum grössten Theile in active Masse übergegangen ist und die Platte so die mechanische Festigkeit und auch das erforderliche elektrische Leitungsvermögen verliert. Man kann als untere Grenze für die Dauer positiver Platten von guter Construction, mit genügend starkem Bleikern, z. Z. 3—6 Jahre annehmen, gute Behandlung der Batterie vorausgesetzt. Doch ist kaum ein Zweifel, dass man jetzt schon im Stande ist, positive Platten von grösserer Lebensdauer zu bauen. Es kommt dabei ausserordentlich viel auf die Construction an. Die Lebensdauer der negativen Platten ist, wie erwähnt, weit grösser, doch lassen neuerliche Betriebserfahrungen es wahrscheinlich erscheinen, dass die Capacität der activen Schicht aus Schwammblei allmählig abnimmt. Im Allgemeinen pflegen Reparaturen schon in den ersten Betriebsjahren notwendig zu werden.

Die meisten Fabriken von Accumulatoren leisten jetzt bei Aufstellung einer Batterie eine mehrjährige (2- bis 3 jährige) Garantie für deren Haltbarkeit. Auf Wunsch wird auch öfter ein Vertrag (Versicherung) abgeschlossen, nach welchem die Fabrik gegen eine jährliche Gebühr (5 — 6 % des Preises der Elemente) zeitweilige Revisionen der Batterie ausführen lässt, alle nöthig werdenden Reparaturen auf ihre Kosten vornimmt und nach Ablauf eines vereinbarten Zeitraumes, z. B. nach 10 Jahren, die Batterie in ebenso betriebsfähigem Zustande übergibt, wie sie zu Anfang gewesen ist. Es ist zu empfehlen, ein derartiges Abkommen mit dem Lieferanten zu treffen, da auch bei sorgfältiger Behandlung einer Batterie nicht selten störende Erscheinungen auftreten, deren Ursachen sich nicht recht aufklären lassen, deren Beseitigung aber mehr oder weniger kostspielige Reparaturen erforderlich macht.

## II.

### Beschreibungen ausgeführter Constructionen von Accumulatoren.

**12. Tudor-Accumulatoren der Accumulatorenfabrik, Actien-Gesellschaft, in Hagen i. Westf.** Die neueste Form der positiven Platte obiger Firma ist der älteren, in der 1. Auflage dieser Schrift beschriebenen, der eigentlichen Tudor-Platte, sehr ähnlich, nachdem inzwischen andere Constructionen ausgeführt und wieder verlassen worden sind. Nur ist die »wirksame Oberfläche« gegen jene beträchtlich vergrössert. Die in einem Stücke gegossene rohe Bleiplatte ist von einer grossen Anzahl vertical laufender, tiefer Rinnen durchfurcht, welche  $1,5\text{ mm}$  von einander abstehen und auf beiden Seiten der Platte  $5,0$  bis  $5,5\text{ mm}$  tief in dieselbe hineingehen. In Folge dessen zeigt ein Horizontal-Schnitt durch

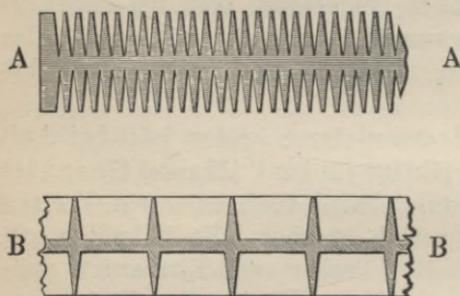


Fig. 5.

die Platte, senkrecht zur Plattenoberfläche, das Ansehen eines Kammes (Fig. 5, AA). Der innere massive Kern der Platte ist etwa  $1,5\text{ mm}$  stark, sodass deren äussere Dicke, zwischen den Spitzen der beiderseitigen Kämmen gemessen, etwa  $12\text{ mm}$  beträgt. Die Nuthen laufen nicht ganz bis zum

Rande, sodass dieser wie ein fester Rahmen der Platte Steifigkeit giebt. Zur weiteren Versteifung ist die Platte noch in horizontaler Richtung von einer Anzahl dünner Rippen durchzogen, durch welche somit der durchgehende Verlauf der verticalen Rinnen an zahlreichen Stellen unterbrochen wird. Dadurch entsteht aus jeder durchlaufenden Nuth eine Anzahl schmaler, tiefer Gruben. Die erwähnten horizontalen Rippen stehen nicht ganz  $10\text{ mm}$  aus einander, sind an der Plattenoberfläche noch nicht  $0,5\text{ mm}$  stark und verdicken sich nach innen auf etwa  $1,5\text{ mm}$ . Ein Verticalsechnitt, den man senkrecht zur Plattenoberfläche durch eine der Nuthen führt, zeigt

daher die in Fig. 5, BB dargestellte Gestalt. Die in diesem Falle wirklich geschnittenen Horizontalrippen und der innere Bleikern sind schraffirt, während die Wand der nächsten Rinne in Ansicht erscheint und deswegen weiss gelassen ist.

Fig. 6 zeigt die äussere Form einer positiven Platte der kleinsten Type, in  $\frac{1}{4}$  der natürlichen Grösse. Jede Platte hat an den beiden oberen Ecken zwei angegossene Ansätze FF, sogen. Fahnen, welche rechtwinklig nach aussen gebogen sind und zum Aufhängen der Platte dienen. Die eine Fahne trägt noch einen verticalen Fortsatz S, welcher bestimmt ist, mit der die Platten gleicher Art verbindenden Bleileiste verlöthet zu werden.

Die zu positiven Platten bestimmten rohen Bleiplatten erhalten lediglich eine  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Monate dauernde Formirung nach Planté. Füllmasse wird nicht angewendet.

Die negativen Platten sind sogen. Gitterplatten aus rechtwinklig sich kreuzenden Stäbchen, zwischen welchen sich freie Oeffnungen befinden. Sie werden ebenfalls in einem Stücke gegossen. Die grössere Anzahl der Stäbchen läuft horizontal. Diese stehen 4 mm aus einander, sind an den Aussenflächen der Platte etwa 0,7 mm stark und verdicken sich nach dem Innen-

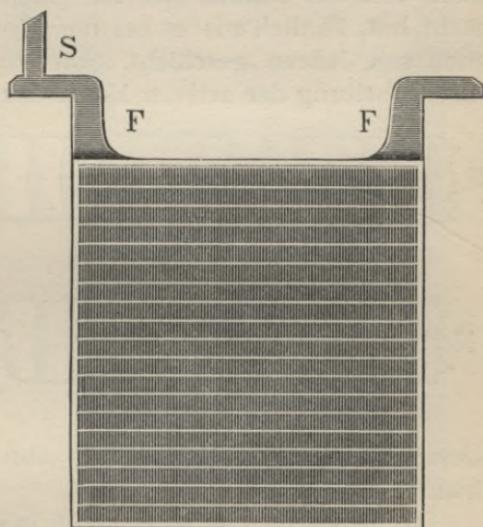


Fig. 6.

ren zu bis auf etwa 1,5 mm. Die verticalen Rippen stehen etwa 22 mm von einander ab und besitzen den gleichen, nach innen zunehmenden Querschnitt, wie die horizontalen. Zwischen den Gitterstäben bleiben rechteckige Oeffnungen von etwa 21 : 3 mm lichter Weite. Die Dicke der Platte, gemessen zwischen den Aussenkanten der Rippen auf beiden Seiten, beträgt 10 bis 11 mm. Fig. 7 zeigt zwei Schnitte durch die eben beschriebene rohe Bleiplatte. Beide sind senkrecht zur Plattenebene geführt. Der eine, verticale, MM, schneidet die Horizontalrippen und zeigt die verticalen in Ansicht, während bei dem Horizontalschnitte NN das Umgekehrte der Fall ist. Endlich giebt Fig. 8 die Ansicht einer ganzen Gitterplatte der kleinsten Type in  $\frac{1}{4}$  der natürlichen Grösse. Die Platte be-

sitzt zur Versteifung an der oberen und unteren Kante je einen Rand von etwa 2 mm Stärke. An den beiden Seitenkanten dagegen ist der Rand 13 bis 15 mm breit und auf der Vorder- und Rückseite der Platte mit einer 12 mm breiten und etwa 3 mm tiefen Nuth NN von halbkreisförmigem Profil versehen. Diese Nuthen sind bestimmt, den noch zu besprechenden Glasröhren, welche die benachbarten Platten auseinanderhalten, einen Halt zu geben. An ihren beiden oberen Ecken trägt die negative Platte genau die gleichen angegossenen Fahnenansätze, wie die positive.

In die zu negativen Platten bestimmten Bleigitter wird ein breiiges Gemisch aus Bleiglätte und verdünnter Schwefelsäure fest eingestrichen, das man jedoch durch gewisse Zusätze, nach einem von der Fabrik geheim gehaltenen Verfahren, porös gemacht hat, ähnlich wie es bei den Correns'schen Accumulatoren schon seit Jahren geschieht. Die Poren haben den Zweck, die Durcharbeitung der activen Masse durch den Strom zu erleichtern,

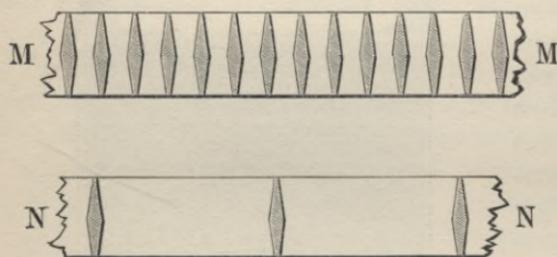


Fig. 7.

das Herausquellen aus den Gitteröffnungen bei reichlicher Gasbildung zu verhindern, sowie das bei alleiniger Anwendung von Bleiglätte früher viel vorgekommene Zusammensintern, Schrumpfen und Hartwerden des

Schwammbleies, verbunden mit Abnahme der Capacität, zu verhüten.

Die negativen Platten erhalten in der Fabrik keine Formirung. Sie werden nach dem Trocknen nur einige Zeit in verdünnte Schwefelsäure getaucht. Beim abermaligen Trocknen an der Luft wird dann die Füllmasse fest und die Platten werden in diesem Zustande verschickt. Die Umwandlung der Masse in Bleischwamm erfolgt bei der erstmaligen, langdauernden Ladung der fertig aufgestellten Batterien.

Die bisher beschriebenen Platten sind für solche Batterien bestimmt, bei welchen die normale Entladung mindestens 3 Stunden dauern soll. Die Stromdichte bei einer Entladung in 3 Stunden beträgt bei den Accumulatoren der Hagener Fabrik z. Z. 1,31 Ampère auf 1 Quadratdecimeter der aus den äusseren Abmessungen berechneten beiderseitigen Oberfläche der positiven Platten. Die

maximal zulässige Stromdichte für die Ladung hat denselben Betrag.

Wie aber schon in **S** erwähnt, wünscht man heutzutage in manchen Fällen eine Batterie in weit kürzerer Zeit, bis herab zu 1 Stunde, völlig zu entladen. Zu derartigen »Batterien für starke Entladung« verwendet die »Accumulatorenfabrik A.-G.« die nämlichen positiven Platten, wie auch für schwächer beanspruchte Batterien, nur dass sie eine etwas länger dauernde Formirung erhalten. Die negativen Platten dagegen besitzen ein Bleigitter mit engeren Maschen, als oben beschrieben, behufs Vergrösserung der »wirksamen Oberfläche. Die horizontal laufenden Rippen stehen nur 3 mm aus einander, die verticalen 20 mm, sodass die lichte Oeffnung der Maschen nur etwa 19:2 mm beträgt. Ausserdem sind die Platten nur 8 mm dick. Der Querschnitt der

Rippen dagegen, die äussere Form der Platten und die Füllung sind die nämlichen, wie bei den Elementen für langsamere Entladung.

Die maximale Stromdichte, welche bei diesen Platten angewendet wird, entsprechend der Entladung in 1 Stunde, beträgt 2,65 Ampère auf 1 qdm; geladen dürfen sie mit höchstens 1,65 Ampère auf 1 qdm werden.

Die Grössen, in welchen die Platten der »Accumulatorenfabrik, A.-G.« gegossen werden, sind:

Type	Höhe	Breite
E <sub>1</sub>	182 mm	168 mm
E <sub>2</sub>	345 »	170 »
E <sub>4</sub>	365 »	350 »

Platten von noch grösserer Oberfläche werden dadurch hergestellt, dass man zwei Platten der grössten Type vertical unter einander setzt und durch Bleilöthung den unteren Rand der oberen mit dem oberen Rande der unteren Platte verschmilzt. Die auf

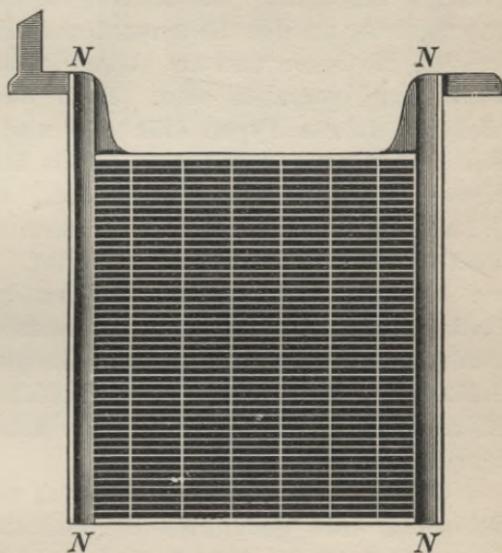


Fig. 8.

diese Art erhaltene Platte ist 730 *mm* hoch und 350 *mm* breit. Für die grössten Elemente, welche zur Zeit überhaupt gebaut werden, setzt man zwei Doppelplatten der eben beschriebenen Art horizontal neben einander und verlöthet ihre Bleifahren mit einander. Die entstandene grosse Platte hat dann eine Höhe von 730 *mm* bei einer Breite von etwa 700 *mm*.

**Zusammenbau der Elemente.** Die Gefässe, in denen die einzelnen positiven und negativen Platten zu fertigen Elementen zusammenmontirt werden, bestehen bei den kleineren Typen, bis zu einer Capacität von 540 Ampère-Stunden bei 3 stündiger Entladung, aus Glas; bei allen grösseren werden säurebeständig imprägnirte, an den Seitenkanten solid verzapfte Holzkästen verwendet, die innen und am oberen Rande mit einem 1 *mm* starken Bleiüberzug versehen sind. Doch werden auch noch die beiden nächst kleineren Typen (für 540 und 432 A-Stdn. bei 3 stünd. Entladung) nach Belieben ebenfalls mit Holzkästen versehen. In diesen Behältern sind die Platten, aus den in II genannten Gründen, aufgehängt, sodass unterhalb noch ein 80 bis 100 *mm* tiefer freier Raum im Gefässe bleibt. Die Aufhängung geschieht, wie erwähnt, mittelst der an den beiden oberen Ecken jeder Platte angegossenen Ansätze (Fahren). Mit diesen Vorsprüngen werden sie bei Verwendung von Glasgefässen unmittelbar auf den Gefässrand, bei bleigefütterten Holzkästen auf besondere gläserne Stützscheiben gehängt, die über den oberen Kastenrand etwas hervorragen.

Um die Platten in ein Holzgefäss einzubauen, werden zunächst die beiden eben genannten Stützscheiben nahe an zwei einander gegenüberliegenden Kastenwänden aufgestellt. Ihre unteren Kanten stehen dabei in bleiernen Stützrinnen, damit die Verbleiung des Kastens nicht beschädigt wird, während sie oben durch übergehängte elastische Haken aus Hartgummi im richtigen Abstände von den Wänden gehalten werden. Nun werden die negativen und positiven Platten abwechselnd mit ihren vorspringenden Fahren auf die Stützscheiben aufgehängt. Sie werden durch Glasröhren im richtigen Abstände (etwa 15 *mm*) aus einander gehalten. Diese Glasröhren stehen nahe den beiden Seitenkanten der Platten. Sie legen sich in die oben erwähnten Nuthen in den verticalen Rändern der negativen Platten etwas ein und werden dadurch in ihrer Lage festgehalten. Mit ihrem unteren Ende stehen sie auf dem Gefässboden auf. Der ganze Platten-satz wird an seinem einen Ende durch zwei mit weichem Kaut-

schuk gepolsterte Glasröhren von der Kastenwand ferngehalten; auf der entgegengesetzten Seite ist zwischen die letzte Platte und

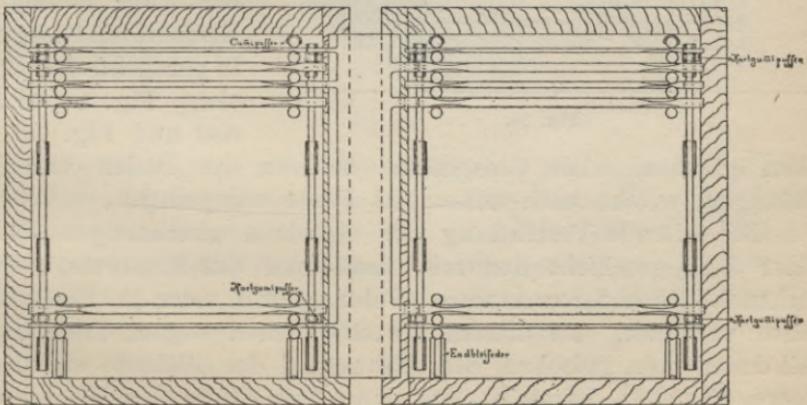
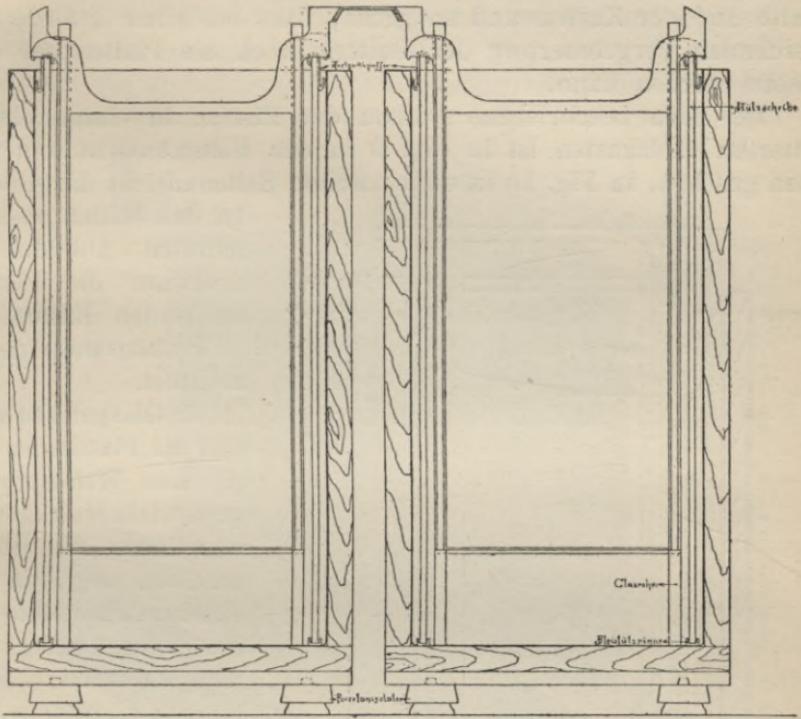


Fig. 9.

die Wand eine elastische Feder aus Hartblei eingeklemmt, die von der Platte durch ein zwischengestecktes Glasrohr isolirt ist. Auf der letztgenannten Seite ist der freie Raum zwischen der Endplatte und der Kastenwand so gross, dass bei einer erforderlich werdenden Vergrösserung der Batterie noch ein Plattenpaar eingesetzt werden kann.

Der eben beschriebene Aufbau der Platten in einem bleige-fütterten Holzkasten ist in Fig. 9 in der Seitenansicht und von oben gesehen, in Fig. 10 in einer zweiten Seitenansicht dargestellt.

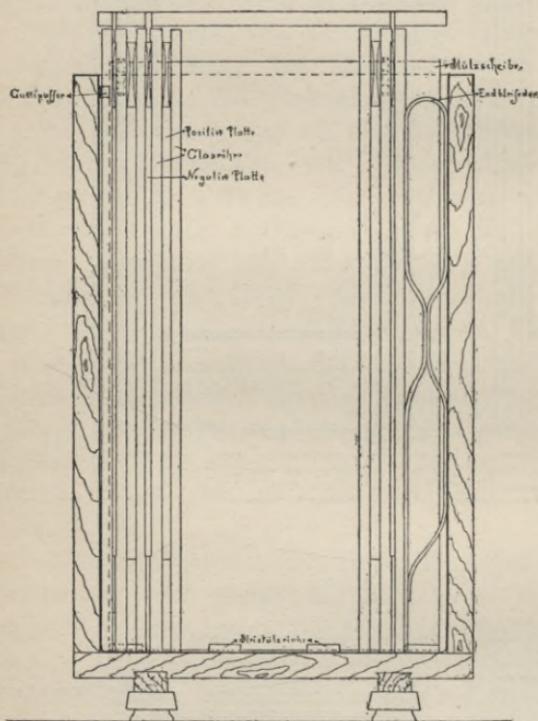


Fig. 10.

oben gesehen. Die Glasgefässe besitzen im Boden vier Vertiefungen, welche nach aussen als Füsse vorspringen.

Die leitende Verbindung der einzelnen gleichartigen Platten einer Zelle geschieht dadurch, dass man das äusserste, vertical stehende Stück ihrer Ansätze (Fahnen) mit einer kräftigen Bleileiste verlöthet. Zu diesem Zwecke dienen sogen. Löthzangen, mit denen man zwischen jeder Fahne und der Bleileiste ein kleines leeres Kästchen herstellt, das dann mit Hülfe des Wasserstoff-gebläses mit flüssigem Blei ausgefüllt wird. Dadurch entsteht

In den beiden ebenge-nannten Abbildungen sind nur die Platten an beiden Enden des Plattensatzes ge-zeichnet.

In Glasgefässe wer-den die Platten in der gleichen Weise einge-baut, wie in Holzkästen; nur fallen die Stützscheiben weg, da die Platten unmittelbar auf die Gefässränder ge-hängt werden. Auch ist eine besondere Iso-lirung der Platten von den Wänden des Ge-fässes nicht erforder-lich. Fig. 11 zeigt ein Element mit Glasgefäss in perspektivischer An-sicht, Fig. 12 im Auf-riss und Fig. 13 von

ein rechteckiges, wagerecht stehendes Verbindungsstück, das einerseits mit dem Plattenansatz, andererseits mit der Bleileiste verschmolzen ist. Nach dem Erstarren des Bleies wird die Löthzange wieder weggenommen. Diese Art der Verbindung ist aus Fig. 11 bis 13 deutlich zu erkennen.

Auch die Verbindung der aufeinander folgenden Zellen einer Batterie geschieht durch Bleilöthung. Bei kleineren Elementen

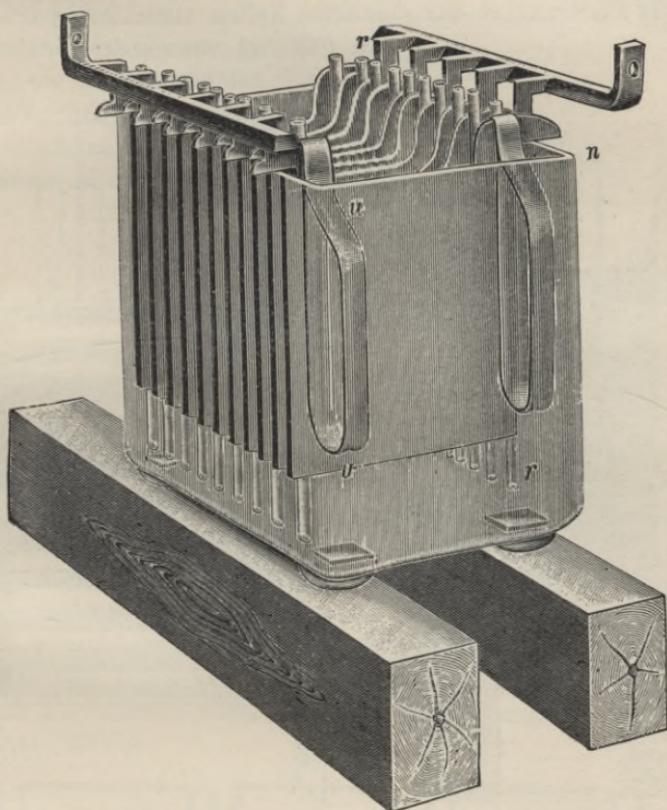


Fig. 11.

werden die positiven Platten der einen und die negativen Platten der nächsten Zelle mit einer und derselben Bleileiste so verlöthet, wie Fig. 14 im Schema zeigt. Die Bleileiste läuft hier seitlich parallel mit der Reihe der Zellen. Bei grösseren Typen wird die Verbindung in der in Fig. 15 schematisch dargestellten Weise ausgeführt. Die Elemente sind in diesem Falle so aufgestellt, dass die Ebenen der Platten parallel mit der Verbindungslinie der aufeinander folgenden Zellen laufen. Die Bleileiste steht senkrecht dazu, und es werden alle positiven Platten einer Zelle und alle

negativen der nächsten mit der quer dazwischen durchlaufenden Bleileiste verlöthet. Diese besitzt ein  $\square$  förmiges Profil. Diese Art der Verbindung ist auch aus Fig. 9 deutlich zu erkennen. Man erreicht durch sie eine ganz gleichmässige Vertheilung des Stromes auf die einzelnen Platten jedes Elementes und möglichst geringen Widerstand der Verbindungsstücke.

Es sei noch bemerkt, dass die Hagener Fabrik bei kleineren Typen die Plattensätze der einzelnen Zellen auch fertig zusammengelöthet verschickt, insbesondere nach solchen Orten, wo geschulte Monteure nicht zur Verfügung stehen. In diesem Falle werden die Elemente nicht durch Blei-

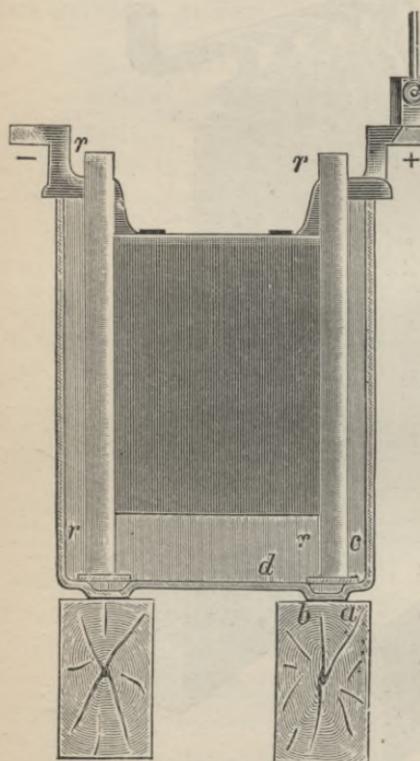


Fig. 12.

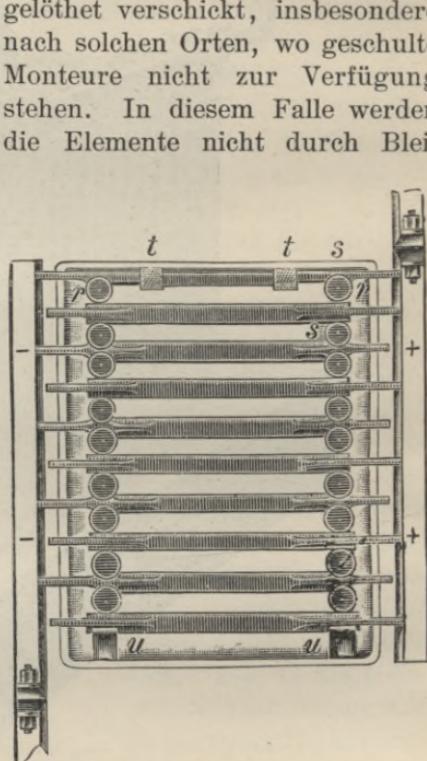


Fig. 13.

löthung, sondern durch Verschraubung verbunden. Jede Bleileiste ist am einen Ende senkrecht aufgebogen und mit einem Loche versehen. Sie wird mit der nächsten durch eine verbleite Bolzenschraube verbunden. Die in Fig. 11 bis 13 dargestellten Elemente zeigen diese Einrichtung.

Da die active Schicht der neuesten positiven Tudor-Platten ausschliesslich durch Planté'sche Formirung hergestellt ist, so verdickt sie sich beim Gebrauche mehr und mehr dadurch, dass die Formirung immer weiter in den Bleikern hinein fortschreitet.

Mit zunehmender Dicke blättern jedoch die äusseren Theile der Planté-Schicht allmählig los und fallen ab. Da dies die Capacität vorübergehend vermindert, so sucht man das Abblättern recht lange hinauszuschieben, damit die active Schicht stets möglichst stark bleibe. Da nun beobachtet worden ist, dass das Abblättern um so eher erfolgt, je geringer die Concentration der Schwefelsäure ist, so wird in neuerer Zeit eine verhältnissmässig starke Säure verwendet. Ihr specifisches Gewicht beträgt im Mittel 1,2 (über 24° Baumé) entsprechend einem Säuregehalt von etwa 27 %.

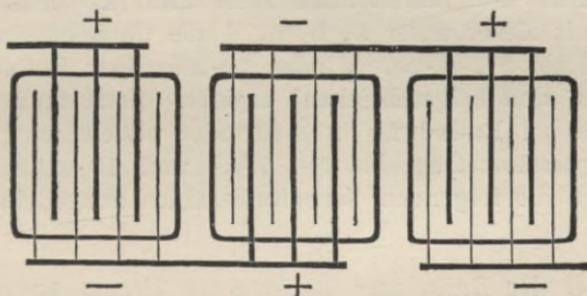


Fig. 14.

Eine starke Säure anzuwenden, empfiehlt sich noch besonders bei den erwähnten Accumulatoren für rasche Entladung, weil hier die Mischung der Säuretheile zwischen den Platten mit den ausserhalb befindlichen nicht schnell genug erfolgen kann, wenn bei der Entladung die Concentration zunächst den Platten rasch abnimmt. Wäre nun die Zelle mit einer verhältnissmässig schwachen Säure gefüllt, so könnte zwischen den Platten der Säuregehalt allzu weit sinken, was eine beträchtliche Erhöhung des inneren Widerstandes und einen zu raschen Abfall der Klemmenspannung (vgl. **3**) zur Folge haben würde.

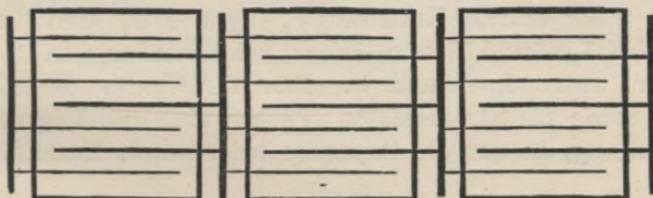


Fig. 15.

Die folgende Tabelle 1 enthält Angaben über Capacität, maximalen Entlade- und Ladestrom, Säuremengen etc. der in Hagen fabricirten Tudor-Akkumulatoren »für langsame Entladung« (in mindestens 3 Stunden), Type E. Wie in **6** bis **8** erläutert, ist je

nach der Höhe der angewendeten Stromdichte (bezw. je nach der Stromstärke, mit der eine und dieselbe Zelle entladen wird) nicht nur die Zeitdauer der Entladung, sondern auch die erzielte, in Ampère-Stunden gemessene Capacität verschieden, so zwar, dass die Capacität mit abnehmender Stromdichte grösser wird. Die »Accumulatorenfabrik, Actien-Gesellschaft« garantirt nur für vier verschiedene Werthe der Stromdichte, welche einer 3-, 5-,  $7\frac{1}{2}$  und 10 stündigen Entladungsdauer entsprechen, bestimmte Beträge der Capacität. In Tabelle 1 steht in der ersten Columne die Grössennummer der betreffenden Zelle und in derselben Horizontalzeile mit dieser unter a, b, c, d die Capacitätswerthe, die das Element bei 3-, 5-,  $7\frac{1}{2}$  oder 10-stündiger Entladung (die Stromstärken sind beige-schrieben) ergibt. Setzt man die Capacität, welche bei Entladung in 3 Stunden erzielt wird = 1, so sind die Capacitätsbeträge bei 5-,  $7\frac{1}{2}$ - und 10-stündiger Entladung durch die folgenden Verhältnisszahlen ausgedrückt:

	a	b	c	d	
Zeitdauer der Entladung	3	5	$7\frac{1}{2}$	10	Stunden
Stromdichte . . . . .	1,31	0,88	0,65	0,53	$\frac{\text{Ampère}}{qdm}$
Capacität . . . . .	1,00	1,10	1,22	1,35	

Für die Ladung beträgt die maximal zulässige Stromdichte in allen Fällen etwa 1,31 Ampère für 1 *qdm*.

Bei den Grössen E1 bis E20 hängen die Platten in Glasgefässen, von E21 ab in säurebeständig imprägnirten, mit Blei ausgekleideten Holzkästen. Bei Angabe der Gefässhöhe sind die event. untergestellten Isolatoren (vergl. Fig. 9 und 10) mitgerechnet.

Tabelle 2 enthält die entsprechenden Angaben über Accumulatoren »für starke Entladung«, Type ES, und zwar die Capacitätsbeträge und Stromstärken bei Entladung in 1, 2 und 3 Stunden unter f, g und h. Das Verhältniss derselben zu einander, sowie die Stromdichten ergeben sich aus folgender Zusammenstellung, in der die Capacität bei 3stünd. Entladung = 1 gesetzt ist:

	f	g	h	
Zeitdauer der Entladung	1	2	3	Stunden
Stromdichte	2,65	1,58	1,23	$\frac{\text{Ampère}}{qdm}$
Capacität	0,72	0,85	1,00	

Tabelle 1.

Accumulatoren der „Accumulatoren-Fabrik, Actien-Gesellschaft“  
in Hagen in Westfalen.

Type	a		b		c		d		Max. Ladestrom A	Aussen- maasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure kg	Schwefelsäure spec. Gew. 1,21 Liter
	Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 5 Stdn.		Entladung in 7½ Stdn.		Entladung in 10 Stdn.			Länge cm	Breite cm	Höhe cm		
	Capa- cität A-Std.	Ent- lade- strom A	Capa- cität A-Std.	Ent- lade- strom A	Capa- cität A-Std.	Ent- lade- strom A	Capa- cität A-Std.	Ent- lade- strom A						
E 1	24	8	27	5,4	30	4,0	33	3,3	8	8	20	27	9	3,5
» 2	48	16	54	10,8	60	8,0	65	6,5	16	13	20	27	13	5,5
» 3	72	24	81	16,2	90	12,0	98	9,8	24	18	20	27	18	7
» 4	96	32	108	21,6	119	15,9	130	13,0	32	23	20	27	23	9
» 5	120	40	135	27,0	149	19,9	162	16,2	40	28	20	27	28	11
» 6	144	48	162	32,0	177	23,6	195	19,5	48	20	21	45	36	13
» 8	192	64	216	43	236	31	260	26	64	25	21	45	44	16
» 10	240	80	270	54	295	39	325	32	80	21	30	45	51	19
» 12	288	96	324	64	354	47	390	39	96	21	35	45	59	22
» 14	336	112	378	75	413	55	455	45	112	21	40	45	68	25
» 16	384	128	432	86	472	63	520	52	128	21	44	45	77	28
» 17	432	144	480	96	528	70	580	58	144	27	42	48	105	35
» 20	540	180	600	120	660	88	725	72	180	32	42	48	120	42
E 21	432	144	480	96	528	70	580	58	144	48	36	57	120	48
» 23	540	180	600	120	660	88	725	72	180	48	41	57	140	56
» 24	648	216	720	144	792	106	870	87	216	48	46	57	165	64
» 28	756	252	840	168	924	123	1015	102	252	48	52	57	185	72
» 32	864	288	960	192	1056	141	1160	116	288	48	57	57	210	80
» 36	972	324	1080	216	1188	158	1305	130	324	48	62	57	230	88
» 40	1080	360	1200	240	1320	176	1450	145	360	48	67	57	250	96
» 44	1188	396	1320	264	1452	194	1595	160	396	48	72	57	275	105
» 48	1296	432	1440	288	1584	211	1740	174	432	48	78	57	295	113
» 52	1404	468	1560	312	1716	229	1885	189	468	48	83	57	320	121
» 56	1512	504	1680	336	1848	246	2030	203	504	48	88	57	340	129
» 60	1620	540	1800	360	1980	264	2175	217	540	48	93	57	360	137

und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:

E 320 | 8620 | 2873 | 9600 | 1920 | 10560 | 1408 | 11600 | 1160 | 2873 | 92 | 132 | 102 | 1855 | 738

Für die Ladung beträgt die Stromdichte in allen Fällen etwa 1,65 A für 1 qdm. Die Tabelle enthält keine Angaben über Dimensionen, Gewichte und Säurebedarf, da diese Zahlen mit den entsprechenden der Elemente für 3—10 stündige Entladung, welche die gleiche Nummer tragen, übereinstimmen. Die Typen ES1 bis ES20 haben Glasgefässe, diejenigen von ES21 ab Holzkästen.

Tabelle 2.

Accumulatoren für 1—3stündige Entladung  
der „Accumulatoren-Fabrik, Actien-Gesellschaft“ in Hagen in Westfalen.

Type	f Entladung in 1 Stunde		g Entladung in 2 Stunden		h Entladung in 3 Stunden		Max. Ladestrom  A
	Capacität A-Std.	Entlade- strom A	Capacität A-Std.	Entlade- strom A	Capacität A-Std.	Entlade- strom A	
	ES 1	16	16	19	9,5	23	7,6
» 2	33	33	39	19,5	46	15,3	20,3
» 3	49	49	59	29,5	69	23,0	30,5
» 4	66	66	79	39,5	92	30,6	40
» 5	82	82	99	49,5	115	38,3	50
» 6	99	99	118	59	138	46	61
» 8	132	132	158	79	184	61	81
» 10	165	165	198	99	231	77	101
» 12	198	198	237	118	277	92	122
» 14	231	231	277	138	323	107	142
» 16	264	264	316	158	369	123	162
» 17	296	296	352	176	412	137	181
» 20	370	370	440	220	515	172	226
ES 21	296	296	352	176	412	137	181
» 23	370	370	440	220	515	172	226
» 24	444	444	528	264	618	206	272
» 28	518	518	616	308	721	240	317
» 32	592	592	704	352	824	275	362
» 36	666	666	792	396	927	309	408
» 40	740	740	880	440	1030	343	453
» 44	814	814	968	484	1138	377	500
» 48	888	888	1056	528	1236	412	544
» 52	962	962	1144	572	1339	446	589
» 56	1036	1036	1232	616	1442	481	634
» 60	1110	1110	1320	660	1545	515	680

und sofort stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:

ES 320	5920	5920	7040	3520	8240	2747	3625
--------	------	------	------	------	------	------	------

**13.** Accumulatoren der »Accumulatoren-Werke, System Pollak, Actien-Gesellschaft« in Frankfurt a. M.

Die Platten des Accumulators von Pollak sind aus Blei gewalzt und besitzen eine grosse Anzahl herausragender vierkantiger Zäpfchen, sodass sich die Oberfläche der rohen Bleiplatte mit der einer Bürste mit kurzen, starken Borsten vergleichen lässt. Zur Versteifung laufen eine Anzahl massiver Längs- und Querrippen hindurch. Fig. 16 zeigt ein Stück einer solchen Platte in zwei Durchschnitten, von denen der eine in senkrechter, der andere in horizontaler Richtung läuft, zweifach vergrössert. Daraus

ist ersichtlich, dass die Zäpfchen in Reihen geordnet sind, welche bei der fertig im Elemente montirten Platte senkrecht laufen und etwa 3 mm auseinanderstehen. In jeder Verticalreihe kommt auf jede 6 mm ein Zäpfchen. Die Zäpfchen jeder Reihe sind jedoch gegen die der beiden neben ihr laufenden um 3 mm versetzt,

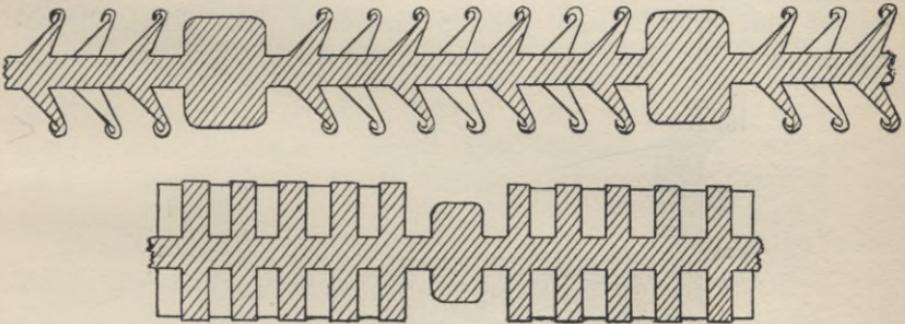


Fig. 16.

sodass in den obigen Schnittfiguren die Zäpfchen einer Reihe im Schnitt, die der benachbarten in Ansicht erscheinen. Der massive Kern der Platten ist etwa 2 mm stark, die versteifenden Rippen 5—6 mm, sodass sie auf jeder Seite etwa 2 mm hervorragen. Die Zäpfchen ragen 2—3 mm über den Grund der Platte heraus.

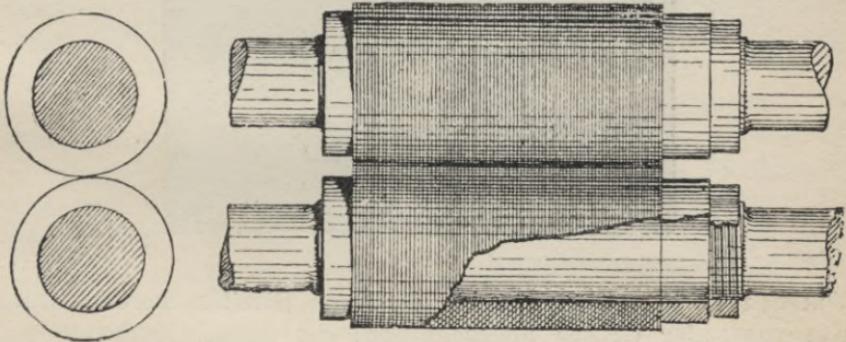


Fig. 17.

Ihre Länge ist zwar etwa 4 mm, sie stehen jedoch schräg und krümmen sich am Ende in Form von Häkchen. Die Breite und Dicke der viereckigen Zäpfchen ist da, wo sie aus der Platte heraustreten, je etwa 1,5 mm. Sie verjüngen sich nach aussen in der Weise, dass die Dicke auf 0,4 mm abnimmt, während die Breite dieselbe bleibt. Die zur Versteifung dienenden Verticalrippen stehen 35 mm, die horizontalen Rippen 30 mm aus einander.

Die Herstellung der eben beschriebenen Bleiplatten geschieht durch Walzen, in der Weise, dass man Bänder aus Tafelblei, die in geeigneter Breite zugeschnitten sind, zwischen Façonwalzen langsam durchpassiren lässt. Diese letzteren bestehen aus massiven, cylindrischen Kernen, auf welche zahlreiche Ringe aus 1,5 mm starkem Stahlblech dicht neben einander aufgezogen werden, in welche das erforderliche Muster eingefräst ist. Fig. 17 veranschaulicht ein derartiges Walzenpaar in Ansicht und im Schnitt.

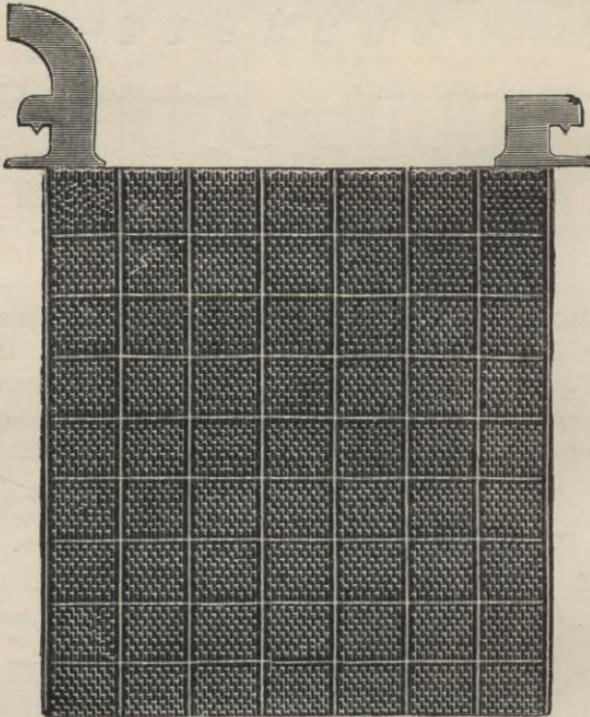


Fig. 18.

Von den in grösseren Längen gewalzten Streifen werden Stücke von passender Grösse abgeschnitten, an deren Oberkante man Ansätze (Fahnen) aus Blei anlöthet. Eine so erhaltene fertige Bleiplatte ist in Fig. 18 abgebildet.

Die Platten kommen in zwei Grössen zur Verwendung, nämlich :

Type	Höhe	Breite
S	260 mm	235 mm
SK	260 »	120 »

Die Vertiefungen der rohen Bleiplatten werden mit feinertheiltem metallischem Blei ausgefüllt, das, nach Angabe der

Fabrik, auf elektrolytischem Wege aus einer alkalischen Bleilösung gewonnen wird. Es wird zwar fest eingepresst, bleibt aber dennoch porös, während es andererseits an der Grundplatte fest anhaftet. Hierauf erfolgt eine Formirung, bei der die poröse Bleischicht der zu positiven Elektroden bestimmten Platten in Bleisuperoxyd verwandelt wird. Die Zeitdauer dieser Formirung beträgt, nach Angabe der Firma, etwa 100 Stunden.

Bei der beschriebenen Art der Herstellung wird die Verbindung zwischen activer Masse und Bleiträger eine so innige, dass die Grenzlinie zwischen beiden nicht mehr scharf wahrzunehmen ist. Die Platten lassen sich klopfen und biegen, ohne dass die Masse abfällt. Auch soll sie im dauernden Betriebe fest anhaften.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass man die Pollak'sche Platte als ein Mittelding zwischen dem Planté'schen und dem Faure'schen Typus ansehen muss.

Die fertigen Platten zeigen eine glatte Oberfläche und eine Dicke von 6—7 *mm* für die positiven und von etwa 5 *mm* für die negativen Platten.

Der Zusammenbau der Platten in den für stationäre Beleuchtungsanlagen bestimmten Zellen ist durch Fig. 19 und 20 veranschaulicht. Bei den Accumulatoren der Type SK hängen die negativen Platten mit ihren Fahmensätzen auf den Rändern des Glasgefässes, wie Fig. 19 zeigt, und tragen ihrerseits die positiven Platten. Zu diesem Zwecke ist über den oberen Rand der neg. Platten in der Mitte ein Stab aus Hartgummi gelegt, welcher durch Löcher in den Fahnen der pos. Platten hindurchgeht. Die Fahnen sitzen bei den pos. Platten in der Mitte des oberen Randes. Auf diese Weise hängen die pos. Platten auf dem Hartgummistabe und werden somit von den neg. Platten getragen. Die einzelnen auf einander folgenden Platten werden durch je zwei dazwischen gesteckte Glasröhren in solchem Abstände gehalten, dass der Zwischenraum 10 *mm* beträgt. Die Glasröhren stehen auf dem Gefässboden in kleinen Rinnen aus Blei. Sie werden in ihrer Lage festgehalten durch kurze Streifen aus Blei, die am oberen Rande der neg. Platten angelöthet sind und in die obere Oeffnung der Glasröhren hineingebogen werden. Von den beiden negativen Endplatten liegt die eine an der Gefässwand an; die andere ist von der gegenüberliegenden Wand, wie bei den Tudor-Zellen, durch zwei Federn aus Hartblei getrennt, sodass ein entsprechender freier Raum dazwischen bleibt. Die neg. Platten sind auf der einen Seite, die pos. in der Mitte durch eine an-

gelöthete Bleileiste verbunden, wie aus der Ansicht von oben in Fig. 19, die die Type SK<sub>2</sub> (vergl. die unten folgende Tabelle) darstellt, deutlich zu erkennen.

Bei den grösseren Accumulatoren, Type S, hängen die Platten

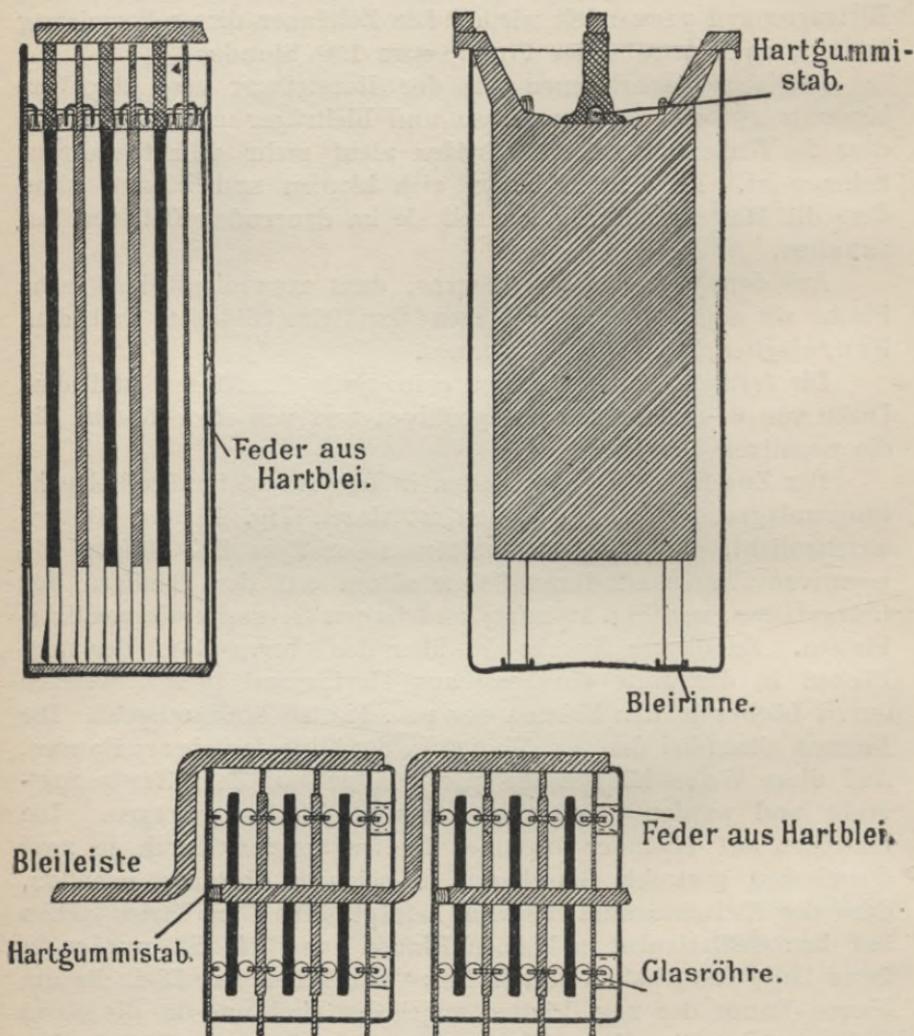


Fig. 19.

nicht auf den Rändern des Gefässes, sondern auf Glasröhren. Die in Fig. 18 abgebildete Platte der S-Type zeigt auf der linken Seite, unter der gebogenen Fahne, noch einen breiten, mit einer

Spitze versehenen, seitlichen Ansatz, sowie an der rechten oberen Ecke einen nach oben ragenden geraden Ansatz mit ähnlicher Spitze. Diese beiden Ansätze werden seitlich, aus der Ebene der Zeichnung heraus, gebogen und auf die oberen Öffnungen von zwei Glasröhren so aufgelegt, dass die erwähnten Spitzen in den Röhren stecken und ein Herabgleiten verhindern. Die Platte

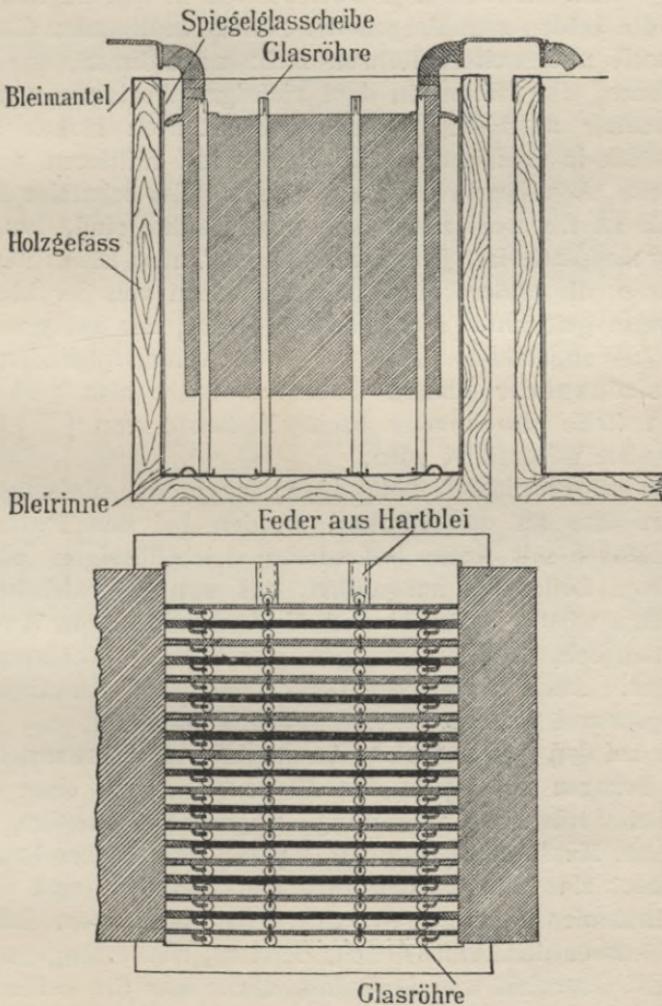


Fig. 20.

hängt so auf den beiden Glasröhren. Aus dem Aufrisse und der Ansicht von oben in Fig. 20 ist diese Art der Aufhängung zu erkennen.

Zur weiteren Fixirung der Stellung der Platten dienen die beiden, in Höhe des oberen Plattenrandes sitzenden, schmalen wagerechten Nasen (Fig. 18), die bis an die Gefässwände heranragen. Im Falle die letzteren mit Blei belegt sind, wie bei den Accumulatoren in Holzkästen, welche Fig. 20 veranschaulicht, ist vor die betreffenden Seitenwände noch eine Glasplatte zur Isolirung gestellt. Zwischen je zwei Platten stehen an den Aussenkanten die beiden zum Tragen der Platten bestimmten Glasröhren, sowie noch zwei weitere Röhren mehr nach innen, die lediglich dazu dienen, die Platten in dem richtigen Abstände von 10 *mm* aus einander zu halten. Sämmtliche Röhren stehen auf dem Gefässboden in Bleirinnen auf. Die beiden mittleren werden in der bereits oben beschriebenen Weise mittelst schmaler Bleistreifen, die an die neg. Platten oben angelöthet sind, festgehalten. Die eine Endplatte ist, genau wie bei den Tudor-Elementen, durch Glasröhren, die andere durch Hartbleifedern von der bleibeleigten Gefässwand getrennt. Fig. 20 zeigt ferner, wie bei grossen Elementen (die abgebildete Type ist S 11 der unten folgenden Tabelle) die Verbindung der Platten einer Art unter sich und mit der nächsten Zelle durch eine breite Bleileiste von  förmigem Querschnitte ausgeführt wird.

Alle erforderlichen Löthungen, auch die Befestigung der Fahnenansätze an den Platten, werden bei den Pollak'schen Accumulatoren mit einem besonderen, leichtflüssigen, aber dabei sehr festen Löthmittel ausgeführt, das von Schwefelsäure nicht angegriffen wird. Dadurch wird die Anwendung von Wasserstoffgas entbehrlich, und es genügen gewöhnliche Löthlampen oder Leuchtgas. Auch können die Löthstellen durch Anwärmen leicht wieder getrennt werden.

Die bei den Pollak'schen Accumulatoren angewendete Stromdichte, bezogen auf 1 *qdm* der Plattenoberfläche einer Art, beträgt, bei 3stündiger Entladung, ungefähr 1 Ampère, bei der Ladung im Maximum 0,72 A auf 1 *qdm*. Für längere Entladungsdauer lässt sie sich aus der folgenden Tabelle 3 und den noch zu erwähnenden sonstigen Angaben leicht berechnen. Die Tabelle enthält, ausser den Dimensionen, Gewicht, Säuremenge und Ladestrom, die Capacität und Ladestromstärke nur für 3stündige und 6stündige Dauer der Entladung. Die Capacität, welche bei anderer Zeitdauer der Entladung erzielt wird, lässt sich aus der folgenden Zusammenstellung ungefähr berechnen. Wird die Capacität bei 3stündiger Dauer der Entladung gleich 1 gesetzt, so beträgt sie bei einer

Entladung in	3	4	5	6	7	8	9	10	Stunden
Stromdichte	1,00	0,81	0,69	0,60	0,53	0,48	0,44	0,40	A f. 1 <i>qdm</i>
Capacität	1,00	1,08	1,15	1,20	1,23	1,26	1,30	1,33	

Tabelle 3.

Pollak-Accumulatoren der Accumulatoren-Werke, System Pollak, Actien-Gesellschaft.

Modell	Entladung in 3 Stunden		Entladung in 5 Stunden		Ladestrom A	Aussenmaasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure kg	Schwefelsäure 19° B. Liter
	Capacität A-Std.	Entladestrom A	Capacität A-Std.	Entladestrom A		Länge mm	Breite mm	Höhe mm		
SK 1	36	12	42	7	8	100	165	380	11	4,4
» 2	51	17	60	10	12	135	165	380	14	5,4
» 3	66	22	78	13	16	170	165	380	18	7,4
» 4	81	27	102	17	20	205	165	380	22	9,2
S 3	66	22	78	13	16	100	280	380	18	7,4
» 5	99	33	120	20	24	135	280	380	24	9,2
» 6	132	44	162	27	32	170	280	380	31	11,4
» 7	165	55	198	33	40	205	280	380	39	15
S 8	201	67	240	40	48	270	310	385	55	19
» 9	234	78	282	47	56	305	310	385	60	21
» 10	270	90	318	53	64	340	310	385	67	24
S 11	303	101	360	60	72	400	340	385	80	28
» 12	336	112	402	67	80	435	340	385	88	32
» 13	369	123	438	73	88	470	340	385	96	34
» 14	402	134	480	80	96	505	340	385	105	37
» 15	435	145	522	87	104	540	340	385	113	40
» 16	468	156	558	93	112	575	340	385	121	43
» 17	504	168	600	100	120	610	340	385	130	46

und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:

S 70	2275	760	2720	453	544	1260	600	385	570	178
------	------	-----	------	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----

In jüngster Zeit bringt die Firma noch eine neue Type, »Accumulatoren für starke Entladung« (Type R) in den Handel. Diese können mit beträchtlich höheren Stromdichten entladen und auch geladen werden, als die oben beschriebenen Typen SK und S. Bei der höchsten zulässigen Stromdichte (2 Ampère auf 1 *qdm*) ist die Dauer der Entladung auf 1 Stunde verkürzt. Die Firma giebt sogar an, dass für »stossweise Entladungen, welche nicht länger als  $\frac{1}{4}$  Minute dauern, die Stromstärke auf das Doppelte der für einstündige Entladung angegebenen gesteigert werden dürfe«. Die maximale Stromdichte bei der Ladung beträgt 1,3 A f. 1 *qdm*.

Damit die Platten diese hohe Beanspruchung vertragen, ist bei ihnen, ebenso wie bei den Tudor-Platten für starke Entladung, die eigentliche wirksame Oberfläche, d. h. die Berührungsfläche zwischen der activen Masse und dem Bleikern, bei gleichen äusseren Abmessungen der Platte, möglichst vergrössert worden. Dies ist dadurch erreicht, dass die Anzahl der vorspringenden Zäpfchen pro Flächeneinheit der Bleiplatte vermehrt, die Dicke der Zäpfchen aber vermindert wurde.

Bei den neuen Platten kommen auf jedes Quadratdecimeter der gesammten Plattenoberfläche (einschliesslich der Rippen) im Mittel 790 Zäpfchen, bei den Platten für langsamere Entladung

Tabelle 4.

**Pollak - Accumulatoren für rasche Entladung**  
der „Accumulatoren-Werke, System Pollak“ Actien-Gesellschaft.

Type	Entladung in 1 Stunde		Entladung in 2 Stunden		Entladung in 3 Stunden		Max. Ladestrom A
	Capacität A-Std.	Entlade- strom A	Capacität A-Std.	Entlade- strom A	Capacität A-Std.	Entlade- strom A	
R 3	46	46	58	29	66	22	30
» 5	69	69	86	43	99	33	45
» 6	92	92	116	58	132	44	60
» 7	115	115	144	72	165	55	75
» 8	138	138	176	88	201	67	90
R 9	161	161	204	102	234	78	105
» 10	184	184	234	117	270	90	120
» 11	207	207	262	131	303	101	135
» 12	230	230	292	146	336	112	150
» 13	253	253	320	160	369	123	165
R 14	276	276	350	175	402	134	180
» 15	299	299	378	189	435	145	195
» 16	322	322	408	204	468	156	210
» 17	345	345	438	219	504	168	225
» 18	368	368	466	233	537	179	240
R 19	391	391	494	247	570	190	255
» 20	414	414	526	263	606	202	270
» 21	437	437	554	277	639	213	285
» 22	460	460	584	292	672	224	300
» 23	483	483	612	306	708	236	315

und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:

R 70	1564	1564	1976	988	2280	760	1020
------	------	------	------	-----	------	-----	------

Anmerkung: Für die Zellen der Type R und die äusseren Abmessungen, Gewichte und Säuremengen dieselben wie für die gleichen Nummern der Type S. (Vergl. Tab. 3.)

auf 1 *qdm* nur 630. Dementsprechend stehen bei der Platte für rasche Entladung die einzelnen Zäpfchen in den verticalen Reihen nur 4,5 *mm*, in den horizontalen Reihen nur 2 *mm* aus einander. Der Querschnitt eines Zäpfchens an der Basis beträgt nur etwa 1 *qmm*. Im Uebrigen ist die Höhe und Anordnung der Zäpfchen, die Gestalt der Rippen, sowie die Dicke und auch die Art der Aufhängung der Platten genau die gleiche wie bei den Elementen für langsamere Entladung.

Tabelle 4 enthält Angaben über Capacitäten, Entlade- und Ladestromstärken dieser neuen Type.

Setzt man die Capacität, welche bei Entladung in 3 Stunden erzielt wird, gleich 1, so ergeben sich aus der Tabelle für die Capacität bei 2- und 1stündiger Entladungsdauer durchschnittlich die folgenden Zahlen:

Entladung in	3	2	1	Stunden
Stromdichte	0,96	1,26	2,00	A f. 1 <i>qdm</i>
Capacität	1,00	0,87	0,69	

**14. Accumulatoren von Correns.** Bei der Plattenconstruction von E. Correns (fabricirt von der Firma C. Wilh. Kayser, Hüttenwerk und Accumulatorenfabrik in Berlin) ist die Verhütung des Herausfallens der Füllmasse in erster Linie berücksichtigt. Es sind Doppelgitter, die scheinbar aus zwei Gittern zusammengesetzt sind. Die Gitteröffnungen sind Quadrate von 7 *mm* Seitenlänge. Die beiden Gitter sind in der Länge und Breite um die Hälfte einer Quadratseite gegen einander versetzt (Fig. 21) und hängen da, wo sich die Stäbe beider Gitter kreuzen, durch kurze Querstücke zusammen.

Jedes Doppelgitter ist in einem Stücke aus reinem Blei gegossen. Die sinnreich erdachte stählerne Giessform besteht aus zwei Hälften. Jede davon ist mit zapfenartigen Vorsprüngen versehen, welche von beiden Seiten in einander greifen. In diese quadratischen Vorsprünge sind Nuthen eingearbeitet, welche den erforderlichen Raum für die Gitterstäbe bilden, während die Zapfen selbst die Oeffnungen des Gitters erzeugen.

Die 2 *mm* breiten Rippen der Gitter, deren Querschnitt ein mit der Spitze nach innen gerichtetes Dreieck ist, laufen, wie Fig. 21 zeigt, unter Winkeln von 45° zu den Seiten der Platten. Der Rand der 6—7 *mm* dicken Gitterplatten ist massiv und dient zur Versteifung. Auch sind die Gitter zu dem gleichen Zwecke noch von einzelnen massiven Rippen von 3 *mm* Breite durchzogen, welche parallel mit den Seiten der Platten laufen. Jede Platte besitzt am oberen Rande beiderseits kurze Ansätze, mit denen sie

auf Stützen gehängt werden kann, sowie ferner an der einen oberen Ecke eine senkrechte »Fahne« zum Anlöthen an die die gleichartigen Platten verbindende Bleileiste.

Die beiden Metallgitter einer Correns'schen Platte schliessen zwischen sich einen einzigen grossen, zusammenhängenden Hohlraum ein, welcher nur von den an den Kreuzungspunkten der

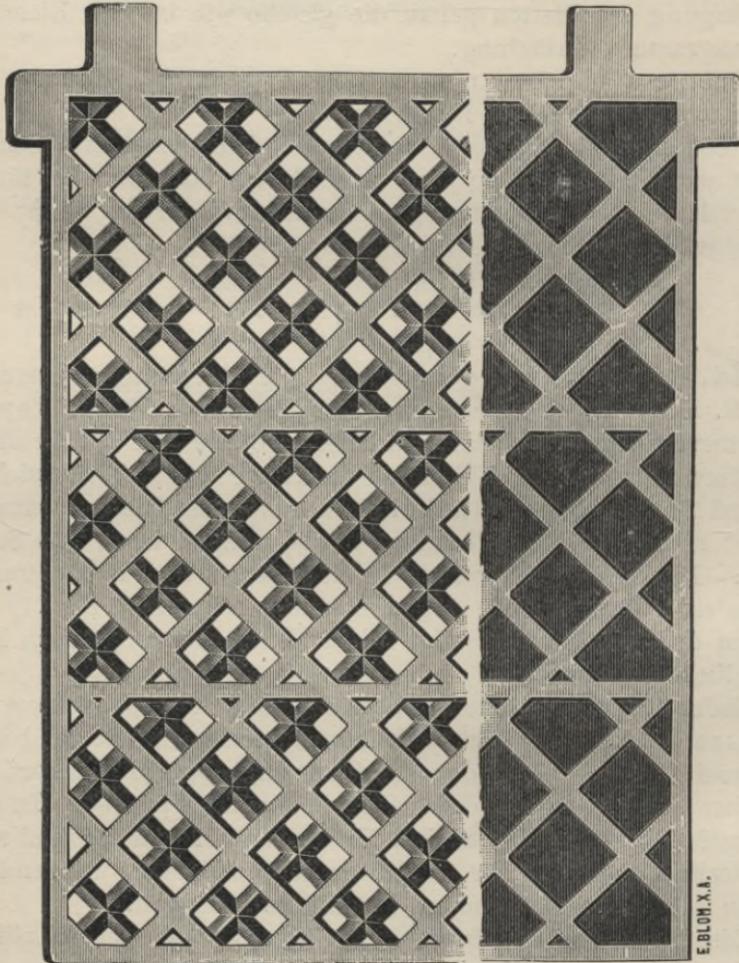


Fig. 21.

Gitterstäbe sitzenden Verbindungsstücken durchsetzt und durch den massiven Plattenrand, sowie die massiven Rippen begrenzt wird. Dieser Hohlraum wird ganz mit Füllmasse ausgestopft (vgl. den rechts gezeichneten Theil der Fig. 21). Die Masse bildet also ein zusammenhängendes Ganzes. Sie ist durch die beiden

Gitter am Herausfallen wirksam verhindert, insbesondere auch wegen der nach aussen sich verengernden Form der quadratischen Oeffnungen. Fig. 22 zeigt das Correns'sche Gitter in den oben beschriebenen Dimensionen, während Fig. 21 eine ältere Form mit grösseren Gitteröffnungen darstellt.

Als Füllmasse wird für die positiven Correns-Platten reine Mennige, für die negativen reine Bleiglätte verwendet. Diese Bleiverbindungen erhalten gewisse Zusätze, welche beim Formiren der Platten zum Theil wieder aus der Masse herausziehen und diese dadurch porös machen, während sie zugleich cementartig

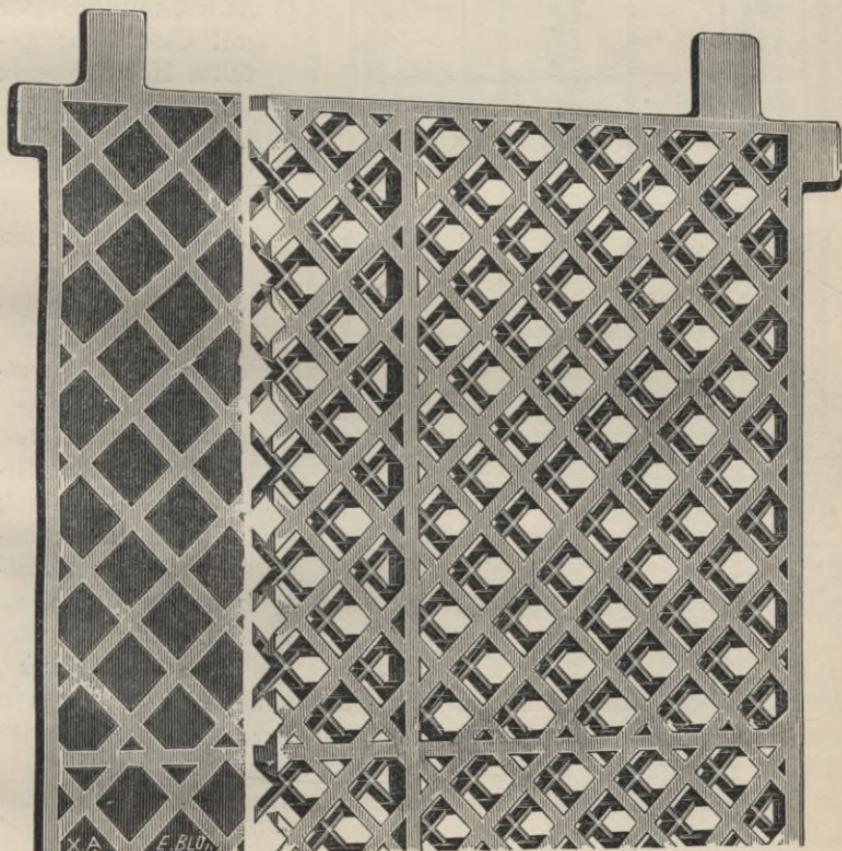


Fig. 22.

erhärtert. Vorübergehend wurde zu den Correns-Platten auch feinertheiltes Blei, das aus Mennige auf elektrolytischem Wege gewonnen war, nebst den erwähnten Zusätzen benutzt. Wenn die so hergestellten Platten sich auch gut bewährten, so ist dieses Verfahren doch in neuerer Zeit, weil zu theuer, wieder aufgegeben worden.

Der Aufbau der Platten in den Batteriegefäßen, die Trennung derselben von einander und die Verlöthung der gleichartigen sind von der oben beim Tudor-Accumulator beschriebenen Art nicht wesentlich verschieden. Fig. 23 veranschaulicht den Zusammen-

bau einer Zelle mit Glasgefäß, bei der die Platten auf Stützscheiben hängen und durch Glasröhren aus einander gehalten werden. Der mit Glaspulver gefüllte Holzuntersatz für das Glasgefäß bleibt in neuerer Zeit weg. Dieses steht unmittelbar auf den mit Gummischeiden bedeckten Isolatoren. Für die größeren Elemente werden mit Blei ausgekleidete Holzkästen verwendet.

Nach einer Mittheilung der Fabrik ist man damit beschäftigt, den Aufbau der Platten in den Zellen zu verbessern, sodass

einerseits jede einzelne Platte ohne Demontirung der übrigen bequem herausgenommen werden und andererseits die Säure freier zwischen den Platten hindurch circuliren kann.

Die Platten des Correns-Accumulators werden in folgenden zwei Grössen hergestellt:

Type	Höhe	Breite
H	225 mm	175 mm
Q	260 »	260 »

Die Stromdichte beträgt bei Entladung in 3 Stunden 1,00 Ampère auf 1 qdm einseitiger Plattenoberfläche für die Q-Platten und 0,76 Ampère auf 1 qdm für die H-Platten, bei

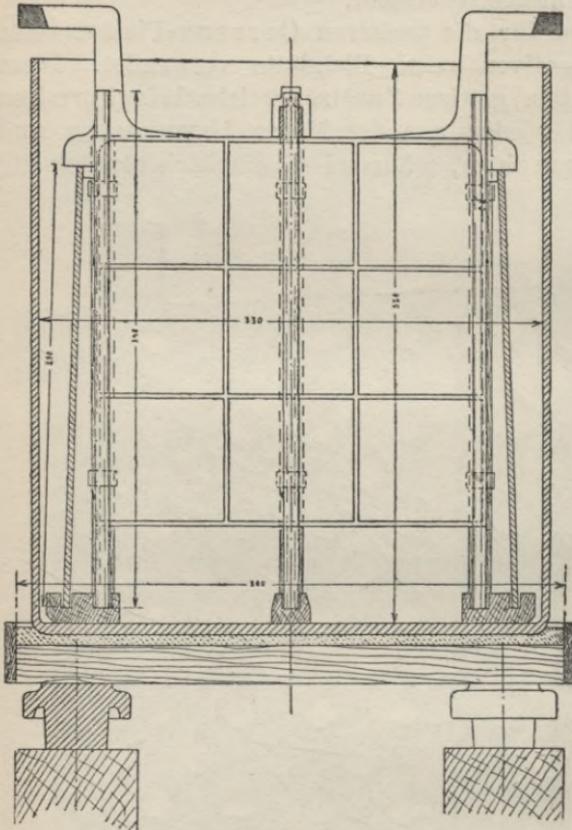


Fig. 23.

der Ladung mit der zulässigen Maximalstromstärke 0,665 Ampère für 1 qdm für Type Q und 0,57 für Type H. Die Stromdichten bei anderer Zeitdauer der Entladung und die Verhältnisszahlen zwischen den erzielten Capacitäten sind in der folgenden Zusammenstellung enthalten, in welcher die Capacität bei Entladung in 3 Stunden = 1 gesetzt ist.

		3	5	7	10	Stunden	
Stromdichte	{	Type H	0,76	0,59	0,48	0,38	Ampère für 1 qdm
		Type Q	1,00	0,665	0,55	0,45	» » 1 »
Capacität	{	Type H	1,00	1,25	1,44	1,66	
		Type Q	1,00	1,12	1,31	1,50	

Tabelle 5.

Correns-Accumulatoren der Firma C. W. Kayser in Berlin.

Type	Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 5 Stdn.		Entladung in 7 Stdn.		Entladung in 10 Stdn.		Max. Ladestrom	Aussenmaasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure spec. Gew. 1,15
	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom		Länge	Breite	Höhe		
	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A	cm	cm	cm	kg	Liter
H 1	18	6	23	4,5	26	3,8	30	3	4,5	7	25	36	10	4,5
» 2	36	12	45	9,0	52	7,5	60	6	9,0	11	25	36	16	7,0
» 3	54	18	68	13,5	78	11,3	90	9	13,5	15	25	36	20	9,0
» 4	72	24	90	18,0	104	15,0	120	12	18,0	18	25	36	26	11,5
» 5	90	30	115	23	130	18,8	150	15	23	21	25	36	31	13,5
» 6	108	36	140	28	156	22,5	180	18	28	24	25	36	37	16,0
Q 2	80	27	90	18	105	15	120	12	18	11	34	40	23	10,0
» 3	120	40	135	27	158	23	180	18	27	14	34	40	31	14,5
» 4	160	53	180	36	210	30	240	24	36	18	34	40	39	19,0
» 5	200	66	225	45	263	37	300	30	45	21	34	40	49	23
» 6	240	80	270	54	315	45	360	36	54	24	34	40	54	27
» 7	280	93	315	63	368	52	420	42	63	27	34	40	64	30
» 8	320	106	360	72	420	60	480	48	72	31	34	40	72	33
» 9	360	120	405	81	473	67	540	54	81	34	34	40	81	37
» 10	400	133	450	90	525	75	600	60	90	44	38	43	89	40
» 11	440	146	495	99	578	82	660	66	99	48	38	43	113	44
» 12	480	160	540	108	630	90	720	72	108	51	38	43	122	48
» 13	520	173	585	117	683	97	780	78	117	54	38	43	132	53
» 14	560	186	630	126	735	105	840	84	126	58	38	43	142	57
» 15	600	200	675	135	788	112	900	90	135	61	38	43	151	62
» 16	640	213	720	144	840	120	960	96	144	65	38	43	158	66
» 17	680	226	765	153	893	127	1020	102	153	68	38	43	165	70
» 18	720	240	810	162	945	135	1080	108	162	71	38	43	174	75
» 19	760	253	855	171	998	143	1140	114	171	75	38	43	181	79
» 20	800	266	900	180	1050	150	1200	120	180	78	38	43	188	83

und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:

Q 61	2440	813	2745	549	3199	457	3660	366	549	218	39	43	478	265
------	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	----	----	-----	-----

**15.** Accumulatoren der „Kölner Accumulatoren-Werke“ von Gottfried Hagen in Kalk bei Köln. Die Plattenform dieses Accumulators ist der Correns'schen nachgebildet. Auch hier ist ein Doppelgitter, das in einem Stücke gegossen wird. Die ältere Gitterconstruction hatte quadratische Oeffnungen und wurde in Sandformen gegossen. Die neuere besitzt rechteckige Oeffnungen von  $9:4\text{ mm}$ . Die beiden Gitterseiten sind nicht gegen einander versetzt. Der Querschnitt der horizontal laufenden Gitterstäbe ist, wie bei Correns, ein mit der Spitze nach innen gerichtetes Dreieck, während die verticalen Rippen ungefähr rechteckigen Querschnitt besitzen. Die Basis der erwähnten Drei-

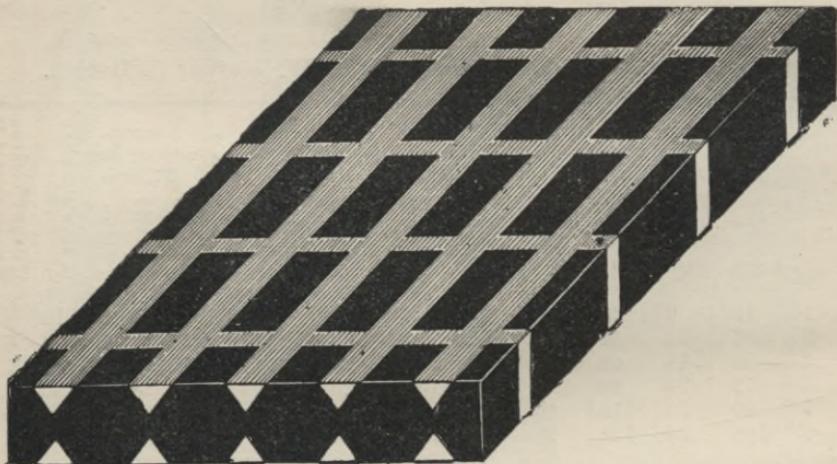


Fig. 24.

ecke ist  $2,5\text{ mm}$  lang, die senkrechten Rippen sind ungefähr  $1\text{ mm}$  dick. Der massive Plattenrand ist  $4$  bis  $5\text{ mm}$  stark. Die Dicke einer Platte beträgt etwa  $5\text{ mm}$ . Diese neueren Platten werden in einer zweitheiligen Metallform gegossen, die der Correns'schen sehr ähnlich ist. Nur sind die vorspringenden Zapfen schräg zur Plattenebene gestellt. In jede Gitteröffnung greifen zwei von entgegengesetzten Seiten kommende Zapfen hinein, die beim Oeffnen der Form nach beiden Seiten schräg herausgezogen werden.

Die beschriebene Gitterform enthält Hohlräume von etwa  $9\text{ mm}$  Breite, welche in senkrechter Richtung durch die ganze Platte hindurch laufen. Diese werden mit Füllmasse ausgestrichen, sodass eine ebene Platte entsteht. Fig. 24 gibt die Ansicht eines aus der fertigen Platte herausgeschnittenen Stückes, ungefähr aufs Doppelte vergrößert. Die Füllmasse ist darin schwarz angelegt.

Die positiven Platten werden nur kurz, die negativen gar nicht formirt. In Folge dessen erlangen die Elemente ihre normale Capacität erst, nachdem sie einige Wochen im regelmässigen Betriebe gewesen sind.

Den Aufbau der Platten innerhalb einer Zelle veranschaulicht Fig. 25. An zwei gegenüberliegenden Kastenwänden sind Platten aus einem besonderen Isolirmaterial aufgestellt, die mit Nuthen versehen sind. In die Nuthen werden die Platten mit den Rändern eingeschoben. Die Nuthen endigen in einer gewissen Höhe über dem Boden, sodass hier die Platten aufstehen. Um den positiven

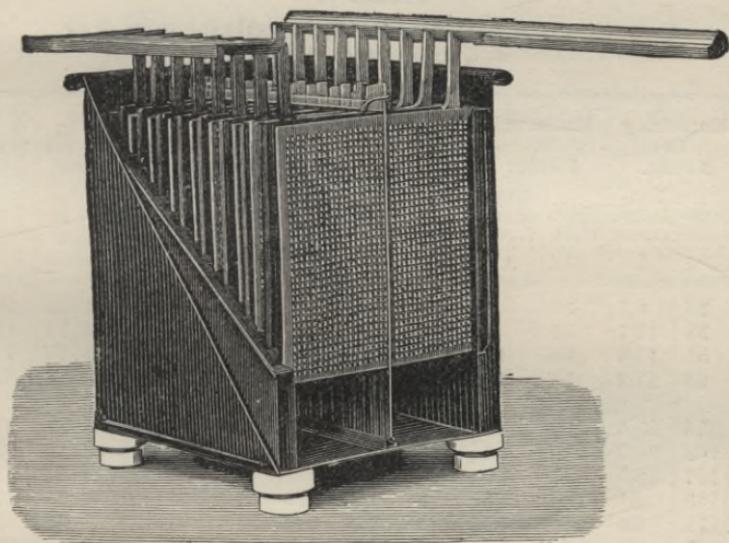


Fig. 25.

Platten eine freie Ausdehnung zu gestatten, sind die Nuthen für diese etwa doppelt so tief, wie die für die negativen Elektroden. Auch sind die tieferen Nuthen an ihrem unteren Ende abgeschrägt, um sie beim Einsetzen der Platten kenntlich zu machen. In der Mitte sind die Platten noch durch Glasröhren aus einander gehalten. Um eine Berührung der äussersten negativen Platten mit der Kastenwand unmöglich zu machen, werden zwischen diese Endplatten und die Breitseiten der Kästen noch sogen. Kopfplatten gesetzt, welche aus demselben Isolirmaterial wie die erwähnten Nuthenplatten bestehen.

Als Elementgefässe dienen für die Zellen der Typen B und A<sub>3</sub> bis A<sub>7</sub> (vergl. die folgende Tabelle) Kästen aus Hartblei, für die grösseren Typen, von A<sub>8</sub> ab, Holzkästen mit Bleiausschlag.

Die Verbindung der einzelnen Platten und der Zellen unter einander geschieht, wie üblich, durch Bleilöthung.

Die Platten werden in 4 Grössen hergestellt, nämlich:

Type B 180 mm hoch, 150 mm breit,

» A 240 » » 240 » »

» G 320 » » 340 » »

» N 650 » » 340 » »

Die Stromdichte beträgt bei 3 stündiger Dauer der Entladung 0,9 Ampère für 1 qdm, für die Ladung im Maximum

Tabelle 6.

Accumulatoren der »Kölner Accumulatorenwerke«  
von Gottfried Hagen.

Type	Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 5 Stdn.		Entladung in 7 Stdn.		Entladung in 10 Stdn.		Max. Ladestrom	Aussenmaasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure spec. Gew. 1,17
	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom		Länge	Breite	Höhe		
	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A		A	cm	cm		
B 2	26	8,5	30	6	32	4,6	36	3,6	6	12	24	24	10	3
» 3	38	12,7	45	9	48	7,0	54	5,4	9	14	24	24	13	4
» 4	51	17,0	60	12	64	9,1	72	7,2	12	17	24	24	17	5
» 5	63	21,2	75	15	80	11,4	90	9,0	15	20	24	24	22	6
A 3	76	25,5	90	18	96	13,7	108	10,8	18	17	31	36	27	10
» 4	102	34,0	120	24	128	18,3	144	14,4	24	20	31	36	35	12
» 5	127	42,5	150	30	160	23,0	180	18,0	30	24	31	36	42	14
» 6	153	51	180	36	192	27,4	216	21,6	36	27	31	36	49	17
» 7	178	60	210	42	224	32,0	252	25,2	42	31	31	36	56	19
» 8	204	68	240	48	256	36,6	288	28,8	48	35	32	39	62	21
» 9	229	77	270	54	288	41,1	324	32,4	54	38	32	39	69	24
» 10	255	85	300	60	320	45,7	360	36,0	60	42	32	39	75	26
» 11	280	94	330	66	352	50,3	396	39,6	66	45	32	39	89	28
» 12	306	102	360	72	384	55,0	432	43,2	72	48	32	39	97	30
» 13	331	111	390	78	416	59,4	468	46,8	78	52	32	39	105	33
» 14	357	119	420	84	448	64	504	50,4	84	55	32	39	113	35
» 15	382	128	450	90	480	69	540	54,0	90	59	32	39	121	37
» 16	408	136	480	96	512	73	576	57,6	96	63	33	40	129	40
» 18	459	153	540	108	576	82	648	65	108	70	33	40	143	44
» 20	510	170	600	120	640	92	720	72	120	77	33	40	157	48
» 22	561	187	660	132	704	101	792	79	132	83	33	40	171	52
» 24	612	204	720	144	768	110	864	86	144	90	33	40	185	56
» 26	663	221	780	156	832	119	936	94	156	97	33	40	199	60
» 28	714	238	840	168	896	128	1008	101	168	104	33	40	213	65
G 16	771	257	907	181	967	138	1088	109	181	71	41	50	242	80
» 17	819	273	963	193	1028	147	1156	116	193	75	41	50	255	85

und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:

N 26 | 2500 | 833 | 2943 | 589 | 3144 | 449 | 3536 | 354 | 589 | 109 | 74 | 51 | 725 | 260

0,75 Ampère für 1 *qdm*. Die Firma garantirt bestimmte Capacitätsbeträge für 3-, 5-, 7- und 10-stündige Dauer der Entladung. Setzt man die Capacität bei Entladung in 3 Stunden = 1, so ergibt sie sich für die drei anderen Fälle aus den folgenden Verhältnisszahlen :

Dauer der Entladung	3	5	7	10	Stunden
Stromdichte	0,90	0,635	0,485	0,381	$\frac{\text{Ampère}}{\text{qdm}}$
Capacität	1,00	1,18	1,26	1,41	

Tabelle 6 enthält die nöthigen Angaben über die verschiedenen Grössen, in denen die Firma ihre Accumulatoren baut.

**16. Accumulatoren, System De Khotinsky, der „Elektricitäts-Gesellschaft Gelnhausen“.** Die Elektroden der De Khotinsky-Accumulatoren bestehen aus gepressten Bleistreifen, welche mit tiefen Rinnen versehen sind. Die Rippen, welche die einzelnen Rinnen von einander trennen, greifen an der Plattenoberfläche etwas über, sodass die Nuthen an der Oberfläche enger sind als im Inneren. Fig. 26 zeigt den ungefüllten Bleistreifen für positive Platten in Ansicht und im Schnitt.

Jeder Bleistreifen ist 43 bis 44 *mm* breit und 6 bis 7 *mm* dick und enthält beiderseitig je 8 Rinnen. Diese sind 2,5 *mm* tief, innen 3,5 *mm* und an der Oberfläche 2,5 *mm* breit. Der innere massive

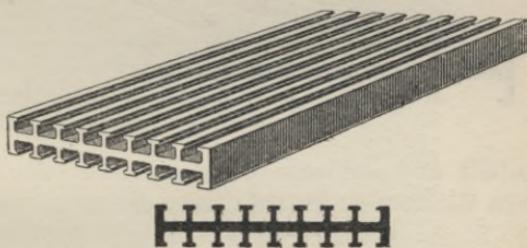


Fig. 26.

bleikern, der die Zwischenwand zwischen den Nuthen auf beiden Seiten bildet, ist etwa 1,3 *mm* stark, die Rippen zwischen den einzelnen Nuthen innen 1,0 *mm*, an der Oberfläche 1,7 *mm* breit.

Die Bleistreifen für die negativen Platten haben breitere Rinnen, wie Fig. 26a zeigt. Die Zahl der Rinnen in dem ebenfalls 43 bis 44 *mm* breiten Streifen beträgt nur 5, ihre Breite innen 7,5 *mm*, aussen 6,5 *mm*. Die zwischen den Rinnen befindlichen Stege haben dieselben Dimensionen, wie bei den positiven Platten. Der innere massive Kern ist nur etwa 1 *mm* stark. Die Dicke der Streifen beträgt 6 *mm*.

Die Rinnen sind zur Aufnahme der Füllmasse bestimmt, welche durch die vorspringenden Ränder der Rippen am Herausfallen verhindert wird. Als Füllmasse dient im Wesentlichen Bleistaub, feinertheiltes metallisches Blei, das durch Einwirkung eines Dampfstrahles auf ausfliessendes geschmolzenes Blei gewonnen wird. Die Firma bezeichnet ihre Accumulatoren deswegen als Bleistaub-Accumulatoren. Dem Bleistaub wird ein indifferent, poröser Körper beigemischt und das mit verdünnter Schwefelsäure zu einem Brei angefeuchtete Gemenge in die Rinnen der Bleistreifen eingestrichen, sodass diese ganz ausgefüllt werden. Die zu negativen Elektroden bestimmten Bleistreifen werden dann zwischen Walzen gepresst, wobei ihre Breite auf etwa 47 mm anwächst, ihre Dicke ein wenig abnimmt. Sie sind damit fertig-

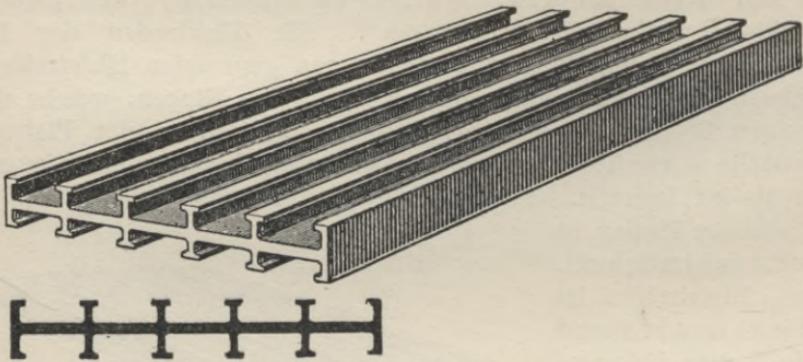


Fig. 26 a.

gestellt und kommen ohne Weiteres zur Verwendung. Die positiven Elektroden erzeugt man dadurch, dass man durch eine etwa 180 Stunden dauernde Formirung den Bleistaub in Bleisuperoxyd verwandelt. Bei diesem Prozesse dehnen sich die Bleitheilchen erheblich aus, wodurch die Poren der beigemengten porösen Substanz etwas zusammengedrückt werden. Diese letztere verhindert also, dass in Folge Anschwellens der chemisch veränderten activen Masse die Platten sich verziehen. Auch dem activen Materiale der neg. Platten ist der poröse Körper zugesetzt. Der Hauptzweck des letzteren besteht nämlich darin, zu verhindern, dass die active Masse festgeschlossene Schichten bilde. Solche leiten schlecht und werden in Folge dessen vom Strome nicht »durchgearbeitet«. Eine poröse Füllmasse dagegen soll in allen ihren Theilen an den chemischen Umwandlungen bei der Ladung und Entladung theilnehmen und daher grössere Capacität ergeben, sowie Entladungen mit höherer Stromdichte vertragen.

Zur Herstellung von Platten werden mehrere Streifen parallel neben einander zwischen zwei Leitungsstangen aus Blei gelöthet (Fig. 27). Dabei lässt man zwischen den einzelnen Streifen Zwischenräume von fast 1 *cm* Breite, um den Streifen eine freie Ausdehnung und der Säure eine bessere Circulation zu gestatten. Die eine der beiden erwähnten Verbindungsstangen aus Blei ist über die Platte hinaus verlängert und dient zur Stromleitung. Ferner besitzt jede der beiden Stangen etwas oberhalb der halben Plattenhöhe eine vorspringende Nase, mittelst welcher die Platte aufgehängt wird.

Die Platten werden in 2 Grössen

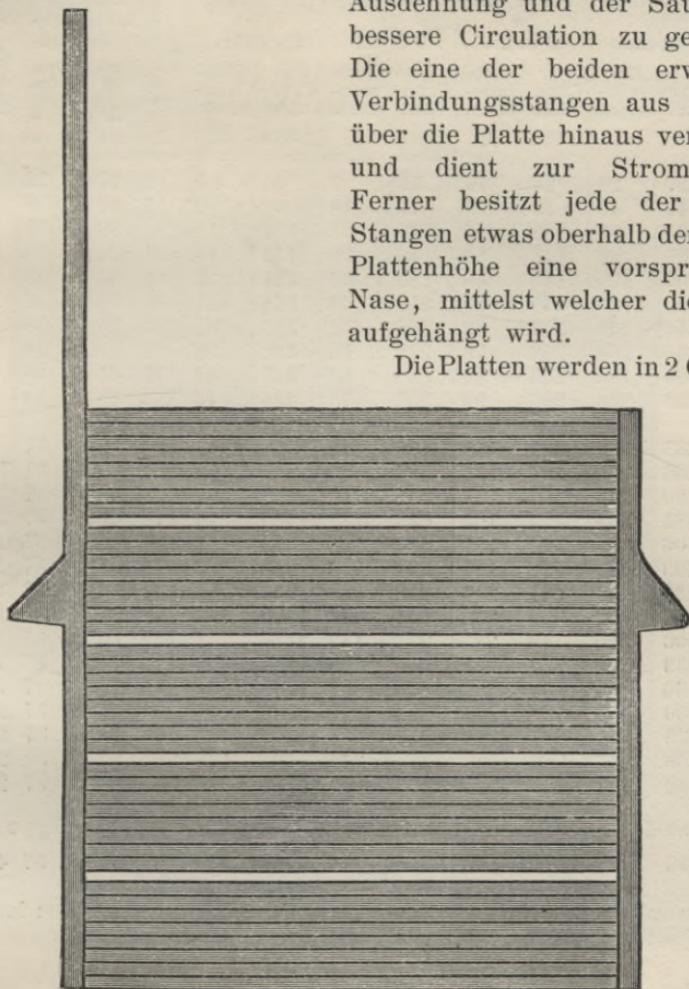


Fig. 27.

hergestellt. Die eine, Type N, ist 240 *mm* hoch, 240 *mm* breit, etwa 7 *mm* dick und besteht aus 5 Streifen. Sie ist zum Einbau in Glasgefässe bestimmt. Die andere, Type X, ist ebenfalls 240 *mm* hoch, aber 390 *mm* breit, bei derselben Dicke, hat ebensoviele Streifen und wird für Zellen mit Holzkästen verwendet.

Tabelle 7.  
De Khotinsky-Accumulatoren  
der »Elektricitäts-Gesellschaft Gelnhausen«.

Type	Entladung in 1 Stunde		Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 5 Stdn.		Entladung in 10 Stdn.		Max. Ladestrom	Aussenmaasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure spec. Gew. 1,18
	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom		Länge	Breite	Höhe		
	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A		A	cm	cm		
N 2	20	20	29	10	36	7	44	4,4	9	14	33	38	13	10
» 3	40	40	59	20	73	14	89	9	17	17	33	38	19	11
» 4	60	60	88	29	109	22	134	14	26	20	33	38	25	13
» 5	80	80	118	39	146	29	179	18	34	24	33	38	32	15
» 6	100	100	148	49	182	36	224	22	43	27	33	38	38	18
» 7	120	120	177	59	219	44	268	27	51	31	33	38	44	20
» 8	140	140	207	69	255	51	313	31	59	35	33	38	52	22
» 9	160	160	236	79	292	58	358	36	68	38	33	38	58	24
» 10	180	180	266	89	328	66	403	40	77	41	33	38	64	27
» 11	200	200	296	99	365	73	448	45	85	45	33	38	70	30
X 8	233	233	345	115	426	85	518	52	99	36	52	37	98	32
» 9	266	266	394	131	487	97	592	59	113	39	52	37	108	36
» 10	300	300	444	148	548	110	666	67	128	43	52	37	119	40
» 11	333	333	493	164	609	122	740	74	141	46	52	37	130	44
» 12	366	366	542	181	670	134	814	81	156	50	52	37	140	48
» 13	400	400	592	197	731	146	888	89	170	53	52	37	150	52
» 14	433	433	641	214	792	158	962	96	184	57	52	37	157	56
» 15	466	466	690	230	853	171	1036	104	198	60	52	37	167	60
» 16	500	500	740	247	914	183	1110	111	212	64	52	37	177	64
» 17	533	533	789	263	975	195	1184	119	226	68	52	37	187	68
» 18	566	566	838	280	1035	207	1258	126	241	71	52	37	198	72
» 19	600	600	888	296	1096	219	1332	134	255	75	52	37	208	76
» 20	633	633	937	312	1157	231	1406	141	269	78	52	37	218	80
» 21	666	666	986	329	1218	244	1480	148	283	82	52	37	222	84
» 22	700	700	1036	345	1279	256	1554	156	297	85	52	37	238	88

und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:

X 43 | 1399 | 1399 | 2071 | 690 | 2558 | 512 | 3108 | 311 | 594 | 160 | 52 | 37 | 454 | 172

Anmerkung. Bei dem Höhenmaasse sind die untergestellten Isolatoren mitgerechnet.

Beim Einbau in die Gefässe werden die Platten auf gläserne Stützscheiben, die auf dem Gefässboden in Holzrinnen aufstehen, mit den erwähnten seitlich vorspringenden Nasen aufgehängt. Die Nasen der pos. Platten sitzen nicht unmittelbar auf der Oberkante der Glasscheibe auf, sondern sind durch kleine U-förmige Schuhe aus Hartgummi von ihr getrennt. Unter einander sind die Platten durch Glasröhren, von den Gefässwänden durch Federn aus Hartblei ferngehalten. Die hervorstehenden Leitungsstäbe der

Platten gleicher Art sind durch eine angelöthete Bleileiste verbunden. Fig. 28 zeigt einen fertig montirten Accumulator in Glasgefäss, von der eben beschriebenen Art.

Zellen für grössere Capacität (von etwa 350 A-Stdn. ab) erhalten Holzkästen, die mit Blei ausgekleidet sind. In diese werden die Platten auf fast die nämliche Art, wie auch in Glasgefässe, eingebaut. Fig. 29 veranschaulicht einen derartigen grösseren Accumulator, dessen Holzgefäss aufgeschnitten ist.

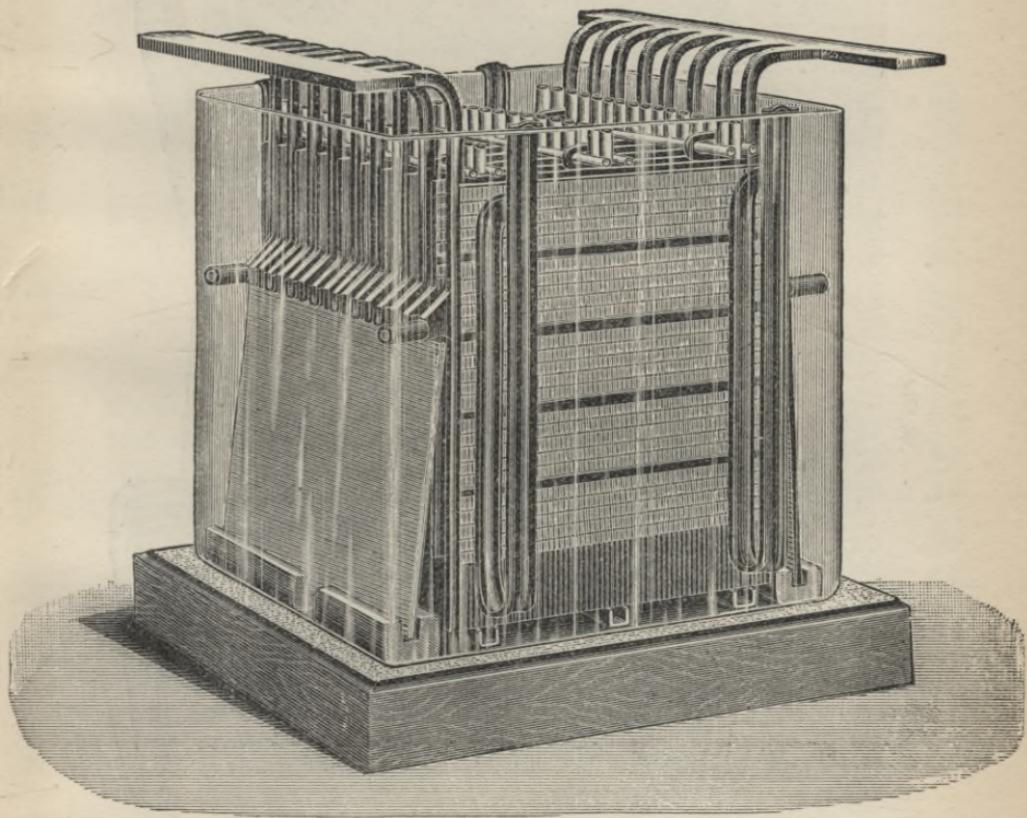


Fig. 28.

Die Accumulatoren der »Elektricitäts-Gesellschaft Gelnhausen« vertragen, nach Angabe der Firma, sehr hohe Beanspruchung, sodass dieselben Platten, welche für 3 bis 10 stündige Entladung benutzt werden, auch in kürzerer Zeit, bis herab zu 1 Stunde, entladen werden dürfen. Die Stromdichte beträgt bei Entladung in 3 Stunden 0,87 Ampère für 1 *qdm*, bei Entladung in 1 Stunde 1,77 Ampère für 1 *qdm*, bei der normalen Ladung

0,75 Ampère für 1  $qdm$ . Doch soll es den Platten nicht schaden, wenn auch mit einer doppelt so grossen Stromdichte geladen wird.

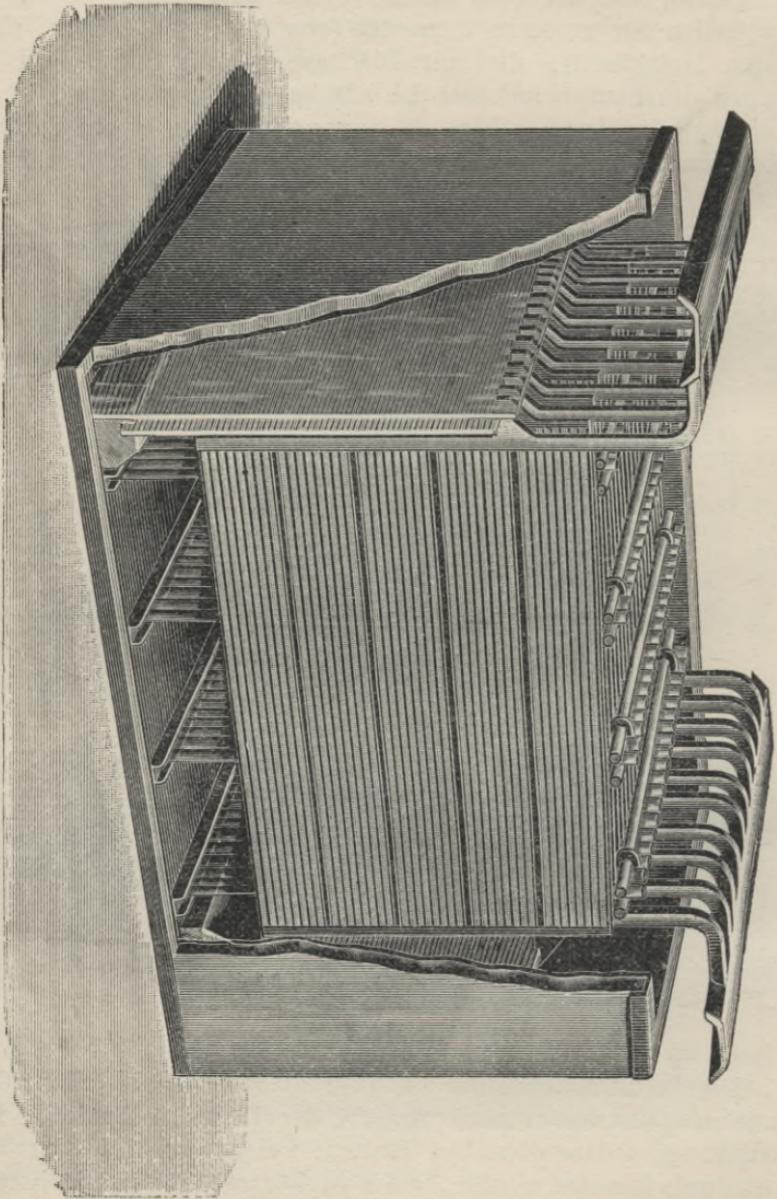


Fig. 29.

Die Fabrik garantirt bestimmte Beträge der Capacität für Entladungen in 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 Stunden. Davon sind in Tabelle 7

nur diejenigen für 1-, 3-, 5- und 10-stündige Entladung angegeben.

Setzt man die Capacität bei 3-stündiger Dauer der Entladung = 1, so ist sie bei anderer Entladungsdauer wie folgt:

Dauer der Entladung	1	3	5	7	10	Stunden
Capacität	0,68	1,00	1,24	1,37	1,50	

**17.** Accumulatoren der Firma Dr. Lehmann & Mann in Berlin. Die eigenthümliche Plattenform dieses Accumulators ist entstanden aus dem Bestreben, folgende Vortheile zu erreichen:

Die active Masse soll am Herausfallen aus dem Bleiträger verhindert werden, aber sich möglichst frei ausdehnen können.

Die wirksame Berührungsfläche zwischen Bleikern und Füllmasse soll möglichst gross sein.

Zwischen allen Theilen der Platte soll eine gute leitende Verbindung bestehen, und die Platte soll mechanisch fest versteift sein.

Fig. 30 giebt eine Ansicht, Fig. 31 einen Durchschnitt der leeren Bleiplatte. Diese enthält eine Anzahl horizontal laufender, breiter Mulden, die sich abwechselnd nach der einen und nach der anderen Seite der Platte öffnen. Zur Erzielung einer grossen, wirksamen Berührungsfläche besitzen die Mulden, sowie die senkrechten Rückwände derselben zahlreiche rechteckige Oeffnungen, sodass das Ganze das Aussehen eines Gitters erhält. Die zwischen den Löchern stehengebliebenen Bleistäbchen haben dreieckigen Querschnitt, die Spitze des Dreiecks nach dem Inneren der Mulden gerichtet, sodass die Oeffnungen nach aussen enger werden. Zur Versteifung ist das Ganze von einem 3 mm starken massiven Bleirande umgeben und in horizontaler und senkrechter Richtung je von einer oder (bei grösseren Platten) mehreren ebenso dicken Rippen durchzogen. An beiden oberen Ecken sind Fahnen mit angegossen (Fig. 30, welche nur eine aufweist, stellt nicht das neueste Modell dar).

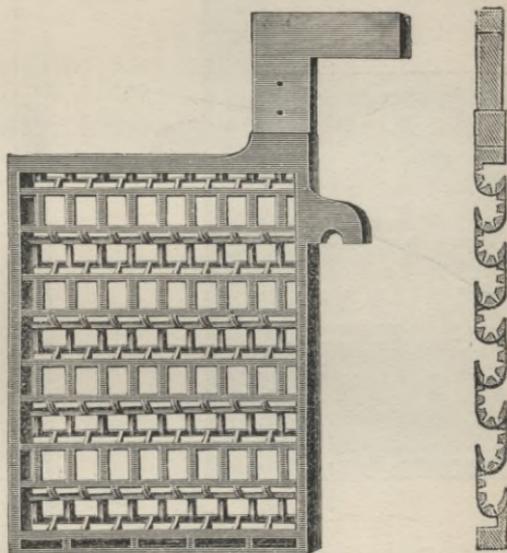


Fig. 30.

Fig. 31.

Die einzelnen, abwechselnd nach der einen und der anderen Seite der Platte sich öffnenden Mulden liegen in Abständen von etwa 10 mm über einander. Sie erstrecken sich 8 mm in die Platte hinein. Der Abstand der beiden Aussenflächen der letzteren ist 10 mm. Die erwähnten rechteckigen Oeffnungen haben 5 : 4 mm; die verticalen dreikantigen Gitterstäbchen sind aussen (Basis des Dreiecks) 3 mm breit. Die Höhe des Dreiecks ist 2 mm. Die horizontal laufenden Gitterstäbchen sind vierkantig,

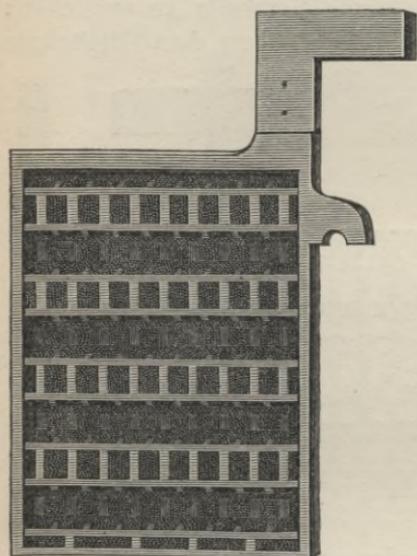


Fig. 32.



Fig. 33.

2 : 1  $\frac{1}{2}$  mm. Die Bleiplatten werden mittelst einer besonderen Giessmaschine in einem Stücke gegossen.

Die Hohlräume und Oeffnungen der rohen Bleiplatten werden mit activem Material (Bleistaub mit einem Bindemittel) fast vollständig ausgefüllt. Die Oberfläche der fertigen Platte zeigt nur zwischen je zwei Mulden eine wellenförmige Vertiefung. In Fig. 32 ist eine gefüllte Platte in Ansicht, in Fig. 33 im Schnitte abgebildet. Da

die Füllmasse nur auf den Mulden aufliegt, so kann sie sich frei ausdehnen, ohne in Folge dessen herabzufallen.

Die Platten von Lehmann & Mann werden in drei Grössen hergestellt, deren Aussenmaasse betragen:

	Höhe	Breite	Dicke
Nr. 1	180 mm	140 mm	10 mm
» 2	180 »	210 »	10 »
» 3	270 »	210 »	10 »

Der Einbau der Platten in ein Glasgefäss ist durch Fig. 34 veranschaulicht. Die Platten hängen mit den angegossenen kräftigen Fahnen auf den Gefässrändern. Sie sind durch Glasröhren von einander getrennt, die auf dem Gefässboden in Bleirinnen stehen und oben durch horizontal laufende Glasstreifen festgehalten werden. Die Endplatten werden durch Holzleisten

mit Gummipuffern von den Zellenwänden ferngehalten. Die Gestalt der zur Verbindung der gleichartigen Platten dienenden Bleileisten ist aus der Abbildung deutlich zu erkennen.

Tabelle 8.  
Mulden-Accumulatoren von Dr. Lehmann & Mann.

Type	Entladung in 3 Stunden		Entladung in 5 Stunden		Ladestrom A	Aussenmaasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure		Schwefelsäure spec. Gewicht 1,15 Liter
	Capacität	Entladestrom	Capacität	Entladestrom		Länge	Breite	Höhe	der Platten allein	der ganzen Zelle	
	A-Std.	A	A-Std.	A		mm	mm	mm	kg	kg	
F 1	21	7	26	5	5,5	90	200	270	5	8	4
» 2	42	13,5	52	10,4	11,5	135	200	270	8,4	12,5	6,5
» 3	63	21	78	15,6	17	180	200	270	11,7	17,5	6,5
G 3	93	31	117	23,4	26	190	260	270	16,7	25	11,5
» 4	124	41	156	31,2	34	235	260	270	21,5	32	15
» 5	155	51	195	39	43	280	260	270	26,3	40	19
» 6	186	62	234	47	52	320	260	270	31	47	21
» 7	217	72,5	273	55	61	370	260	270	35,8	53	24
» 8	248	82,5	312	62	68	415	300	300	40,6	61	27
» 9	279	93	351	70	77	560	300	300	45,5	68	30
» 10	310	103	390	78	86	505	300	300	50,3	76	34
» 11	341	114	429	86	95	550	300	300	55	83	36
» 12	372	124	468	94	103	595	300	300	60	90	39
H 9	423	141	522	104	114	465	320	370	70	105	41
» 10	470	156	580	116	128	510	320	370	77	115	44
» 11	517	172	638	128	141	556	320	370	85	128	48
» 12	564	188	696	139	153	602	320	370	92	138	52
» 13	611	204	754	151	166	648	320	370	100	150	57
» 14	658	219	812	162	178	694	320	370	107	161	61
» 15	705	235	870	174	191	740	320	370	114	171	65
» 16	752	251	928	186	205	786	320	370	122	183	70
» 17	799	266	986	197	216	832	320	370	129	194	74
» 18	846	282	1044	209	230	878	320	370	137	206	78
» 19	893	298	1102	220	242	924	320	370	144	216	82
» 20	940	313	1160	232	255	970	320	370	152	228	87
» 21	987	329	1218	244	268	1016	320	370	159	238	91
» 22	1034	345	1276	255	280	1062	320	370	166	249	97

und so fort, stufenweise zunehmend, bis:

H 43	2021	674	2494	499	549	2028	320	370	315	472	185
------	------	-----	------	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----

Die ersten 7 Typen der vorstehenden Tabelle besitzen Glasgefässe, die folgenden verbleite Holzkästen.

Die Firma garantirt für 3-, 5-, 7- und 10 stündige Dauer der Entladung bestimmte Beträge der Capacität. In der Tabelle sind nur diejenigen für 3- und 5 stündige Entladung enthalten. Entlädt man in 7 Stdn., so beträgt die Capacität etwa das 1,4 fache,

entlädt man in 10 Stdn., etwa das 1,6 fache der bei 3 stündiger Entladungsdauer zu erzielenden.

**18.** Accumulatoren, System **Julien**, fabricirt von der Gesellschaft »L'Electrique« in Brüssel. (Accumulatoren von ähnlicher Construction baut auch die »Electrical Power Storage Co.« in London, sowie die »Société suisse pour la construction d'accumulateurs électriques« in Marly-le-Grand (Schweiz). Sie wurden 1884 durch J. L. Huber in Deutschland eingeführt.

Die Plattenform des Julien-Accumulators ist älter als alle bis jetzt hier beschriebenen. Der metallische Träger der Platte

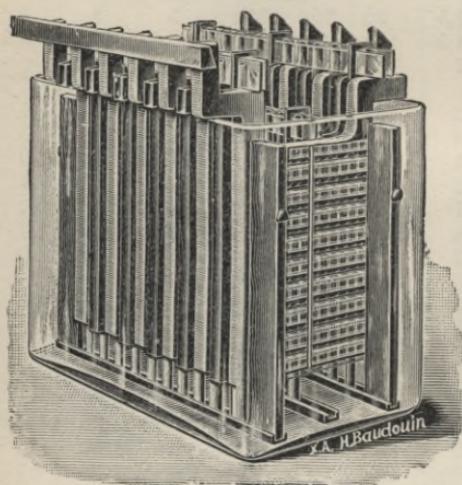


Fig. 34.

ist ein Gitter aus sog. Julien-Metall (einer Art Hartblei), das, nach Angabe des Erfinders, bei der Verwendung zu pos. Elektroden nicht oxydirt wird. Das Gitter besitzt quadratische Oeffnungen von etwa  $8 \times 8$  mm lichter Weite, die sich nach innen etwas verengen und mit activer Masse ausgefüllt werden. Dann wird durch die Mitte jedes solchen quadratischen Massepfropfes ein rundes Loch von etwa 2 mm Durchmesser hindurchgedrückt (sogen. perforirte

Platten). Der Zweck dieser Durchlochungen ist, die Berührungsfläche der activen Masse mit der Säure zu vergrössern, der Füllmasse, insbesondere der der pos. Platten, Raum zum Ausdehnen zu schaffen und endlich eine bessere Circulation der Säure zwischen den Platten zu ermöglichen.

In den Zellen stehen die Platten auf der Kante von dreiseitigen Glasprismen auf. Die Platten gleicher Art werden nicht durch Löthung verbunden, sondern so, dass die Verbindung jederzeit leicht gelöst und jede einzelne Platte aus dem Elemente herausgenommen werden kann. Zu diesem Zwecke ist die Ansatzfahne jeder Platte mit einer offenen Oese versehen. In die Oesen der gleichartigen Platten einer Zelle wird eine Metallstange eingelegt und mittelst Schraubenmuttern, welche vor die erste und hinter die letzte Oese auf die Stange aufgezogen werden, das

Ganze zusammengespreßt. Auf dieselbe Art werden die pos. Elektroden einer Zelle mit den neg. der nächstfolgenden, mittelst einer für beide gemeinsamen Leitungsstange, verbunden.

Die Platten einer Zelle sind von einander durch Hartgummistücke, welche in den Platten selbst festsitzen, isolirt. Die Gefässe für grössere Elemente sind aus Hartblei gegossen. Unter dem Boden besitzen sie Holzleisten, mit denen sie auf den untergesetzten Isolatoren aufstehen. Kleinere Zellen erhalten Glas- oder Ebonitgefässe.

Die Platten werden in 7 verschiedenen Grössen hergestellt, deren Dimensionen hier folgen.

Type der Platte	Länge mm	Breite mm	Dicke mm	Type der Platte	Länge mm	Breite mm	Dicke mm
A	105	105	6,5	E	310	205	6,5
B	150	145	6,5	F	350	295	7,0
B <sub>2</sub>	175	205	6,5	G	400	400	7,0
D	260	200	6,5				

Die normale Dauer der Entladung ist 11 bis 12 Stunden, die Stromdichte dementsprechend niedrig. Nur für diese langsame Entladung garantirt die Fabrik eine bestimmte Capacität, giebt jedoch an, dass die Entladung auch mit beträchtlich höherer Stromdichte erfolgen könne.

Tabelle 9.

Julien-Accumulatoren der Gesellschaft »L'Electrique«.

Type		Capacität A-Std.	Stromstärke		Aussenmaasse der fertigen Zellen			Gewicht der Zelle ohne Säure kg	Schwefelsäure, ca. 20° B. kg
der Zelle	der Platten		bei Entladung A	bei Ladung A	Länge mm	Breite mm	Höhe mm		
A	A	75	6	5	145	145	200	6,8	2
B	B	105	9	8	190	150	260	9,5	3
B <sub>1</sub>	B	150	13	11	190	190	260	13	5
C	B <sub>2</sub>	215	18	15	210	170	320	18	6
D	D	290	25	20	310	190	330	26	12
D <sub>1</sub>	D	420	36	30	310	240	330	38	18
E	E	575	50	40	380	280	340	51	27
E <sub>1</sub>	E	700	62	50	380	330	340	62	32
E <sub>2</sub>	E	850	75	60	365	365	340	83	35
F	F	1000	95	75	420	315	450	105	36
F <sub>1</sub>	F	1400	125	100	420	450	450	135	45
F <sub>2</sub>	F	1750	155	130	420	570	450	172	58
G	G	2100	190	155	490	460	600	208	80
G <sub>1</sub>	G	2800	250	200	490	580	600	285	100
G <sub>2</sub>	G	3500	310	255	505	680	600	342	120
G <sub>3</sub>	G	4400	400	320	505	910	600	433	150

**19.** Stationäre Accumulatoren, System Schäfer & Heinemann, fabricirt von der Gesellschaft „Watt, Accumulatoren-Werke“ in Berlin. Auch dieser Accumulator besitzt Gitterplatten, deren Form sich an die Correns'sche anlehnt. Das Doppelgitter besteht aus horizontal und vertical laufenden Stäbchen. (Fig. 34a.) Erstere stehen 9,5, letztere 25 *mm* aus einander. Die rechteckigen Gitteröffnungen haben 22:6 *mm*. Der Querschnitt der horizontal laufenden Stäbchen ist ein mit der Spitze nach Innen gerichtetes Dreieck. Die Basis des Dreiecks hat 3 *mm*, die

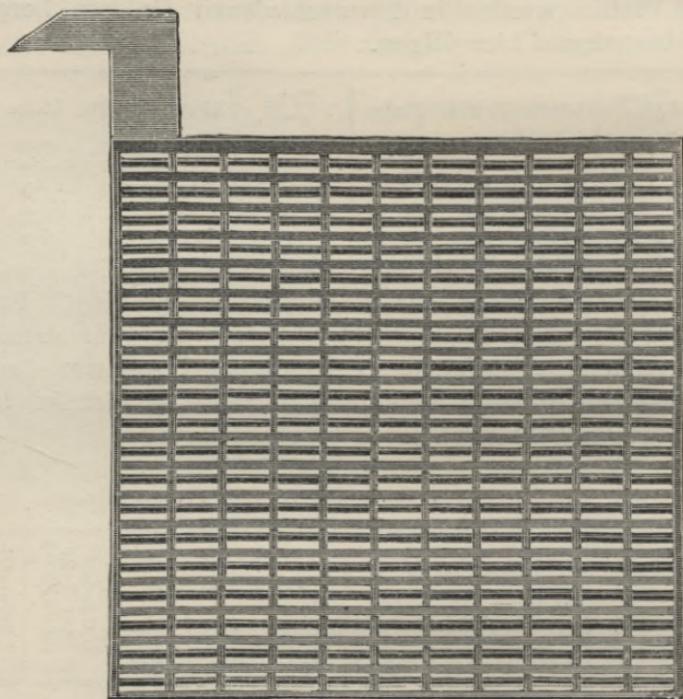


Fig. 34 a.

Höhe knapp 2 *mm*. Die horizontalen Stäbchen der einen Seite sind gegen die der anderen so versetzt, dass immer ein Stäbchen der einen Seite auf die Mitte eines Zwischenraumes der anderen kommt. Die verticalen Rippen sind 2 *mm* stark und laufen massiv durch die ganze Platte, die durch einen 3 bis 4 *mm* breiten massiven Rand begrenzt ist. Die 4,5 *mm* dicken Platten werden aus Hartblei in einer zweitheiligen Form gegossen.

In die zusammenhängenden Hohlräume zwischen je zwei der senkrecht laufenden Rippen wird Füllmasse fest eingestrichen, sodass eine ebene Platte entsteht (Fig. 34b). Der im Wesentlichen

aus Bleioxyden bestehenden Masse sollen gewisse organische Substanzen zugesetzt sein, um einen festeren Zusammenhalt des activen Materiales, wenigstens für den Anfang, zu erzielen.<sup>1)</sup>

Die Aufhängung der Platten geschieht in der üblichen Weise mittelst seitlicher Nasen, die Stromleitung durch angegossene Fahnen. (Fig. 34c.)

Die folgende Tabelle 10 enthält die Angaben der Firma über Capacität und Stromstärke bei 3- und 5 stündiger Dauer der Entladung, sowie die sonstigen erforderlichen Angaben über die einzelnen Grössen, in denen dieser Sammler fabricirt wird.

Tabelle 10.  
Stationäre Accumulatoren, System Schäfer & Heinemann,  
der Gesellschaft »Watt, Accumulatoren - Werke«.

Type	Entladung in 3 Stunden		Entladung in 5 Stunden		Max. Lade-strom	Aussenmaasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Säurebedarf
	Capa-cität	Ent-lade-strom	Capa-cität	Ent-lade-strom		Länge	Breite	Höhe		
	A-Std.	A	A-Std.	A		A	cm	cm		
H 1	45	15	60	12	15	10	30	35	17	5,3
» 2	90	30	120	24	30	14	30	35	28	7,0
» 3	135	45	180	36	45	19	30	35	38	10,0
» 4	180	60	240	48	60	24	30	35	48	13
» 5	225	75	300	60	75	26	30	35	57	15
» 6	270	90	360	72	90	31	30	37	67	17
» 7	315	105	420	84	105	41	35	37	80	20
» 8	360	120	480	96	120	46	35	37	94	23
» 9	405	135	540	108	135	50	35	37	107	26
» 10	450	150	600	120	150	54	35		120	29
J 6	540	180	720	144	180	36	36	72	130	32
» 7	630	210	840	168	210	41	36	72	150	38
» 8	720	240	960	192	240	46	36	72	180	45
» 9	810	270	1080	216	270	50	36	73	210	50
» 10	900	300	1200	240	300	55	36	73	240	57
K 5	1125	375	1500	300	385	37	55	100	400	90
» 6	1350	450	1800	360	450	43	55	100	475	110
» 7	1575	525	2100	420	525	48	55	100	550	125
» 8	1800	600	2400	480	600	54	55	100	625	140
» 9	2025	675	2700	540	675	60	57	100	700	155
» 10	2250	750	3000	600	750	66	57	100	780	170
» 11	2475	825	3300	660	825	72	57	100	860	185
» 12	2700	900	3600	720	900	78	57	100	940	200
» 13	2925	975	3900	780	975	85	58	100	1000	220

Die Typen H 1 bis H 6 besitzen Glasgefässe, alle übrigen imprägnirte und mit Blei ausgekleidete Holzkästen.

<sup>1)</sup> Vergl. Fr. Vogel, »Zeitschr. f. Elektrochemie«, III, S. 68, 1896.

**20. Accumulatoren von W. A. Boese & Co. in Berlin.**

Die Platten von W. A. Boese unterscheiden sich von denen aller vorher beschriebenen Accumulatoren dadurch, dass sie ganz aus activem Material bestehen. Sie sind nur am Rande von einem Rahmen aus Hartblei umgeben, der die Stromleitung vermittelt.

Diese sogen. Masseplatten werden nach Boese's Vorgänge z. Z. von verschiedenen Fabriken hergestellt. Sie zeichnen sich durch ein hohes Aufspeicherungsvermögen aus,

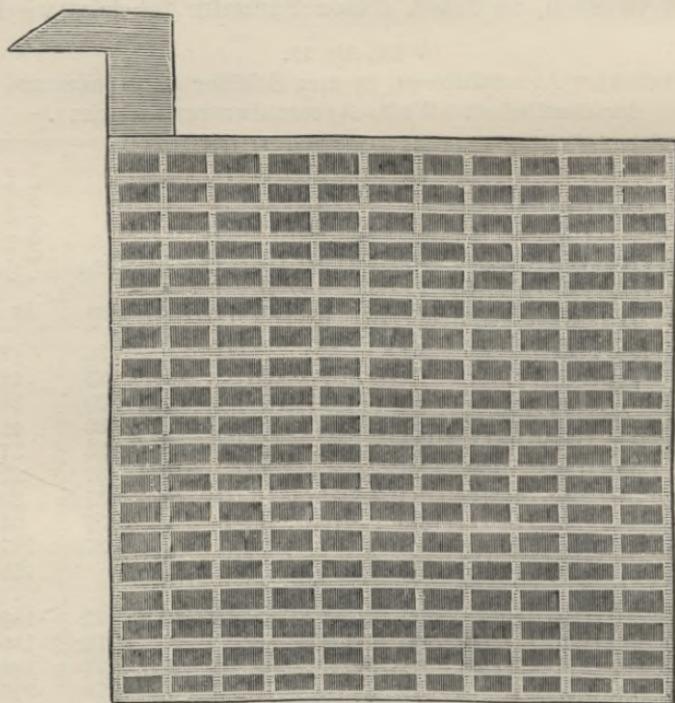


Fig. 34 b.

welches dasjenige der Platten mit durchgehendem Bleigerüst, auf gleiches Plattengewicht bezogen, um das Mehrfache übertrifft. Bei Entladung bis zu einer Klemmenspannung von 1,80 Volt soll die Capacität der Boese'schen Platten für das positive Elektrokilo 62 Ampère-Stunden betragen. Dieser Umstand macht die »Masseplatten« besonders geeignet zu Accumulatoren für transportable Beleuchtungsanlagen, z. B. für Eisenbahnwagen-Beleuchtung. Doch baut die Firma W. A. Boese ihre Elemente auch für stationäre Anlagen. Nur letztere Type ist in der unten folgenden Tabelle aufgeführt.

Naturgemäss können die »Masseplatten« nur in mässigen Dimensionen ausgeführt werden, wenn sie nicht brechen sollen. Auch wird das active Material um so besser ausgenutzt, mit je geringerer Stromdichte man entlädt und lädt, weil die Füllmasse nur ein mässiges Leitungsvermögen besitzt. In Folge dessen eignen sich diese Platten am besten für langsame Entladungen

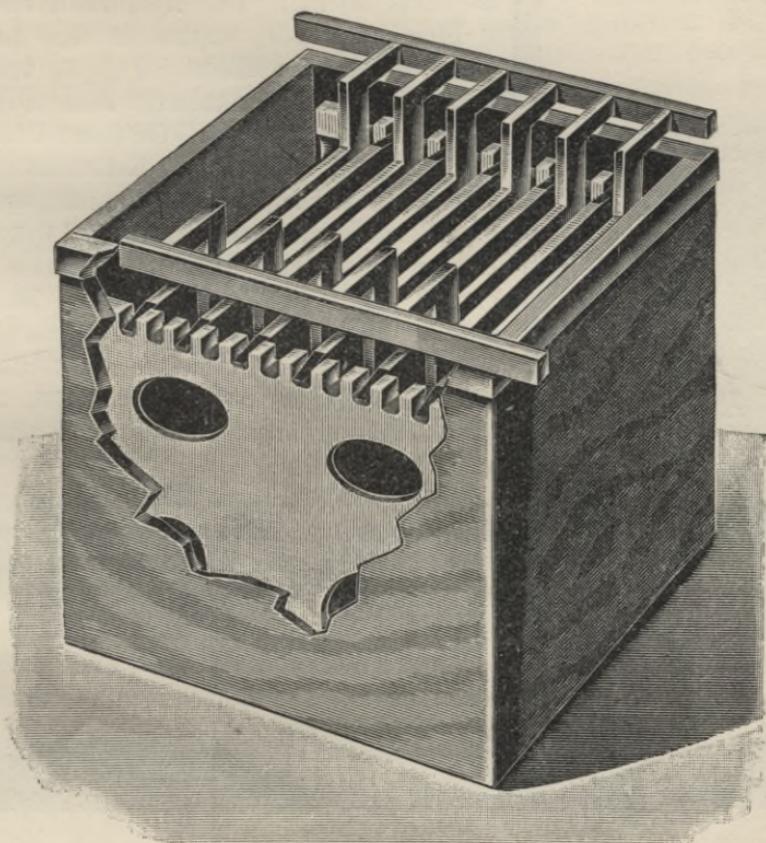


Fig. 34 c.

(in 10 und mehr Stunden, vergl hierüber **6** und **8**). Damit steht im Einklange, dass Accumulatoren mit Masseplatten eine erheblich grössere Strommenge ergeben, wenn die Entladung nicht in einem Zuge durchgeführt, sondern durch Pausen unterbrochen wird, weil auf diese Art ein grösserer Theil der activen Masse an der chemischen Umwandlung Theil nimmt. Nach Angabe der Firma Boese ist z. B. die Ausbeute um 50% grösser, als in der Tabelle angegeben, wenn man im Verlaufe der Entladung eine Unterbrechung von 24 Stunden eintreten lässt.

Die normale Grösse der Masseplatten von W. A. Boese & Co. ist 140:100 *mm*. Die Fläche, welche hiervon nur durch das active Material eingenommen wird, hat etwa 122:83, bei anderen Typen etwa 110:90 *mm*. Fig. 35 giebt die Ansicht einer derartigen Platte, in  $\frac{1}{3}$  der natürlichen Grösse. Die Dicke der positiven Platten für stationäre Elemente ist 8 bis 10 *mm*. Der Metallrand besitzt U-förmiges Profil, sodass er das active Material fest umschliesst. Fig. 39 veranschaulicht den Durchschnitt einer Platte, in natürlicher Grösse. Grössere Platten werden durch Neben- und Uebereinandersetzen mehrerer kleinen hergestellt, wobei die Bleirahmen dieser einzelnen kleineren Platten zusammen in einem Stücke gegossen sind. Die eigentlichen Masseplatten sind demnach nie grösser, als oben angegeben, weil anderenfalls die mittleren Theile der Masse zu weit vom Rande entfernt wären, um noch genügend ausgenutzt zu werden.

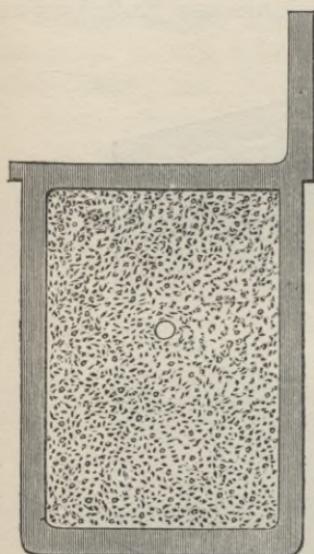


Fig. 35.

Die active Masse ist an zahlreichen Stellen durchstochen, sodass Löcher von 1 *mm* Durchmesser entstehen, von denen ungefähr auf jeden Quadratcentimeter eins kommt. Diese Löcher haben den Zweck, den Zutritt der Säure zu allen Theilen der Füllmasse zu erleichtern. Ferner besitzt die Masseschicht in der Mitte ein grösseres Loch (von etwa 7 *mm* Durchmesser), um die



Fig. 36.

Circulation der Säure zwischen den einzelnen Platten zu befördern. Zu gleichem Zwecke befinden sich bei grösseren Platten, die aus mehreren kleineren zusammengesetzt sind, zwischen den Rahmen der letzteren offene, längliche Zwischenräume von etwa 6 *mm* Breite.

Das active Material wird aus Bleioxyden hergestellt und erhält durch Behandlung mit gewissen organischen Substanzen<sup>1)</sup> Härte und Widerstandsfähigkeit.

<sup>1)</sup> Vergl. hierüber: Fr. Vogel, Glasers's Ann. f. Gew. u. Bauwesen, Bd. 32, Heft 11.

Der Metallrahmen der kleinen Platten besitzt an den beiden oberen Ecken seitlich zwei kurze Vorsprünge zum Aufhängen und an der einen Ecke eine längere, senkrecht stehende Fahne zum Verlöthen mit einer Bleileiste. Die grösseren Platten mit mehreren einzelnen Masseschichten haben zwei grössere gebogene Fahnenansätze, mit seitlichen Vorsprüngen zum Aufhängen.

Die kleineren Zellen besitzen Glasgefässe. In diesen stehen die Platten mit ihren Seitenrändern in verticalen Nuthen der Glaswände, mit dem unteren Rande einige Centimeter über dem Boden. Die Gefässe sind oben durch einen Glasdeckel geschlossen, welcher auf einem Vorsprunge unterhalb des Gefässrandes aufliegt und mit einigen Löchern versehen ist, durch die die Bleifahren der einzelnen Platten hindurchgehen und das beim Laden sich entwickelnde Gas entweichen kann. Aehnliche Gefässe werden in neuerer Zeit auch aus Celluloid hergestellt. Eine Zelle mit solchem Gefässe zeigt Fig. 37.

Die Boese'schen Accumulatoren werden mit einer verhältnissmässig starken Schwefelsäure (26° Baumé, specif. Gewicht 1,219) gefüllt.

Bei den stationären Accumulatoren von W. A. Boese & Co. beträgt die Stromdichte, bezogen nur auf die Oberfläche des activen Materiales, bei Entladung in 3 Stunden 1,62 Ampère für 1 *qdm*, bei der Ladung im Maximum 1,00 Ampère für 1 *qdm*. Die folgende Tabelle 11 enthält Capacität und Entladestrom bei Entladung in 3 und 10 Stunden. Setzt man die Capacität bei 3 stündiger Entladung = 1, so kann sie für verschiedene andere Entladungszeiten aus folgender Zusammenstellung entnommen werden :

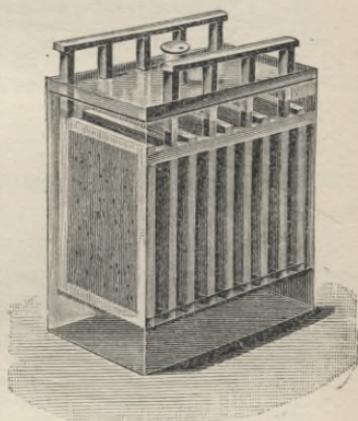


Fig. 37.

Die folgende Tabelle 11 enthält Capacität und Entladestrom bei Entladung in 3 und 10 Stunden. Setzt man die Capacität bei 3 stündiger Entladung = 1, so kann sie für verschiedene andere Entladungszeiten aus folgender Zusammenstellung entnommen werden :

Dauer der Entladung	3	5	7	10	Stunden
Stromdichte	1,62	1,25	1,00	0,75	$\frac{\text{Ampère}}{\text{qdm}}$
Capacität	1,00	1,29	1,43	1,60	

Ein Vergleich dieser Zahlen mit den Seite 34 für die Tudor-Accumulatoren gegebenen lässt den charakteristischen Unterschied deutlich erkennen, welcher besteht zwischen Platten mit viel activer Masse, die jedoch mit dem Bleiträger nur in einer ver-

hältnissmässig kleinen Fläche in Berührung steht, und solchen Platten, bei welchen das active Material in dünner Schicht auf einer Bleiunterlage von grosser wirksamer Oberfläche ausgebreitet ist. Im ersteren Falle muss eine Verminderung der Stromdichte eine beträchtlich grössere Erhöhung der Capacität bewirken, wie in dem letzteren.

Tabelle 11.

Stationäre Accumulatoren von W. A. Boese & Co.

Type	Entladung in 3 Stunden		Entladung in 10 Stunden		Max. Lade-strom A	Aussenmaasse der Gefässe			Gewicht der Platten mit Bleileiste kg	Schwefelsäure spec. Gewicht 1,22 Liter
	Capa-cität	Ent-lade-strom	Capa-cität	Ent-lade-strom		Länge	Breite	Höhe		
	A-Std.	A	A-Std.	A		cm	cm	cm		
2 St. I	23	7,7	40	4	5	14	23	32	5,8	7
2 » II	46	15,3	80	8	10	17	23	32	9,5	9
2 » III	69	22,9	120	12	14	21	23	32	13,3	11
2 » IV	92	30,6	160	16	19	26	23	32	17,5	13
2 » V	115	38,2	200	20	24	30	23	32	21,3	15
2 » VI	138	45,9	230	23	28	35	23	32	25,0	17
4 St. IV	156	52	250	25	32	28	35	34	39	30
4 » V	195	65	300	30	40	33	35	34	48	34
4 » VI	234	78	360	36	48	37	35	34	57	38
4 » VII	273	91	420	42	56	42	35	34	66	42
4 » VIII	312	104	480	48	64	46	35	34	75	46
4 » IX	351	117	540	54	72	51	35	34	84	51
4 » X	390	130	600	60	80	55	35	34	93	56
4 » XI	429	143	660	66	88	64	38	37	103	61
4 » XII	468	156	720	72	96	68	38	37	111	66
4 » XIII	507	169	780	78	104	73	38	37	119	71
4 » XIV	546	182	840	84	112	77	38	37	127	76
4 » XV	585	195	900	90	120	82	38	37	136	81
4 » XVI	624	208	960	96	128	87	39	38	145	85
4 » XVII	663	221	1020	102	136	92	39	38	154	89

und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:

4 St. XXVI	1014	338	1560	156	208	133	39	39	236	125
------------	------	-----	------	-----	-----	-----	----	----	-----	-----

### III.

## Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen mittelst Accumulatoren.

**21. Vortheile der Verwendung der Accumulatoren in Beleuchtungsanlagen.** Die Ausrüstung einer elektrischen Beleuchtungsanlage mit Accumulatoren hat gewöhnlich den Zweck, die Ausnutzung der Maschinen wirthschaftlicher und den Betrieb sicherer zu machen. Dies gilt hauptsächlich für Anlagen mit wechselndem Stromverbrauch, z. B. sog. Blockstationen, grössere Fabriken, Hôtels u. dergl. Beim reinen Maschinenbetrieb stehen Motor und Dynamomaschinen tagsüber gewöhnlich still, werden gegen Abend mit zunächst schwacher Belastung in Gang gesetzt, sind nur kurze Zeit voll beansprucht, müssen dann aber häufig noch stundenlang, oft bis nach Mitternacht, einer geringen Lampenzahl wegen in Betrieb bleiben. Die Ausnutzung der Stromquelle kann so nur eine höchst unökonomische sein. Ist dagegen eine Accumulatorenatterie vorhanden, so gestaltet sich der Betrieb derart, dass die Batterie bei Tage, so lange kein Licht gebraucht wird, von der Maschine geladen wird. Sobald gegen Abend der Stromconsum beginnt, liefert diesen zunächst die Dynamomaschine allein und giebt, was sie ausserdem an Strom liefern kann, event. noch an die Accumulatoren ab. Steigt dann der Stromverbrauch über die Leistungsfähigkeit der Maschine hinaus, so wird der Ueberschuss der Batterie entnommen, welche also während der Hauptconsumzeit neben der Maschine mit als Stromquelle dient. Nachdem die Zeit des maximalen Verbrauches vorüber ist, wird zu einer bestimmten Stunde, von der ab erfahrungsgemäss die Stromstärke unter einer gewissen Grenze bleibt, der Maschinenbetrieb eingestellt. Die Accumulatoren übernehmen von da ab in den späten Abend- und Nachtstunden, sowie im Winter am frühen Morgen die Stromlieferung allein, sodass vom Bedienungspersonal nur noch eine Person zum Reguliren der Spannung, unter Umständen auch Niemand, erforderlich ist.

Bei dieser Art des Betriebes laufen Betriebs- und Dynamomaschine nur in den Tages- und Abendstunden, wodurch die auf

die Stunde berechneten Bedienungskosten ermässigt werden. Ferner sinkt die Strombelastung der Dynamomaschine während des grössten Theiles der Betriebszeit nicht unter einen gewissen Betrag (Ladestromstärke der Batterie), sodass die Maschine stets mit einem günstigen Wirkungsgrade arbeiten kann. Man kommt ferner mit einer kleineren Dynamo- und Betriebsmaschine aus, als in dem Falle, in welchem die erstere allein den Strom liefert. Endlich ist die Sicherheit des Betriebes wesentlich erhöht, da das Brennen von Lampen nicht mehr unbedingt von dem gleichzeitigen Laufen von Maschinen abhängt. Es können in Folge dessen die in vielen Fällen erforderlichen Reserven an Dynamo- und Betriebsmaschinen wegbleiben, oder sehr beschränkt werden. Im Sommer, wo der Lichtbedarf klein ist, lässt es sich, wenn die Verhältnisse danach liegen, oft ermöglichen, dass die Batterie den abendlichen Consum allein befriedigt, sodass der Maschinenbetrieb zum Laden ausschliesslich bei Tage, event. nur alle paar Tage, erforderlich ist. Die Sammlerbatterie spielt somit im elektrischen Beleuchtungsbetriebe dieselbe Rolle wie das Gasometer bei der Gasbeleuchtung.

Wo Wasserkraft zur Verfügung steht und schon für andere Zwecke eine Turbine oder ein Wasserrad vorhanden ist, kann schon mittelst einer verhältnissmässig kleinen Dynamomaschine eine grössere Batterie geladen werden, da die Maschine ohne erhebliche Betriebs- oder Bedienungskosten zu allen Zeiten, in denen kein Licht gebraucht wird, die Ladung mit einer geringeren als der normalen Stromstärke besorgen kann.

Den genannten Vortheilen stehen gegenüber: die hohen Anschaffungs- und (wegen der beschränkten Lebensdauer) Amortisationskosten der Accumulatoren und der Verlust an elektrischer Arbeit, der durch die zweimalige Umwandlung derselben beim Laden und Entladen bedingt ist, endlich die Complicirung des ganzen Betriebes.

Die Grösse der Elemente einer Accumulatorenbatterie richtet sich nach der Stromstärke, die sie im Maximum sollen liefern können, und nach der Zeitdauer, während welcher sie überhaupt Strom geben sollen, sowie nach dem Verlaufe des Consumes in dieser Zeit, d. h. also nach dem Theile des gesammten (in Ampère-Stunden gemessenen) Stromverbrauches, den die Batterie übernehmen soll.

**22. Dynamomaschinen zum Laden von Accumulatoren.** Zum Laden von Accumulatoren sollen, wenn möglich, ausschliesslich Nebenschlussmaschinen verwendet werden. Da die EMK der ladenden Maschine höher sein muss, als diejenige der zu

ladenden Batterie, so muss die erstere, bevor sie mit der Batterie verbunden wird, schon ihre volle EMK besitzen. Bei der Nebenschlussmaschine erreicht man dies einfach so, dass man sie leer anlaufen lässt, bis die normale Tourenzahl erreicht ist. Eine direkt gewickelte (Serien-)Maschine dagegen müsste auf einen besonderen Hülfs widerstand anlaufen und der letztere beim Umschalten der Maschine auf die Batterie einen Augenblick zur Batterie parallel geschaltet sein, bevor er weggenommen werden könnte. Die Nebenschlussmaschine bietet jedoch noch einen weiteren Vortheil. Wenn während der Ladung, durch irgend einen Zufall, die Geschwindigkeit des die Dynamomaschine treibenden Motors vorübergehend so weit abnimmt, dass die EMK der Dynamomaschine etwas kleiner wird, als die entgegengesetzt gerichtete der Batterie, so »schlägt der Strom um«, d. h. es geht Strom aus den Accumulatoren durch die Maschine. Die Stärke desselben ist bedingt, nach dem Ohm'schen Gesetz, durch die Differenz der beiden EMK und die in dem Stromkreis vorhandenen Widerstände. Ist nun die ladende Maschine eine Serienmaschine, so wechselt die Stromrichtung auch in

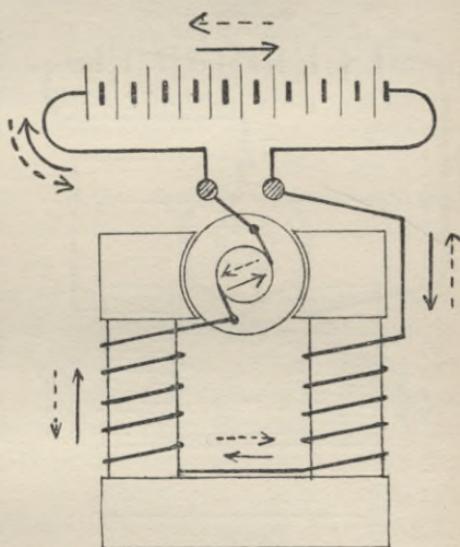


Fig. 38.

der Magnetbewicklung (Fig. 38, die ausgezogenen Pfeile bezeichnen die richtige, die gestrichelten Pfeile die verkehrte, nach dem »Umschlagen« vorhandene Stromrichtung). Dadurch werden die Magnete umpolarisirt, und die im Anker der Maschine erzeugte EMK wechselt ihre Richtung, sodass nun Maschine und Batterie nicht mehr gegen einander, sondern hinter einander geschaltet sind. Die beiden EMK addiren sich, und der Strom erreicht eine unzulässige Höhe, sodass die Drahtwicklung der Maschine sich zu sehr erhitzt und ihre Isolirung verbrennen kann. Die Batterie entlädt sich dabei und kann ebenfalls Schaden nehmen. Dieser Zustand bleibt so lange, bis der Strom unterbrochen wird. Die Maschine ist dauernd umpolarisirt, und man muss bei einer neuen Ladung sie im entgegengesetzten Sinne, wie zuvor, mit der Batterie verbinden.

Tritt der beschriebene Unfall bei einer Nebenschlussmaschine ein, so findet zwar ebenfalls ein »Umschlagen« des Stromes statt, allein die Maschine wird nicht umpolarisirt, da die Stromrichtung zwar im Anker sich ändert, in der Magnetwicklung jedoch die gleiche bleibt. Die Pfeile in Fig. 39, welche dieselbe Bedeutung wie bei Fig. 38 haben, deuten dies an. Sobald die Betriebsmaschine ihre normale Tourenzahl wieder erlangt hat, überwiegt wieder die EMK der Dynamomaschine, und die Ladung geht regelmässig weiter. Benutzt man eine Maschine mit gemischter Wickelung der Feldmagnete (Compoundmaschine) zum Laden, so behält beim Eintreten der genannten Verhältnisse der

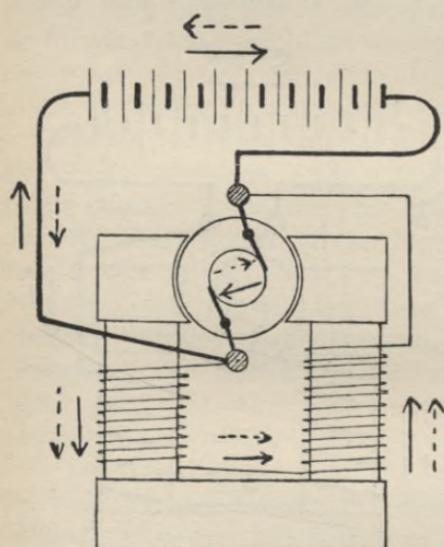


Fig. 39.

Strom in der Nebenschlusswicklung seine Richtung; in den direkten Windungen schlägt er dagegen um, und es können bei Wiedererhöhung der Umlaufzahl des Motors nur in dem Falle die früheren normalen Verhältnisse eintreten, wenn nur wenig direkte Windungen vorhanden sind, sodass die magnetisierende Kraft des Nebenschlusses ganz bedeutend überwiegt. Man wird deshalb, wenn eine schon vorhandene Compoundmaschine zum Laden dienen soll, am besten thun, wenn man die direkten Windungen ausschaltet, die Maschine also als reine Neben-

schlussmaschine benutzt. Da jedoch in diesem Falle der Magnetismus bei vollem Strome kleiner ist, als bei Einschaltung der direkten Wickelung, so giebt die Maschine weniger Spannung, und es wird darauf ankommen, ob die letztere für die Batterie ausreicht. Soll die Maschine noch für andere Zwecke, z. B. zur Beleuchtung, gleichzeitig Strom liefern, so müssen die direkten Windungen eingeschaltet bleiben. Man kann jedoch dann den Ladestrom direkt von den Bürsten abnehmen und erhält so die Stärke desselben constanter, als beim Anlegen der Batterie an die Hauptklemmen der Maschine. Wird dagegen eine Dynamomaschine für Accumulatorenbetrieb neu angeschafft, so wird man, nach dem im Vorstehenden Ausgeführten, stets eine Nebenschlussmaschine wählen.

Die Klemmenspannung, welche diese bei voller Belastung geben soll, muss mindestens so hoch sein, als die Spannung der ladenden Batterie bei längerer Ueberladung steigt. Man findet dieselbe, wenn man auf jede der zu ladenden Zellen etwa 2,6—2,7 Volt rechnet. Vermindern lässt sich die Maschinenspannung jederzeit durch Einschalten künstlicher Widerstände in den Stromkreis der Nebenschlusswicklung. Es wird deswegen zu jeder Nebenschlussmaschine ein mittelst Kurbel beliebig zu regulirender Rheostat beigegeben.

### **23. Regulirung des Stromes bei Ladung und Entladung.**

Da im Verlaufe der Ladung die EMK der Accumulatoren, welche der ladenden Dynamomaschine entgegengesetzt gerichtet ist, ansteigt, so muss, wenn die Maschine gleichmässig weiter läuft, die Stärke des Ladestromes allmähig abnehmen. Man will jedoch häufig mit constanter Stromstärke laden. Um dies zu erreichen, kann man die Tourenzahl der Maschine erhöhen, oder, wie es gewöhnlich geschieht, den in den Nebenschluss derselben eingeschalteten Ballastwiderstand verringern. Durch beide Mittel wird die EMK der Dynamomaschine vergrössert. Manchmal empfiehlt sich auch die Anwendung eines regulirbaren Vorschaltwiderstandes, der in den Ladestromkreis vor die Batterie geschaltet wird. Der eingeschaltete Betrag desselben wird im Laufe der Ladung allmähig verringert und dadurch der Strom constant erhalten, während die Maschine mit gleichmässiger Umdrehungszahl weiter läuft. In diesem künstlichen Widerstande geht allerdings eine gewisse Menge elektrischer Arbeit verloren. Wenn eine Compoundmaschine zum Laden dienen soll, so ist diese Art der Stromregulirung neben der mittelst des Nebenschlusswiderstandes anzuwenden; beim Laden mit einer Serienmaschine wäre ein Reguliren überhaupt nur mittelst Vorschaltwiderstandes möglich, wenn man nicht ein häufiges Umschlagen des Stromes gewärtigen wollte. Wenn nämlich eine Serien-Dynamomaschine nur den Ladestrom für eine Accumulatorenbatterie liefert, so haben schon ganz kleine Schwankungen in der Geschwindigkeit der Betriebsmaschine, wie sie stets vorkommen, erhebliche Aenderungen der Stromstärke zur Folge, da die letztere proportional der Differenz zwischen der Klemmenspannung der Maschine und der der Batterie steigt und fällt, diese Differenz aber nur klein bzw. null ist. Bei Vorschaltung eines Widerstandes vor die Batterie ist die genannte Differenz grösser, die Schwankungen der Stromstärke werden also vermindert, sodass der Vorschaltwiderstand einen beruhigenden Einfluss hat. Liefert jedoch eine Compound- oder Serienmaschine nicht nur den Lade-

strom, sondern ist gleichzeitig durch Stromabgabe für Beleuchtungs- oder andere Zwecke erheblich belastet, so wirkt diese Belastung beruhigend, da durch sie die Maschinenspannung ziemlich constant erhalten wird. Man hat dann nur die letztere im Laufe der Ladung entsprechend zu erhöhen.

Auch bei der Entladung einer Accumulatorenatterie muss auf die statthabende Aenderung der Klemmenspannung Rücksicht genommen werden. Die von der Batterie gespeisten Lampen verlangen constante Spannung; es ist also Vorsorge zu treffen, dass dieselben zu Anfang der Entladung nicht die volle Spannung der Batterie erhalten. Die Zahl der Elemente ist vielmehr so zu bemessen, dass die am Ende der normalen Entladung vorhandene Klemmenspannung gerade noch (abgesehen von dem Spannungsverluste in den Leitungen) gleich der Spannung ist, mit welcher die Lampen brennen sollen. Die Herabminderung der Batteriespannung zu Anfang der Entladung auf den vorgenannten Betrag kann auf zweierlei Art geschehen. Man schaltet entweder zwischen die Batterie und die Verbrauchsleitung einen regulirbaren künstlichen Widerstand, durch welchen in jedem Augenblicke der Entladung gerade der überschüssige Theil der Spannung verbraucht wird, sodass der eingeschaltete Betrag desselben allmählig vermindert werden muss; oder aber man entnimmt zu Anfang den Strom nicht der ganzen Batterie, sondern lässt so viele Zellen weg, dass die von den übrigen gelieferte Spannung gerade den für die Lampen erforderlichen Betrag hat. In dem Maasse, wie im Laufe der Entladung die Spannung sinkt, wird von den Reservezellen eine nach der anderen hinzugeschaltet, bis gegen Ende sämtliche Elemente eingeschaltet sind. Diese Art der Regulirung mittelst Zellenschaltung ist die z. Z. am häufigsten angewendete. Bei derselben findet ein Verlust an elektrischer Arbeit, wie er durch Anwendung eines künstlichen Widerstandes bedingt ist, bei der Entladung nicht statt. Auch bei der Ladung können solche Verluste wegfallen, oder doch auf einen sehr kleinen Betrag beschränkt werden, wenn ein Theil der Elemente, wie oben angenommen wurde, zum Aus- und Einschalten eingerichtet ist. Es erhalten dann zu Anfang der Ladung sämtliche Elemente Strom. Die Zelle, welche bei der Entladung zuletzt zugeschaltet wurde, hat am wenigsten von ihrer Ladung abgegeben, ist also zuerst wieder vollgeladen. Sie wird dann ausgeschaltet, und ebenso wird nach einiger Zeit mit der vorletzten, der drittletzten Zelle u. s. w. verfahren und damit der Ladestrom, trotz des Ansteigens der Batteriespannung, annähernd constant erhalten. Eventuell hilft man noch

mit dem Nebenschlussregulator nach. Dadurch, dass die Schaltzellen, sobald sie geladen sind, der Reihe nach abgeschaltet werden können, wird ein erheblicher Stromverlust in Folge andauernder Gasentwicklung beim Laden derselben vermieden.

**24. Einrichtung der Zellschalter.** Ein Zellschalter, der dem oben bezeichneten Zwecke dienen soll, enthält eine Anzahl Contactstücke, von welchen Leitungen zu den Verbindungsstellen je zweier Elemente nahe dem einen Ende der Batterie führen. Das letzte Contactstück ist mit dem freien Pole der letzten Zelle verbunden. Die Contactstücke sind in einem Kreise, oder einem Theile eines Kreises, oder aber in einer geraden Linie angeordnet, und es lässt sich auf denselben ein Schleifcontact, der entweder an einer Kurbel (bei der runden Form) oder an einem Schlitten (bei der geradlinigen Form des Zellschalters) sitzt, verschieben. Zwischen den Schleifcontact des Zellschalters und den freien Pol der ersten Zelle der Batterie wird diejenige Leitung eingeschaltet, in welcher die Spannung mit Hülfe des Apparates regulirt werden soll.

Wenn die mit den auf einander folgenden Verbindungsstellen der Elemente verbundenen Contactstücke unmittelbar neben einander liegen, so muss der Schleifcontact beim Verstellen von einem Contactstücke zum nächsten für einen Augenblick beide Stücke berühren. Dadurch wird aber die zwischen denselben liegende Zelle kurz geschlossen; es fließt durch den Schleifcontact ein Strom von abnorm hoher Stärke, welcher dem Elemente schadet und, wenn er beim Weiterdrehen der Kurbel unterbrochen wird, Verbrennungen und Schmelzungen an den Contacttheilen verursacht. Die genannte einfache Einrichtung des Zellschalters ist also nicht gut anwendbar. Man bringt vielmehr zwischen je zwei mit Zellen verbundenen Contactstücken ein besonderes, gewöhnlich schmäleres Metallstück an (Zwischencontact), welches mit dem einen der ersteren durch einen kleinen künstlichen Widerstand (sogen. Zwischenwiderstand) verbunden ist. Diese Einrichtung ist aus der schematischen Fig. 40 zu ersehen. Ihre Wirkungsweise ist folgende: Steht die Schleifkurbel  $K$  (bzw. der Contactschlitten) zunächst auf dem letzten Contactstück (in der Figur mit 1 bezeichnet), sodass die volle Batterie eingeschaltet ist, und dreht man sie, um das letzte Element abzuschalten, so kommt sie, nachdem sie Contactstück 1 verlassen hat, zunächst auf den mit  $a$  bezeichneten Zwischencontact zu stehen. Dann sind immer noch sämtliche Zellen eingeschaltet, doch muss der Strom, um von Contact 1 zur Kurbel zu gelangen, erst noch den zwischen 1

und  $a$  angebrachten Zwischenwiderstand durchlaufen. Berührt die Kurbel beim Weiterdrehen dann  $a$  und zugleich das mit der folgenden Zelle verbundene Contactstück 2, so kann wegen des zwischen 2 und 1 eingeschalteten Zwischenwiderstandes ein Kurzschluss der Zelle 1 nicht entstehen, sondern diese giebt durch den Zwischenwiderstand einen Strom, der durch den Betrag dieses Widerstandes bedingt ist. Dasselbe geschieht beim Abschalten jeder weiteren Zelle. Will man umgekehrt, durch Drehen der Kurbel im Sinne des Uhrzeigers (Fig. 40), eine Zelle zuschalten, so kommt der Schleifcontact zunächst auf das folgende Zwischen-

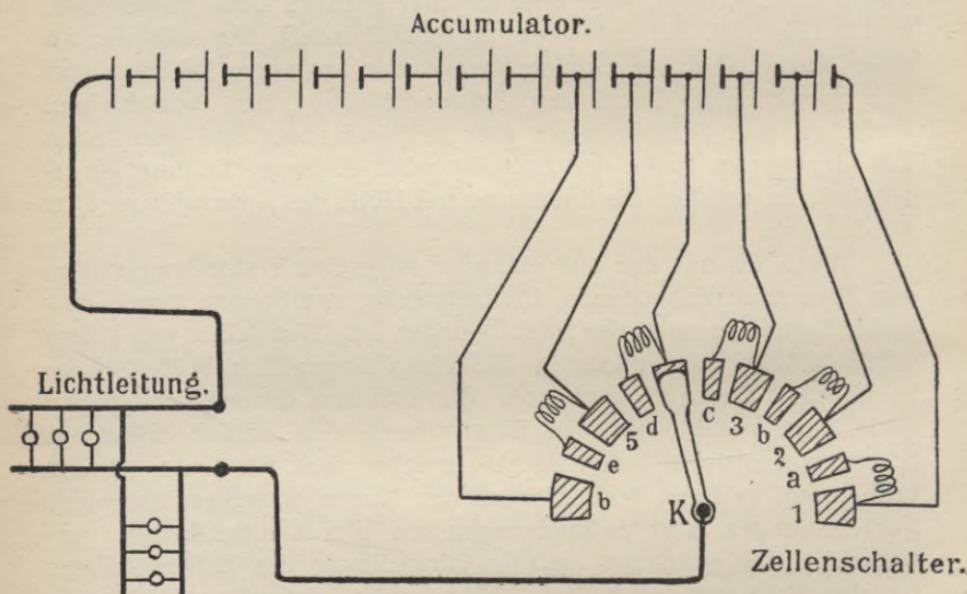


Fig. 40.

Contactstück zu stehen, womit die folgende Zelle unter Vorschaltung des Zwischenwiderstandes eingeschaltet ist. Durch Weiterdrehen auf das mit der zuzuschaltenden Zelle verbundene Contactstück wird der Zwischenwiderstand ausgeschaltet.

Der Betrag der Zwischenwiderstände eines Zellenschalters ist zunächst bedingt durch die maximale Stromstärke, welche die Zellen normal geben dürfen. Wenn eine Schaltzelle vorübergehend durch einen Zwischenwiderstand geschlossen ist, darf der Strom die genannte Grenze nicht überschreiten können. Ist der Maximalstrom z. B. 150 A, so darf der Zwischenwiderstand nicht kleiner als  $\frac{2}{150} = \frac{1}{75}$  Ohm sein, wobei die EMK einer Zelle zu 2 V angenommen ist. Der Querschnitt des Materiales, aus welchem die

Widerstände hergestellt sind, ist so zu wählen, dass diese die vorkommende Maximalstromstärke, wenigstens für kurze Zeit, ohne Schaden aushalten. Man stellt die Zwischenwiderstände aus Neusilberdraht oder -Blech, oder auch aus Kupferdraht her.

Bei der zur Zeit am meisten angewendeten Einrichtung der Zellschalter werden die Zwischenwiderstände bis auf einen einzigen entbehrlich. Dies ist möglich, da ja niemals mehr als ein Widerstand gleichzeitig benutzt wird. Der Widerstand sitzt in diesem Falle an dem verstellbaren Contacthebel bzw. Contactschlitten und wird mit diesem fortbewegt. Statt eines Schleifcontactes sind zwei vorhanden, die in kleiner Entfernung von einander starr verbunden, aber elektrisch von einander isolirt

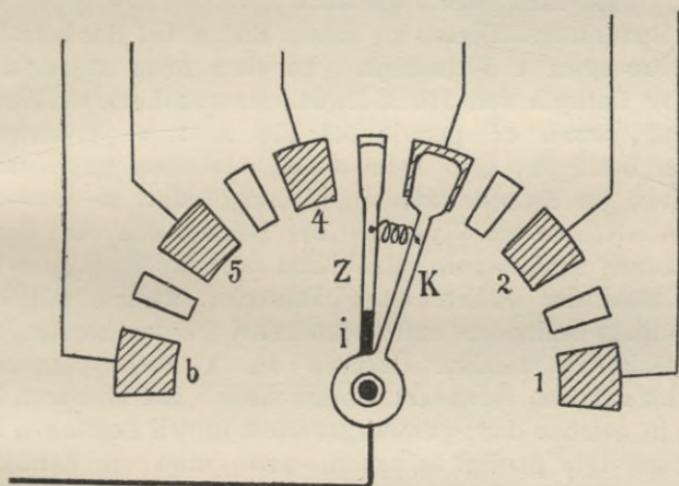


Fig. 41.

sind. Zwischen beide ist der Zwischenwiderstand eingeschaltet. Fig. 41 veranschaulicht diese Anordnung. *K* ist die Hauptkurbel, *Z* der zweite Schleifcontact, der sich mit *K* zugleich bewegt, aber von *K* durch das isolirende Zwischenstück *i* elektrisch getrennt ist. Der zwischen beiden befindliche »Zwischenwiderstand« ist als eine Spirale gezeichnet. Die mit der Batterie verbundenen Contactstücke 1, 2, 3, 4, 5, 6 sind schraffirt. Besondere »Zwischencontacte« sind nicht mehr erforderlich, doch fügt man zwischen die eigentlichen Contactstücke, die einen beträchtlichen Abstand von einander haben müssen, Stücke aus Isolirmaterial oder isolirte Metallstücke ein, damit die federnden Schleifcontacte nicht in die Zwischenräume einsinken können. Diese Zwischenstücke sind in Fig. 41 ebenfalls zu sehen. Wie der Stromlauf bei dieser Art

von Zellschaltern sich gestaltet, lässt sich leicht übersehen und soll nicht weiter erläutert werden.

Lässt man für die Stromstärke, welche den Zwischenwiderstand beim Verstellen des Schleifcontactes vorübergehend durchfließt, einen höheren Betrag, als den maximalen Entladestrom der Batterie zu, so lässt es sich einrichten, dass beim Zu- oder Abschalten einer Zelle die Klemmenspannung der Batterie nicht plötzlich um etwa 2 V, sondern beim Drehen des Hebels auf den Zwischencontact und Einschalten des Zwischenwiderstandes um 1 V und beim Weiterdrehen auf das Contactstück der folgenden Zelle wieder um 1 V sich ändert. Dies ist dann allerdings nur für eine bestimmte Stromstärke der Fall. Man erreicht es dadurch, dass man den Zwischenwiderstand so gross macht, dass die Spannungsdifferenz an seinen Enden bei der betreffenden Stromstärke etwa 1 V beträgt. In dem oben angenommenen Falle einer Batterie von 150 A Entladestrom müsste ein Zwischenwiderstand, wenn er gerade bei 150 A 1 V verzehren soll,  $\frac{1}{150}$  Ohm betragen, also halb soviel, als oben angesetzt. Die Stromstärke im Zwischenwiderstand steigt dann in dem Augenblicke, in welchem bei Verstellen der Schleifhebel eine Zelle nur durch diesen Widerstand geschlossen ist, auf  $2 : \frac{1}{150} = 300$  A.

Die Zahl der Zellen einer Batterie, welche mittelst des Zellschalters sollen zu- und abgeschaltet werden können, richtet sich danach, in welchen Grenzen die Klemmenspannung der Batterie im Betriebe verändert werden muss. Bei kleineren Einzelanlagen, in welchen der Spannungsverlust in den Leitungen 2—3% nicht übersteigt, genügt es schon, wenn etwa ein Zehntel aller Elemente am Zellschalter sitzt.

### Schaltungen für Accumulatoren im Beleuchtungsbetriebe.

**25. Einrichtung mit Einfach-Zellschalter.** Eine für den im Vorstehenden geschilderten Zweck mit Accumulatorenbatterie ausgerüstete Anlage erfordert eine besondere Schalteinrichtung, um den Verbrauchsstrom entweder der Dynamomaschine allein, oder der Batterie allein, oder beiden zusammen entnehmen zu können, sowie um durch die Maschine die Accumulatoren zu laden. Auch ist, wie schon früher erwähnt, eine Vorrichtung erforderlich, um während der Entladung der Batterie deren Klemmenspannung regulieren zu können.

Wird eine Anlage von vorn herein für Accumulatorenbetrieb eingerichtet, so empfiehlt sich am meisten das System der sog.

reinen Parallelschaltung. Die Klemmenspannung der Dynamomaschine, die eine Nebenschlussmaschine sein muss, soll mittelst des Nebenschlussregulators in weiten Grenzen verändert und bis zu dem Betrage gesteigert werden können, welchen die Accumulatoren am Ende der Ladung verlangen. Die Zahl der erforderlichen Elemente ergibt sich durch Division der in die Verbrauchsleitung zu liefernden Spannung durch den Betrag, bis zu welchem die Klemmenspannung einer Zelle bei der normalen Entladung sinkt (etwa 1,80 V). Beträgt die erstere z. B. 105 V, so sind  $\frac{105}{1,80} = 58$  Elemente erforderlich, für 110 V dementsprechend 61 Zellen, für 65 V 36.

Fig. 42 zeigt die Schaltung im Schema. Darin sind Mess-

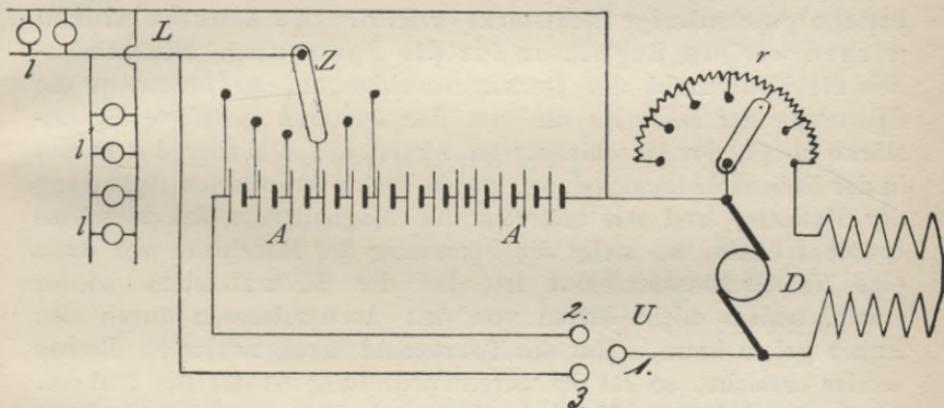


Fig. 42.

instrumente, Ausschalter u. s. w. weggelassen. *D* veranschaulicht schematisch die Dynamomaschine, *r* den Nebenschlussregulator, *AA* die Accumulatorenatterie, *Z* einen einfachen Zellschalter. *U* ist ein Umschalter, welcher gestattet, den Punkt 1 nach Belieben mit den Contacten 2 oder 3 zu verbinden. Ist 1 mit 3 verbunden, so speist die Dynamomaschine ausschliesslich die in die Verbrauchsleitung *L* eingeschalteten Lampen *l*, vorausgesetzt, dass man die Batterie ausgeschaltet hat. Am Regulator *r* ist dabei soviel Widerstand einzuschalten, dass die Lampen mit ihrer normalen Spannung brennen. Zur Ladung der Accumulatoren ist 1 mit 2 zu verbinden. Die Regulirung des Ladestromes auf den normalen Betrag geschieht so, dass man, wiederum mit Hülfe von *r*, die Spannung der Maschine entsprechend ändert. Während des Ladens können Lampen brennen. Der Strom für dieselben wird von der Batterie

abgenommen, wobei mit Hülfe des Zellschalters  $Z$  die richtige Spannung hergestellt werden muss. Sollen, in der Hauptconsumzeit, Maschine und Batterie den Lampenstrom gemeinsam liefern, so wird 1 mit 3 verbunden, der Batteriestrom mittelst des Zellschalters auf die Verbrauchsspannung regulirt und zugleich durch Verstellen von  $r$  die Stromstärke der von beiden Theilen gelieferten Ströme so abgeglichen, dass die Maschine voll beansprucht ist.

Beide Stromquellen sind damit parallel geschaltet. Dies hat den Vortheil, dass etwaige kleine Schwankungen in der Umlaufgeschwindigkeit der Maschine keine Spannungsschwankungen zur Folge haben können. In Fällen, in welchen eine Betriebsmaschine so ungleichmässig läuft, dass die von der Dynamomaschine allein gespeisten Lampen fortwährende kleine Zuckungen des Lichtes zeigen, lässt sich häufig nur durch Zufügung einer Sammlerbatterie gleichmässige Lichtstärke erzielen. Die Accumulatoren wirken wie ein Regulator für die Spannung. Nimmt nämlich die Tourenzahl der Dynamomaschine ab, so überwiegt die Spannung der Batterie; die von der letzteren gelieferte Stromstärke steigt, der Maschinenstrom nimmt ab. Da aber der Strom in der Nebenschlusswicklung, wegen der unveränderten Spannung der Batterie, und mit ersterem der Magnetismus der Maschine constant bleibt, so steigt die Spannung der Maschine, weil diese eine Nebenschlussmaschine ist, bei der Stromabnahme wieder etwas, sodass nicht Strom von den Accumulatoren durch den Anker gehen kann. Hat die Tourenzahl ihren normalen Betrag wieder erreicht, so ist die Stromvertheilung wieder die frühere. Läuft umgekehrt die Maschine etwas schneller, so giebt sie mehr Strom, die Batterie weniger, so lange, bis die frühere Geschwindigkeit wieder hergestellt ist. In beiden Fällen bleibt die von den parallel geschalteten Stromquellen gelieferte Spannung stets auf dem gleichen Betrag, nämlich der Entladungsspannung der eingeschalteten Elementenzahl. Dieselbe nimmt mit fortschreitender Entladung ab, sodass von Zeit zu Zeit eine neue Zelle zuzuschalten ist. Dann muss aber jedesmal mit Hülfe des Regulators  $r$  die richtige Vertheilung der Stromstärken wieder hergestellt werden.

**26. Schaltungseinrichtung mit Doppel-Zellschalter.** Die im Vorstehenden beschriebene Schaltungsart lässt bei der — allein oder in Parallelverbindung mit der Dynamomaschine stattfindenden — Entladung der Batterie nichts zu wünschen übrig. Es finden insbesondere keine Stromverluste in Vorschaltwiderständen oder dergl. statt. Während der Ladung jedoch geht der von der Maschine gelieferte Strom stets durch die ganze Batterie, voraus-

gesetzt dass beim Laden Lampen brennen sollen. Die mit dem Zellschalter verbundenen Elemente haben jedoch während der Entladung weniger Strom abgegeben, als die übrigen, um so weniger, je näher dem Ende der Batterie sie stehen. Ihre Ladung ist dementsprechend früher vollendet, und sie werden von da ab überladen. Diese Ueberladung der letzten Zellen wiederholt sich bei jedem Laden und ist kein Vorthail. Sie bedeutet zunächst einen Verlust an elektrischer Arbeit und ist ausserdem den Elementen ebensowenig zuträglich, wie eine Ueberentladung (vgl. **10**). Nur wenn man darauf verzichtet, beim Laden Lampen zu brennen, indem man die Ladung z. B. Vormittags vornimmt, kann man die einzelnen Zellen, in dem Maasse wie sie vollgeladen sind, ab-

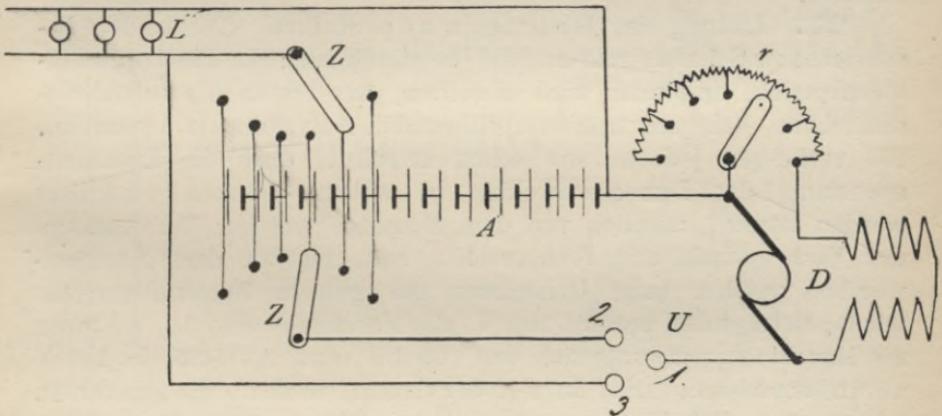


Fig. 43.

schalten. In diesem Falle wird zur Ladung Contact 1 des Umschalters *U* mit 3 verbunden.

Der genannte Uebelstand wird indessen ganz vermieden bei Anwendung eines doppelten Zellschalters. Durch diesen ist es ermöglicht, die Zahl der zu ladenden Elemente zu verändern, d. h. die Endzellen nach und nach, sobald sie geladen sind, auszuschalten und dabei die gleichzeitig brennenden Lampen mit einer anderen Zellenzahl zu speisen. Die letztere kann durch die Stellung des zweiten Contacthebels, des sog. Ladehebels, beliebig gewählt werden. Dann ist jeder Stromverlust ausgeschlossen. In Fig. 43 bezeichnet *ZZ* den Doppelzellschalter (der im Princip von Herm. Müller<sup>1)</sup> herrührt). Von dem Augenblicke ab, wo (zur Zeit des grössten Verbrauches) Dynamomaschine und Batterie

<sup>1)</sup> Herm. Müller, Elektrotechn. Zeitschrift 1891. Seite 2.

beide Strom abgeben, müssen Lade- und Entladehebel auf der gleichen Zelle stehen und dürfen von da ab nur zusammen und in gleicher Weise verstellt werden. Der Grund ist leicht ersichtlich. Die übrige Anordnung stimmt mit der in Fig. 42 überein. Zur Zeit der Ladung ist bei  $U$  Contact 1 mit 2, während der gleichzeitigen Stromabgabe aus Maschine und Batterie 1 mit 3 verbunden. Ein Uebelstand ist, dass bei der Ladung und gleichzeitigen Stromabgabe an die Lampen die gesammte, von der Dynamomaschine gelieferte Stromstärke die zwischen den beiden Kurbeln befindlichen Schaltzellen durchfließt. Damit dieser unter Umständen übermässig hohe Strom den Schaltzellen nicht schade, kann man zu diesen eine grössere Type verwenden, als zur übrigen Batterie.

**27. Ladung der Batterie in zwei Reihen.** Die beiden beschriebenen Schaltungsarten sind die günstigsten für den Accumulatorenbetrieb, und man wird dieselben, am besten die zuletzt beschriebene, bei ganz neu auszuführenden Anlagen stets anwenden. Sie verlangen jedoch, wie schon erwähnt, dass die Klemmenspannung der Dynamomaschine in weiten Grenzen verändert werden könne, nämlich von dem Betrage, welcher am Anfange der Verbrauchsleitung  $L$  herrschen soll, bis zu dem Maximalwerthe, welcher beim Ueberladen der ganzen Batterie erreicht wird. Beträgt der erstere 105 V, die Zellenzahl also 58, so muss die Maschinenspannung sich von 105 bis etwa  $2,7 \times 58 = 157$  V verändern lassen. Dies ist mit der Grund, weshalb die genannten günstigsten Schaltungen gewöhnlich nicht angewendet werden können, wenn es sich darum handelt, eine schon bestehende Beleuchtungsanlage mit einer Accumulatorenbatterie auszurüsten. Die Dynamomaschine ist in diesem Falle schon vorhanden und giebt normal nur die zum Speisen der Lampen erforderliche Spannung, welche sich höchstens um einige Volt erhöhen lässt, zum Laden der Batterie jedoch nicht ausreicht. Um den Accumulatorenbetrieb zu ermöglichen, muss man für die Ladung die Batterie in 2 Hälften parallel schalten. Die so geschaltete Batterie verhält sich bezüglich Spannung und Stromstärke wie eine solche von halb sovielen Zellen der doppelten Plattenoberfläche. Sie beansprucht zum Laden nur die Hälfte der Spannung, wie wenn sämmtliche Elemente in einer Reihe verbunden wären (bei 58 Zellen also im Maximum  $2,7 \times \frac{58}{2} = \text{ca. } 78$  V), dafür aber die doppelte Stromstärke, und es ist vortheilhaft, wenn die Dynamomaschine die letztere noch liefern kann. Anderenfalls

muss mit geringerer Stromstärke und dafür desto länger geladen werden.

Es wird dadurch noch ein Umschalter (sog. Reihenschalter) erforderlich, der die Accumulatoren für die Ladung in 2 Reihen parallel, für die Entladung alle hinter einander zu verbinden gestattet, ausserdem ein Vorschaltwiderstand, welcher gross genug sein muss, um bei der Ladung den zu Anfang beträchtlichen Ueberschuss der Maschinenspannung über die der Batterie zu verzehren. Dabei ist vorausgesetzt, dass während der Ladung

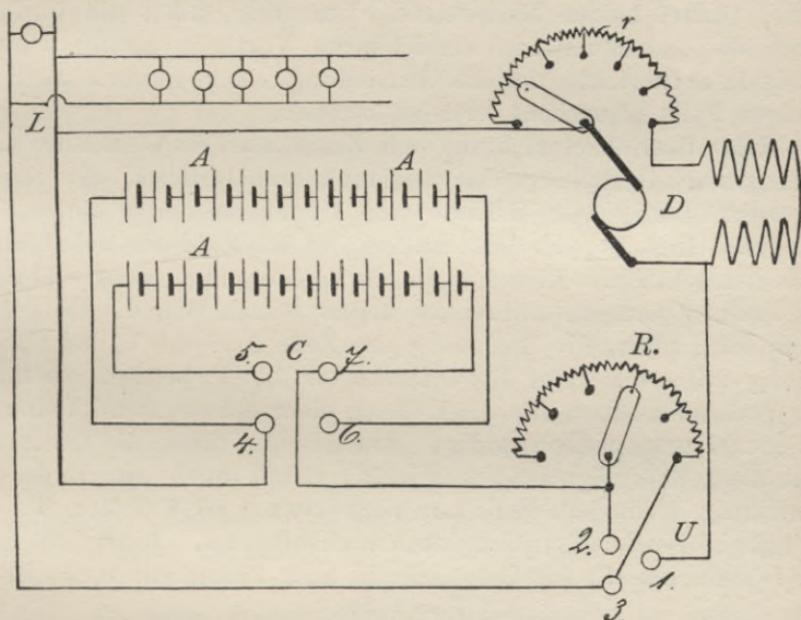


Fig. 44.

Lampen mitbrennen sollen und die Klemmenspannung der Dynamomaschine aus diesem Grunde auf dem für die Verbrauchsleitung erforderlichen Betrage, hier von etwa 105 V, gehalten werden muss. Es geht dann also ein nicht geringer Betrag von elektrischer Arbeit in dem vorgeschalteten Widerstande verloren.

Fig. 44 zeigt die Schaltungseinrichtung für den vorliegenden Zweck unter der Voraussetzung, dass die bereits vorhandene Maschine eine Nebenschlussmaschine ist. *C* bedeutet die Schaltvorrichtung für die beiden Hälften der Batterie (den Reihenschalter). Wird Contact 4 mit 5 und 6 mit 7 verbunden, so sind beide Batteriehälften parallel, bei Verbindung von 5 mit 6 hinter einander geschaltet. Für die Ladung ist Contact 1 des Umschalters *U* mit 2, bei Entladung mit 3 in Verbindung zu setzen.

In letzterem Falle werden die Lampen von Batterie und Maschine zusammen gespeist. Die Vertheilung der Strombelastung auf jede der beiden Stromquellen geschieht mittelst des Nebenschlussregulators  $r$  und des Vorschaltwiderstandes  $R$ . Besteht keinerlei Verbindung zwischen 1, 2 und 3, so liefern die Accumulatoren allein den Strom, der mit Hülfe von  $R$  regulirt wird. Ein Zellen-schalter ist nicht erforderlich.

Dass der Wirkungsgrad bei dieser letztbeschriebenen Anordnung hinter demjenigen der beiden zuerst genannten zurückbleiben muss, bedarf keines Nachweises. Immerhin fallen die übrigen durch die Accumulatoren erreichbaren Vortheile häufig schwer genug in's Gewicht, um die Aufstellung einer Batterie auch in solchem Falle wünschenswerth zu machen.

**28. Betriebseinrichtung mit Zusatzmaschine.** Bei der vollkommensten Gestaltung des Accumulatorenbetriebes, der reinen Parallelschaltung von Batterie und Dynamomaschine unter Anwendung eines Doppelzellenschalters, ist die Zahl der Schaltzellen sehr beträchtlich. Dies hat in der Bedingung, dass während der Ladung Lampen mitbrennen sollen, seinen Grund. Da gegen Ende der Ladung die Spannung pro Zelle 2,5—2,6 V, bei Ueberladung mit ermässiger Stromstärke bis 2,7 V beträgt, so muss der Verbrauchsstrom für die Lampen einer entsprechend kleineren Zellenzahl entnommen werden. Andererseits muss die Gesamtzahl aller Zellen gross genug sein, damit auch am Ende der Entladung, wenn jede Zelle nur noch etwa 1,80 V liefert, die erforderliche Betriebsspannung noch vorhanden sei. Bezeichnet man die letztere mit  $V$ , die Gesamtzahl aller Zellen mit  $n$ , so ist

$$V = 1,8 n.$$

Ist ferner  $x$  die Anzahl der Schaltzellen, so gilt für das Ende der Ladung, die Spannung pro Zelle zu 2,6 V angenommen, die Beziehung

$$V = 2,6 (n - x).$$

Durch Gleichsetzen der beiden Werthe von  $V$  erhält man

$$n - x = \frac{1,8}{2,6} n$$

und hieraus

$$x = 0,31 n.$$

Es müssen also, unter den hier gemachten Annahmen, etwa 31% aller Elemente am Zellen-schalter ein- und auszuschalten sein. Dies ergibt z. B. für eine Betriebsspannung von 105 V, bei der die Batterie im Ganzen etwa 58 Zellen enthält, 18 Schaltzellen. Wird die zu erreichende Höchstspannung mit 2,7 V angesetzt, ein Betrag, der schon bei mässiger Ueberladung eintreten kann,

so ergibt sich  $x = 0,33 n$ , und es werden bei einer Batterie von 58 Elementen 19 Schaltezellen erforderlich.

Weiter muss die zum Laden bestimmte Dynamomaschine, wie schon in **22** erwähnt, so dimensionirt sein, dass ihre Klemmenspannung bis zu dem Betrage gesteigert werden kann, welchen alle Zellen zusammen am Ende der Ladung erfordern. Im täglichen Betriebe wird diese hohe Spannung zwar nicht erreicht, da gegen Ende der Ladung die Schaltezellen zum grössten Theile schon abgeschaltet sind. Dagegen muss sie für eine etwaige Ueberladung der Batterie, wie sie bei Neuinstallation, sowie später hie und da vorkommt, zur Verfügung stehen. Für eine Betriebsspannung der Anlage von 105 V ist also eine Dynamomaschine erforderlich, die für 58 Zellen ausreicht, also mindestens  $2,6 \times 58 = 151$  V, bezw.  $2,7 \times 58 = 157$  V geben kann. Da die Modellgrösse der Maschine durch das in Watt gemessene Product »maximale Klemmenspannung mal Maximalstromstärke« bedingt ist, so muss die Dynamomaschine somit für eine um etwa 50% höhere Leistung gebaut sein, als erforderlich wäre, wenn sie den gleichen Maximalstrom direkt in die Verbrauchsleitung, d. h. also nur mit der Verbrauchsspannung, zu liefern hätte. Dies erhöht den Preis der Maschine, hat aber noch den weiteren Nachtheil zur Folge, dass dieselbe selten voll belastet ist, nämlich nur dann, wenn sie die volle Spannung zu liefern hat, sodass sie in den übrigen Zeiten mit einem weniger günstigen (mechanischen) Wirkungsgrade arbeitet. Ist die Anlage so disponirt, dass die Accumulatoren nicht die Hälfte der bei vollem Betriebe erforderlichen Stromstärke, sondern nur einen geringeren Bruchtheil zu liefern vermögen, so muss dennoch die Dynamomaschine im Stande sein, die oben genannte Maximalspannung zu geben; zugleich aber muss ihre Ankerwicklung für den in diesem Falle entsprechend grösseren Strombetrag ausreichen. Die Maschine wird also im Verhältniss um so theurer, einen je kleineren Antheil des Gesamtconsumes die Accumulatorenatterie übernehmen soll.

Die beiden im Vorstehenden erläuterten Umstände: der bedeutende Umfang des Zellschalters und die für den grössten Theil der Betriebszeit nicht ausgenutzte Grösse der Dynamomaschine, tragen dazu bei, die Anschaffungs- und auch die Betriebskosten bei Accumulatorenanlagen für elektrische Beleuchtung erheblich zu vermehren. Es sind deswegen schon mehrere Vorschläge gemacht und praktisch ausgeführt worden, welche die genannten Uebelstände, wenn auch nicht beseitigen, so doch wesentlich vermindern sollen.

Am häufigsten ist bis jetzt eine sog. Zusatzmaschine angewendet worden, durch deren Hinzufügung die Grösse der Dynamomaschine und meist auch die des Zellschalters reducirt wird. Die Zusatzmaschine ist gewöhnlich ein sog. »Gleichstrom-Transformator« d. h. sie besteht aus einem Elektromotor und einer Dynamomaschine, die direkt gekuppelt sind, bezw. eine gemeinsame Welle besitzen. Der Motor wird durch Strom von der zum Laden bestimmten Dynamomaschine gespeist und treibt die mit ihm gekuppelte Dynamomaschine an. Die letztere wird mit der ladenden Maschine hinter einander (in Serie) in den Ladestrom-

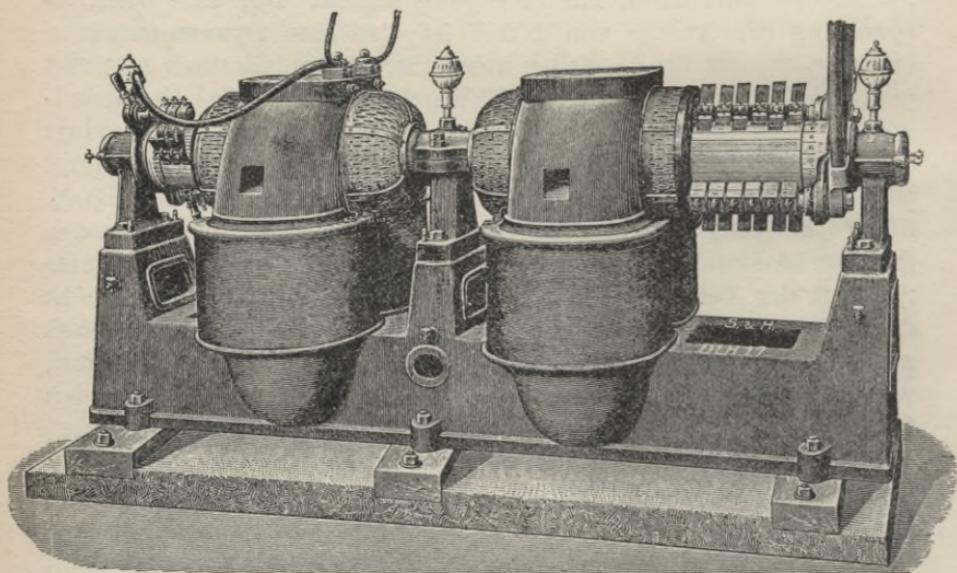


Fig. 45.

kreis geschaltet, so wie man zwei galvanische Elemente oder zwei Accumulatoren hinter einander schaltet. Dadurch addirt sich für den Ladestromkreis die durch die Zusatzdynamo erzeugte Spannung zu der der ladenden Dynamomaschine. Die Ankerwicklung der Zusatzmaschine ist der zum Laden der Batterie erforderlichen Stromstärke entsprechend dimensionirt. Fig. 45 zeigt eine Zusatzmaschine (Modell DLH) von Siemens & Halske. Links befindet sich der Elektromotor, rechts die Dynamomaschine. An der Gestaltung der Collectoren ist deutlich zu erkennen, dass der erstere für höhere Spannung bei mässiger Stromstärke, die letztere für grosse Stromstärke bei geringerer Spannung eingerichtet ist. Durch Veränderung eines vor den Elektromotor geschalteten sog.

Anlasswiderstandes kann die Umlaufgeschwindigkeit des Motors, sowie die der Zusatzdynamo und damit der von der letzteren gelieferte Spannungsbetrag, verändert werden.

Durch Fig. 46 wird eine Accumulatorenanlage mit Zusatzmaschine und Einfach-Zellenschalter veranschaulicht. Der Elektromotor *M* und die mit ihm gekuppelte Zusatz-Dynamomaschine *ZD* sind, der grösseren Deutlichkeit halber, getrennt gezeichnet. Zur Ladung wird am Umschalter *U* Contact 1 mit 2 verbunden, sodass die Batterie die Summe der Spannungen der Haupt-Dynamo *D*

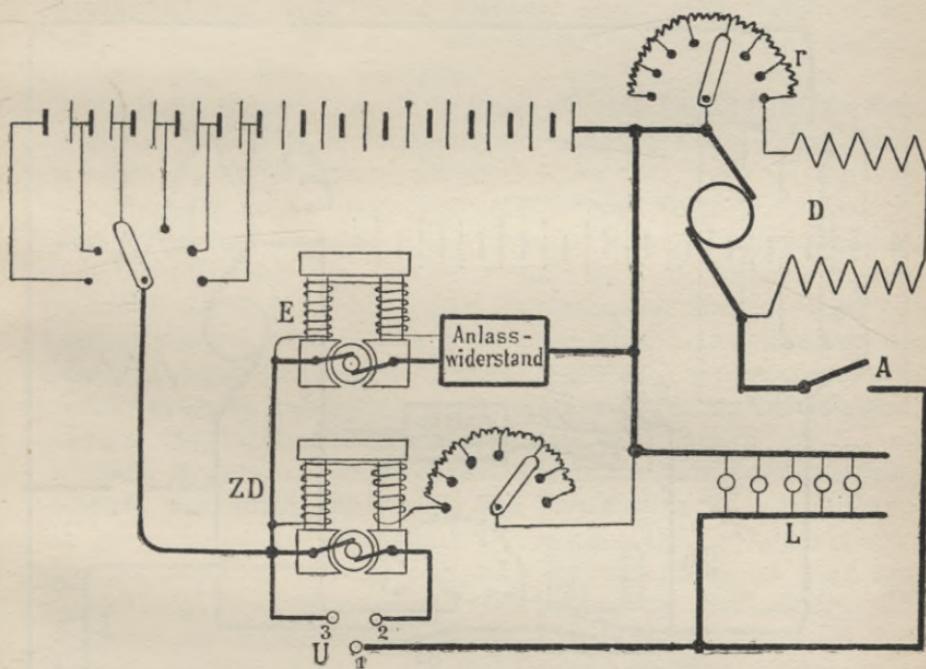


Fig. 46.

und der Zusatzmaschine *ZD* erhält. Die gleichzeitig brennenden Lampen werden von der Maschine *D* allein gespeist. Sollen, zur Hauptbetriebszeit, Batterie und Dynamomaschine zusammen Strom abgeben, so wird die Zusatzmaschine ausgeschaltet, dadurch dass man bei *U* Contact 1 mit 3 verbindet und gleichzeitig den Elektromotor abstellt. Wenn schliesslich die Batterie allein die Speisung der Lampen übernehmen soll, so schaltet man durch Oeffnen des Ausschalters *A* auch die Dynamomaschine aus. Bei dieser Anordnung brauchen nur höchstens 10% der Elemente am Zellen- schalter zu sitzen, da die Batterie während der Ladung keine Lampen speist.

Soll die Regulierung der Lampenspannung jedoch auch während der Ladung vom Zellschalter aus erfolgen (reiner Parallelbetrieb), so geht man des eben genannten Vortheiles verlustig. Es wird ein Doppel-Zellschalter mit entsprechend mehr Zellen erforderlich (siehe Fig. 47). An die Stelle des Umschalters  $U$  tritt der Ausschalter  $A_2$ . Zur Ladung sind  $A_1$  und  $A_2$  geschlossen. Während Batterie und Maschine beide Strom abgeben, ist  $A_2$  offen,  $A_1$  geschlossen. Soll die Batterie allein die Lampen speisen, so wird die Hauptdynamomaschine durch Oeffnen von  $A_1$  ausge-

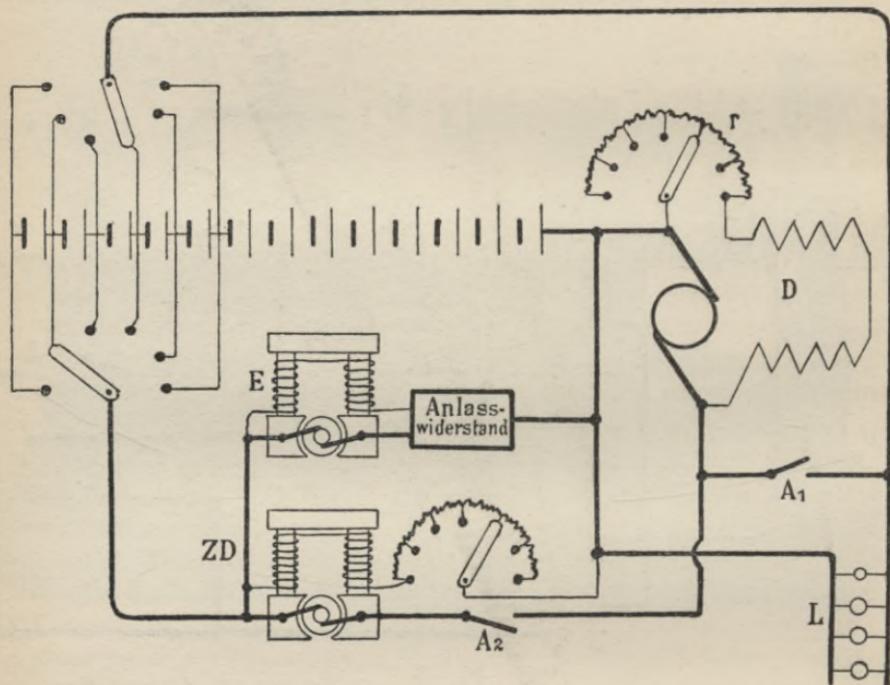


Fig. 47.

schaltet. Die Lampenspannung wird stets mit dem Entladehebel des Zellschalters reguliert.

Bei Beginn der Ladung der Batterie wird zunächst der Elektromotor in Gang gesetzt und dann die mit ihm gekuppelte Dynamomaschine in den Ladestromkreis eingeschaltet. Man reguliert so, dass die Zusatzdynamo zunächst nur einen entsprechend geringen Zuwachs zu der von der Hauptdynamomaschine erzeugten Spannung liefert, und erhöht ihn allmähig, in dem Maasse wie mit fortschreitender Ladung die Klemmenspannung der Accumulatoren wächst. In Folge dessen braucht die Hauptdynamomaschine

während der ganzen Dauer der Ladung stets nur eine und dieselbe Klemmenspannung zu liefern, deren Betrag durch die Betriebsspannung der Anlage gegeben ist. Für eine höhere Spannung braucht sie nicht eingerichtet zu sein. Dies gilt für die beiden beschriebenen Anordnungen. Den in jedem Stadium der Ladung erforderlichen Mehrbetrag an Spannung, und zwar stets gerade nur diesen, liefert die Zusatzmaschine. Die Verluste beschränken sich hierbei auf den durch die zweimalige Arbeitsumwandlung, im Elektromotor und in der Zusatzdynamo, bedingten Betrag.

Die Zusatzdynamo kann übrigens auch, statt durch einen Elektromotor, direkt von der Betriebsmaschine durch Riemen angetrieben werden.

Wie die Batterie aus dem Zustande der Ladung in den der Entladung mit Hülfe des Zellschalters allmählig übergeführt wird, ist schon in **23** erläutert worden.

Trotz der im Vorstehenden geschilderten Vortheile ist jedoch nicht zu verkennen, dass die Hinzufügung der Zusatzmaschine eine Complicirung des Betriebes bedeutet, da durch sie eine weitere laufende Maschine, deren Stromabgeber ebenso sorgfältig gepflegt werden müssen, wie die der Hauptdynamo, hinzukommt. Diese Art des Accumulatorenbetriebes eignet sich ihrer Natur nach nur für grössere Anlagen, in denen ein ausreichendes Bedienungspersonal stets vorhanden ist.

**29. Benutzung von »Gegenzellen«.** Eine Einrichtung, welche lediglich dazu dient, die Anzahl der Schaltzellen zu vermindern, ist die Anordnung sogenannter Gegenzellen. In dem Falle, dass während der Ladung Lampen brennen sollen, ist dann die Einrichtung folgendermaassen: Der Ladestrom durchfliesst die Batterie, mit Ausnahme der Schaltzellen. An die Klemmen der Dynamomaschine ist ferner der die Lampen enthaltende Verbrauchstromkreis angesetzt. In den letzteren können nun die Schaltzellen mittelst eines besonderen Zellschalters nach Bedürfniss eingeschaltet werden. Man schaltet sie während der Ladung gegen die Dynamomaschine, d. h. derart, dass ihre EMK der der Dynamomaschine entgegengesetzt gerichtet ist. Dies geschieht so, dass z. B. mit dem pos. Pol der Dynamomaschine der pos. Pol der ersten Gegenzelle verbunden wird. An dem neg. Maschinenpol und dem neg. Pol der letzten Gegenzelle sitzt dann die Verbrauchsleitung. Auf diese Weise subtrahirt sich die EMK der eingeschalteten Gegenzellen von der Klemmenspannung der Maschine, die während der Ladung zu hoch ist, um die Lampen direct von ihr speisen zu können. Die Zahl der gegengeschalteten

Zellen wird, in dem Maasse wie im Verlaufe der Ladung die Maschinenspannung gesteigert werden muss, nach und nach vermehrt, sodass die Lampen ihren Strom stets mit der ihnen zukommenden Spannung erhalten. Die eingeschalteten Gegenzellen werden von dem Verbrauchsstrom so durchflossen, dass dieser sie lädt. Am Ende der Ladung der Hauptbatterie sind sämtliche Gegenzellen eingeschaltet, sodass alle etwas Ladung erhalten, am wenigsten die zuletzt eingeschalteten.

Bei der Entladung werden die Schaltzellen zu dem übrigen Theile der Batterie allmählig hinzugeschaltet, und zwar nicht mehr entgegen der EMK der letzteren, sondern so, dass sich die elektromotorischen Kräfte addiren, wie es auch bei der gewöhnlichen Anordnung der Zellschalter geschieht. Für diese Schaltung, bei der also der pos. Pol der ersten Schaltzelle mit dem neg. Pol der übrigen Batterie verbunden wird, lässt sich derselbe Schaltapparat benutzen, der auch bei der Ladung zur Gegenschaltung dient. Er ist dann so eingerichtet, dass in gewissen Stellungen der Schleifkurbel die Schaltzellen im subtractiven, in anderen Stellungen im additiven Sinne in die Verbrauchsleitung einzeln eingeschaltet werden können. Wenn man den Schleifhebel aus der einen äussersten Stellung allmählig bis in die andere äusserste Stellung dreht, werden die Gegenzellen successive ausgeschaltet, bis sie, von einer bestimmten Grenzstellung des Hebels ab, im additiven Sinne nach und nach wieder eingeschaltet werden. Ein bezügliches Schaltungsschema folgt weiter unten.

Die Anzahl  $x$  der in diesem Falle erforderlichen Schaltzellen berechnet sich unter der Annahme, dass die Klemmenspannung der eingeschalteten Gegenzellen in jedem Stadium der Ladung dieselbe sei, wie die der übrigen Zellen der Batterie, und dass  $n$  die Gesamtzahl aller Zellen,  $V$  die Verbrauchsspannung bedeute, folgendermassen:

$$V = 1,8 n \text{ und } V = 2,6 (n - 2x).$$

Durch Gleichsetzen der beiden Werthe von  $V$  erhält man

$$x = \frac{2,6 - 1,8}{2 \times 2,6} n = 0,15 n \text{ (abgerundet).}$$

Die Zahl der Schaltzellen beträgt also etwa 15% der gesammten Zellenzahl, d. h. nur halb soviel als sich oben für die Einrichtung mit Doppel-Zellschalter ergab. Bei einer Verbrauchsspannung von 105 V, wobei  $n = 58$ , sind z. B. nur 9 Schaltzellen erforderlich.

Wenn, bei reinem Parallelbetriebe, die Batterie nach beendigter Ladung Strom abgeben soll, ohne dass in der Stromabgabe an die Lampen, welche bis dahin die Maschine allein besorgte, eine Unterbrechung eintreten darf, so wird mittelst des Nebenschlussregulators die Maschinenspannung allmählig vermindert und gleichzeitig von den Gegenzellen eine nach der anderen ausgeschaltet, sodass die Verbrauchsspannung wesentlich constant bleibt. Dadurch sinkt die Ladestromstärke nach und nach auf Null. In diesem Augenblicke ist die Maschinenspannung ungefähr gleich der Verbrauchsspannung, und alle Gegenzellen sind abgeschaltet. Man schaltet nun mittelst eines besonderen Umschalters die Schaltzellen nebst ihrem Zellschalter so um, dass sie in der Folge dann nach Bedürfniss in additivem Sinne zu der Batterie hinzugeschaltet werden können. Zunächst wird jedoch noch keine davon benutzt. Durch weiteres Vermindern der Maschinenspannung wird nun bewirkt, dass die Batterie an der Stromlieferung theilzunehmen beginnt. In der schon früher angegebenen Weise vertheilt man die Strombelastung auf beide Stromquellen, schaltet, wenn die Entladespannung der Batterie entsprechend gesunken ist, allmählig Zellen zu und verfährt überhaupt genau so weiter, wie schon unter **23** beschrieben wurde.

Die Verwendung des Systems der Gegenzellen mit einfachem Zellschalter für den reinen Parallelbetrieb ist nur dann ohne Weiteres möglich, wenn während der Ladung der Batterie soviel Strom für die Lampen verbraucht wird, dass die in die Verbrauchsleitung eingeschalteten Gegenzellen mindestens soviel Ladung erhalten, als sie während der Entladungsperiode wieder abgeben müssen. Im Falle dies nicht sicher steht, muss ein Doppel-Zellschalter angewendet werden, welcher gestattet, während des ersten Theiles der Ladung die sämtlichen Schaltzellen mitzuladen und von einer beliebigen, veränderlichen Zahl derselben die Verbrauchsleitung abzuzweigen<sup>1)</sup>.

Unter Umständen kann sich die Anordnung von Gegenzellen auch in solchen Fällen empfehlen, in welchen die Bedingung, dass während der Ladung Lampen mitbrennen sollen, nicht besteht. Es wird dann durch die Gegenzellen nur die Zahl der erforderlichen Schaltzellen und damit die Anlagekosten vermindert. Das Schaltungsschema einer so eingerichteten Batterie nebst dem zugehörigen Zellschalter, in einer Construction von Voigt & Haeffner, zeigt Fig. 48.

---

<sup>1)</sup> Näheres über diese Schaltungsart vergl. Trumphy, Elektrotechn. Zeitschr. Bd. XIII, 1892, S. 262.

*AA* ist der ungetrennte Theil der Batterie, *GZ* sind vier Schaltzellen, *L* bedeutet die die Lampen enthaltende Verbrauchsleitung, *U* ist der Zellenwechsler. Der letztere enthält, ausser den mit den Zellen in der aus der Fig. ersichtlichen Weise verbundenen Contactstücken, die mit Ziffern bezeichnet sind, noch die vier bogenförmigen Schienen *mm*, *nn*, *b* und *c*. Die sämmtlichen

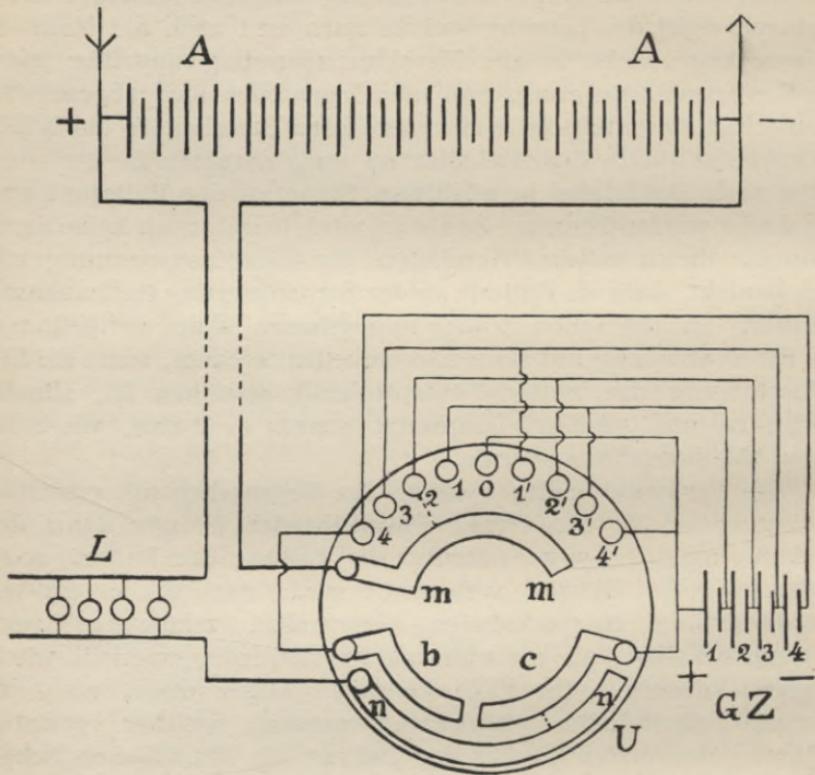


Fig. 48.

vorhandenen Schleifcontacte sind starr mit einander verbunden, sodass sie beim Drehen eines Handgriffes zusammen bewegt werden. Die Schleifhebel setzen stets gleichzeitig die Schiene *mm* mit einem der Zellencontacte und die Schiene *nn* mit einer der Schienen *b* und *c* in elektrische Verbindung. Zwischen den mit Ziffern bezeichneten Zellencontacten befinden sich noch »Zwischencontacte«, und das zugehörige Schleifstück ist in zwei Hälften getheilt, die in bekannter Weise durch den für alle Zellen gemeinsamen Zwischenwiderstand verbunden sind. Diese letzteren Theile sind jedoch, der besseren Uebersichtlichkeit halber, in

Fig. 51 weggelassen. In allen Stellungen des beweglichen Theiles, in welchen einerseits Schiene *nn* mit Schiene *c* in Verbindung ist, ist andererseits Schiene *mm* mit einem der fünf Contactstücke 4, 3, 2, 1 oder 0 verbunden. In diesen Stellungen sind bezw. 4, 3, 2 oder 1 Schaltzelle dem übrigen Theile der Batterie gegengeschaltet, während bei der Stellung auf Contactstück 0, wie an der Figur leicht zu verfolgen, sämtliche Schaltzellen ausgeschaltet sind. Dreht man den Handgriff des Apparates im Sinne des Uhrzeigers noch weiter, so gelangt das obere Schleifstück auf Contact 1', während das untere auf Schiene *b* übertritt. Damit ist die Schaltzelle 1 in additivem Sinne zur Batterie *AA* hinzugeschaltet. Beim Weiterdrehen auf 2' sind Zelle 1 und 2, auf 3' Zelle 1, 2 und 3 zugeschaltet u. s. f. In der Abbildung ist eine solche Stellung der Schleifstücke angenommen, dass Zelle 1 und 2 gegengeschaltet sind.

Während des Beginnes der Entladung, wenn die Elemente die höchste Spannung geben, werden alle vier Schaltzellen dem übrigen Theile der Batterie entgegengeschaltet. In dem Maasse, wie die Entladespannung sinkt, schaltet man, durch Drehen der Schleifhebel im Sinne des Uhrzeigers, eine Gegenzelle nach der anderen ab. Durch Weiterdrehen von Contact 0 nach 1', 2' u. s. f. werden dieselben Zellen alsdann hinzugeschaltet und damit die Spannung auf dem für die Verbrauchsleitung erforderlichen Betrage erhalten. Ist die Zahl der Schaltzellen, wie hier angenommen, 4, so kann man durch sie die Spannung der Batterie zu Anfang der Entladung um bis etwa 8 V vermindern, gegen Ende der Entladung um etwa 8 V erhöhen. Durch die Möglichkeit, die Schaltzellen bald subtractiv, bald additiv der übrigen Batterie hinzuzufügen, erreicht man also eine so grosse Veränderlichkeit der Spannung, wie sie, bei gleicher Grösse der ganzen Batterie, sich nur durch eine doppelt so grosse Anzahl von Schaltzellen der gewöhnlichen Art bewirken liesse.

In **30** ist ein »Gegen-Zellenschalter« von Voigt & Haeffner abgebildet, dessen Einrichtung dem in Fig. 48 veranschaulichten Schema entspricht.

**29a.** Bestimmung der Grösse einer Batterie. Wie sich die erforderliche Anzahl der Zellen aus der Verbrauchsspannung ergibt, wurde schon in **25** gezeigt.

Nicht so einfach gestaltet sich die Bestimmung der erforderlichen Grösse der Elemente, d. h. ihrer Capacität und maximalen Entladestromstärke. Der Grund hiervon liegt darin, dass es nicht nur, wie bei einer Dynamomaschine, auf den Maximalbetrag der

Verbrauchsstromstärke ankommt, sondern auch auf die Vertheilung des Consumes über die 24 Stunden des Tages, an welchem der grösste Verbrauch statthat. Der Accumulator besitzt ja nur eine beschränkte Capacität und muss nach Abgabe der dieser entsprechenden Strommenge wieder geladen werden, wozu die genügende Zeit und Maschinenkraft zur Verfügung stehen muss.

Die erforderliche Batteriegrösse aus der maximalen Entladestromstärke, der Vertheilung des Consumes über den Tag des grössten Verbrauches und noch etwaigen anderen Grundlagen präcis zu berechnen, ist überhaupt nicht gut möglich.

Für den einfachen Fall einer Beleuchtungsanlage für reinen Parallelbetrieb zwischen Dynamomaschine und Accumulatoren, bei der der maximale Entladestrom der Batterie zwischen etwa 50 und 100 Procent der maximalen Stromstärke der Dynamomaschine liegt, lässt sich eine angenäherte Bestimmung der Zellengrösse unter gewissen Voraussetzungen in der folgenden Weise ausführen:

Es bezeichne:

$M$  die maximale Verbrauchsstromstärke am Tage des grössten Consumes, in Ampère.

$J_d$  die maximale Stromstärke der Dynamomaschine in A.

$J_a$  die maximale Entladestromstärke der Batterie (bei Entladung in 3 Stunden), in A.

$C$  die Capacität der Batterie, bei 3stündiger Entladung, in Ampère-Stunden.

$A$  den gesammten Stromverbrauch der Anlage am »Maximaltage«, in A-Stunden. (Dieser ergibt sich durch Auftragen der als bekannt vorausgesetzten Verbrauchsstromstärke zu den einzelnen Tagesstunden, mit der Zeit als Abscisse, und Auswerthen der erhaltenen Curvenfläche.)

$t$  die Zeitdauer des Maschinenbetriebes am »Maximaltage«, in Stdn.

$D$  die directe Stromabgabe der Dynamomaschine an die Verbrauchsleitungen, in A-Stunden.

Zunächst ist

$$J_d + J_a = M \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{und } C = 3J_a$$

Setzt man voraus, dass die Dynamomaschine während der ganzen Zeitdauer  $t$ , die sie im Betriebe ist, mit ihrem Maximalstrome  $J_d$  beansprucht sei, was sich bei Parallelbetrieb unter den hier angenommenen Umständen häufig erreichen lässt, so bleibt für die Ladung der Batterie disponibel eine Strommenge von

$$t \times J_d - D \text{ Ampère-Stunden.}$$

Nimmt man ferner an, dass der auf die Elektrizitätsmengen (A-Std.) bezogene Wirkungsgrad, welcher unter den vorliegenden Betriebsverhältnissen erreicht wird, 85% betrage, so kann die Batterie nutzbar abgeben

$$0,85 (t \cdot J_d - D) \text{ A-Std.}$$

Da der Accumulator am »Maximaltage« vollständig ausgenutzt werden soll, so wäre vorstehender Betrag gleich der Capacität  $C$  der Batterie, wenn diese bei jedem beliebigen Entladestrome die gleiche Anzahl Ampère-Stunden ergeben würde. Thatsächlich geschieht aber in Beleuchtungsanlagen ein erheblicher Theil der Entladung mit einer geringeren, als der maximalen Stromstärke. Bei geringerem Strome erhält man aber eine etwas grössere Strommenge, als bei der maximalen Entladestromstärke (vergleiche **6** und **8**). Setzen wir nun gleichwohl obigen Betrag der A-Std., den der Accumulator nutzbar abgeben kann, gleich  $C$ , so begehen wir damit allerdings eine Ungenauigkeit. In dieser liegt aber ein Schutz gegen eine zu weitgehende Entladung der Batterie, denn diese besitzt dann thatsächlich eine etwas grössere Capacität, als wir für die Berechnung annehmen.

Wir setzen also

$$\begin{aligned} 0,85 (t \cdot J_d - D) &= C \\ \text{oder, da } C &= 3 J_a \\ 0,85 (t \cdot J_d - D) &= 3 J_a \quad (2) \end{aligned}$$

Endlich ist

$$D + 3 J_a = A \quad (3)$$

Setzt man nun für die Zeitdauer  $t$  des Maschinenbetriebes am Maximaltage einen Betrag fest, welcher praktisch passend erscheint, so lassen sich die drei Unbekannten  $J_a$  (bezw.  $C$ ),  $J_d$  und  $D$  aus den mit (1), (2) und (3) bezeichneten Gleichungen berechnen. Man erhält:

$$\begin{aligned} J_a &= \frac{tM - A}{t + 0,53} \text{ und daraus} \\ C &= 3 J_a = 3 \frac{tM - A}{t + 0,53} \end{aligned}$$

Ferner:

$$\begin{aligned} J_d &= M - J_a = M - \frac{tM - A}{t + 0,53} \\ D &= A - 3 J_a = A - 3 \frac{tM - A}{t + 0,53} \end{aligned}$$

Würde man umgekehrt die Vertheilung der maximalen Stromstärke  $M$  auf Dynamomaschine und Accumulator willkürlich wählen, womit  $J_d$  und  $J_a$  gegeben sind, so liesse sich die Dauer  $t$  des Maschinenbetriebes in ähnlicher Weise berechnen. Man erhält in diesem Falle

$$t = \frac{A + 0,53 J_a}{J_d}$$

Es sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass diese Art der Bestimmung der Batteriegrösse, ganz abgesehen von der kleinen Ungenauigkeit in der Annahme von  $C$ , nur in gewissen Grenzen, welche allerdings die am meisten vorkommenden Betriebsverhältnisse umfassen, praktisch brauchbare Resultate liefert.

Zahlenbeispiel. Durch Erhebungen sei festgestellt, dass am Tage des grössten Verbrauches die in die Leitungen zu liefernde Stromstärke den Maximalwerth von 330 A erreichen und dass der gesammte Consum an diesem Tage 1750 A-Stdn. betragen werde. Also

$$M = 330; A = 1750.$$

Setzt man nun die Zeitdauer, während welcher die Dynamomaschine an dem genannten Tage laufen soll, auf 11 Stunden fest ( $t = 11$ ), so ergeben die oben abgeleiteten Ausdrücke:

$$J_a = \frac{11 \times 330 - 1750}{11 + 0,53} = \text{rund } 163 \text{ Amp.}$$

also  $C = 3 J_a = 489 \text{ Amp.-Stdn.}$

ferner  $J_d = M - J_a = 167 \text{ Amp.}$

$$D = A - C = 1261 \text{ Amp.-Stdn.}$$

Die Maximalstromstärke der Maschine wird also ungefähr gleich der des Accumulators.

Setzt man umgekehrt im vorliegenden Falle die Vertheilung der maximalen Verbrauchsstromstärke willkürlich so fest, dass die Batterie davon  $\frac{1}{3}$ , die Dynamomaschine  $\frac{2}{3}$  liefern soll, also

$$J_a = 110, J_d = 220 \text{ A,}$$

so findet man die erforderliche Zeitdauer des Maschinenbetriebes am Maximaltage aus der oben abgeleiteten Beziehung:

$$t = \frac{A + 0,53 J_a}{J_d} = \frac{1750 + 0,53 \times 110}{220} = 8,24 \text{ Stdn.}$$

Wann mit dem Maschinenbetrieb zu beginnen ist, ergibt sich mit Hülfe der als bekannt angenommenen Consumeurve. Die

Dynamomaschine wird Abends zu der Zeit stillgesetzt, zu welcher die Verbrauchsstromstärke auf den Betrag des normalen Entladestromes der Batterie gesunken ist und von da ab ihn nicht mehr überschreitet. Daher muss im vorliegenden Falle 8,24 Stunden vor diesem Zeitpunkte mit dem Maschinenbetrieb angefangen werden.

Da aber angenommen wurde, dass die Dynamomaschine, so lange sie läuft, stets mit ihrer maximalen Stromstärke beansprucht sei, so ist Voraussetzung, dass der Consum am Tage so verlaufe, dass sich dies ermöglichen lässt. Hieraus erhellt also wiederum, dass, wie schon oben betont, beim Gebrauche der hier abgeleiteten Formeln Vorsicht zu üben, d. h. auf die thatsächlich vorliegenden Verhältnisse gehörige Rücksicht zu nehmen ist.

### Hülfapparate.

Durch die Hinzufügung von Accumulatoren zu einer elektrischen Beleuchtungsanlage wird eine Anzahl Hülfapparate erforderlich, welche lediglich dem Betriebe der Sammlerbatterie dienen und in Anlagen für reinen Maschinenbetrieb fehlen. In den Abbildungen der vorstehend beschriebenen Schaltungen (Fig. 42—48) sind sie zum Theil nur angedeutet, zum Theil ganz weggelassen. Weiter unten folgt eine ausführlichere Schaltungsskizze, in der sie sämmtlich eingezeichnet sind. Von diesen für den Accumulatorenbetrieb charakteristischen Apparaten sollen im Folgenden eine Anzahl Constructionen kurz beschrieben werden.

**30. Zellenschalter.** Der Zweck und das Constructionsprincip dieser Apparate wurde bereits unter **24** eingehend erläutert. Die neueren Formen enthalten durchweg nur noch einen Zwischenwiderstand für jeden Contacthebel. Dieser Widerstand wird dann, wie früher gezeigt, gewöhnlich an dem Hebel selbst befestigt, sodass er mit diesem fortbewegt wird. Die sogenannten Zwischencontacte fallen damit weg und sind durch passende Stücke aus Isolirmaterial, oder durch isolirte Metallstücke ersetzt. Die Grundplatten für Zellenschalter werden durchweg aus feuersicherem Material, vorwiegend Schiefer oder Marmor, hergestellt und eventuell noch auf einem gusseisernen Rahmen montirt.

Von den zahlreichen im Handel befindlichen Constructionen von einfachen und doppelten Hand-Zellenschaltern sind hier einige aus deutschen Fabriken stammende beschrieben.

Fig. 49 zeigt einen Einfach-Zellenschalter der »Accumulatoren-Fabrik, Actien-Gesellschaft«, für 13 Schaltzellen. Die

Zwischenstücke zwischen den Zellencontacts bestehen aus Isolirmaterial. Der Zwischenwiderstand aus Neusilberdraht, der in

Spiralform gewickelt ist, ist deutlich sichtbar. Von dem Hauptschleifcontact (R in der schematischen Fig. 41, S. 79) geht der Strom nicht durch Vermittelung der Drehaxe des Apparates zur Verbrauchsleitung; hierzu dient vielmehr ein besonderer, in der Abbildung nach unten gerichteter Schleifhebel, der auf dem inneren, ringförmigen Metallstück schleift. Das Ganze ist auf einer Schieferplatte montirt.

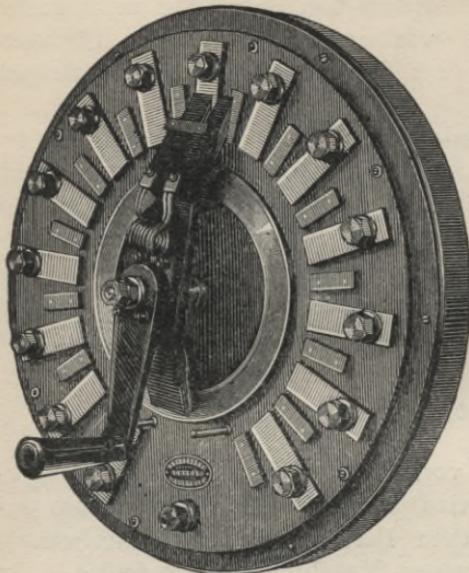


Fig. 49.

Ein kleiner Zellschalter einfachster Art, von Voigt & Haeffner, ist Fig. 50

abgebildet. Auch bei diesem ist der Zwischenwiderstand eine Neusilberspirale. In die runden Vertiefungen, welche in dem inneren Metallringe sichtbar sind,

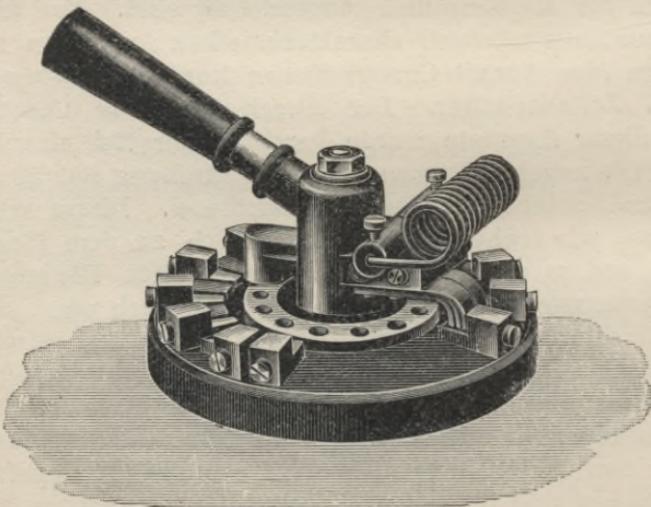


Fig. 50.

drückt sich ein mit der Kurbel verbundener Stift jedesmal dann etwas ein, wenn beim Verstellen der Hauptcontact gerade in der

Mitte eines der festen Zellencontactstücke angelangt ist, wodurch das Anhalten des drehbaren Theiles in der richtigen Stellung gesichert wird.

Bei dem Einfach-Zellenschalter von Dr. Paul Meyer, Fig. 51, sind die Zwischenräume zwischen den festen Zellencontacten durch Glasstücke ausgefüllt. Von den beiden Schleifcontacten ist nur der eine sichtbar. Unterhalb der Drehungsaxe sitzen zwei An-

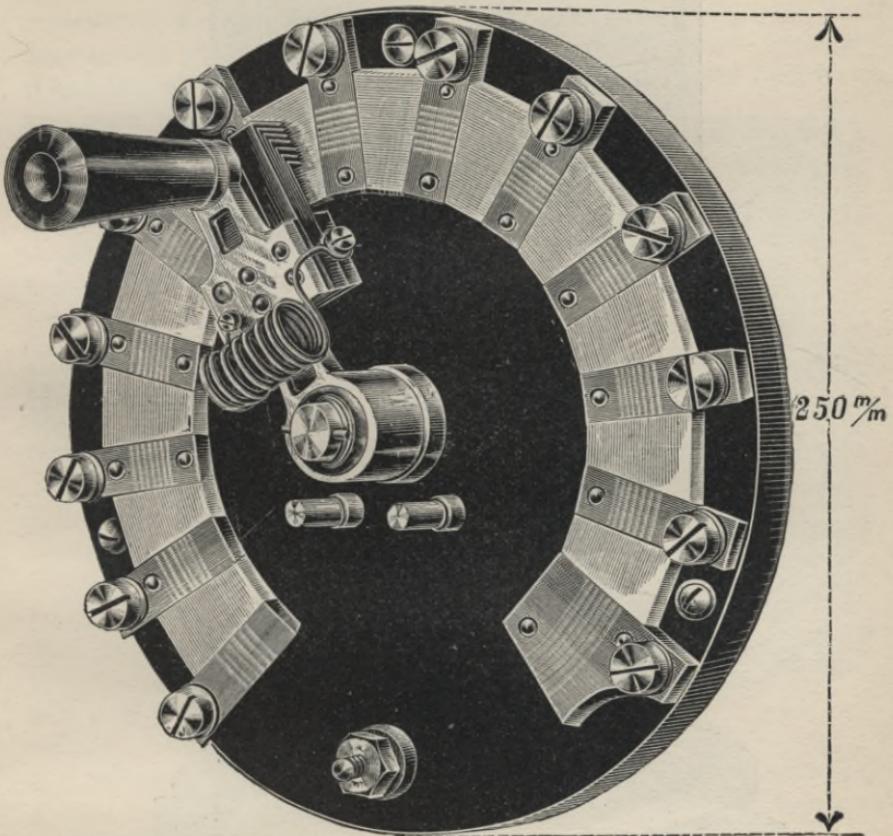


Fig. 51.

schlagstifte, die die Bahn des Schleifhebels nach beiden Seiten begrenzen.

Einen Doppelzellenschalter der »Accumulatorenfabrik, Actien-Gesellschaft« zeigt Fig. 52. Die beiden Schleifhebel sind verschieden lang, sodass sie auf den nämlichen Contactstücken, der eine aussen, der andere weiter innen, schleifen können. Die einzelnen Zellencontactstücke haben zu diesem

Zwecke eine erhebliche radiale Länge. Die Zwischenwiderstände für beide Hebel sind deutlich sichtbar; sie bestehen je aus zwei

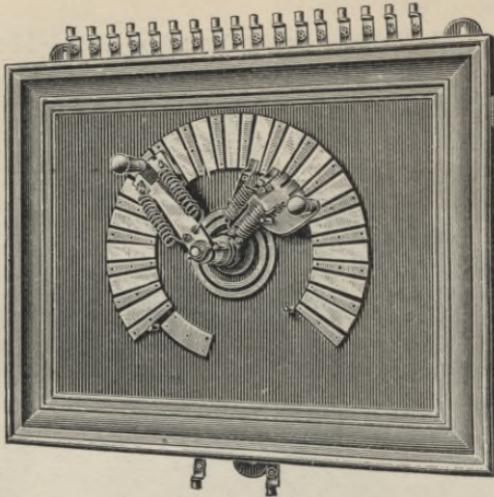


Fig. 52.

Drahtspiralen aus Neusilber. Die leitende Verbindung der Schleifhebel mit der Verbrauchsleitung, bezw. dem Ladeumschalter (vgl.

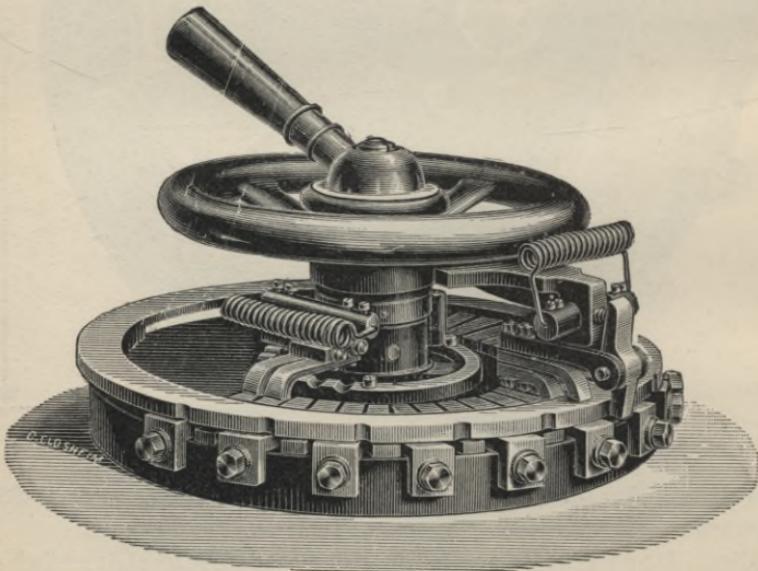


Fig. 53.

Fig. 43, S. 83) wird durch die beiden nach innen liegenden Metallringe, auf welchen besondere Federcontacte schleifen, bewerkstelligt. Die Zellencontacte sind zwar in einem Kreisbogen an-

geordnet, es ist jedoch bequem, wenn die Klemmen, von welchen die Leitungen zu den Schaltzellen führen, in gerader Linie sitzen. Diese Einrichtung ist dem hier abgebildeten Apparate dadurch gegeben, dass die Zellencontacte mit den genannten Klemmen durch passend gebogene Leitungsstücke in Verbindung stehen.

Bei dem in Fig. 53 abgebildeten Doppel-Zellenschalter von Voigt & Haeffner, für 30 A, nehmen die Contactstücke ebenfalls einen Theil eines Kreisumfanges ein. Der längere, aussen schleifende Hebel wird durch das Handrad, der kürzere durch den schräg stehenden Handgriff bewegt. Die beiden Zwischenwiderstände sind deutlich zu erkennen, ebenso die Art und Weise, wie beim längeren Hebel die richtige Stellung auf den einzelnen Contactstücken durch Einschnappen einer kleinen, federnden Vorrichtung in halbrunde Einschnitte des isolirt über den Zellencontacten liegenden Messingringes markirt wird.

Von Doppel-Zellenschaltern mit geradliniger Anordnung der Contactstücke zeigt Fig. 54 eine Construction von Siemens & Halske. Die beiden Schleifcontacte sind Schlitten, die durch Zahn und Trieb bewegt werden. Die Zuleitung von den Zellen zu den Contactstücken, welche letztere zwischen den beiden Schlittenbahnen liegen, geschieht von unten her. Die Zwischenwiderstände werden bei diesem Apparat nicht mit den Schleifcontacten auf und ab bewegt, sondern sitzen fest, je zwischen den beiden äussersten Metallschienen, welche am rechten und linken Rande zu sehen sind. Auf diesen schleifen je zwei besondere Federcontacte, die je mit dem Haupt- und Nebencontacte des betreffenden Schlittens leitend verbunden sind.

Die Bewegung der Contactschlitten geschieht bei dem in Fig. 55 abgebildeten Doppel-Zellenschalter der »Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft« mittelst Schraubenspindeln, die durch Kurbeln gedreht werden. Die beiden Schleifcontacte besitzen Verlängerungen nach oben, welche, wie bei dem Fig. 54 abgebildeten Apparate, auf zwei isolirten Schienen schleifen, zwischen die der feststehende Zwischenwiderstand geschaltet ist.

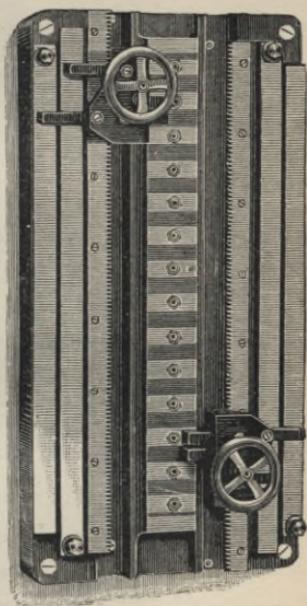
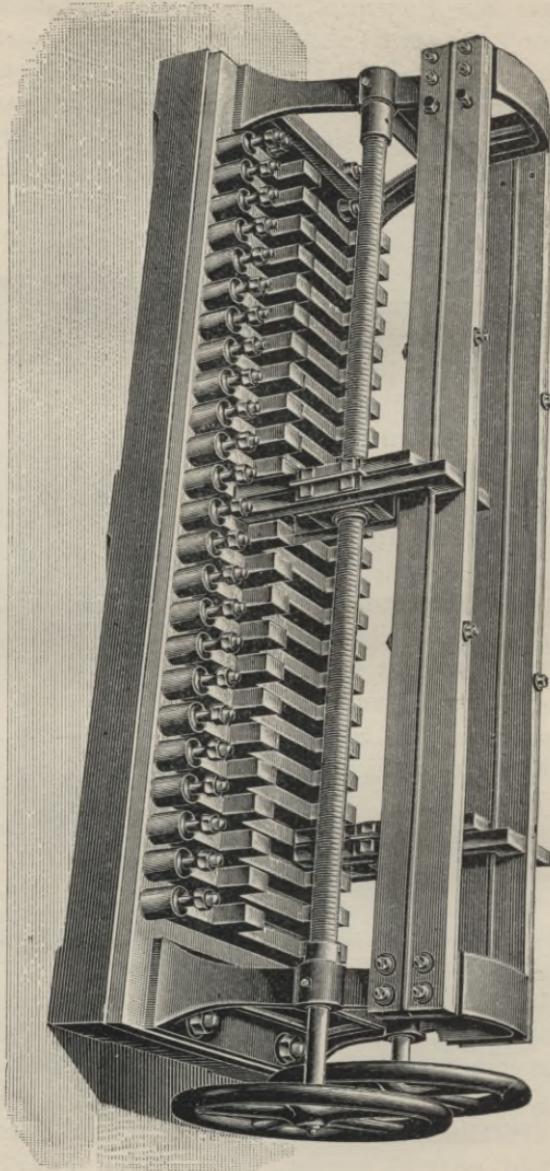


Fig. 54.

Die geradlinige Bewegung der Contactschlitten durch Schraubenspindeln wurde zuerst bei den, von Herm. Müller construirten Zellschaltern der »Elektricitäts-Actien-Gesellschaft, vor-

Fig. 55.



mals Schuckert & Co.« angewendet. Bei den Modellen dieser Art für hohe Stromstärken (von etwa 500 A ab) bringt Herm. Müller eine Vorrichtung an, welche verhütet, dass die Zellen-

contacts und Schleifstücke, durch Funkenbildung beim Verstellen, allmählig beschädigt werden. Wie aus **24** zu ersehen, wird beim Verschieben der Contacts jede aus- oder einzuschaltende Zelle vorübergehend durch den Zwischenwiderstand geschlossen und der diesen durchfliessende Strom dann wieder unterbrochen. Es ist nicht zu vermeiden, dass beim Unterbrechen Funkenbildung an der Oeffnungsstelle auftritt, die bei Zellenaltern für starke Ströme die Contacttheile allmählig nicht unerheblich angreift, sie rauh und schliesslich unbrauchbar macht. Bei grossen Zellenaltern für viele Zellen sind aber die dadurch nothwendig werdenden Reparaturen kostspielig und zeitraubend. Deswegen

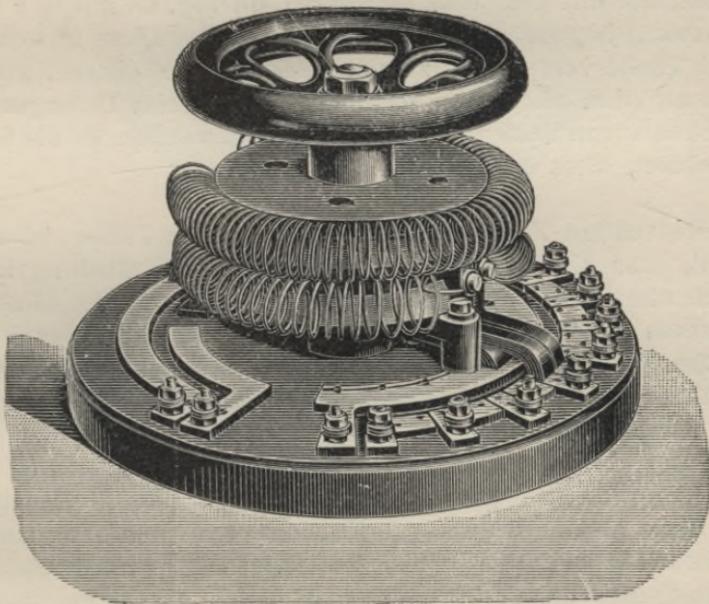


Fig. 56.

verbindet Herm. Müller mit dem Zellenalter einen besonderen Ausschalter, den sogenannten Funkenentzieher, der den Schluss der betreffenden Zelle durch den Zwischenwiderstand jedesmal einen Augenblick früher unterbricht, als der bezügliche Schlittencontact es thun würde. Die Bethätigung der Ausschaltvorrichtung erfolgt zwangsläufig durch das Drehen der Zellenalterspindel. Dadurch bleiben die Zellencontacts funkenlos, denn der Oeffnungsfunke tritt jedesmal nur an der erwähnten, für alle Zellen gemeinsamen Ausschaltvorrichtung auf. Diese besitzt auswechselbare Contactstücke, deren zeitweiliger Ersatz nur unerhebliche Kosten und Zeitverlust erfordert.

Eine Beschreibung der Schaltung und der constructiven Ausführung des Apparates würde hier zu weit führen. Sie findet sich »Elektrotechnische Zeitschrift«, 1892, Seite 70.

Endlich zeigt Fig. 56 einen sogenannten Gegenzellen-Schalter von Voigt & Haeffner, dessen Einrichtung dem Seite 94, Fig. 48 abgebildeten und erläuterten Schema entspricht. Der äussere Contacthebel, dessen beide Schleiffederbündel auf den eigentlichen Zellencontacten schleifen, ist deutlich zu erkennen. Zwischen diese Schleifstücke ist die untere der beiden Drahtspiralen als Zwischenwiderstand geschaltet. Auf der linken Seite des Apparates ist noch das Ende der zweiten Schleifvorrichtung zu sehen, die auf den links sichtbaren (in Fig. 48 mit *b*, *c* und *n* bezeichneten) bogenförmigen Schienen schleift. Diese ist ebenfalls in zwei Theile zerspalten, zwischen denen der obere Zwischenwiderstand sitzt. Letzterer verhindert, dass beim Uebergang des Schleifhebels von Schiene *c* auf *b*, zwischen welchen ja die Schalterzellen sitzen, diese kurz geschlossen werden.

**Selbstthätige Zellenschalter.** In manchen Fällen ist es erwünscht, dass die Klemmenspannung einer in Entladung befindlichen Accumulatoren-Batterie constant gehalten werde, ohne dass eine Person die Regulirung besorgt. Dies ist z. B. der Fall in Beleuchtungsanlagen, in welchen zur Nachtzeit, sowie in den Tagesstunden, in denen der Maschinenbetrieb ruht, die Bedienungskosten erspart werden sollen. Man kann dies ermöglichen durch Anwendung eines Zellenschalters, bei welchem der Entladecontact selbstthätig verstellt wird in dem Maasse, in dem die Spannung der Batterie abnimmt. Die erforderliche Kraft zur Bewegung der Entladekurbel liefert die Batterie selbst. Die zeitweilige Auslösung der Bewegungsvorrichtung geschieht durch ein sogen. Relais, dessen Wickelung, wie die eines Spannungsmessers, mit den Punkten der Leitungsanlage verbunden ist, an welchen die Spannung constant erhalten werden soll.

Es existiren eine Anzahl von Constructionen derartiger automatischer Zellenschalter, von denen jedoch nur eine hier beschrieben werden soll.

Der selbstthätige Zellenschalter von **Trumpy** wird von der »Accumulatoren-Fabrik, Actien-Gesellschaft« in Hagen i. W. gebaut. Die Construction, Schaltung und Wirkungsweise dieses Apparates, sammt seinen Zubehörtheilen, kann aus der schematischen Fig. 57, die zugleich Schaltungsskizze ist, deutlich ersehen werden.

Die Drahtwicklung des in Fig. 57a besonders abgebildeten Relais  $R$  ist, unter Vorschaltung des Widerstandes  $W$ , mit den Punkten der Anlage verbunden, an denen die Spannung constant erhalten werden soll. Je nachdem der bewegliche Theil des Relais die untere oder die obere der beiden Contactschrauben berührt, wird dadurch einer der beiden Elektromagnete  $E_1$  und  $E_2$  von den Accumulatoren aus erregt. Diese Elektromagnete bewirken

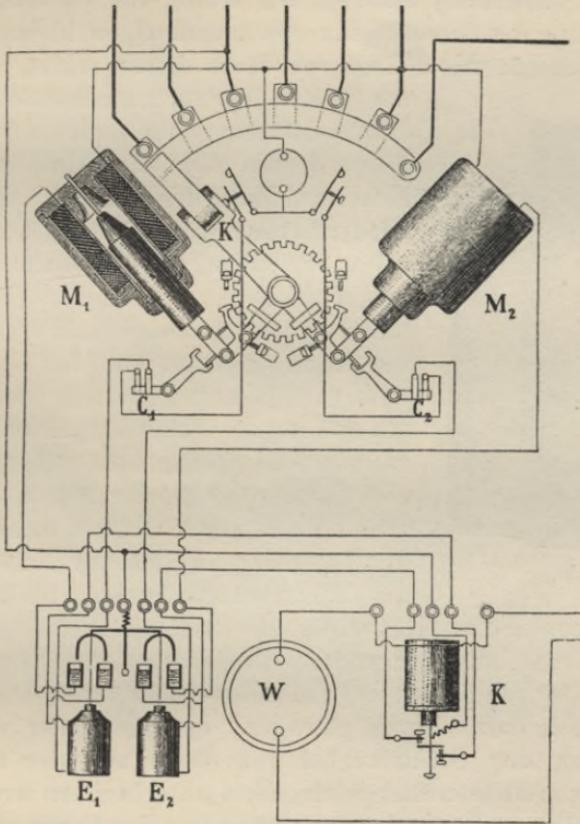


Fig. 57.

jedoch ihrerseits noch nicht die Bewegung der Zellschalterkurbel. Sie schliessen vielmehr dadurch, dass der eine oder andere von ihnen seinen Eisenkern in sich hineinzieht, den einen oder anderen von zwei Quecksilbercontacts, wie in Fig. 57 deutlich hervortritt. Dadurch erhält endlich einer von den beiden grossen Elektromagneten  $M_1$  und  $M_2$  Strom, ebenfalls aus der Accumulatoren-batterie.  $M_1$  und  $M_2$  sind sogen. Topf-Elektromagnete mit starken Eisenkernen, wie ein Blick auf  $M_1$ , der im Schnitt ge-

zeichnet ist, ergibt, und vermögen eine beträchtliche Krafterleistung zu entwickeln. Wird einer von ihnen erregt, so zieht er seinen Ankerkern in sich herein, und ein von diesem gedrehter Hebel greift mittelst eines Sperrzahnes in das mit der Schleifkurbel des Zellenhalters verbundene Sperrrad ein. Dadurch wird die Kurbel von einem Zellencontact bis zum nächsten bewegt. In dem Augenblicke, wo der Ankerkern ganz hineingezogen ist, bewirkt er, in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise, bei  $C_1$  bezw.  $C_2$ , die Unterbrechung des Stromes für den zugehörigen kleinen Elektromagnet ( $E_1$  bezw.  $E_2$ ). Dadurch lässt dieser seinen Anker los, der Quecksilbercontact öffnet sich und der Haupt-Elektromagnet wird stromlos. In Folge dessen zieht eine (in Fig. 57 nicht sichtbare) Feder den Eisenkern des letzteren wieder heraus, wobei der zugehörige Sperrzahn in seine Anfangsstellung zurückgleitet, ohne das Sperrrad und die Schleifkurbel mitzunehmen. Sobald der Ankerkern des Hauptmagnetes aus der Spule wieder weit genug herausgetreten ist, stellt er selbstthätig die Verbindung des zugehörigen kleinen Elektromagnetes mit der Batterie (bei  $C_1$  oder  $C_2$ ) wieder her, und falls das Relais noch weiter Contact macht, beginnt das beschriebene Spiel von Neuem, sodass die Zellenhalterkurbel nochmals um



Fig. 57 a.

einen Zellencontact verstellt wird. Je nach der Stellung des Relais arbeitet der eine oder der andere der beiden Hauptmagnete, und es werden dadurch Zellen entweder ein- oder ausgeschaltet. Es ist ferner noch dafür Sorge getragen, dass in jeder der beiden Endstellungen der Schleifkurbel von dieser aus der Stromkreis des bezüglichen kleinen Elektromagnetes unterbrochen wird, sodass, selbst bei weiter andauernder Contactgebung des Relais, der Hauptmagnet, welcher eine Weiterbewegung der Kurbel im gleichen Sinne wie zuvor zu bewirken streben würde, keinen Strom mehr erhält.

In Fig. 58 ist der eigentliche Schaltapparat, bestehend aus den Magneten  $M_1$  und  $M_2$ , dem Sperrrade mit Schleifkurbel und den Zellencontacts, in der Vorderansicht, in Fig. 59 von der Rückseite gesehen, abgebildet.

Der gleiche Apparat wird auch als Doppel-Zellenhalter ausgeführt. In diesem Falle wird jedoch nur der Entladehebel in der beschriebenen Weise selbstthätig bewegt, sodass die den

Lampen zuzuführende Spannung constant erhalten wird. Der Ladehebel dagegen wird während der Ladung von Hand verstellt. Für die Entladeperiode lässt er sich mit dem Entladehebel so kuppeln, dass beide auf den gleichen Zellencontacten stehen und durch den selbstthätigen Apparat gemeinsam und in gleicher Weise verstellt werden.

Die Anordnung von Zwischenwiderständen geschieht bei dem

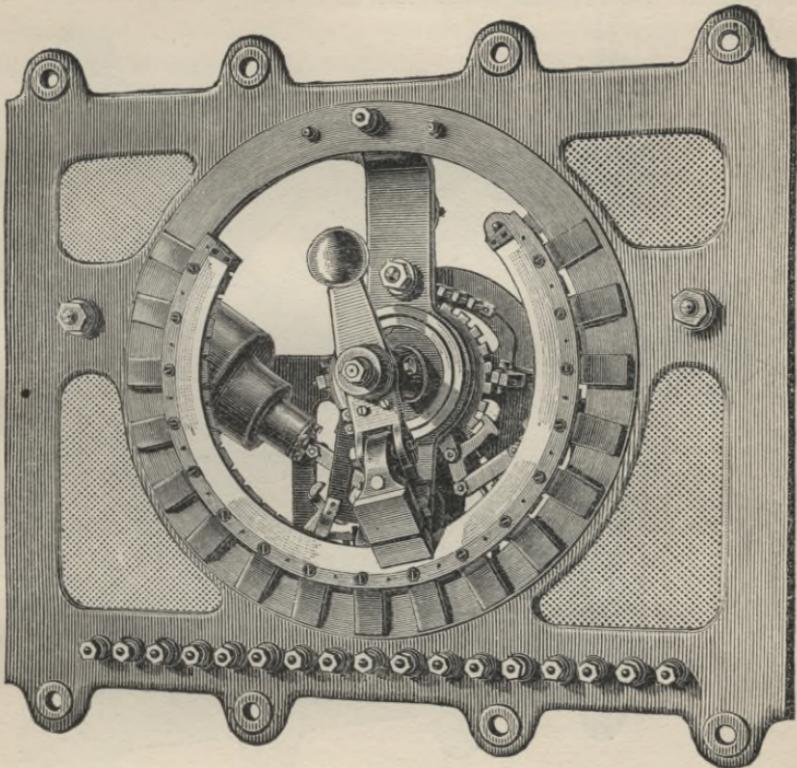


Fig. 58.

Selbstzellenschalter in genau der nämlichen Weise, wie bei Hand-Zellenschaltern.

Für sehr grosse Stromstärken wird der Apparat in der Weise abgeändert, dass ein kleiner Elektromotor die zum Verstellen der Kurbel erforderliche bewegende Kraft liefert.

**31. Selbstthätiger Ausschalter.** Wie früher (22) ausgeführt wurde, ist beim Laden einer Accumulatorenatterie die Möglichkeit des »Umschlagens des Stromes« nicht ganz ausgeschlossen. Wenn auch bei Verwendung einer Nebenschlussmaschine ein bleibender Schaden dadurch kaum entstehen kann, so kann doch der in

diesem Falle aus den Accumulatoren durch die Maschine fließende »Rückstrom« eine solche Höhe erreichen, dass er den Platten der Batterie nachtheilig und der Ankerwicklung der Maschine gefährlich wird. Bei Verwendung einer Compoundmaschine zum Laden ist diese Gefahr noch wesentlich grösser. Man lässt deswegen den Rückstrom überhaupt nicht zu Stande kommen, sondern lässt den Ladestromkreis zuvor mittelst eines selbstthätigen Ausschalters öffnen, der zwischen den einen Maschinenpol und

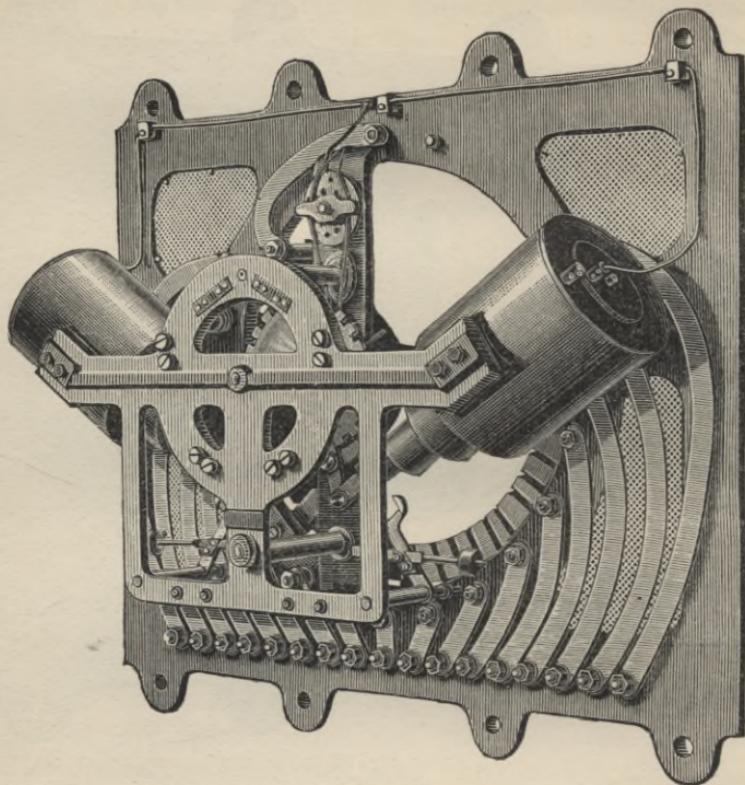


Fig. 59.

die Batterie eingeschaltet ist. Gewöhnlich ist der Ausschalter so eingerichtet, dass er in Thätigkeit tritt, wenn die Ladestromstärke bis zu einer bestimmten Grenze gesunken ist, oder wenn sie Null wird (Minimal-Ausschalter).

Fig. 60 zeigt einen selbstthätigen Ausschalter von Siemens & Halske, der zum Schutze von Dynamomaschinen bei Accumulatorenbetrieb bestimmt ist. Es ist ein sogen. Minimalausschalter, der beim Sinken der Stromstärke unter eine gewisse

Grenze wirkt. Der eigentliche Ausschalter enthält zwei feste Contactstücke, in deren Schlitz der federnde bewegliche Theil sich hineinschieben lässt. Die Achse des beweglichen Theiles trägt einen [Knickhebel, dessen horizontaler Arm mit einem Gewichte beschwert ist. Dieses ist bestrebt, unter dem Einfluss der Schwere herabzusinken und so den Ausschalter zu öffnen. So lange jedoch die Stromstärke über dem festgesetzten Minimalbetrage bleibt, wird der zweite, verticale Hebelarm durch eine Zunge festgehalten, die in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise an dem Anker eines Elektromagnetes befestigt ist. Wird der Strom zu schwach,

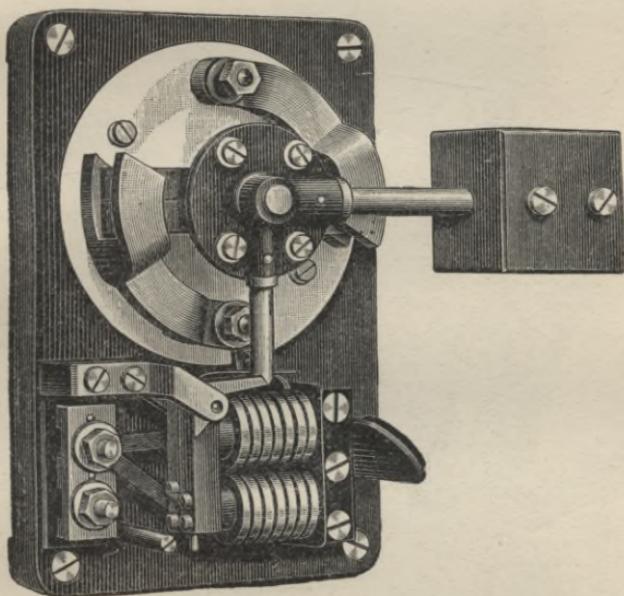


Fig. 60.

so nimmt die anziehende Kraft des Magnetes so weit ab, dass eine Blattfeder den Anker abzureissen vermag. Dadurch senkt sich die Zunge, giebt den Hebel frei, das Gewicht fällt und öffnet den Ausschalter.

Bei dem Minimalausschalter von Voigt & Haeffner (Fig. 61) sind der Schalthebel nebst Handgriff und der Anker des Elektromagnetes starr verbunden. Bei normalem Strome wird der Anker von den Magnetpolen festgehalten (jedoch durch in die letzteren eingelassene Messingstifte an direkter Berührung der Polflächen gehindert), und der Ausschalter ist in der aus der Abbildung erkennbaren Weise geschlossen. Sinkt die Stromstärke unter die

zulässige Grenze, so reißen eine kräftige Feder und die Schwere des Hebels den Anker ab, und der Strom wird unterbrochen. Eine Blattfeder dient als Anschlag für den fallenden Hebel und mildert so den Stoss.

Fig. 62 zeigt einen automatischen Ausschalter der »Accumulatorenfabrik, A.-G.« in Hagen, der ebenfalls bei Minimalstrom in Thätigkeit tritt. Die Abbildung zeigt den Apparat in geöffnetem Zustande. Der Elektromagnet besitzt nur eine einzige, horizontale Drahtspule. Die beiden Endflanschen der letzteren sind aus Eisen hergestellt und mit je einem eisernen Ansatz versehen. Die Ansatzstücke, welche durch ein nicht eisernes, mit Handgriff versehenes Querstück verbunden sind, bilden die wirksamen Pole des Elektromagnetes. Dieser

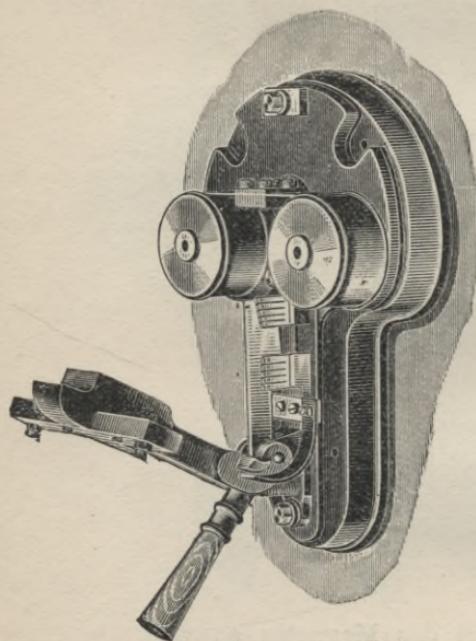


Fig. 61.

ist um die horizontale Axe drehbar. Dreht man ihn so, dass der Griff horizontal steht, so legen sich die Polstücke an eine feststehende wagerechte Eisenschiene an. Gleichzeitig tauchen zwei mit dem drehbaren Theile verbundene dicke, amalgamirte Kupferdrähte in zwei Quecksilbernäpfe und halten so den Ladestrom, der auch den Elektromagneten erregt, geschlossen. Sinkt die Stromstärke bedeutend, so vermögen die Polstücke, deren Magnetismus entsprechend geringer wird, sich nicht mehr festzuhalten, sondern werden durch ihr Gewicht

und dasjenige des Handgriffes herabgezogen. Damit treten die Kupferdrähte aus den Quecksilbernäpfen heraus und unterbrechen so den Strom. Für hohe Stromstärken ist die Spule des Elektromagnetes nicht mit Draht bewickelt, sondern die Wickelung ist aus einem starken Kupferrohre ausgefräst.

Ein nach dem nämlichen Princip gebauter Selbstausschalter von Dr. Paul Meyer, Berlin, ist in Fig. 63 abgebildet. Bei diesem ist nur ein einziger Quecksilbernapf vorhanden. Der Apparat verträgt 200 A als normale Stromstärke.

Fig. 64 veranschaulicht einen für etwa 150 A Normalstrom bestimmten Minimal-Quecksilberausschalter der »Accumulatorenfabrik«. In jedes Quecksilbergefäß taucht ein Bündel von amalgamirten Kupferstiften. Der Elektromagnet steht fest und hält im erregten Zustande einen eisernen Anker angezogen. Letzterer ist mit dem die Contactstiftetragenden Bügel und einem Gegengewichte starr verbunden. Das ganze System ist in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise um eine Axe drehbar. Sinkt der die Drahtwindungen durchfließende Ladestrom unter eine gewisse Grenze, so wird durch Wirkung des Gegengewichtes der Anker

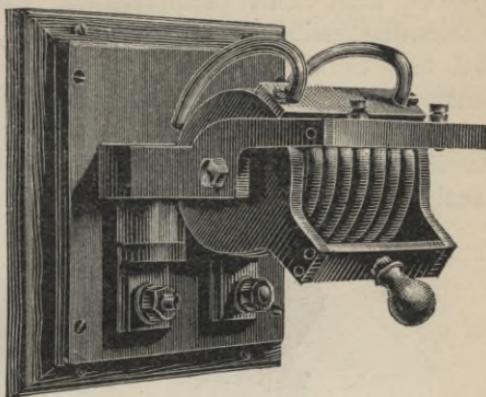


Fig. 62.

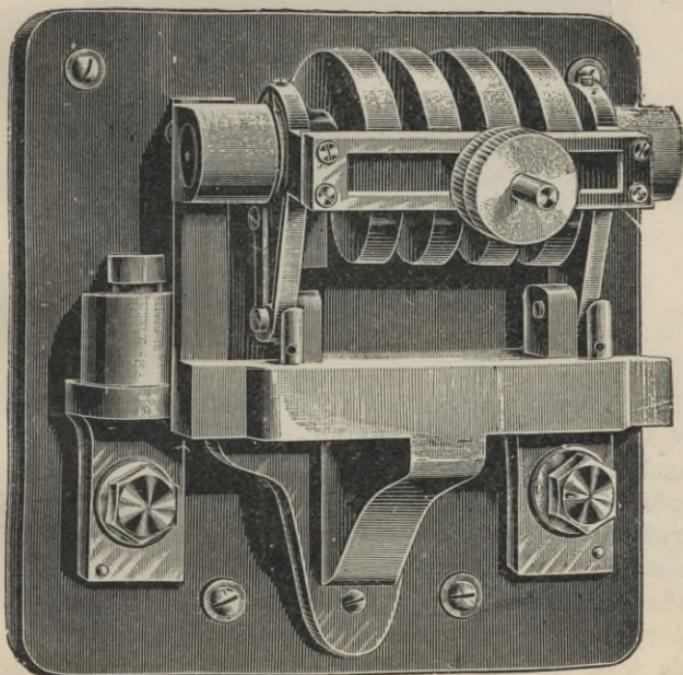


Fig. 63.

abgezogen und werden damit die Contactstifte aus dem Quecksilber herausgehoben.

Der selbstthätige Minimalausschalter von Hermann Müller, der von der »Elektr. Act.-Ges.« vormalig Schuckert & Co. gebaut wird und hauptsächlich für den Ladestromkreis von Accumulatoren-Batterien bestimmt ist, ist in Fig. 65 abgebildet. Bei der Construction ist angestrebt, dass der Apparat erst bei einer möglichst niedrigen Stromstärke in Thätigkeit treten, dann jedoch den Stromkreis mit einem schnellen Rucke öffnen soll. Auch bei diesem Apparate besitzt der Elektromagnet nur eine einzige Spule, die um eine horizontale Axe drehbar ist. Um

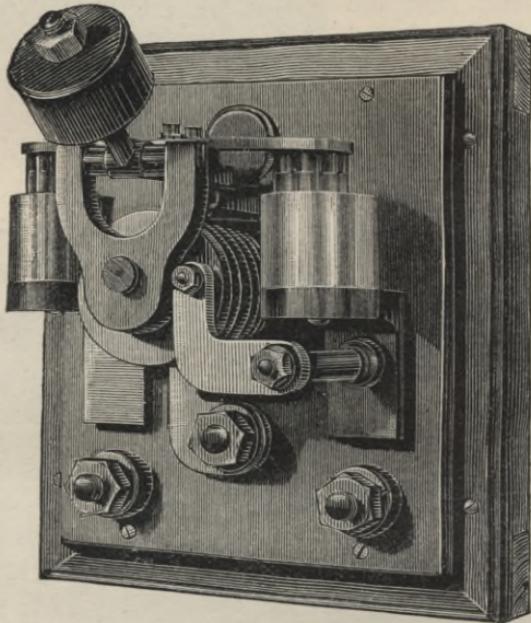


Fig. 64.

Quecksilbercontacte zu vermeiden, sind die Enden der Wicklung mit zwei Contactstücken verbunden, welche sich beim Schliessen des Ausschalters messerartig zwischen fest angebrachte Bündel von Kupferfedern einschieben. Die beiden Ansätze des Elektromagnetkernes, welche dessen Pole darstellen und durch den die Handhabe tragenden Bronzebügel verbunden sind, legen sich beim Schliessen des Ausschalters an einen Eisenanker, der auf der Grundplatte befestigt ist, und halten sich bei genügender Stromstärke da fest. In diesem Zustande des Apparates sind die beiden in der Abbildung rechts und links sichtbaren, kräftigen Spiralfedern gespannt. Der Zug, den sie dann auf den drehbaren Elektromagnet ausüben, ist jedoch nur mässig, da sie, wie leicht

ersichtlich, nur an einem ganz kurzen Hebelarm angreifen. In Folge dessen vermögen sie die Polstücke erst bei einem relativ sehr geringen Betrage des Magnetismus von ihrem Anker abzu-

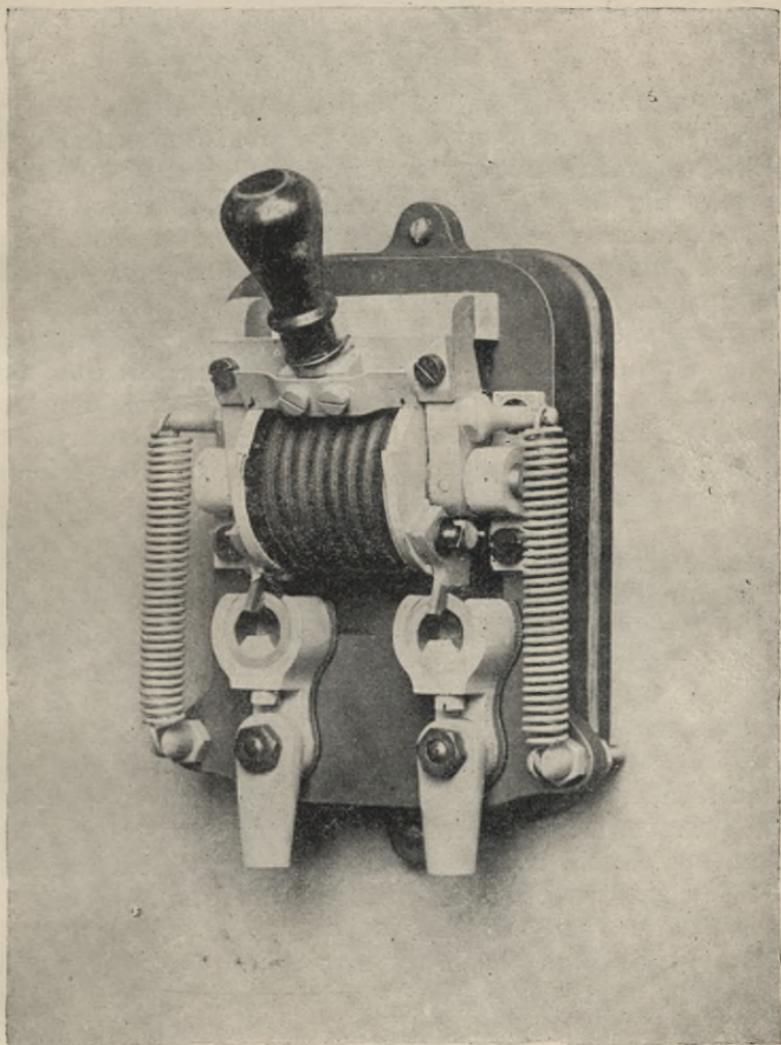


Fig. 65.

reißen. Sobald dies aber geschieht und das bewegliche System in Drehung kommt, nimmt die wirksame Länge des Hebelarms, an dem die Federn ziehen, rasch zu, sodass eine beträchtliche

Kraft entwickelt wird. Erst wenn der bewegliche Theil dadurch einen hohen Betrag von lebendiger Kraft erreicht hat, schlägt er in der aus der Abbildung erkennbaren Weise gegen den bis dahin noch unbewegten eigentlichen Ausschalter, wodurch dieser mit einem starken Rucke aus seinen Contacten nach hinten herausgerissen wird.

Wenn man einen der im Vorstehenden beschriebenen »Minimal-Ausschalter« bei Accumulatorenbetrieb verwendet, so schaltet man die Elektromagnetwicklung in den Ladestromkreis, und der Querschnitt der Drahtwindungen muss der Ladestromstärke entsprechend bemessen sein. Doch lassen sich derartige Apparate auch so anordnen, dass sie nicht durch das Abnehmen des Ladestromes, sondern durch das Sinken der Klemmenspannung der Dynamomaschine in Thätigkeit gesetzt werden. Der Elektromagnet erhält in diesem Falle eine Wickelung aus feinem Drahte, deren Enden mit den Klemmen der Maschine, also parallel zum Ladestromkreise, verbunden werden. Die Einrichtung solcher Apparate, die jedoch wenig benutzt werden, stimmt, bis auf die Wickelung, mit der oben beschriebenen überein.

Ausser den am häufigsten angewendeten Minimalausschaltern kommen für gewisse Zwecke auch selbstthätige Maximalausschalter zur Verwendung, d. h. Apparate, welche einen Stromkreis unterbrechen, wenn die Stromstärke eine gewisse Grenze nach oben überschreitet. Man schützt auf diese Art eine Accumulatorenatterie zuweilen gegen zu hohes Anwachsen der Entladestromstärke. Die Construction der selbstthätigen Starkstromausschalter kann im Wesentlichen die gleiche sein, wie die der Minimalausschalter. Nur muss die Verbindung des elektromagnetischen Theiles mit dem eigentlichen Ausschalter so gewählt sein, dass der letztere beim Anwachsen, statt beim Abnehmen, des Magnetismus in Thätigkeit tritt.

Der selbstthätige Starkstromausschalter der »Accumulatorenfabrik, Act.-Ges.« (Fig. 66) ist äusserlich dem Minimalausschalter derselben Firma (vgl. Fig. 62) fast völlig gleich. Nur hat der Elektromagnet Uebergewicht nach hinten, d. h. nach der Grundplatte zu, sodass die Kupferstifte von selbst in die Quecksilbernäpfe einsinken. Erst wenn die Stromstärke über den noch zulässigen Betrag anwächst, steigt die magnetische Anziehung zwischen den Polansätzen der Spule, welche bei diesem Apparate oberhalb des horizontalen Ankers liegen, und dem letzteren so

hoch, dass der bewegliche Theil sich nach vorn dreht und dadurch die Contactstifte aus den Quecksilbernäpfen herausgehoben werden.

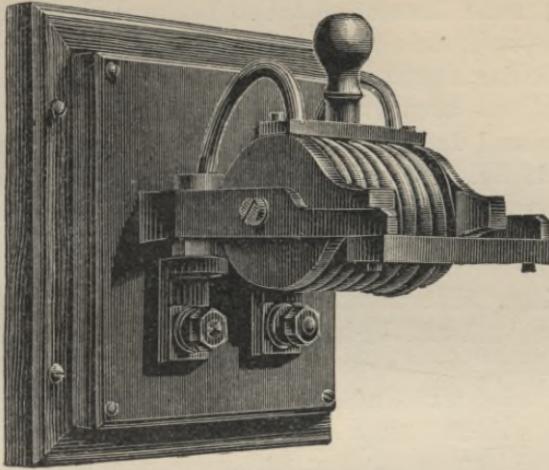


Fig. 66.

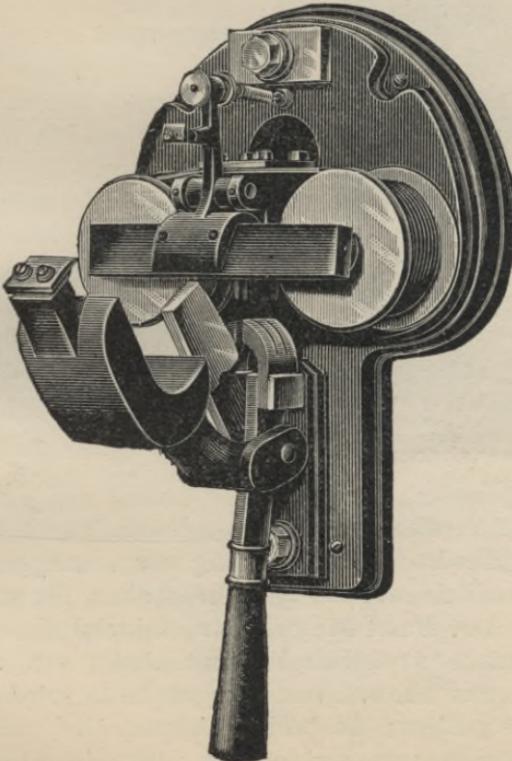


Fig. 67.

Fig. 67 zeigt den automatischen Maximalausschalter von Voigt & Haeffner. Bei normaler Stromstärke vermag der Elektromagnet seinen Ankerhebel, auf dessen zweiten Arm eine Feder wirkt, nicht heranzuziehen. Dadurch hält die Nase am oberen Ende desselben einen Ansatz des schweren Fallhebels fest. Ueberschreitet der Strom die obere Grenze, auf die der Apparat einregulirt ist, so bewirkt die Anziehung des Ankers, dass die Nase gehoben und dadurch der Fallhebel freigegeben wird. Dieser fällt durch die Schwere und reisst das messerartige eigentliche Contactstück zwischen den federnden festen Contacten heraus.

### 32. Umschalter, Stromrichtungszeiger, Widerstände.

**Umschalter.** Um zu ermöglichen, dass die Dynamomaschine nach Belieben bald auf Ladung der Batterie, bald direkt auf die Verbrauchsleitung geschaltet werden könne, oder um die Batterie auf Ladung oder auf Entladung zu schalten, sind Umschalter erforderlich, welche durch einfaches Drehen eines Hebels die bezügliche Aenderung in den Stromverbindungen vorzunehmen

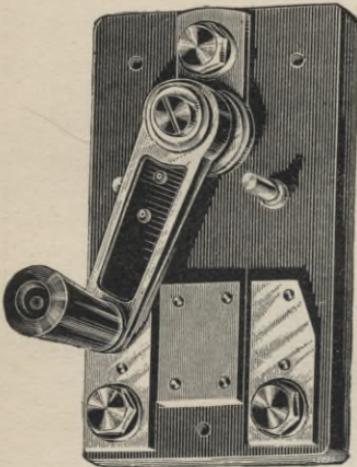


Fig. 68.

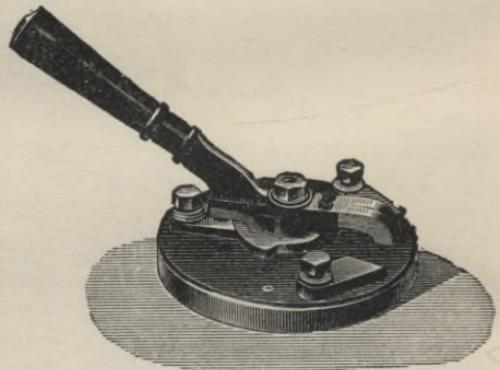


Fig. 69.

gestatten. Die Verstellung der beweglichen Theile geschieht gewöhnlich von Hand, ohne Mitwirkung von schnappenden Federn.

Fig. 68 stellt einen derartigen Umschalter, für mässige Stromstärken, von Dr. Paul Meyer dar, mittelst dessen ein Theil eines Stromkreises nach Belieben mit einem von zwei anderen verbunden werden kann. Von dem ersteren wird eine Leitung zu der Kurbel geführt; die beiden anderen sind mit den beiden festen Contactstücken in Verbindung, auf welche die Kurbel sich

aufschieben lässt. Zwischen den beiden letzteren ist ein Zwischenstück aus Isolirmaterial angebracht, welches verhindert, dass die Schleifkurbel zu tief in den Zwischenraum einsinkt. Für grössere Stromstärken ist der einpolige Hebelumschalter von Voigt & Haeffner (Fig. 69) bestimmt. Die Art der Schaltung ist genau die gleiche wie beim vorigen. Das bewegliche Contactstück ist aus zahlreichen Kupferfedern zusammengesetzt. Der Drehpunkt des Hebels nimmt an der Stromleitung keinen wesentlichen Antheil; diese wird vielmehr durch das zweite, unterhalb des Hebels sitzende Federnbündel vermittelt.

Einen einpoligen Umschalter ohne Stromunterbrechung von der »Accumulatorenfabrik, Act.-Ges.« veranschaulicht Fig. 70. Die Enden der bezüglichen Leitungen werden in die in der Abbildung sichtbaren Kabelschuhe eingelöthet. Die neben den eigentlichen Contactstücken nach aussen liegenden, ähnlich geformten Stücke bestehen aus Isolirmaterial und dienen den Enden des Schleifhebels, wenn der Strom ganz unterbrochen ist, zur Auflage.

**Reihenschalter.** Es wurde schon früher erwähnt, dass man in dem Falle, wo man genöthigt ist, eine Accumulatorenbatterie mit einer Dynamomaschine von nicht hinreichend hoher Kleinmenspannung zu laden, die Batterie zur Ladung in zwei Hälften parallel, zur Entladung dagegen alle Zellen hinter einander schaltet. Die Umschaltung geschieht mit Hülfe eines sog. Reihenschalters, der in Fig. 44 im Schema angedeutet und mit *C* bezeichnet ist. In Fig. 71 ist ein Apparat für diese Art der Umschaltung abgebildet. Die vier Klemmen werden mit den Polen der beiden Batteriehälften verbunden. Je nachdem man den Hebel nach rechts oder nach links dreht, sind die letzteren parallel oder in Serie verbunden. In der in der Fig. gezeichneten Mittelstellung ist die Verbindung zwischen den beiden Zellengruppen unterbrochen. Die Theile des

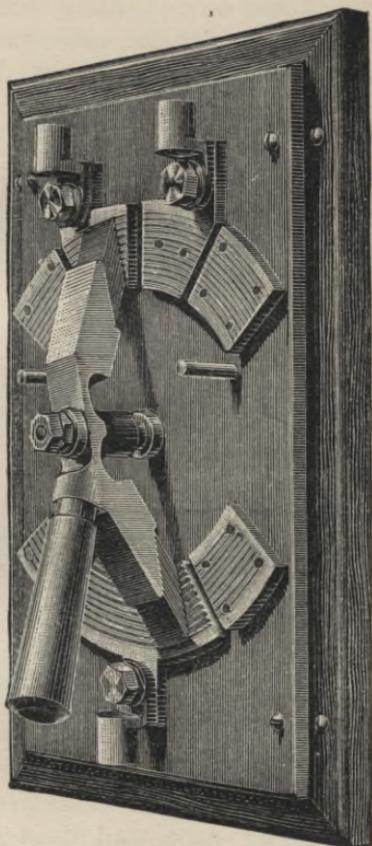


Fig. 70.

Apparates sind auf einer isolirenden Grundplatte (Schiefer, Marmor), die ihrerseits in eine Holzplatte eingelassen ist, montirt.

**Stromrichtungszeiger.** Da es wünschenswerth ist, zu jeder Zeit erkennen zu können, ob während der Ladung der Strom im richtigen Sinne fließt, sowie überhaupt, ob die Batterie Strom empfängt oder abgibt, so pflegt man in die vom einen Batteriepol kommende Leitung einen sog. Stromrichtungszeiger einzuschalten. Dies ist eine ganz einfache Vorrichtung, gewöhnlich aus einem um eine Axe drehbaren Magnetstäbchen bestehend, welches zwischen oder vor einigen Drahtwindungen angeordnet

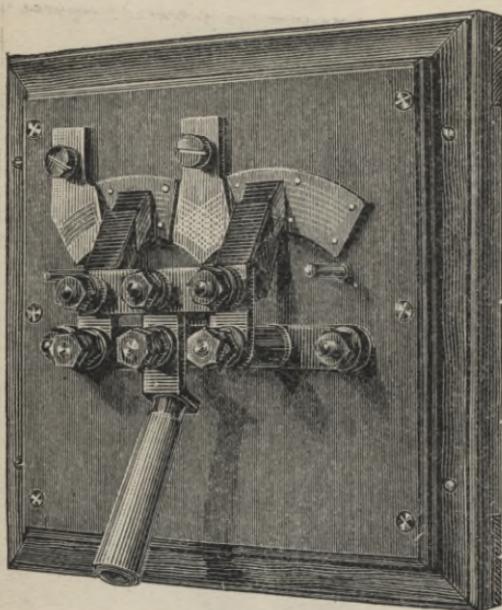


Fig. 71.

ist, für stärkere Ströme vor einem einzigen, geraden Leiterstück. Der Magnet dient entweder selbst als Zeiger, oder ist mit einem solchen fest verbunden. Meist ist das Ganze von einer durch Glas geschlossenen Dose umgeben, welche eine Papierscheibe enthält, auf der die Richtungen kenntlich gemacht sind, nach welchen der Ausschlag, je nachdem die Accumulatoren Strom erhalten oder abgeben, erfolgen muss. Man verlangt von einem derartigen Apparate, dass er schon bei schwachem Strome einen deutlichen

Ausschlag gebe und dass der Magnet desselben auch bei den höchsten vorkommenden Stromstärken nicht umpolarisirt werden könne. Einen Apparat dieser Art, von Hartmann & Braun, zeigt Fig. 72. Die Magnetsnadel ist vor einem einzigen geraden Leiter angebracht, der in die Zuleitung zu dem einen Ende der Batterie eingeschaltet wird. Eine zweite, Fig. 73 abgebildete Form rührt von der »Accumulatorenfabrik, A.-G.« in Hagen, her.

**Hauptstrom-Regulator.** In 27 ist ein Fall des Accumulatorenbetriebes beschrieben, in welchem die Spannung des von der Batterie in die Verbrauchsleitung gelieferten Stromes nicht durch einen Zellschalter, sondern mit Hülfe eines, im Hauptstrome

liegenden, veränderlichen Ballastwiderstandes regulirt wird. In Fig. 44 ist dieser im Schema angedeutet und mit *R* bezeichnet. Fig. 74 zeigt eine Construction (von der »Accumulatorenfabrik, A.-G.«) für einen derartigen Apparat. Der Widerstand ist in 9 Abtheilungen getheilt, die durch Verstellen der Schleifkurbel über den Contactstücken nach Belieben eingeschaltet werden können. Diese Schaltvorrichtung sitzt auf der isolirenden Deckel-



Fig. 72.



Fig. 73.

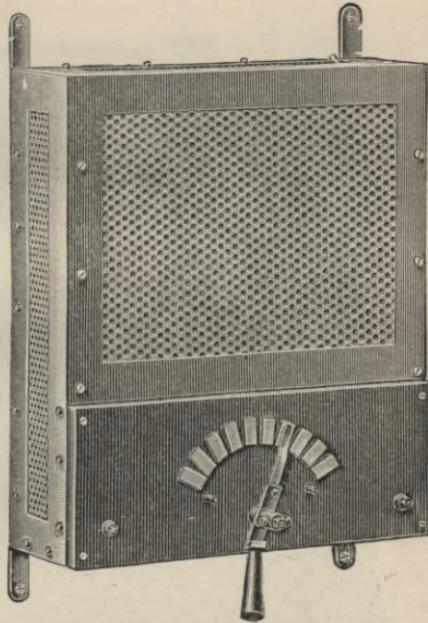


Fig. 74.

platte eines mit Gitterwänden versehenen Kastens, welcher letztere die Widerstände enthält. Einen zu dem gleichen Zwecke brauchbaren Kurbelrheostat von Dr. P. Meyer, für etwa 100 Ampère, stellt Fig. 75 dar. Bei diesem sind die Widerstände vertical stehende Spiralen aus sog. Kruppin, einer Legirung von hohem specif. Widerstande.

Die übrigen für den Accumulatorenbetrieb erforderlichen Apparate, wie Spannungsmesser (Voltmeter) Strommesser (Ampèremeter), Handausschalter, Bleisicherungen u. s. w., sind die nämlichen, wie sie beim reinen Maschinenbetriebe benutzt werden. Deswegen soll an dieser Stelle nicht näher auf sie eingegangen werden. (Ausführliche Erläuterungen und Beschreibungen

dieser Apparate finden sich in Heim, »Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen für Gleichstrombetrieb«, II. Auflage, Leipzig 1896).

**33. Schalttafel.** Für eine Beleuchtungsanlage, welche Accumulatoren enthält, ist eine sogen. Schalttafel erforderlich, auf der alle für den Betrieb erforderlichen Schalt-, Mess- und Regulirapparate angebracht werden, genau wie es auch bei Anlagen für reinen Maschinenbetrieb geschieht. Wird der Betrieb von vornherein

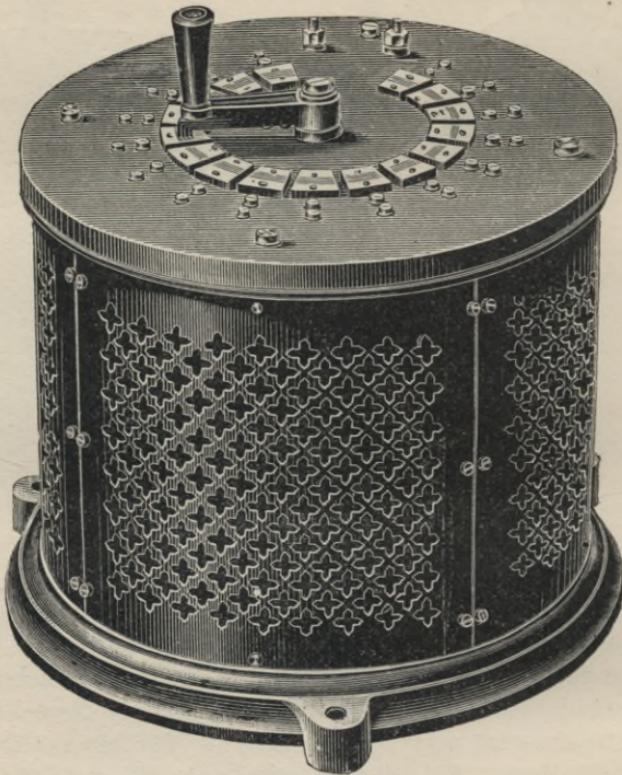


Fig. 75.

mit Accumulatoren eingerichtet, so werden sämtliche Apparate auf einer und derselben Tafel montirt. Wenn jedoch, wie es öfter vorkommt, einer nur für Maschinenbetrieb gebauten Anlage später eine Accumulatorenbatterie hinzugefügt wird, so bringt man neben dem Maschinenschaltbrette ein zweites an, das die hinzukommenden, durch den Sammlerbetrieb bedingten Vorrichtungen, welche in **30** bis **32** beschrieben wurden, enthält.

Zwischen beiden Schalttafeln sind dann nur einige wenige Verbindungen herzustellen.

In den früher (in **25** bis **29**, Fig. 42 — 48) gegebenen Schaltungsskizzen für Accumulatorenbetrieb sind nur die wesentlichsten Theile eingezeichnet, dagegen einzelne Apparate, wie

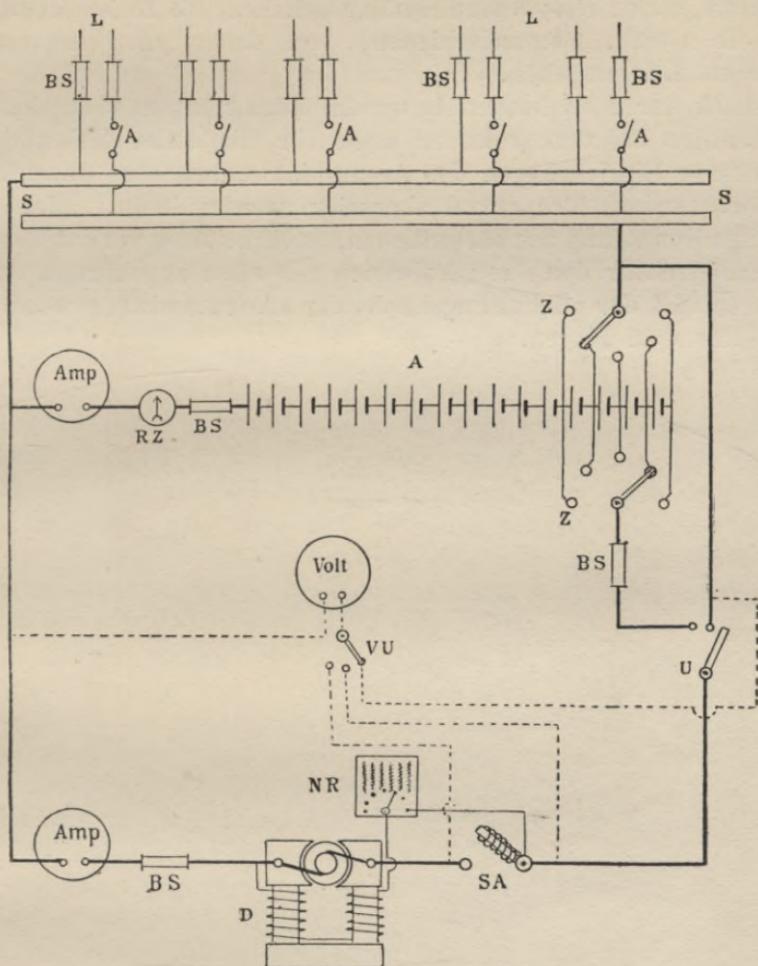


Fig. 76.

Spannungsmesser nebst Umschalter, Strommesser, Stromrichtungszeiger, Sicherungen und selbstthätige Ausschalter, weggelassen. Deswegen ist in Fig. 76 das Schema einer Schalttafel für Sammlerbetrieb und zwar für diejenige Schaltung, welche heute bei weitem am meisten angewendet wird, mit sämtlichen Hilfsapparaten abgebildet. Es ist die sogen. reine Parallelschaltung von Batterie

und Dynamomaschine, bei Anwendung eines Doppelzellenschalters. *A* bedeutet die Accumulatorenbatterie, *ZZ* den Doppelzellenschalter, *U* den sogen. Ladeumschalter, *SA* einen selbstthätigen Minimalauschalter, *VU* den sogen. Voltmeter-Umschalter, *RZ* den Stromrichtungszeiger. *D* ist die Dynamomaschine mit dem Nebenschlussregulator *NR*; *A* sind Handausschalter, *BS* Bleisicherungen, *SS* die sogen. Sammelschienen, von denen die Verbrauchsleitungen *LL* ausgehen.

Nach der eben beschriebenen Abbildung lassen sich ähnliche vollständige Schaltungsskizzen auch für die unter **26** und **27** erläuterten Einrichtungen des Accumulatorenbetriebes ohne Mühe angeben, sodass hier davon abgesehen werden kann. Eine vollständige Sammlung der sämtlichen, auch seltener vorkommenden Schaltungen für den Sammlerbetrieb mit allen zugehörigen Apparaten enthält das »Schaltungsbuch« der »Accumulatorenfabrik, Act.-Ges.« in Hagen.

---

## IV.

### Aufstellung und Wartung der Accumulatoren. Betriebsstörungen und deren Beseitigung.

**34. Aufstellung der Accumulatoren.** Accumulatoren sollen in kühlen, trockenen, nicht zu engen Räumen aufgestellt werden. Wegen der bei Gasentwicklung mitgerissenen Säuretheilchen muss eine genügende Ventilation mittelst eines ins Freie gehenden Abzugsrohres, eines Schornsteines oder dgl. möglich sein. Bei Aufstellung der Batterie ist als erste Regel festzuhalten, dass jedes Element dem Auge sowohl, wie der Hand für etwaige Arbeiten möglichst bequem zugänglich sein soll. Man stellt deswegen kleinere Elemente in nicht mehr als 2 Reihen über einander auf, sodass der Boden der unteren Zellen sich etwa 50 cm über dem Fussboden befindet und zwischen der Oberkante der unteren Zellen und dem Gestell, auf welchem die oberen stehen, ein freier Zwischenraum von nicht unter 30 cm bleibt. Grosse Accumulatoren werden alle in einer und derselben Höhe aufgestellt. Auf einem und demselben Gestell ordnet man die Elemente in nicht mehr als zwei Reihen neben einander an, sodass von jeder Zelle wenigstens eine Seitenfläche frei zugänglich ist. Es muss deswegen um ein mit Zellen besetztes Gestell allseitig ein Gang von nicht unter 75 cm Breite frei bleiben. Die Gestelle seien aus Holzbalken solid construirt, mit Rücksicht auf das grosse Gewicht der Accumulatoren, und mit Theer heiss angestrichen.

Auf eine möglichst gute Isolirung der Elemente gegen den Erdboden ist grosse Sorgfalt zu verwenden. In Folge der bei der Gasentwicklung mitgerissenen und der über die Gefässränder kriechenden Säure kann anderenfalls leicht ein erheblicher »Erdschluss« eintreten. Man stellt deswegen jedes Element auf isolirende Füsse aus Glas oder Porzellan. Fig. 77 zeigt eine für diesen Zweck geeignete Form. Der nach unten gekehrte ringförmige Hohlraum isolirt am besten. Ausserdem bringt man auch unter jedem der Füsse, welche das Holzgestell tragen, einen entsprechend kräftig construirten Isolator an. In Fig. 78 ist eine aus zwei Theilen bestehende Construction für diesen Zweck abgebildet. Die in dem

unteren Stücke angebrachte kreisförmige Rinne wird mit Oel gefüllt. Bei Glasgefäßen beschlägt sich die Aussenseite nach und nach mit einer Säureschicht, die sich nach unten zieht und allmählig die Isolation verschlechtert. Um zu verhindern, dass dieselbe bis zu den Isolatoren vordringe, kann man die Gefäße zunächst auf Holzsockel stellen, welche ihrerseits von den Isolatoren getragen werden. Auf dem Holzsockel steht das Gefäß in einem flachen Hohlraum, der mit einer aufsaugenden Substanz, z. B. Sägespänen oder Glasmehl, theilweise gefüllt ist. Aus einigen der vorhergegangenen Abbildungen kann die Art der Aufstellung der betreffenden Zellen deutlich ersehen werden.

Die elektrische Verbindung der einzelnen hinter einander geschalteten Elemente geschieht, wie schon erwähnt, am besten durch direktes Verlöthen der Bleileisten, welche die pos. bzw. neg. Platten einer Zelle verbinden. Man löthet das Blei meistens mit sich selbst im Wasserstoffgebläse. Die Anwendung von Messingklemmen oder dgl. ist unzweckmässig, da dieselben durch den stets

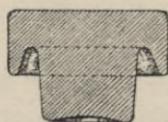


Fig. 77.

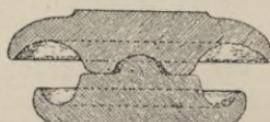


Fig. 78.

vorhandenen Säuredunst und die Säure, welche an den Bleistreifen, insbesondere von den pos. Platten aus, heraufkriecht, bald stark oxydirt werden, sodass die metallische Verbindung sich verschlechtert. An den Enden der Batterie, sowie an den mit dem Zellenschalter verbundenen Elementen kann man längere Bleistreifen anlöthen und diese senkrecht nach oben biegen, wodurch das Emporkriechen der Säure erschwert wird. Die aus blankem Kupfer bestehenden Zuleitungen werden so an die genannten Bleistreifen gelöthet, dass die Länge des senkrechten Theiles der letzteren nicht unter 25 cm beträgt. Bei grösseren Elementen werden auf die breiten Bleileisten sogen. Polschuhe gelöthet, d. h. kurze Bleicylinder mit einem centrischen Loche. In dieses löthet man dann die kupfernen Zuleitungen ein. Als Flussmittel für diese letzteren Löthstellen empfiehlt sich Colophonium, das die fertige Löthstelle mit einer schützenden Glasur überzieht. Auf diese Art ist Oxydation der Verbindungsstellen nach Möglichkeit vermieden. Man verlegt die blanken Kupferzuleitungen im Batterieraum auf Porzellandoppelglocken und streicht sie gut mit Oelfarbe. Sämmtliche Apparate, welche zum Betriebe der Accumulatorenatterie gehören,

befinden sich ausserhalb des Batterieraumes. Der bei der Gasentwicklung sich verbreitende Säuredunst kann, abgesehen von einer kräftigen Ventilation, auch noch durch Bedecken der Elementgefässe mit Glasplatten vermindert werden.

**35. Behandlung der Accumulatoren im Betriebe.** Eine Accumulatorenbatterie erfordert im geregeltten Betriebe einer Beleuchtungsanlage nur wenig Wartung, doch muss das Wenige, was zu geschehen hat, pünktlich und gewissenhaft ausgeführt werden. Im Folgenden sollen die wesentlichsten Punkte, welche bei Behandlung der Accumulatoren gleich nach der Aufstellung, sowie im späteren Betriebe zu beachten sind, erörtert werden.

Nachdem eine Batterie fertig aufgestellt ist, die Zuleitungen angelöthet, alle zugehörigen Apparate montirt sind und der maschinelle Theil der Anlage in Ordnung ist, wird die Säure in die Zellen gefüllt. Die Schwefelsäure soll möglichst rein und mit Schwefelwasserstoff behandelt, das Wasser destillirtes, Regen- oder Flusswasser oder mindestens zuvor abgekochtes Leitungswasser sein. An Orten, wo die Transportkosten nicht zu sehr ins Gewicht fallen, bezieht man die Säure am einfachsten, schon bis zur erforderlichen Concentration verdünnt, fertig aus einer chemischen Fabrik. In **4** ist als am häufigsten angewendeter Säuregehalt angegeben ein solcher von 18—20% (specif. Gewicht 1,13—1,14 oder 17—18° Baumé) gemessen im entladenen Zustande. Um denselben zu erzielen, müssen die neuen Zellen mit einer Säure von etwas höherer Concentration, nämlich etwa 21% (specif. Gewicht 1,152 oder 19—19,5° B.), gefüllt werden. Sofort nachdem die Füllung beendigt ist, muss mit der ersten Ladung begonnen werden. Diese dehnt man beträchtlich länger aus, als die späteren Ladungen, um die active Masse der negativen Platten möglichst in schwammiges Blei zu verwandeln. Man lädt 25—40 Stunden, wenn möglich ununterbrochen. Dabei ist sorgfältig darauf zu achten, ob vielleicht, nachdem die Ladung einige Stunden gedauert hat, ein oder mehrere Elemente keine oder nur schwache Gasentwicklung zeigen. Dies ist stets ein Zeichen, auch im späteren Betriebe, dass in den betreffenden Zellen ein durch irgend welche Umstände herbeigeführter Nebenschluss zwischen den pos. und neg. Platten vorhanden ist, der sofort beseitigt werden muss, da er eine Selbstentladung des Elementes während der Ruhe bis unter die normale Grenze zur Folge hat und, wenn er länger fortbesteht, das Element dauernd unbrauchbar macht.

Was die Behandlung der Batterie im dauernden Betriebe betrifft, so ist eine häufige Messung der Säuredichte in einzelnen Zellen, am einfachsten mittelst eines in Baumégrade getheilten Aräometers, sehr zu empfehlen. Man findet bald, dass dieselbe in den einzelnen Zellen keineswegs ganz gleich bleibt. Abweichungen vom normalen Säuregehalt um bis 2% nach unten oder oben sind noch zulässig. Kommen grössere Aenderungen vor, so muss man durch Zufügen von Säure oder Wasser den Gehalt in den betreffenden Zellen berichtigen. Ist die Säuredichte in einer bestimmten Zelle aus häufigen Messungen genau bekannt, insbesondere die bei normaler Ladung und Entladung erreichten Grenzwerte derselben, so kann während der Entladung aus dem abgelesenen Säuregehalt auf die in dem betreffenden Augenblicke in der Batterie noch vorhandene Ladungsmenge geschlossen werden, wie dies schon früher erwähnt wurde. Die Flüssigkeitsmenge in den Zellen nimmt durch Verdunstung, sowie durch Mitreissen der Säure durch die Gasblasen allmähig ab. Die Elemente müssen deswegen häufig aufgefüllt werden, spätestens jedesmal, wenn das Niveau bis zur Oberkante der Platten gesunken ist. Das Nachfüllen geschieht mit einer schwachen Säure von 3—6% Gehalt, welche die Concentration der Elementflüssigkeit wieder ungefähr auf den normalen Betrag bringen soll. Man füllt am besten vor Beginn einer Ladung auf, bei welcher dann die aufsteigenden Gasblasen ein gutes Durcheinandermischen bewirken.

Bei regelmässigem Betriebe, d. h. täglichem Laden und Entladen der Batterie, hält sie sich am besten. Um Störungen nicht aufkommen zu lassen, nimmt man zweckmässig täglich eine Besichtigung der Elemente vor. Diese geschieht am besten gegen Ende der Ladung, um an dem Ausbleiben der Gasbildung verdächtige Zellen zu erkennen. Eine Ueberladung zur Beseitigung unregelmässiger Sulfatbildung braucht bei täglichem Betriebe nur selten, etwa alle 2—3 Monate, vorgenommen zu werden. Bei nicht regelmässiger Beanspruchung der Batterie muss man häufiger überladen, insbesondere jedesmal, wenn die Elemente tagelang in theilweise entladene Zustände gestanden haben. Dass man bei längerem Stehen der Batterie ohne Benutzung von Zeit zu Zeit bis zur reichlichen Gasentwicklung aufladen soll, ist bereits erwähnt. In vielen Anlagen wird übrigens im Ueberladen des Guten zu viel gethan. Dies bewirkt ein Aufquellen der Füllmasse in den negativen Platten und ist ausserdem eine unnütze Stromvergeudung.

Bezüglich eingehenderer Vorschriften für die Behandlung der Accumulatoren sei auf Salomons, »Handbuch über die Behand-

lung von Accumulatoren«, deutsch von J. L. Huber, ferner Schenek, »Construction und Wirkungsweise der Accumulatoren«, auf die schon erwähnte Schrift der »Accumulatorenfabrik Actiengesellschaft« in Hagen i. W. und endlich auf J. L. Huber, »Die Behandlung von Accumulatoren«, Biel, 1889, verwiesen.

Es werden ferner den Bestellern von Sammlerbatterien seitens der bezüglichen Fabriken meist ausführliche Anweisungen für den Gebrauch derselben dazugegeben. Was die Aufstellung und anfängliche Inbetriebsetzung einer Batterie betrifft, so lässt die liefernde Firma dies gewöhnlich durch ihre eigenen Monteure ausführen und die für die spätere Wartung bestimmte Person durch diese anlernen. Je nach den von dem Lieferanten übernommenen Garantien (vgl. II) finden seitens desselben, bzw. durch von ihm entsandte Ingenieure auch später noch zeitweise Revisionen der Batterie statt.

### Betriebsstörungen an Accumulatoren und deren Beseitigung.

**36.** Die im Betriebe von Accumulatorenbatterien am häufigsten auftretenden Störungen sind in früheren Capiteln zum Theile schon erwähnt worden. Sie seien deswegen hier nur ganz kurz zusammengefasst.

Bleibt ein Element in der Gasentwicklung erheblich zurück hinter den übrigen, so liegt ein Nebenschluss von mehr oder minder grossem Widerstande zwischen den Platten desselben vor, durch welchen sich die Zelle auch während der Ruhe allmähig entlädt. Die Ursache davon können Gegenstände sein, welche sich zwischen benachbarten Platten festgesetzt haben, z. B. Metalltheile, herausgetretene Füllmasse, oder es haben sich eine oder mehrere positive Platten »geworfen«, sodass sie an einzelnen Punkten die benachbarten negativen Platten berühren. Die Beseitigung des Fehlers muss unverzüglich geschehen. Stehen die Platten in Glasgefässen, sodass man zwischen den ersteren durchleuchten kann, so lässt sich die Ursache der Unregelmässigkeit rasch finden und häufig auch leicht beseitigen. Bei Elementgefässen aus Holz, Hartgummi oder dergleichen bleibt meistens nichts übrig, als die Platten herauszunehmen. Dasselbe muss auch bei Glasgefässen geschehen, wenn es sich um Krümmungen der Platten handelt. Im Falle die Reparatur des fehlerhaften Elementes nicht in wenigen Stunden erledigt ist, muss die Betriebsfähigkeit der Batterie einstweilen wieder hergestellt werden. Dies geschieht so, dass man, nach Herausnahme des schlechten Elementes, durch Lösen der Schraubenverbindungen, oder aber

Durchschneiden bezw. Durchsägen der angelötheten Bleileisten die entstandene Lücke durch ein an die Pole der benachbarten Zellen geschraubtes Draht- oder Kabelstück überbrückt. Falls man genöthigt ist, aus dem entfernten Elemente die Platten herauszunehmen, stellt man diese, so lange nicht daran gearbeitet wird, in verdünnte Schwefelsäure. Insbesondere dürfen die negativen möglichst wenig der Luft ausgesetzt werden, da sie sonst unter Erhitzung stark oxydiren. Auch achtet man darauf, dass nicht durch Abstreifen oder Abkratzen Füllmasse von den Platten entfernt werde. Krumm gewordene Platten werden einfach gerade gerichtet und am besten mit den Bleistreifen frisch verlöthet. Ueberhaupt sind bei derartigen grösseren Reparaturen meist Bleilöthungen auszuführen, sodass ein mit dieser Arbeit vertrauter Monteur erforderlich ist.

Bei Accumulatoren, deren Platten nicht hängen, sondern auf festen Unterlagen aufstehen, kann eine allmälige Abnahme der Capacität dadurch eintreten, dass herabgefallene Füllmasse zwischen den einzelnen Platten kleine leitende Brücken bildet, welche einen zwar langsamen, aber stetig andauernden Stromübergang verursachen. Nach Entfernung dieser abgefallenen Theile und mehrmaliger Ueberladung ist die Batterie wieder in gutem Zustande. Wenn die Platten auf genügend hohen Leisten aus Holz, Glas oder dgl. stehen, wie es (falls sie nicht hängen) gewöhnlich der Fall ist, entfernt man die zwischen den Platten aufgehäufte Masse dadurch, dass man dieselbe mittelst Holz- oder Glasstäbe auf den Gefässboden herabwirft und hier vertheilt. Stehen die Platten jedoch nicht hoch genug, oder ist die Menge der abgefallenen Füllmasse mit der Zeit sehr gross geworden, so bleibt nichts übrig, als die Platten herauszunehmen und die Gefässe gründlich zu reinigen. Die Reparatur ist in diesem letzteren Falle, wenn sich der Fehler auf zahlreiche Zellen erstreckt, eine zeitraubende und nicht eben billige Arbeit, da meist eine Demontirung der ganzen Batterie erforderlich wird.

**37.** Ist ein Gefäss in Folge Springens oder Undichtheit ausgelaufen, ohne dass es rechtzeitig bemerkt wurde, so ist damit die elektrische Verbindung innerhalb der Batterie unterbrochen. Das betreffende Element muss herausgenommen und die Stelle in der oben angegebenen Weise überbrückt werden. Die Platten der defecten Zelle werden in ein neues Gefäss gesetzt, was bei kleineren Elementen oft, insbesondere wenn mehrere Personen anfassen, durch einfaches Hinüberheben geschehen kann. Bei grösseren Zellen müssen die Platten von den Verbindungs-

leisten abgeschnitten, in das neue Gefäss eingebaut und frisch verlöthet werden. Elemente, welche behufs Reparatur aus einer Batterie herausgenommen werden, haben meist alle Ladung verloren und müssen, bevor sie wieder benutzt werden können, den übrigen Zellen in der Ladung »nachgebracht« werden. Am einfachsten geschieht dies so, dass man die Zelle in die bis zur normalen Grenze entladene Batterie einschaltet und die letztere so lange überlädt, bis auch das reparirte Element reichliche Gasbildung anzeigt. Das letztere allein mit Hülfe der Dynamomaschine zu laden, ist umständlicher; ebenso ist es nicht rathsam, den Lade-  
strom einigen wenigen Elementen der Batterie zu entnehmen, da hierdurch die Gleichmässigkeit des Ladezustandes innerhalb der letzteren gestört wird. Am besten wird man die in die Batterie wieder eingestellte, aber mit ihren Nachbarn noch nicht definitiv verbundene Zelle bei einigen auf einander folgenden Ladungen der Batterie mit einschalten, bei den dazwischenliegenden Entladungen aber ausschalten und überbrücken, bis sie so durch gründliche Ueberladung ihre normale Capacität wieder erlangt hat.

**38.** Ein den Betrieb störender Erdschluss kann bei einer mit den unter **34** beschriebenen Vorsichtsmaassregeln aufgestellten Accumulatoren-batterie kaum entstehen. Dagegen gelingt es nicht, den Isolationswiderstand der Batterie dauernd auf einem hohen Betrage, wie er bei Dynamomaschinen und in einem mässig grossen Leitungsnetze unschwer erreicht werden kann, zu erhalten. Die Feuchtigkeit im Batterieraum, vorwiegend aber der durch die aufsteigenden Gase gegen Ende jeder Ladung mitgerissene Säuredunst überzieht die Gefässe, die Holzgestelle und die Isolatoren, auch deren nach innen und unten gerichtete Flächen, sowie Oelfüllungen, nach und nach mit einer schwach leitenden Schicht. Dadurch sinkt die Isolation der Batterie auf einen mässigen Betrag, der aber mit der Zeit ungefähr constant wird. Dieser ist jedoch bei richtig aufgestellten Batterien immer noch so hoch, dass er für den Betrieb keinerlei Benachtheiligung bietet. Mit Rücksicht hierauf müssen bei jeder Prüfung der Isolation der übrigen Theile der Anlage die Verbindungsleitungen mit der Batterie vom Schaltbrette abgenommen werden. In diesen Zuleitungen zur Batterie kann sich übrigens ein schädlicher Erdschluss im Allgemeinen viel eher ausbilden, als an den Elementen selbst. (Wie ein innerhalb der Batterie liegender wirklicher Erdschluss aufgesucht wird, vergl. die früher erwähnte Schrift des Verf., § 166).

**39.** Wenn es bei normaler Klemmenspannung der Dynamomaschine beim Laden nicht gelingt, die Stromstärke auf die er-

forderliche Höhe zu bringen, und die Batterie beim Entladen, trotz guten Zustandes der Elemente, nicht die volle Klemmenspannung zeigt, so kann ein schlechter Contact an irgend einer der vorhandenen Verbindungsstellen vorliegen. Sind die Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen der Batterie, oder aber der Leitungen von den Polen derselben, oder von den einzelnen Schaltelementen zum Zellschalter mittelst Klemmschrauben hergestellt, so liegt die Gefahr einer Oxydation derartiger Verbindungsstellen durch heraufgekrochene Säure und Säuredunst vor. Dadurch entstehen Uebergangswiderstände von allmählig wachsendem Betrage, welche den Gesamtwiderstand der Batterie mehr und mehr erhöhen. Dieses Uebel lässt sich bei Klemmverbindungen auf die Dauer gar nicht vermeiden und erfordert häufige Besichtigung und Reinigung der Contactflächen. Man führt deswegen, wie schon früher erwähnt, sämtliche Verbindungen an der Batterie, sowohl der Elemente unter einander, als mit den von ihnen ausgehenden Leitungen, am besten durch Löthung aus.

Es kommen hie und da auch Störungen an Accumulatoren vor (z. B. Verminderung der Capacität, erhebliche Abnahme der Ladung, wenn die Elemente einige Tage stehen u. s. w.), welche in einer chemischen oder physikalischen Veränderung der activen Masse, oder in nicht geeigneter Beschaffenheit der verwendeten Schwefelsäure ihren Grund haben. Hält die Batterie die Ladung nicht eine Anzahl Tage lang, und zeigen die negativen Platten während der Ruhe anhaltende Gasentwicklung, so trägt häufig die Säure die Schuld. Dieselbe enthält Spuren von Metallen, insbesondere Kupfer, welche sich bei der Ladung auf den negativen Platten absetzen und durch elektrolytische Wirkung eine Verwandlung des Schwammbleies in Bleisulfat unter Wasserstoffentwicklung verursachen. Zeigt die Batterie diesen Fehler, so lässt man sie, nachdem sie geladen worden, ruhig stehen, bis die negativen Platten ihre Ladung ganz verloren haben, wozu etwa 2 Wochen erforderlich sind. Hierauf lädt man die Elemente kurze Zeit in verkehrter Richtung, bis die negativen Platten sich leicht zu bräunen beginnen, unterbricht dann die Ladung, entleert die Zellen und füllt sie mit neuer, guter Säure. Zuvor kann man dieselben einmal auswässern. Sollte nach dieser Behandlung der Batterie der Uebelstand noch nicht völlig behoben sein, so wiederholt man das Verfahren, ersetzt jedoch, nach dem Entleeren der Zellen, die negativen Platten durch neue, füllt mit guter Säure und verfährt dann wie bei der ersten Ladung einer neuen Batterie. Die genannte Erscheinung der raschen Abnahme der Ladung, ver-

bunden mit »Nachkochen« der negativen Platten, scheint nicht vorzukommen bei Verwendung einer Schwefelsäure, aus welcher bei der Fabrikation die erwähnten Metallspuren durch Schwefelwasserstoff, oder ein geeignetes Sulfid ausgefällt worden sind.

Noch eine andere Art der allmäligen Abnahme der Capacität wird bei den negativen Platten häufig beobachtet. Diese bildet sich allmählig aus und äussert sich in der Weise, dass die negativen Platten immer weniger Ladung aufzunehmen vermögen, selbst wenn man stundenlang überlädt. Man will in diesem Falle eine Art Schrumpfung oder Verdichtung der activen Masse der negativen Platten beobachtet haben, also eine Verminderung ihrer Porosität. Abhülfe lässt sich nur durch Einsetzen neuer Platten bewirken. Diese, sowie andere störende Erscheinungen an Accumulatoren sind in ihrem Wesen und ihren Ursachen noch so wenig aufgeklärt, dass hier nicht näher darauf eingegangen werden kann.

---

## V.

### Kosten der Accumulatoren nebst den Hülfapparaten.

**40. Preise von Accumulatoren.** Der Preis der Accumulatoren für stationäre Anlagen ist, gleiche Capacität vorausgesetzt, verschieden hoch, je nachdem die Entladung in kürzerer oder längerer Zeit (3, 5, 7, 10 Stunden) vollendet sein soll. Er ist um so höher, je rascher die Entladung vor sich gehen soll, da wegen der in diesem Falle höheren Stromdichte für die gleiche Anzahl Ampère-Stunden eine grössere Plattenoberfläche erforderlich ist, als bei langsamerer Entladung, d. h. geringerer Stromdichte (vergl. hierüber **5** und **8**). Da nun zu der am meisten angewendeten Art des Accumulatorenbetriebes, dem sog. reinen Parallelbetriebe, bei welchem die Batterie einen sehr erheblichen Theil des gesammten Stromconsums ( $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$ ) liefert, Accumulatoren für rasche Entladung (in etwa 3 Stunden) sich am besten eignen, so enthält die folgende Tabelle Preisangaben für Elemente von ungefähr dieser Entladezeit. Die Preise von Elementen für längere Entladungsdauer lassen sich daraus leicht berechnen gemäss der folgenden Beziehungen, bei welchen Elemente für 3stündige Entladung zu Grunde gelegt sind.

Setzt man die Stromstärke, bei welcher die normale Entladung eines Accumulators in 3 Stunden beendigt ist = 1, und setzt die Anzahl Ampère-Stunden, welche man in diesem Falle erhält, ebenfalls = 1, so ergeben sich die bezüglichen Zahlen für 5-, 7- und 10stündige Dauer der Entladung aus folgender Zusammenstellung:

Dauer der Entladung	3	5	7	10 Stdn.
Entladestromstärke	1,00	0,67—0,73	0,50—0,55	0,40—0,45
Capacität . . . .	1,00	1,10—1,24	1,22—1,35	1,35—1,50

Der Spielraum in den Werthen der Capacität hat nur zum Theile seine Ursache in der Verschiedenheit der angewendeten Stromdichte. Er rührt zum grösseren Theile daher, dass obige Zahlen für die verschiedenen vorkommenden Plattenconstructionen

(mit Ausnahme der sogen. Masseplatten) gelten sollen. Wie aber schon früher erwähnt, steigt bei gleicher Verminderung der Stromdichte die Capacität um so rascher, je grössere Mengen activer Masse auf gleich grosse wirksame Oberfläche der Platten kommen.

Nach dem Vorstehenden sind, wenn, wie es gewöhnlich geschieht, eine und dieselbe Plattenconstruction für Elemente von 3—10stündiger Entladezeit verwendet wird, bei gleicher Capacität

Elemente für 5 stündige Entladung billiger um	10—20	%
» » 7 » » » »	18—26	%
» » 10 » » » »	25—33	%

als solche für Entladung in 3 Stunden.

Die folgende Tabelle enthält Durchschnittspreise für das einzelne Element, bei verschieden grosser Capacität, bezogen auf 1 Ampèrestunde der Capacität, welche die Zelle bei normaler Entladung in 3 Stunden ergibt. Es sind Mittelwerthe aus den am 1. September 1896 giltigen Preislisten von 5 grösseren deutschen Accumulatorenfabriken.

Die Kosten der Verpackung, sowie die der Gestelle sind nicht mit inbegriffen.

Tabelle 12.

Preise von Accumulatoren für stationäre Anlagen,  
bezogen auf 1 Ampère-Stunde Capacität, bei 3stündiger Entladungsdauer.

Capacität, Amp.-Stunden .	20	35	55	70	90	120	150	200 bis 300
Preis von 1 Zelle, bezogen auf 1 A.-Stunde, Pfennig }	55	46	39	35	32,5	30	29,5	28
Capacität, Amp.-Stunden .	300 bis 400	400 bis 500	500 bis 600	600 bis 800	800 bis 1000	1000 bis 1500	1500 bis 2000	
Preis von 1 Zelle, bezogen auf 1 A.-Stunde, Pfennig }	27,8	27,1	26,7	26,1	25,3	24,7	24,2	

Der Preis von Accumulatoren für sogen. starke Entladung kann ebenfalls aus vorstehender Tabelle entnommen werden. Die Fabriken, welche für diesen Zweck besondere Typen fabriciren, pflegen dabei bestimmte Capacitätsbeträge zu garantiren für Entladung in 1, 2 und 3 Stunden. Bei 3stündiger Entladung pflegt aber der Preis von Elementen »für starke Entladung«, bei gleicher

Capacität der gleiche zu sein, wie bei gewöhnlichen Zellen für 3stündige Entladung. Setzt man bei einem Accumulator die Entladestromstärke bei Entladung in 3 Stunden = 1 und die dabei erzielte Capacität in A-Stunden ebenfalls = 1, so ergeben sich die Verhältnisszahlen für Entladung in 1 Stunde aus folgender Beziehung, die auf die z. Z. gebauten Accumulatoren für starke Entladung durchschnittlich zutrifft:

Dauer der Entladung	3	1 Stunde
Entladestromstärke	1,0	2,1
Capacität	1,0	0,7

Dies gilt auch für solche Elemente, bei denen eine und dieselbe Plattenconstruction von 10stündiger bis herab zu 1stündiger Entladung verwendet wird. Danach sind, bei gleicher Capacität, Accumulatoren für Entladung in 1 Stunde um etwa 40% theurer als solche für 3stündige Entladung.

Beispiele zur Preisberechnung von Batterien.

1. Batterie für Entladung in 3 Stunden, bei 65 V Normalspannung und 60 A-Stunden Capacität. 1 Element kostet etwa  $0,38 \times 60 = 22,80$  Mark. Für 65 V Betriebsspannung sind 36 Elemente erforderlich; also kostet die Batterie  $36 \times 22,80 = 821$  Mark.
2. Batterie für 3stünd. Entladung, für 110 V Betriebsspannung, Capacität 350 A-Stdn. 1 Zelle kostet  $0,278 \times 350 = 97,3$  Mark. Für 110 V Betriebsspannung sind 62 Zellen erforderlich; also kostet die Batterie  $62 \times 97,3 = 6033$  Mark.
3. Batterie für 7stündige Dauer der normalen Entladung, bei 120 A-Stunden Capacität. Betriebsspannung 65 V. Für 3stündige Entladung würden die erforderlichen 36 Elemente kosten  $36 \times 120 \times 0,30 = 1296$  Mark. Wie oben erwähnt, sind aber Zellen für 7stündige Entladungsdauer bei gleicher Capacität um etwa 22% billiger als solche für 3stündige Entladung, wodurch sich der Preis der vorliegenden Batterie auf 1011 Mark ermässigt.
4. batterie »für starke Entladung«, in 1 Stunde. Capacität 550 A-Stunden. Anzahl der Zellen 64. Für 3stündige Entladung würde 1 Zelle etwa  $550 \times 0,267 = 147$  Mark kosten, die ganze Batterie somit  $64 \times 147 = 9408$  Mark. Da jedoch Elemente für 1stündige Entladung etwa 40% theurer sind, als solche für Entladung in 3 Stunden, so erhöht sich der Preis obiger Batterie auf etwa 13170 Mark.

**41. Nebenkosten. Kosten der Hilfsapparate.** Die vorstehenden Kostenberechnungen beziehen sich lediglich auf den Kaufpreis der Elemente. Hierzu kommen nun noch sehr erhebliche Nebenkosten: der Preis der Verpackung für die Batterie, die Kosten des Holzgestelles, sowie verschiedener Nebentheile, der Preis der Schwefelsäure, dazu die Fracht für den Transport aller dieser Theile. Ferner die Kosten der Montage der Batterie, sowie die Reisekosten für den Monteur. Endlich die Anschaffungskosten der Regulir-, Mess- und Schaltapparate für den Betrieb der Batterie, sowie des Schaltbrettes, auf welchem diese Theile montirt sind.

Die Beträge dieser Einzelposten sind verschieden, je nach Grösse und Zahl der Zellen und je nach der Art, wie der Betrieb eingerichtet ist, sowie zum Theil je nach der Entfernung des Aufstellungsortes von der liefernden Fabrik. Um jedoch einen gewissen Anhalt zu geben, sind in der folgenden Tabelle eine Anzahl Zahlenwerthe für die Beträge der vorgenannten Posten bei verschiedener Grösse der einzelnen Zellen angegeben, mit alleiniger Ausnahme der Frachten und der Reisekosten für den Monteur. Es ist dabei der Fall der reinen Parallelschaltung von Batterie und Dynamomaschinen, unter Verwendung eines Doppelzellenschalters, angenommen. Bei den Posten, deren Betrag durch die Anzahl der vorhandenen Zellen mit bedingt ist, ist eine

Tabelle 13.

**Nebenkosten** bei Aufstellung einer Accumulatorenbatterie für 3stündige Entladung, sowie **Kosten der Hilfsapparate**, ausgedrückt in Procenten des Kaufpreises der Zellen.

Capacität der Batterie, Ampère-Stunden . . . . .	50	150	300	500	700	1500
Verpackung der Batterie . . . . .	7 %	6 %	6 %	4 $\frac{1}{2}$ %	3 $\frac{1}{2}$ %	3 %
Holzgestell . . . . .	6 »	4 »	2 $\frac{1}{2}$ »	1 $\frac{1}{2}$ »	1 $\frac{1}{4}$ »	1 »
Nebentheile (Glasfüsse, Kupferbügel, Säurebottich, sowie Verpackung der Hilfsapparate) . . . . .	2 »	2 »	2 »	2 »	2 »	2 »
Schwefelsäure . . . . .	3 »	3 »	3 »	3 »	3 »	3 »
Montage der Batterie, einschl. Inbetriebsetzung . . . . .	15 »	8 »	6 »	5 »	4 »	3 $\frac{1}{2}$ »
Schaltbrett, mit allen Hilfs- und Messapparaten, incl. Montage, jedoch ohne Zellenschalter . . . . .	30 »	10 »	7 »	4 »	4 »	4 »
Doppel-Hand-Zellenschalter, für 30 % aller Zellen . . . . .	10 »	9 »	7 »	5 $\frac{1}{2}$ »	5 »	4 »
Summe:	73 %	42 %	33,5 %	25,5 %	23 %	20,5 %

Batterie von 60 Zellen vorausgesetzt. Die in A-Std. angegebenen Capacitäten beziehen sich auf Elemente für 3 stündige Entladung. Die Beträge der einzelnen Posten sind in Procenten des Kaufpreises der (unmontirten) Batterie angegeben. Als Kaufpreise sind die Beträge angenommen, welche sich nach den in Tabelle 12 gemachten Angaben ergeben.

In der vorstehenden Tabelle sind alle Theile berücksichtigt, die zum Betriebe einer Beleuchtungsanlage mittelst Accumulatoren erforderlich sind, mit Ausnahme der Dynamomaschine nebst Nebenschlussregulator und etwaigen sonstigen Nebenapparaten<sup>1)</sup>. Warum die Nebenkosten mit abnehmender Grösse der Zellen im Verhältniss so stark zunehmen, bedarf keiner besonderen Erklärung. Für Batterien, deren Capacität zwischen den in der Tabelle angegebenen Werthen liegt, lassen sich die bezüglichen Zahlen mit einer für Kostenanschläge genügenden Genauigkeit interpoliren. Der Betrag der Nebenkosten ist für Batterien von erheblich weniger als 60 Zellen (z. B. von 36 Zellen, entsprechend 65 Volt Betriebsspannung) nicht sehr wesentlich von den in der Tabelle enthaltenen Werthen verschieden.

Die in Beispiel 1 (Seite 136) angenommene Batterie von 60 A-Std. Capacität kostet, nach dem Vorstehenden, fertig aufgestellt, mit den erforderlichen Nebenapparaten (jedoch ohne die Ausgaben für Transport), etwa das 1,75 fache des oben berechneten Betrages, also  $1,75 \times 821 =$  rund 1440 Mark.

Für Beispiel 2 (Capacität 350 A-Std.) berechnen sich die Gesamtkosten auf das 1,3 fache des Batteriepreises, d. h. auf  $1,3 \times 6033 =$  rund 7840 Mark.

Eine Batterie von 900 A-Std. bei 3 stünd. Entladung, welche aus 60 Zellen besteht, kostet, fertig montirt, mit allen Nebenapparaten (jedoch ohne Frachten) etwa  $1,22 \times 60 \times 900 \times 0,253 =$  rund 16670 Mark.

<sup>1)</sup> Preisberechnungen von Dynamomaschinen und allen sonstigen Theilen elektrischer Beleuchtungsanlagen finden sich in dem mehrfach erwähnten Werke des Verfassers.





S. 61

S-98



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 5424

L. inw. ....

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299078