

ACCUMULATOREN-FABRIK
AKTIENGESELLSCHAFT



FABRIK: HAGEN i. W.

CENTRAL-BUREAU: BERLIN N. W.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299626



UEBER

ACCUMULATOREN



ACCUMULATOREN-FABRIK
AKTIENGESELLSCHAFT
FABRIK HAGEN I. W.



CENTRAL-BUREAU BERLIN NW., LUISENSTR. 31^a

F. Nr. 24216

1901



ALLE RECHTE VORBEHALTEN.

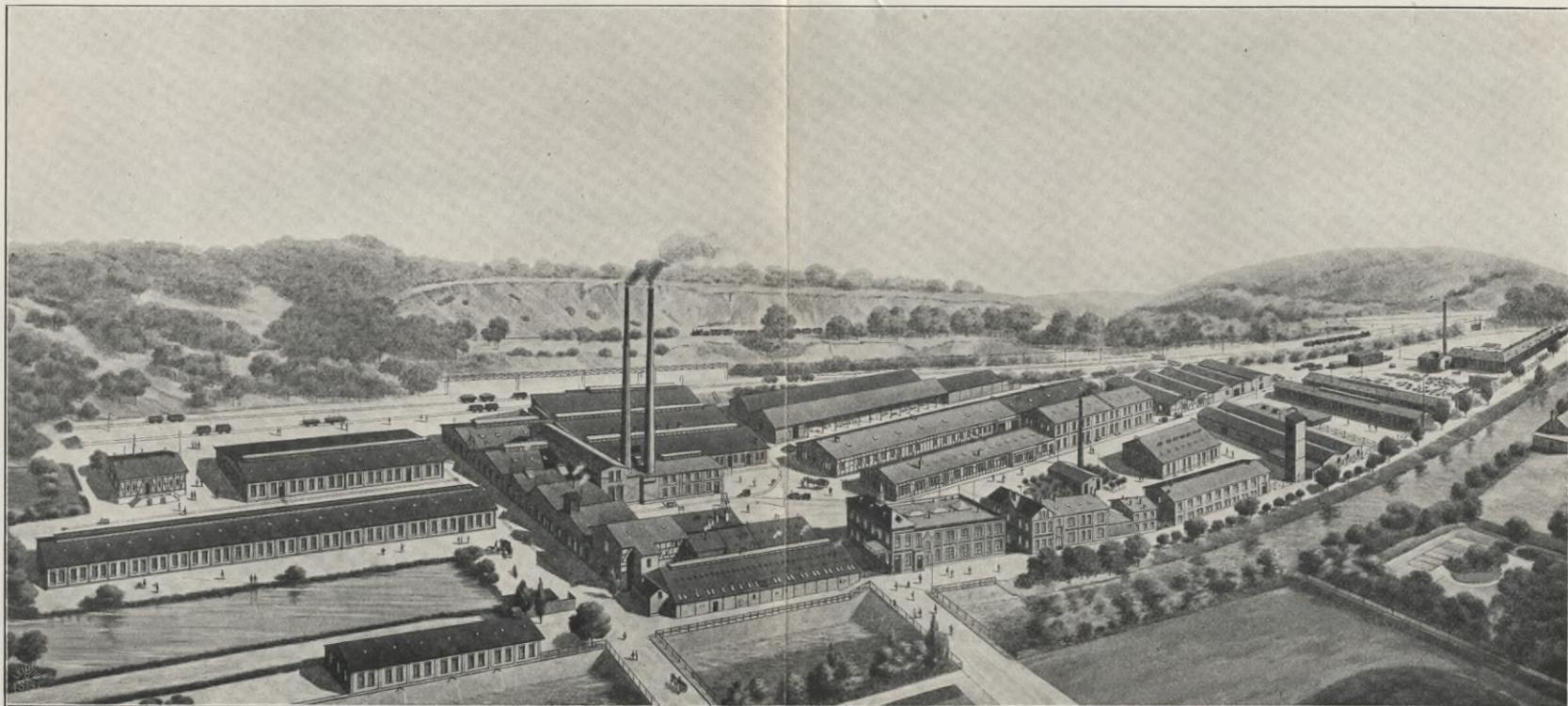
*F. 18
13.*

*x
1091*



II 7942

Akc. Nr. _____ 449/52



FABRIK IN HAGEN i. W.
ACCUMULATOREN-FABRIK AKTIENGESELLSCHAFT

1. Einleitung.

Die Elektrotechnik hat sich in den letzten 20 Jahren, man kann wohl sagen, aus einem Nichts zu einer solchen Bedeutung entwickelt, dass es nicht allein den ausserhalb dieses Specialzweiges der Technik Stehenden, sondern auch den Elektrotechnikern selbst kaum möglich gewesen sein wird, der Entwicklung aller der Einzelteile zu folgen, welche es insgesamt ermöglichten, die elektrische Energie heute in so hervorragendem Maasse dem menschlichen Geschlechte dienstbar zu machen. Als einen solchen Einzelteil möchten wir ganz besonders den Accumulator hervorheben, welcher unbedingt notwendig war, um den Betrieb einer elektrischen Beleuchtungs- oder Kraftanlage zu einem wirtschaftlichen und zuverlässigen zu gestalten, der sich aber noch vor 13 Jahren derart in den Anfängen der Entwicklung befand, dass die ausführenden elektrotechnischen Firmen fast einstimmig die Verwendung eines solchen als einen technischen Wahnwitz be-

zeichneten, wengleich sie das Bedürfnis danach als ein höchst dringendes anerkannten. Wenn nun damit die Thatsache verglichen wird, dass die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft in dem Geschäftsjahr 1899/1900 in ihren Fabriken Hagen i. W., Wien und Budapest zusammen einen Umsatz von Mark 9 696 300 erzielt hat, so dürfte es wohl als eine lohnende Aufgabe erscheinen, die Entwicklung dieser Specialindustrie einmal etwas näher zu verfolgen.

Allgemeine Bedeutung eines Accumulators in der Technik.

Mit „Accumulator“ bezeichnet man in der Technik einen Aufspeicherungsapparat. Derselbe dient also dem Zwecke, irgend welche Stoffe oder auch Arbeit in gewissen Mengen aufzuspeichern, um dieselben entweder direkt an dem Ort der Aufspeicherung oder, nach einem anderen Orte geschafft, dort wieder zu verwenden. Man hat daher die Accumulatoren in stationäre und transportable zu trennen.

Die Bedeutung eines stationären Accumulators wird am klarsten veranschaulicht durch die Beschreibung des Betriebes einer Gasanstalt oder einer Wasserversorgungsanlage. Bekanntlich wird das Leuchtgas dadurch gewonnen, dass Kohlen einer bestimmten Sorte in geeigneten Retorten

durch Erhitzen derselben entgast werden. Diese Gase werden, nachdem sie in verschiedenen Apparaten gereinigt sind, in ein Verteilungsrohrnetz geleitet und in diesem den verschiedenen Verbrauchsstellen zugeführt. Der Verbrauch des Gases ist nun ein ausserordentlich schwankender, und wäre es gar nicht möglich, mit der Erzeugung des Gases diesen Schwankungen zu folgen, wenn nicht ein Accumulator vorhanden wäre, welcher den Ausgleich zwischen Verbrauch und Erzeugung bewirkt. Zu diesem Zweck sind in den Gasanstalten die grossen Gasbehälter (Gasometer) aufgestellt. Im ähnlichen Sinne dient das Hochreservoir einer Wasserversorgungsanlage.

Aus obigen Betrachtungen geht hervor, dass die Einschaltung eines Aufspeicherungsapparates, also eines Accumulators, überall dort am Platze ist, wo die erzeugte oder herbeigeschaffte Menge nicht stets in dem gleichen Maasse verbraucht wird, als sie erzeugt oder herbeigeschafft wurde. In verschiedenen derartigen technischen Anlagen würde das Fehlen eines Accumulators den Betrieb zu einem unmöglichen gestalten, wie z. B. in den zwei oben erwähnten. Es giebt auch Betriebe, bei welchen sich durch besondere Hilfsapparate stets die Erzeugung bzw. die Herbeischaffung selbständig annähernd so einreguliert, dass sie dem jeweiligen Verbrauch entspricht. Als Beispiel seien hier die

Kataraktsteuerungen der Bergwerkspumpen und die Regulatoren von Dampfmaschinen, Gaskraftmaschinen, auch Turbinen, bezw. Wasserrädern genannt. Es ist also wohl möglich, für gewisse Betriebe, bei denen der Verbrauch ein schwankender ist, auch ohne Accumulatoren zu arbeiten, und soll einmal angenommen werden, dass oben genannte, selbstthätig wirkende Regulatoren wirklich so vollkommen sind, dass sie stets nur solche Mengen erzeugen bezw. herbeischaffen lassen, wie solche zu jeder Zeit verbraucht werden, so tritt doch bei vielen Betrieben noch eine weitere, sehr wichtige Frage auf, welche die Anwendung solcher Apparate als nicht empfehlenswert erscheinen lässt. Das ist die Frage der Wirtschaftlichkeit. Ueberall wo Mengen erzeugt oder herbeigeschafft werden sollen, ist Arbeit zu leisten. Diese Arbeit gewinnen wir heute entweder dadurch, dass wir sie der Natur direkt entnehmen, d. h. also, durch Ausnutzen von Wasserfällen, des Windes oder dadurch, dass wir die bei dem Verbrennen von Kohlen, Torf, Holz oder dergleichen erzeugte Wärme in mechanische Arbeit umsetzen.

Bei der Ausnutzung einer Wasserkraft richten wir die Wasserkraftmaschine so ein, dass sie bei einem bestimmten Gefälle eine gewisse maximale Wassermenge durchlassen kann und dabei dauernd ein Maximum von Arbeit nutzbar macht. Ist nun

der Verbrauch an Arbeit an den Benutzungsstellen ein wechselnder, so ist man, wie schon oben gesagt, in der Lage, durch selbstthätig wirkende Regulatoren die zufließende Wassermenge so einzustellen, dass die durch die Wasserkraft nutzbar gemachte Arbeit, wenigstens annähernd, gleich ist der Summe der an den Benutzungsstellen verbrauchten. Damit aber bei einer solchen Anlage unter allen Umständen dem Maximum der Arbeitsnachfrage genügt werden kann, müssen

1. Die Wassermengen bei dem vorhandenen Gefälle für ein solches Maximum ausreichend sein und

2. die Wasserkraftmaschine so gross vorgesehen sein, dass sie unter allen Umständen das Maximum gebrauchter Arbeit deckt.

Nun aber kostet sowohl die Erwerbung einer Wasserkraft als auch die Beschaffung einer Wasserkraftmaschine mit allen dazu gehörigen Einrichtungen Geld, und zwar in einer Höhe, welche, wenigstens annähernd, proportional der Leistung ist. Dort aber, wo Geld angelegt wird, ist eine der wichtigsten Fragen, welche Rente das Anlagekapital abwirft. Diese Rente wird jedenfalls dann am höchsten sein, wenn die gesamte während des Jahres durch das herabfallende Wasser gewonnene Arbeitsmenge auch wirklich nutzbar verwertet wird. Das aber ist bei schwankendem Arbeitsverbrauch,

wie wohl einleuchtend, nur dadurch möglich, dass die gewonnene Arbeit aufgespeichert werden kann.

In noch höherem Maasse tritt diese wirtschaftliche Bedeutung des Accumulators dort auf, wo die verlangte Arbeit mittels einer Dampfmaschinenanlage gewonnen wird. Ist es nicht möglich, die gewonnene Arbeit aufzuspeichern, und schwankt der Verbrauch in weiten Grenzen, so müssen für solche Anlagen die Grössen aller Aggregate — Dampfkessel, Dampfmaschinen, Schornsteine, Gebäude, Grundstück — so vorgesehen werden, dass alles das Maximum zu leisten im Stande ist, was unter Umständen an Nutzarbeit verlangt werden könnte. Das zur Ausführung einer solchen Maschinenstation erforderliche Kapital wird dann aber schlecht nutzbar gemacht, indem jenes Maximum an Arbeit nur sehr selten verlangt wird, die Anlage also im Durchschnitt nur mit einem geringen Teil ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht arbeitet.

Bei einer Dampfmaschinenanlage und ebenso bei einer Gas-, Benzin oder Heiss-Luft-Maschinen-Anlage kommt noch ausser der ungünstigen Ausnutzung des Anlagekapitals ein zweiter Faktor als ungünstig wirkend hinzu, wenn bei schwankendem Arbeitsverbrauch die erzeugte Arbeit nicht aufgespeichert werden kann. Das ist das unwirtschaftliche Arbeiten der Dampf-, Gaskraft- etc. Maschinen, wenn dieselben nicht dauernd mit derjenigen Be-

lastung laufen, für welche sie, mit konstantem Nutzeffekt arbeitend, gebaut sind. Es ist wohl einleuchtend, dass durch eine solche Anlage die erforderlichen Arbeitsmengen mit geringstem Aufwand von Brennmaterial erzeugt werden, wenn die Maschinen nur gleichmässig unter den für sie günstigsten Bedingungen arbeiten, was aber bei variablem Arbeitsverbrauch nur dann möglich ist, wenn die erzeugte Arbeit aufgespeichert werden kann. Dort also, wo der Verbrauch an Mengen ein schwankender ist, hat der stationäre Accumulator die Bedeutung, die Wirtschaftlichkeit des Betriebes der betreffenden Anlage zu erhöhen.

Noch manche anderen Vorteile bringt die Anwendung eines stationären Accumulators für einzelne Betriebe mit sich, auf welche hier einzugehen zu weit führen würde. So weit dieselben sich auf besondere elektrische Anlagen beziehen, werden sie später an geeigneten Stellen beschrieben werden.

Der transportable Accumulator giebt die Möglichkeit, irgend welche Stoffe oder Arbeitsmenge an einem anderen als an dem Erzeugungsort zu verwerten, ohne dass die beiden Stellen durch Leitungen mit einander verbunden sind. Der Accumulator also ist in diesem Fall ein Behälter, in welchem irgend welche Mengen angesammelt und an jeden beliebigen Ort geschafft werden können. Beispiele dafür treten uns im täglichen Leben so

viele entgegen, dass es überflüssig ist, besondere hier anzuführen.

Das Grundprinzip des elektrischen Accumulators.

Die Elektrizität ist kein wägbarer Stoff, der in Behältern eingesperrt werden kann, die Elektrizität ist vielmehr eine Naturkraft, welche wir nur in ihren Wirkungen kennen. Wir nutzen dieselbe aus in Form von Licht, Wärme, Kraft und indem wir sie chemische Arbeit verrichten lassen. Leitet man einen elektrischen Strom durch Wasser, so wird dasselbe in seine Bestandteile zerlegt, es entweichen an dem positiven Pol Sauerstoff-, an dem negativen Pol Wasserstoffblasen. Indem der elektrische Strom beim Durchgang durch das Wasser dasselbe in seine Bestandteile zersetzt, verrichtet er eine gewisse Arbeit, welche mit dem Entweichen der Gasblasen nicht weiter nutzbar gemacht wird. Fängt man die Gase auf, so erhält man in dem Gemenge derselben sogenanntes Knallgas. Werden diese Gase durch eine Zündflamme zur Wiedervereinigung zu Wasser veranlasst, so wird bei diesem Vorgang eine Wärmemenge entwickelt, welche, abgesehen von dem bei solchen Verwandlungen unvermeidlichen Verlust, äquivalent ist derjenigen elektrischen Energiemenge, welche notwendig gewesen war, die betreffende Gasmenge zu erzeugen.

Das Knallgas ist also auch ein Accumulator, nur wird bei der Wiedervereinigung des Sauerstoffs und Wasserstoffs nicht wieder elektrische Energie, sondern Wärme gewonnen. Um Ersteres zu erzielen, lässt man die an den beiden Polen erzeugten Gase nicht aufsteigen, sondern giebt ihnen an ihrer Erzeugungsstelle Gelegenheit, neue chemische Verbindungen einzugehen. Auf diese Weise wird die Arbeit, welche der elektrische Strom bei dem Durchgang durch das Wasser verrichtet, dazu verwendet, neue chemische Gebilde zu schaffen und speichert sich in diesen gewissermassen auf.

Es fragt sich nun, ob, wodurch und inwieweit es möglich ist, bei der Rückführung der neu entstandenen chemischen Körper zu ihrem ursprünglichen Zustand die zu ihrer Bildung erforderlich gewesene elektrische Energie wieder zu gewinnen. Ein Beispiel mag dies klarmachen:

Wenn zwei auf ihrer Oberfläche mit Bleioxyd überzogene Bleiplatten in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäss getaucht werden, und an die eine Platte der positive, an die andere der negative Pol eines elektrischen Stromkreises angeschlossen wird, so geht der sich an der positiven Platte ablagernde Sauerstoff mit dem Bleioxyd sofort eine neue Verbindung, das ist Bleisuperoxyd, ein, das Blei kommt auf eine, wie man sagt, höhere Oxydationsstufe, während der an der negativen Platte

sich ablagernde Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff des Bleioxyds zu Wasser verbindet, welches sich dem flüssigen Inhalt des Gefäßes beimengt. Somit wird sich die Oberfläche der positiven Platte mit Bleisuperoxyd überziehen, während sich diejenige der negativen Platte in reines metallisches Blei verwandelt. Es stehen sich in dem Gefässe nun zwei metallische Platten verschiedenartiger Oberfläche, durch eine leitende Flüssigkeit getrennt, gegenüber. Dadurch ist nach dem Voltaschen Gesetz das elektrische Gleichgewicht zwischen ihnen zerstört, es herrscht, wie man sagt, zwischen ihnen elektrische Spannung. Wird die Stromzuführung unterbrochen, dagegen die positive Platte mit der negativen durch einen den elektrischen Strom leitenden Draht verbunden, so geht infolge der Spannung, in welcher sich beide Platten gegenüberstehen, nun der Strom von der positiven durch den Leiter in die negative Platte und von dieser durch die Flüssigkeit zurück in die positive. Der elektrische Strom geht also nun in umgekehrter Richtung durch die Flüssigkeit als vorhin, so dass sich an der negativen Platte der Sauerstoff und an der positiven der Wasserstoff ablagert. Dadurch überzieht sich die Oberfläche der ersteren wieder mit Bleioxyd, während das Bleisuperoxyd der positiven Platte, ebenfalls zu Bleioxyd reducirt wird. Hierbei ist der Einfluss unberücksichtigt gelassen,

welche die im Wasser enthaltene Schwefelsäure auf diese Vorgänge ausübt. Dieselbe gestaltet den Process zu einem viel complicirteren, als hier geschildert, zum allgemeinen Verständnis jedoch ist es nicht erforderlich, näher auf diese Vorgänge einzugehen.

Sobald nun die Oberflächen der beiden Platten wieder in Bleioxyd zurückverwandelt sind, hört die elektrische Spannung, unter welcher die Platten sich gegenüber standen, auf und es geht kein Strom mehr durch den die beiden Platten verbindenden Leiter. Während der Rückbildung jedoch des Bleisuperoxydes und des Bleies in Bleioxyd ist eine gewisse elektrische Energiemenge durch jenen Leitungsdraht gegangen und kann in jeder beliebigen Weise nutzbar gemacht werden. Dieselbe ist gleich derjenigen, welche notwendig gewesen war, um die zur Bildung des Bleisuperoxyds auf der positiven und des Bleies auf der negativen Platte erforderlichen Mengen Sauerstoff und Wasserstoff zu entwickeln abzüglich folgender Verluste.

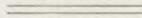
Beim Durchgang des Stromes durch den Apparat oder wie man einen solchen nennt, durch das „Element“, setzt sich demselben ein innerer Widerstand entgegen. Derselbe kommt zur Geltung sowohl dann, wenn von einer Stromquelle der Strom durch das Element gesandt wird, man sagt beim „Laden“, als auch dann, wenn dem Element

Strom entnommen wird, man sagt beim „Entladen“. Der Strom muss mit höherer Spannung hineingeladen werden, als diejenige Spannung beträgt, mit welcher der Strom bei der Entladung zurückgewonnen wird. Ferner ist es unvermeidlich, dass bei dem Ladeprocess einige von den sich bildenden Wasserstoff- und Sauerstoffblasen entweichen und damit für die Bildung von neuen chemischen Körpern verloren gehen. Dieses stellt den Verlust an Strommenge dar. Um also bei der Entladung eine gewisse Strommenge aus einem Element entnehmen zu können, ist es erforderlich, nicht nur diese, sondern auch noch einen gewissen Ueberschuss in dasselbe hineinzuladen. Dieser bei dem Aufspeicherungsprocess verloren gehende Ueberschuss an Ladestrom multipliciert mit der Differenz der Ladespannung gegen die Entladespannung stellt den Gesamtverlust an elektrischer Energie dar. Derselbe beträgt bei einem derartigen Element 15—30⁰/₀, je nachdem man mit geringen oder hohen Lade- und Entladeströmen arbeitet.

Es ist nun wohl ferner einleuchtend, dass eine bestimmte Gewichtsmenge Bleioxyd auf den Platten vorhanden sein muss, um die Menge Sauerstoff resp. Wasserstoff zu binden, welche eine gewisse, in das Element eingeladene Strommenge erzeugt. Ist alles Bleioxyd auf den Platten durch die Einwirkung des Sauerstoffs resp. des Wasserstoffs in

Bleisuperoxyd bezw. in Blei und Wasser verwandelt, so werden die Sauerstoff und Wasserstoffblasen, ohne neue chemische Körper zu bilden, entweichen; das Element ist nicht mehr aufnahmefähig. Das Fassungsvermögen eines Accumulators ist daher von der Gewichtsmenge des sogenannten aktiven Materials der Platten abhängig. Ebenso einleuchtend ist wohl, dass dasjenige Metall sich als Elementplatte für einen elektrischen Accumulator am besten verwenden lässt, welches die höchste Oxydationsstufe einzugehen vermag. Ausserdem aber darf ein derartiges Metall durch das Elektrolyt, d. h. die Flüssigkeit des Elementes, nicht gelöst werden und muss durch die Natur in reichlichen Mengen geboten werden, damit die Beschaffung der zur Aufspeicherung von grossen Strommengen erforderlichen Gewichtsmenge aktiven Materials nicht zu teuer wird. Das Blei besitzt nun die oben genannten Eigenschaften in so hervorragendem Maasse im Vergleich zu allen übrigen Metallen, dass dasselbe bis heute immer noch dasjenige geblieben ist, welches fast ausschliesslich zur Herstellung von Accumulatorenpfatten verwendet wird, und wenn nicht ein ganz neuer Weg gefunden wird, elektrische Energie aufzuspeichern, wozu zur Zeit nicht die geringste Aussicht vorhanden ist, werden wir voraussichtlich auch dauernd an das Blei gebunden sein, wenigstens für solche Fälle, bei welchen grosse

Mengen elektrischen Stromes aufgespeichert werden sollen. Das beschriebene Element stellt also immer noch den Urtypus des heute angewandten elektrischen Accumulators dar.



2. Beschreibung eines elektrischen Accumulators.

Die wesentlichen Bestandteile eines elektrischen Accumulators sind: Zwei Bleiplatten, die sich in einem Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure befinden.

Die Leistung eines elektrischen Accumulators ist von folgenden Gesichtspunkten aus zu bemessen:

Derselbe muss im Stande sein, eine gewisse Stromstärke aufzunehmen und ebenso abgeben zu können. Ferner aber muss der Accumulator gewisse Strommengen aufspeichern können, d. h. also, er muss, nachdem er voll geladen ist, eine gewisse Zeit lang mit gewissen Stromstärken entladen werden können, ohne erschöpft zu sein. Für die Höhe der Stromstärken bei Ladung und Entladung ist, wie wohl einleuchtend, die Grösse der Gesamtfläche massgebend, in welcher die verdünnte Schwefelsäure die Bleiplatten bespült, also diejenige Fläche, in welcher sich bei dem Durchgang des elektrischen Stromes durch das Element bei der Ladung an der

positiven Platte Sauerstoff und an der negativen Platte Wasserstoff entwickelt, bzw. umgekehrt bei Entladung. Durch langjährige Erfahrungen hat man die Grenze festgesetzt, über welche hinaus das Quadratdecimeter oben genannter Fläche in Bezug sowohl auf Lade- als auch auf Entladestromstärke nicht beansprucht werden soll, und es berechnet sich nun die Grösse jener Fläche bzw. die Grösse der Bleiplatte für jeden vorliegenden Fall, indem die verlangte grösste Lade- bzw. Entladestromstärke durch das Maximum geteilt wird, bis auf welches das Quadratdecimeter beansprucht werden darf.

Dann fragt es sich aber weiter, ob die Platten in der Flächenausdehnung auch die genügende Menge aktiven Materials aufnehmen können, welche erforderlich ist, um bestimmte Mengen elektrischen Stromes aufzuspeichern. Ist das nicht der Fall, so sind die Platten entsprechend grösser vorzusehen. Bei dieser Berechnung wird sich in den bei weitem meisten Fällen die Grösse der Platten so ergeben, dass es für die Praxis unbequem sein würde, dieselben, in einem Stück hergestellt, in das Gefäss einzubauen. Man teilt vielmehr die Platte in eine bestimmte Anzahl gleicher Teile, baut dieselben immer abwechselnd erst eine negative, dann eine positive, und so fort, schliesslich mit einer negativen aufgehörend, parallel zu der einen Gefässwand

eines rechteckigen Gefäßes in gleichen Abständen von einander und durch Glasrohre elektrisch von einander isolirt ein, dann verbindet man die nach einer Seite gelegenen oberen Ecken sämtlicher positiver Platten mittels einer Bleileiste und die nach der anderen Seite gelegenen oberen Ecken sämtlicher negativen Platten mit einer zweiten Bleileiste,

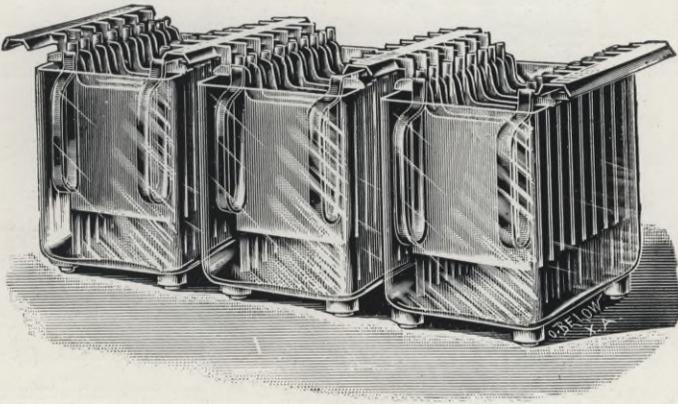


Fig. 1.

so dass der dem Element zugeführte Strom sich durch die erste Leiste in die einzelnen positiven Platten verteilt, von diesen durch die verdünnte Schwefelsäure in die negativen Platten gelangt, von welchen er sich in der zweiten Bleileiste wieder sammelt.

Jede Accumulatorenfabrik hat nun ihre Normaltypen: die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft hat für stationäre Elemente deren 5: H₁, H₂, H₄,

H8 und H16. H2 ist doppelt, H4 ist reichlich vierfach u. s. w. so gross als H1, und werden nun die Elemente aus einer bestimmten Anzahl Platten obiger Grössen für jeden einzelnen vorliegenden Fall so zusammengebaut, dass die Leistung sowohl in Bezug auf Lade bezw. Entladestrom, als auch auf Capacität vorhanden ist.

Bis zu einer gewissen Grösse werden die Gefässe aus Glas hergestellt. Dieselben sind billiger als aus jedem anderen säurebeständigen Material und sind insofern für den Betrieb sehr vorteilhaft, als die Glaswände ohne weiteres einen Einblick über den Zustand des Gefässinneren gestatten. Da die Anfertigungs- und die Transportmöglichkeit der Glasgefässe sowie auch die Zuverlässigkeit in Bezug auf ihre Haltbarkeit nur bis zu einer bestimmten Grenze der Abmessungen besteht, so ist man genötigt, über diese hinaus die Gefässe aus anderem Material zu fertigen, und zwar aus Holz, indem das Innere des Kastens mit Blei ausgeschlagen wird. Die Figuren 1—3 stellen Elemente dar, bei welchen H1-, H2- und H4-Platten in Glasgefässen eingebaut sind, während die Figuren 4 und 5 Holzkastenelemente darstellen mit H4-, H8- bezw. H16-Platten.

Die elektrische Spannungsdifferenz zwischen den beiden Polen eines solchen geladenen Elements beträgt, wenn kein Strom durch dasselbe fliesst, also wie man sagt, in der Ruhe, rund 2 Volt. Sie

steigt bei der Ladung bzw. sinkt bei der Entladung je nach der Höhe des Lade- bzw. Entladestromes. Je nach der Höhe des letzteren sinkt die Spannungsdifferenz auf 1,95—1,75 Volt, bleibt während der Entladung eine reichliche Zeit fast konstant, um dann in verhältnismässig kurzer Zeit schnell abzu-

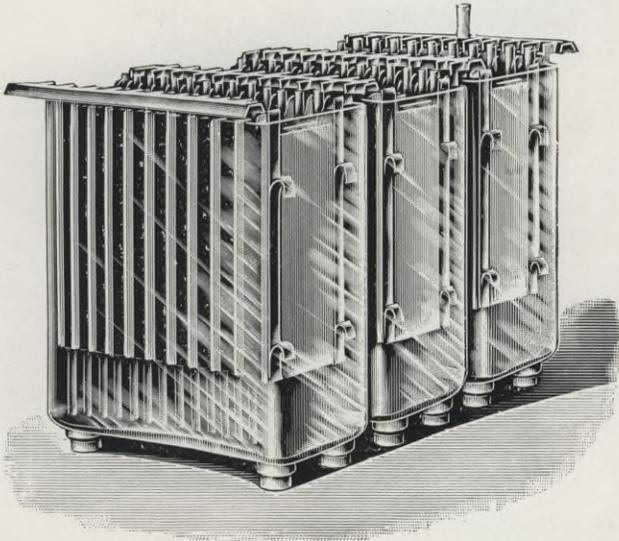


Fig. 2.

fallen. Die Entladung soll nun niemals so weit stattfinden, dass dieser schnelle Spannungsabfall eintritt, und ist somit für die verschiedenen Entladestromstärken eine bestimmte Endspannung vorgeschrieben, über welche hinaus die Entladung nicht weiter fortgesetzt werden darf. Bei Lichtanlagen beträgt dieselbe im Allgemeinen 1,83 Volt.

Je nach der Höhe der Spannung nun, mit welcher die elektrische Anlage arbeitet, ist eine entsprechende Anzahl von Elementen als Batterie hintereinander zu schalten, und ist bei der Bestimmung dieser Zahl die Spannung des einzelnen Elements massgebend, bis zu welcher es nur ent-

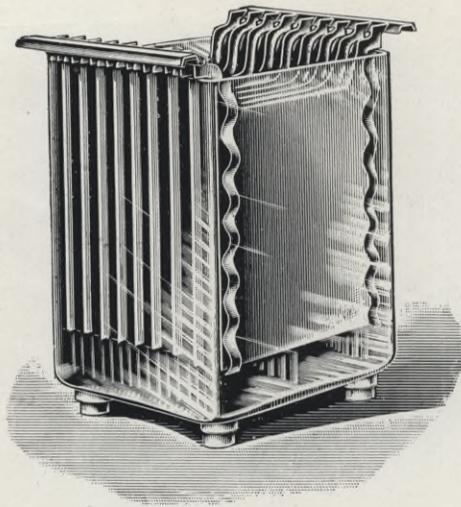


Fig. 3.

laden werden darf; also bei Beleuchtungsanlagen 1,83 Volt, so dass bei

$$65 \text{ Volt Betriebsspannung } \frac{65}{1,83} = \text{rund } 36,$$

und für

$$110 \text{ Volt Betriebsspannung } \frac{110}{1,83} = \text{rund } 60$$

Elemente erforderlich sind.

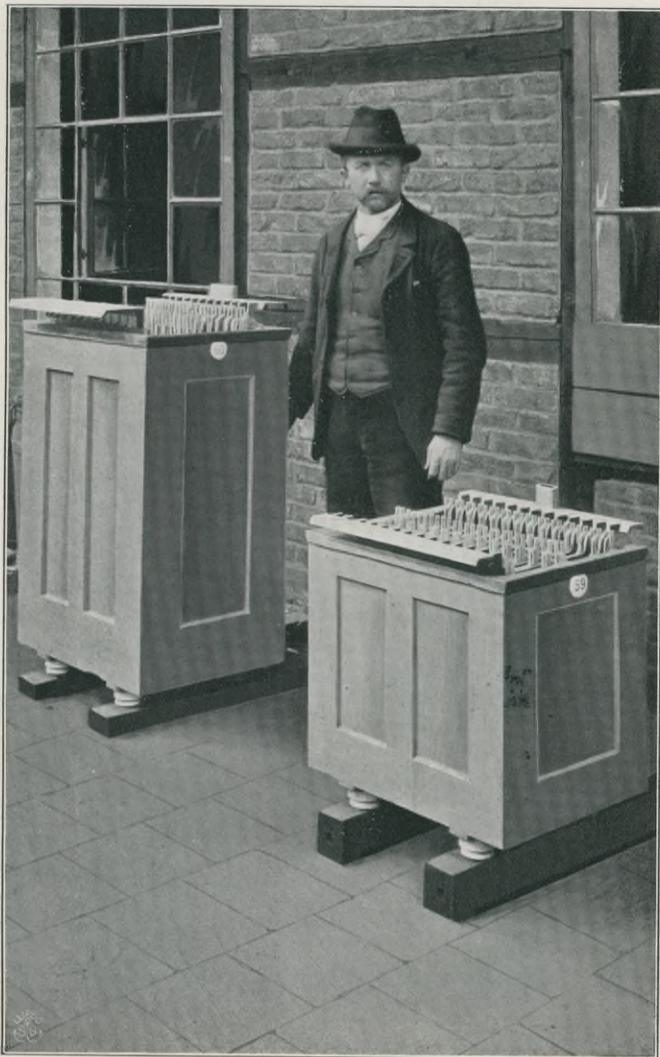


Fig. 4.

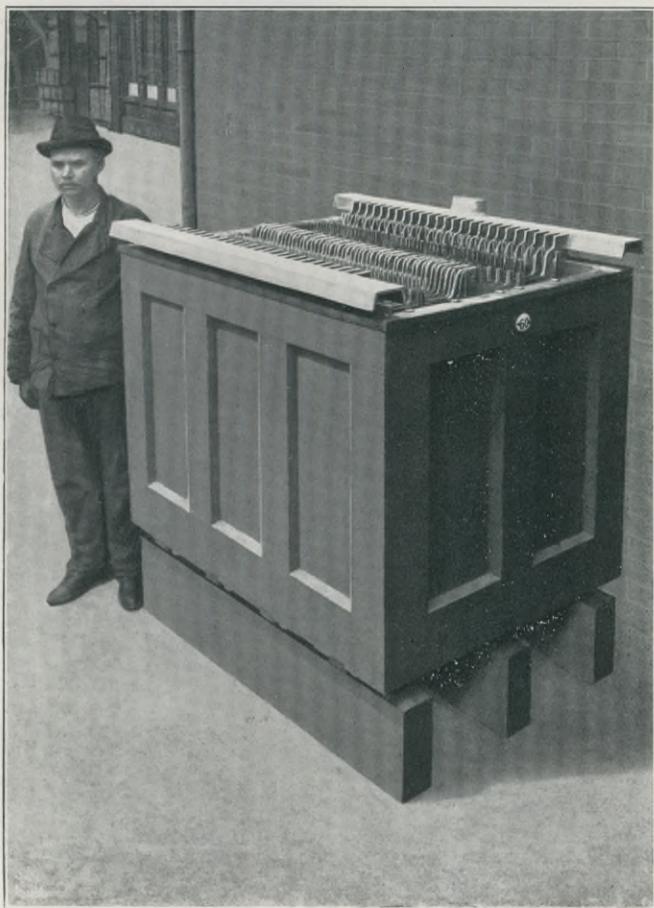


Fig. 5.



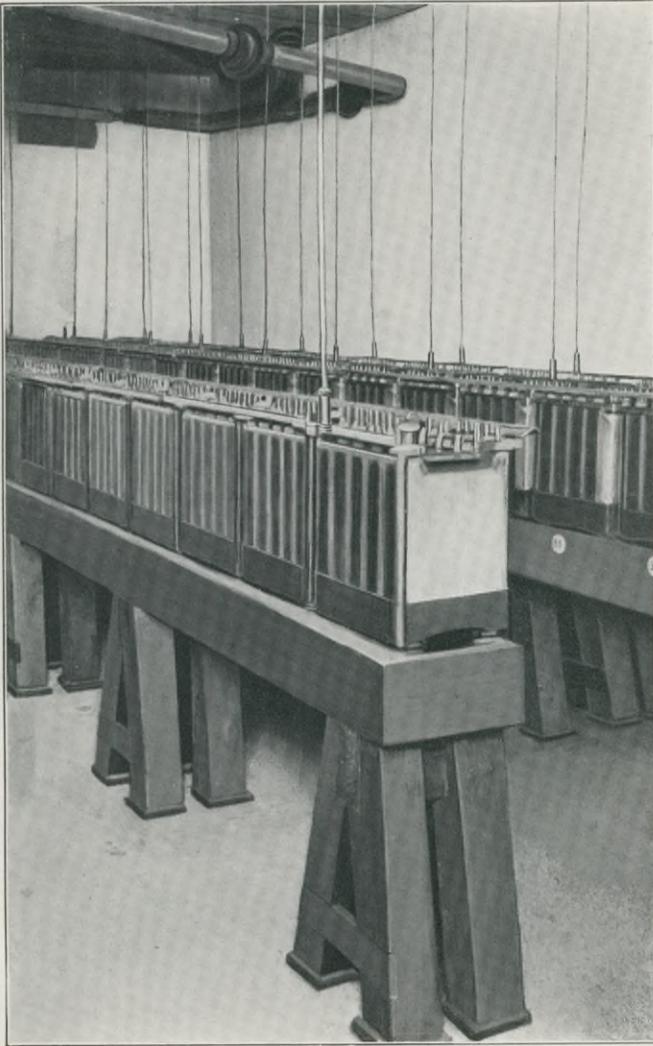


Fig. 6. Batterie in der Milchkuranstalt Schweizerhof, Berlin.

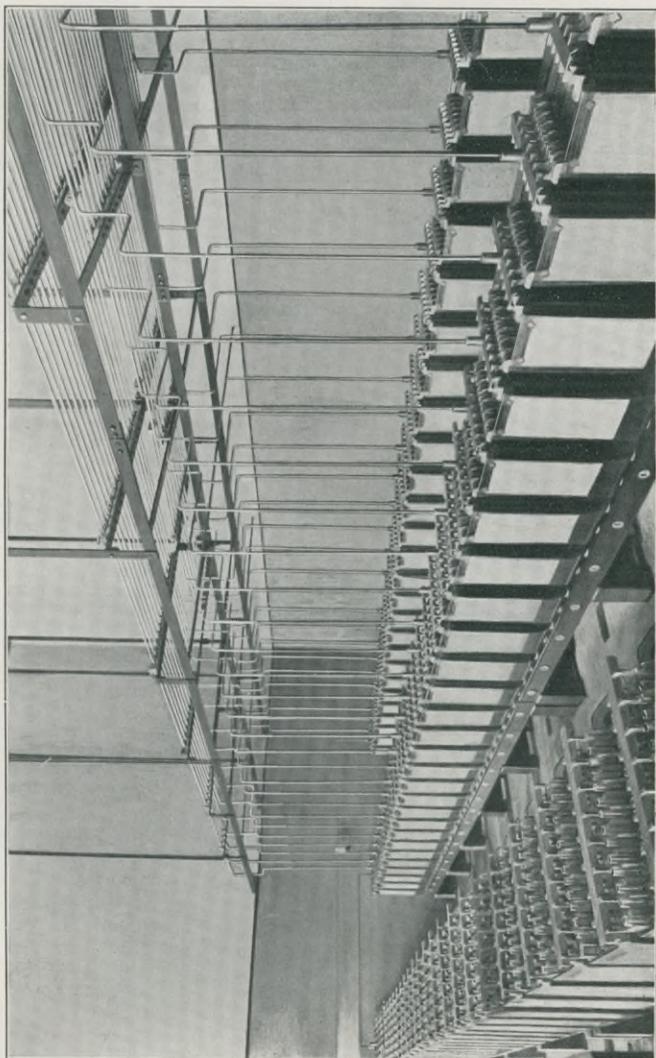


Fig. 7. Batterie im Elektrizitätswerk Mittenwald.

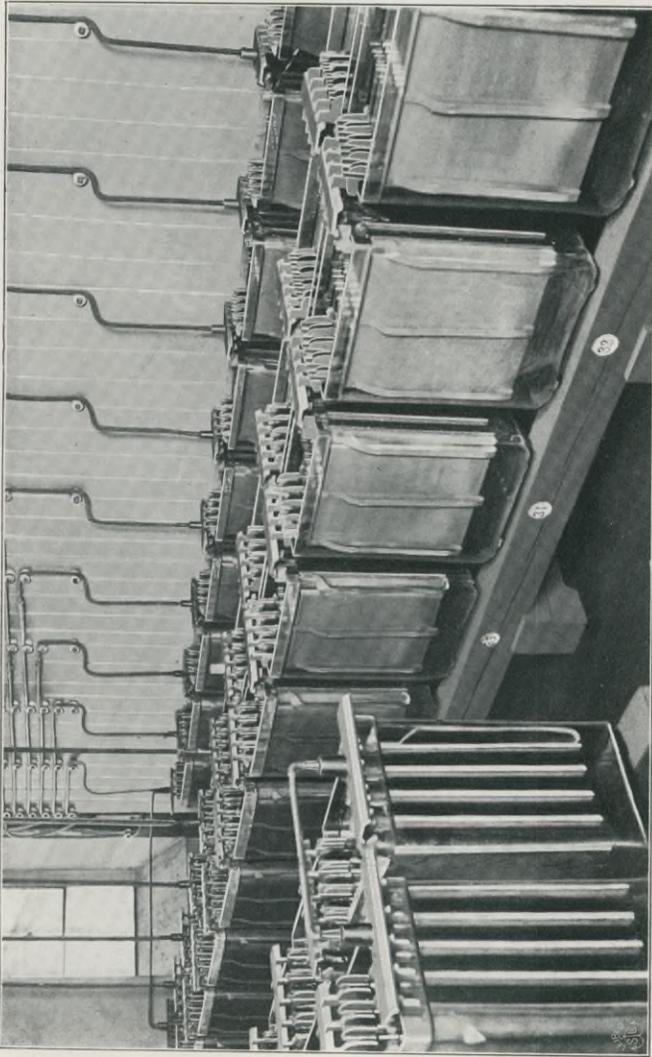


Fig. 8. Batterie in der Aktienbrauerei Friedrichshain, Berlin.

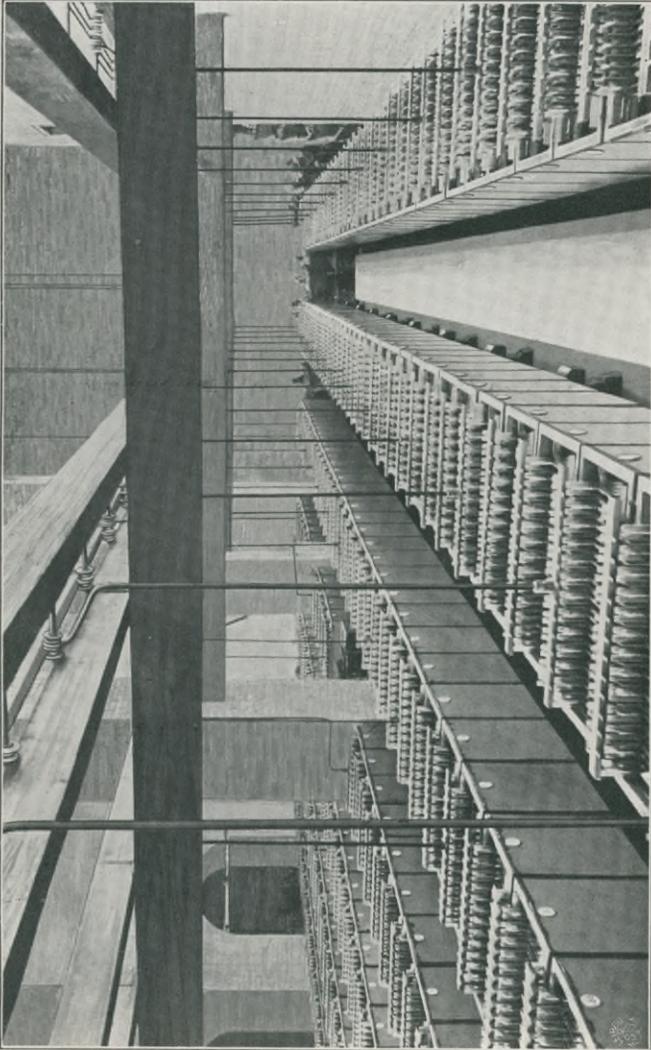


Fig. 9. Batterie in der Centrale Barmen.

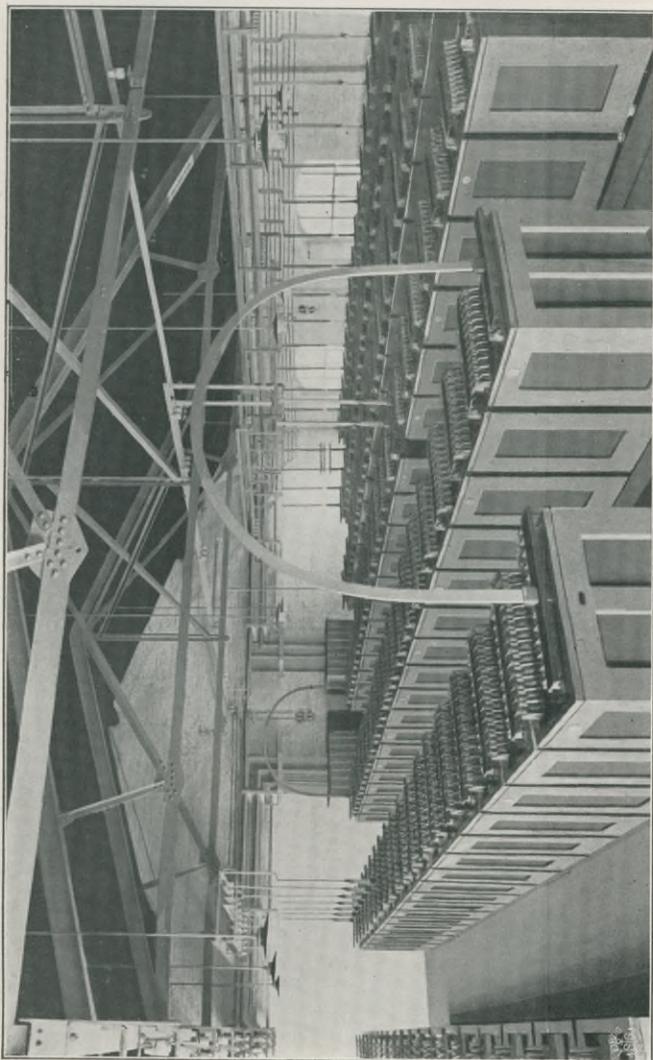


Fig. 10. Batterie der Aktiengesellschaft für Eisenbahn-Wagenbau, Breslau.

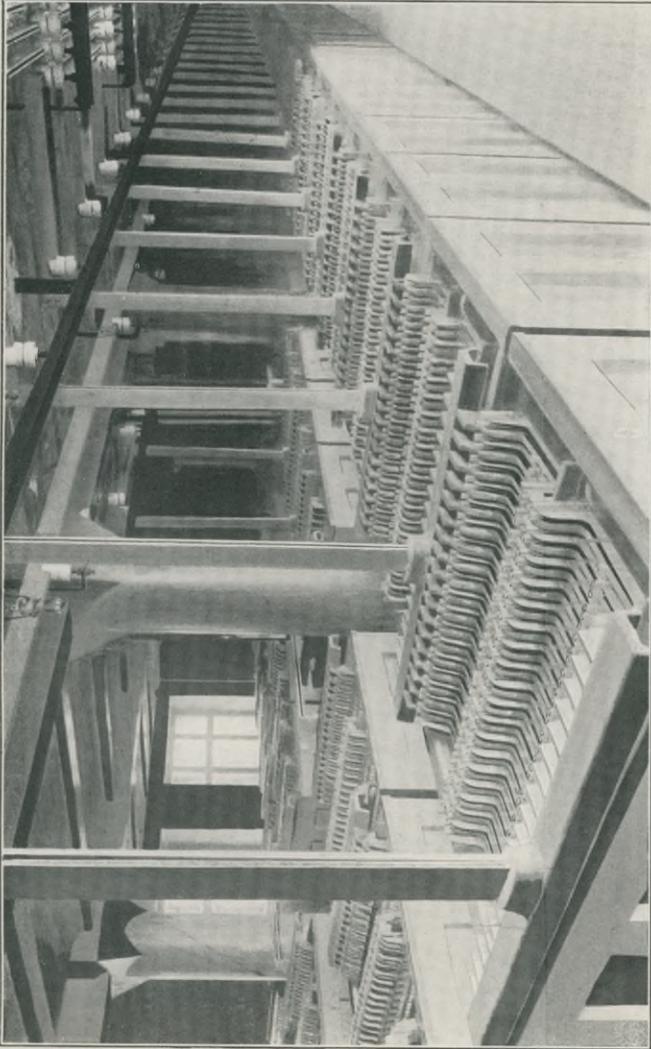


Fig. 11. Batterie der Berliner Elektrizitätswerke in der Centrale Mauerstrasse.

Die Figuren 6—8 zeigen Batterien mit H₁-, H₂- und H₄-Platten in Glasgefäßen, die Figuren 9—11 solche mit H₄-, H₈- und H₁₆-Platten in Holzgefäßen mit Bleiausschlag.

Entwicklung des elektrischen Accumulators.

Wer der Accumulatorentechnik nicht näher steht und einen Accumulator, wie ein solcher vor 10—15 Jahren hergestellt wurde, mit einem solchen heutiger Fabrikation vergleicht, wird kaum finden, dass auf diesem Gebiete nennenswerte Fortschritte gemacht worden sind. Und doch waren die Erfahrungen, welche Mitte der 80er Jahre mit der Verwendung der elektrischen Accumulatoren gemacht wurden, wie bereits oben erwähnt, derart klägliche, dass alle Fachleute es fast als fortgeworfenes Geld ansahen, welches zur Beschaffung von elektrischen Accumulatoren angelegt werden sollte. Die Accumulatoren von damals hatten eine Lebensdauer, welche durchschnittlich wohl kaum über einige Monate hinausging und waren auch die Anschaffungswerte so hohe, dass man die Möglichkeit der wirtschaftlichen Verwertung der elektrischen Accumulatoren fast aufgegeben hatte. Heute dagegen hat sich der elektrische Accumulator derart eingeführt, dass, abgesehen von der verhältnismässig geringen Zahl von Wechsel- oder

Drehstromanlagen, fast keine elektrische Centrale besteht, in welcher nicht Accumulatoren in hervorragendem Maasse zur Anwendung gekommen sind. Es sollen als Beispiel nur angeführt werden:

Berlin, Hamburg, Bremen, Lübeck, Leipzig, München, Stuttgart, Stettin, Königsberg, Danzig u. s. w.

Die Zahl der in Deutschland allein von der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft für städtische Centralen gelieferten Batterien beträgt mehr als 240.

Diese Thatsache und der bereits oben erwähnte grosse Umsatz, welchen die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft jetzt in Accumulatoren leistet, ist wohl ein unbestreitbarer Beweis dafür, dass es der neueren Accumulatortechnik gelungen sein muss, eine Reihe von Fehlern zu vermeiden, welche bis dahin die so schnelle Zerstörung derartiger Apparate herbeigeführt hatten. Wie dieses gelungen ist, soll in kurzen Zügen auseinandergesetzt werden:

Wenn die im Element stehenden Platten nicht vollständig durch die Flüssigkeit von einander getrennt, sondern durch einen metallischen Leiter mit einander verbunden sind, wenn also, wie man sagt, das Element Kurzschluss hat, so geht zum wenigsten ein Teil des Ladestromes nicht durch die Flüssigkeit, sondern durch den metallischen Leiter, wird also nicht zur Verrichtung der Zersetzungsarbeit

mit herangezogen. Wenn nun ein oder mehrere Elemente einer hintereinander geschalteten Reihe mit solchem Kurzschluss versehen sind und in dieser Reihe geladen werden, so werden die Elemente ohne Kurzschluss bereits ihr aktives Material umgewandelt haben, d. h. also vollgeladen sein, während die mit Kurzschluss behafteten noch zurück sind. Hört die Ladung auf, so findet in letzteren Elementen ein Ausgleich der Elektrizität durch den Kurzschluss statt, die Elemente entladen sich in sich selbst. Dadurch also, dass dieselben erstens weniger Ladestrom in sich aufnehmen, zweitens aber auch noch einen Teil desselben in sich selbst wieder verlieren, kommen sie den übrigen Elementen gegenüber immer mehr zurück und kommen mit ihren Platten schliesslich in einen Zustand, in welchem die Schwefelsäure einen sehr verderblichen Einfluss auf sie ausübt. Es ist also das erste Erfordernis für die Lebensdauer eines Blei-Accumulators, dass die Elemente möglichst kurzschlussfrei gehalten werden.

Man erreicht dieses nun durch folgende drei Faktoren:

Erstens muss die aktive Masse so auf den Bleiplatten haften, dass möglichst jedes Herabfallen derselben vermieden wird.

Zweitens müssen die Platten so in die Elemente eingebaut werden, dass noch etwa herabfallende Teile möglichst keine derartige Auflage finden, um

zwischen zwei benachbarten Platten als metallischer Leiter zu dienen.

Drittens müssen die Elemente während des Betriebes vor allen Dingen daraufhin beobachtet und gewartet werden, dass jeder sich in einem solchen Element bilden wollende Kurzschluss sofort entfernt wird.

Von dem ersten dieser Gesichtspunkte aus wurde die Konstruktion der einzelnen Platte verbessert. Wie vorhin auseinandergesetzt, ist die Grösse der Kapazität einer Platte abhängig von dem Gewicht des zur Verfügung stehenden aktiven Materials. Um nun bei möglichst geringem Gewicht der Platte eine möglichst grosse Gewichtsmenge arbeitenden Materials zu haben, bildete man bereits anfangs der 80er Jahre die Platte selbst als Gitter aus und trug das aktive Material als eine Paste von Bleioxyden und Schwefelsäure in dasselbe ein. Die Paste der positiven Platte jedoch wurde durch den Gebrauch allmählich weich, löste sich aus dem Gitter heraus und fiel herunter. Man hat sich nun in Bezug auf diese Plattenkonstruktion bemüht, sowohl eine festere und dauerhaftere Paste, als auch eine Gitterform herzustellen, welche das Herausfallen der Paste verhindern soll.

Einen anderen Weg für die Herstellung der positiven Platte schlug Henri Tudor ein. Er stellte dieselbe als massive mit Rippen versehene Blei-

platte her, um dadurch bei möglichst geringem Gewicht eine möglichst grosse Oberfläche zu erhalten. Auf dieser Oberfläche wird durch einen besonderen Formationsprozess aus dem Bleikern heraus eine verhältnismässig dünne Schicht Bleisuperoxyd erzeugt, dieselbe ist krystallinisch fest mit dem Kern verwachsen, so dass ein Herabfallen der Masse nur in geringen Spuren erfolgt.

Im Allgemeinen können demnach die heute angewandten positiven Accumulatorplatten in zwei grosse Gruppen eingeteilt werden: in sogenannte Masseplatten und in sogenannte GROSSOBERFLÄCHENplatten.

In Bezug auf die negative Platte herrscht bei den verschiedenen Systemen kein wesentlicher Unterschied.

Wesentlich trug auch die Verbesserung des Aufbaues der Platten zur Verlängerung ihrer Lebensdauer bei. Bei den älteren Konstruktionen ruhen die Platten mit ihrer unteren Kante auf Glasprismen oder dergleichen auf, und fanden die herabfallenden Teile auf letzteren reichlich Gelegenheit, sich abzulagern, um so zwischen den Platten Kurzschluss zu bilden. Bei guten heutigen Konstruktionen sind solche Ablagerungsflächen vollständig vermieden. Die Platten hängen entweder auf den Verlängerungen der Gefässwände, oder auch auf vertikal aufstehenden Glasscheiben derart auf, dass die Auflagefläche

stets ausserhalb der Säure sich befindet, und dass jedes sich von den Platten lösende Teilchen auf den Boden des Gefässes fallen muss, da es sonst nirgendwo Gelegenheit findet, sich abzulagern. Die Unterkanten der Platten befinden sich in grossem Abstände von dem Gefässboden, sodass eine Anhäufung der herabfallenden Teile bis an diese ausgeschlossen oder doch möglichst weit hinausgeschoben ist.

Der wichtigste Faktor für die Erhaltung eines Accumulators ist seine Behandlung während des Betriebes. Auch dieser Grundsatz will heute als fast selbstverständlich erscheinen, und doch hat es manche schwere Opfer gekostet, dieses zu erkennen.

Als die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft (damals noch Büsche & Müller) im Jahre 1888 mit der Fabrikation des Tudor-Accumulators begann, konnten nur wenige Erfahrungen darüber vorliegen, ob und in welcher Weise die Behandlung während des Betriebes für die Lebensdauer der Platten von Einfluss ist, da die bis dahin von anderer Seite hergestellten Platten in kurzer Zeit zu Grunde gegangen waren, ob sie nun gut oder schlecht behandelt wurden. Es ist wohl einleuchtend, dass hierbei anfangs mancher Missgriff gemacht wurde, dessen üble Folgen sich erst nach längerer Zeit einstellten und dann Aenderungen in den Vorschriften benötigten, so dass eine Reihe von Jahren

gewissenhaftestes Beobachten, mühevoll arbeiten und auch recht erhebliche Opfer dazu gehört haben, das Richtige zu finden. Es zeigte sich auch sehr bald, dass es nicht genügte, zweckmässige Vorschriften zu geben, sondern dass es auch unbedingt erforderlich war, diejenigen, welche die Battereien zu bedienen hatten, zu überwachen und ihnen das nötige Verständnis in der Handhabung der Vorschriften beizubringen. Es mussten also diejenigen, in deren Besitz bzw. Händen die Battereien waren, zur richtigen Behandlung derselben gewissermassen erzogen werden.

Ferner erkannte man bald, dass die Art und Weise, wie die Accumulatorenatterie mit den übrigen Aggregaten geschaltet ist, für die Lebensdauer der ersteren eine grosse Rolle spielt, ebenso das richtige Grössenverhältnis der Maschine zur Accumulatorenleistung. Es mussten daher rationelle Schaltungen geschaffen, sichere und zweckmässig wirkende Schaltapparate konstruiert und für Herstellung derselben gesorgt werden.

Da alle Vorgänge, welche sich während des Betriebes in den Elementen abspielen, chemischer Natur sind, so ist es wohl einleuchtend, dass das Vorhandensein gewisser fremder Substanzen jene Vorgänge stören musste. Auch in dieser Beziehung konnten erst störende Erscheinungen bei im Betrieb befindlichen Anlagen den Accumulatorenfabrikanten

zur Nachforschung Veranlassung geben, welcher Stoff nun in jedem Fall der Störenfried ist, und war es dann vielfach eine schwierige Aufgabe des Laboratoriums, die Methode zu finden, die Materialien von solchen Stoffen mit Sicherheit frei zu halten. Heute, kann man wohl sagen, sind diese Schwierigkeiten so gut wie behoben; es war jedoch, wie aus Obigem hervorgeht, ein hartes Ringen und ein zähes Wollen, das gesteckte Ziel zu erreichen, nötig, um den Accumulator auf den hervorragenden Platz zu bringen, welchen er heute in der Elektrotechnik einnimmt.

3. Der Accumulator der Accumulatoren-Fabrik Aktien- gesellschaft.

Die heute hergestellten Accumulatoren zerfallen im wesentlichen in 2 Hauptgruppen: in solche mit positiven Masse- und in solche mit positiven Grossoberflächen-Platten. Die Accumulatoren der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft gehören zu der letzteren Gruppe und haben sich aus dem Tudor-Accumulator entwickelt. Im Anfang des Jahres 1888 gründeten die Herren Büsche & Müller in Hagen i. W. die Accumulatoren-Fabrik Tudorschen Systems und richteten mit Henri Tudor dortselbst die Fabrikation ein. Der Grundgedanke des Tudorschen Systems war damals folgender:

Die positive Platte sollte eine massive Bleiplatte mit möglichst grosser Oberfläche sein und wurde daher als Rippenplatte gegossen. Das Profil der ersten positiven Tudorplatte in natürlicher

Grösse zeigt Figur 12. Die Platte wurde nun nach einem Verfahren behandelt, welches seiner Zeit durch Gaston Planté erfunden war, um auf der Oberfläche der Bleiplatte aus dem Blei heraus durch den elektrischen Strom eine Schicht von Bleisuperoxyd zu erzeugen. Die Platten wurden zu diesem Zweck in ein Element, wie oben beschrieben, eingebaut, erst geladen, dann entladen, umgekehrt geladen, wieder entladen und so fort, bis die



Fig. 12.

dadurch entstandene Schicht Bleisuperoxydes den Platten

$\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ derjenigen Kapazität gab, welche sie im Gebrauch haben sollten. Dieses Verfahren bis zur Erzielung der vollen Kapazität fortzusetzen, war damals nicht durchführbar, da es nach dem damals bekannten Verfahren so viel Zeit und Kraft erfordert hätte, dass die Herstellungskosten den Accumulator unverkäuflich gemacht hätten. Nach dieser Behandlung wurden die zwischen den Rippen befindlichen Nuten mit einem Gemenge von Mennige und Schwefelsäure ausgefüllt. Mennige ist ein Oxydationsprodukt des Bleies, welches zwischen Bleioxyd und Bleisuperoxyd liegt. Schliesslich wurden die so hergerichteten Platten mehrmals geladen und entladen, um die Mennige ganz in Bleisuperoxyd umzuwandeln und waren damit die positiven Tudorplatten fertig.

Die aufgetragene Masse diente vorläufig als das aktive Material, welches der Platte in reichlichem Maass die erforderliche Kapazität verlieh. Dasselbe sollte aber diesem Zweck nur eine bestimmte Zeit lang dienen. Je nach der Beanspruchung der Platte nämlich in Bezug auf Höhe sowohl des Lade- und Entladestromes als auch der Kapazitätsentnahme, wird jede künstlich auf eine positive Bleiplatte aufgetragene Masse früher oder später weich, spült sich von der Platte, die man in diesem Fall wohl auch Träger nennen kann, ab und fällt als unwirksam auf den Boden des Gefässes. So ging es auch mit der auf die positive Tudorplatte aufgetragenen Masse, welche nach dem ersten oder höchstens zweiten Betriebsjahr der Batterien sich herauspülte. In dieser Zeit aber hatte sich nun durch den nutzbringenden Lade- und Entladeprozess die Bleisuperoxydschicht um so viel weiter durch den Bleikern herausgebildet, dass die Dicke derselben einschliesslich der von der aufgetragenen Masse fest mit ihr verwachsenden Teile nunmehr genügte, der Platte die von dieser verlangte Kapazität zu geben. Nach ein- oder zweijährigem Betrieb, also nachdem die künstlich aufgetragene Masse sich abgestossen hatte, war die positive Tudorplatte eine reine Plantéplatte, d. h. eine Bleiplatte, auf deren Oberfläche eine mit dem Bleikern krystallinisch fest verbundene

Schicht Bleisuperoxyd von einer solchen Dicke sich befand, dass sie der Platte diejenige Kapazität gab, welche sie im Betrieb haben sollte. Jedenfalls war hiermit eine positive Accumulatorenplatte gefunden, welche in Bezug auf Lebensdauer voraussichtlich das Vorzüglichste leisten musste und heute nach 13 Jahren hat die Erfahrung es auch bestätigt, dass hiermit der einzig richtige Weg beschritten wurde, brauchbare Accumulatoren zu schaffen.

Es blieb der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft, in welche das Hagener Unternehmen im Jahre 1890 umgewandelt wurde, nur übrig, teils dem weiteren Rat Tudors folgend, teils auf eigener Erfahrung selbständig weiter bauend, mit fortschreitender Verbesserung des Herstellungsverfahrens die Platte allmählich so zu gestalten, dass das gesamte, in derselben enthaltene Bleimaterial als wirksames Material zur Geltung kommt, so dass die heutige positive Platte, wie sie die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft herstellt, in wirtschaftlicher Beziehung der alten Tudorplatte bedeutend überlegen ist. Der Uebergang von letzterer zur ersteren vollzog sich folgendermassen:

Die Lebensdauer einer positiven Platte ist abhängig von der Zeit, bis zu welcher das in den Rippen enthaltene Blei allmählich durch Umwandlung in Bleisuperoxyd aufgebraucht ist. Da-

durch, dass, besonders bei dem Ladeprozess, die Flüssigkeit des Elementes in Cirkulation gerät, welche kurz vor dem Vollgeladensein durch die eintretende Gasentwicklung sich zu einer lebhaften steigert, werden, wenn auch nur geringe Teilchen der an der Oberfläche haftenden Bleisuperoxydschicht abgelöst und fallen als unwirksam werdendes Material auf den Boden des Gefässes. Diese Teilchen ergänzen sich nun während des Betriebes aus dem Blei, welches die Rippen enthalten. Die Menge des letzteren also ist, sonst gleiche Verhältnisse vorausgesetzt, allein massgebend für die Lebensdauer der positiven Platte.

Je grösser nun die abgewickelte Oberfläche ist, welche sich nach beiden Seiten hin auf diesem Kern aufbaut, desto grösser ist die Leistung der Platte pro Gewichtseinheit aufzuwendenden Bleimaterials, desto leichter und auch billiger ist daher die Platte für eine bestimmte Leistung herzustellen. In erster Linie nun ging das Bestreben der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft dahin, die abgewickelte Oberfläche, oder wie man es ausdrückt, die Oberflächenentwicklung, d. i. die sich auf ein Quadratdecimeter aufbauende abgewickelte Oberfläche, nach Möglichkeit zu vergrössern.

Die nach dieser Richtung hin unternommenen umfassenden Versuche zeigten jedoch bald, dass

eine gewisse Grenze bestand, über welche hinaus die weitere Vergrößerung der Oberfläche unwirksam blieb. Die in die Rillen eingetragene Masse konnte bei engem Abstand und grösserer Höhe der Rippen nicht mehr ausreichend schnell vom Elektrolyt durchdrungen werden, wie dies zur Erfüllung der chemischen Vorgänge im Accumulator erforderlich ist. Infolge dessen blieb von gewissen Dimensionen der Oberflächenentwicklung ab, die gewünschte Mehrleistung aus. Um diesen Umstand zu beheben, gingen nunmehr die Versuche dahin, das Eintragen von Masse ganz zu vermeiden, und die aktive Schicht durch ökonomische Planté-



Fig. 13. E-Platte mit Korn.



Fig. 14. E-Platte ohne Korn.

Formation von vornherein so stark zu gestalten, dass mechanisch aufgetragenes Material entbehrt werden konnte.

Im Jahre 1896 gelang es, ein Formations-Verfahren in die Praxis einzuführen, welches diesen Zweck vollkommen erfüllte, wodurch es nun nicht mehr nötig war, die nur für die höchstens zwei ersten Betriebsjahre als Aushülfe dienende Masse in die Nute einzutragen. Dieses Formationsverfahren wurde sehr bald noch erheblich vereinfacht.

Hiermit nun war die Möglichkeit gegeben, die Oberflächenentwicklung durch Erhöhung und engere Stellung der Rippen wesentlich zu vergrössern. Die in dieser Richtung gemachten Fortschritte sind in den Figuren 13 bis 17 veranschaulicht.

Wobei darauf zu achten ist, dass bei Fig. 13 ein in der Mitte durchlaufender Kern vorhanden ist, während dieser bei Fig. 14 u. 15 nicht mehr vorhanden ist, so dass sich bei der letzteren Anord-



Fig. 15. H-Platte.

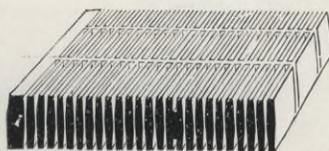


Fig. 16.

nung eine günstigere Verteilung des Materials erreichen lässt. Fig. 16 giebt in Bild eines Plattenabschnittes, während Fig. 17 die Seitenansicht einer H-Platte darstellt. Die hiernach konstruierten positiven Platten werden also ohne alles mechanisch aufgetragene Material hergestellt, und ist das in ihnen enthaltene Blei für eine äusserst hohe Lebensdauer berechnet. Sie können mit Recht als das Ideal der bei dem Bleiaccumulator erreichbaren Leistung bezeichnet werden.

Bei Fig. 14 ist die abgewickelte Oberfläche rund achtmal so gross als die Projektionsfläche, während dies Verhältnis bei Fig. 15 rund 6 ist. Die Platte mit dem Querschnitt nach Fig. 15 ist die von

der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft zuletzt angewandte, es kommen aber immer statt 3 Platten nach Fig. 14 stets 4 Platten nach Fig. 15 zur Anwendung, so dass die abgewinkelte Oberfläche pr. Element dieselbe bleibt, aber die Projektionsfläche grösser wird, wodurch der Vorteil erreicht wird, dass der innere Widerstand sinkt.

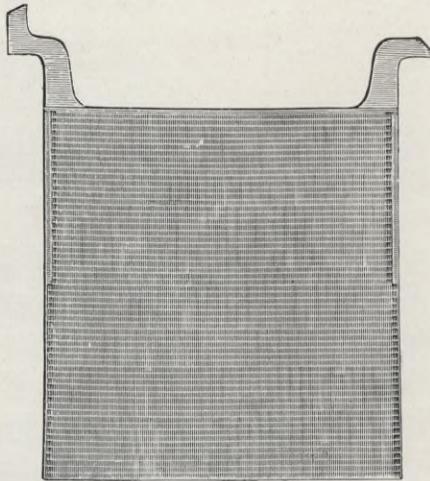


Fig. 17.

Die negative Platte bietet wenig Veranlassung zu weiteren Mitteilungen; dieselbe besteht, wie die fast aller übrigen Accumulatorenfabriken, aus gegossenen Bleigittern, in welche Bleioxyd (Bleiglätte) eingetragen ist, welches durch den ersten Ladeprozess in schwammiges Blei verwandelt wird.

Ist es nun der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft in der Zeit ihres 13jährigen Bestehens seit Beginn der Firma Büsche & Müller gelungen, durch ihr zielbewusstes Arbeiten konstruktiv das vollkommenste zu erreichen, was überhaupt von einem Blei-Accumulator erwartet werden kann, so kommen noch weitere Momente hinzu, durch welche die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft sich eine ganz ausserordentliche Ueberlegenheit über alle übrigen Accumulatorenfabriken der Erde erworben hat. Durch die langjährigen Erfahrungen hat sich die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft eine so grosse Sicherheit der immerhin schwierigen Fabrikation angeeignet, dass es eine grosse Seltenheit ist, wenn eine fehlerhafte Platte die Fabrik verlässt. Ferner ist die Accumulatoren - Fabrik Aktiengesellschaft die Lehrmeisterin für die gesamte Elektrotechnik der Erde gewesen, in welcher vorteilhaftesten Weise sowohl für die gesamte Anlage als auch speciell für die Lebensdauer des Accumulators ein solcher zu schalten ist. Keiner Accumulatorenfabrik der ganzen Erde stehen derartige Erfahrungen in Bezug auf die Behandlung der im Betrieb befindlichen Accumulatoren zur Verfügung, als die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft sie hat. Sie hat einen Stamm von Beamten herangezogen, welcher auf das Gewissenhafteste die ausgeführten Anlagen dauernd überwacht und den

Besitzern stets mit Rat zur Hand ist, wie sie ihre Anlagen zur vorteilhaftesten Ausnutzung und besten Erhaltung ihrer Batterieen betreiben sollen. Durch diese Organisation wurde nicht allein dafür gesorgt, dass die Batterien stets in gutem Zustande erhalten blieben, sondern auf diese Weise hat sich auch die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft seit ihrem Bestehen aus dem praktischen Betrieb selbst einen Schatz von Erfahrungen gesammelt, wie er in keinem anderen Werk zu finden ist. Praktische Erfahrungen sind aber einer der wichtigsten Grundpfeiler der Accumulatorenindustrie; sie sind fast wichtiger als die feinsten Laboratoriumsuntersuchungen, die allerdings zu weiterer Verwertung der Erfahrungen und zum sicheren Vorwärtskommen auf Grund derselben ebenfalls erforderlich sind.

Nach all Diesem kann wohl mit voller Berechtigung gesagt werden, dass Derjenige, welcher sich einen Accumulator der Accumulatorenfabrik Aktiengesellschaft anschafft, nicht allein das Vollkommenste erhält, was heute überhaupt auf diesem Gebiet geleistet wird, sondern dass derselbe in Bezug auf den Betrieb stets am allerbesten beraten und auf das Entgegenkommendste behandelt wird. Der beste Beleg für diese Behauptung ist folgende Thatsache:

Unbestritten ist Deutschland dasjenige Land, in welchem der elektrische Accumulator in bei

weitem grösstem Maasse angewendet wird. Der jährliche Gesamtumsatz in Accumulatoren ist in Deutschland heute wohl 13—16 Millionen Mark, welche zu ungefähr $\frac{2}{3}$ allein durch die Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft gedeckt werden. Ein solches Voransein in der Accumulatorentchnik wäre wohl undenkbar, wenn nicht die oben genannten Vorzüge in der That vorhanden wären.

Interessant ist es, zu verfolgen, wie sich der Umsatz der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft zusammen mit ihren Zweigfabriken, seit ihrem Bestehen bezw. seit Beginn der Firma Büsche & Müller gestaltet hat.

1888 . . .	ca. M.	400 000
1889 . . .	„ „	1 100 000
1890/91 . . .	„ „	4 000 000 (1 $\frac{1}{2}$ Jahre.)
1891/92 . . .	„ „	3 700 000
1892/93 . . .	„ „	3 250 000
1893/94 . . .	„ „	4 090 000
1894/95 . . .	„ „	4 884 000
1895/96 . . .	„ „	4 356 500
1896/97 . . .	„ „	5 598 500
1897/98 . . .	„ „	8 577 500
1898/99 . . .	„ „	9 058 500
1899/1900 . . .	„ „	9 696 300

4. Schaltung eines elektrischen Accumulators.

Um die Art, wie der elektrische Accumulator in eine Betriebsanlage eingeschaltet wird, auch dem Laien verständlich zu machen, muss derselbe vergleichsweise annehmen, die Elektrizität wäre ein feiner, unwägbarer Stoff, welcher bei Stillstand der Dynamomaschine sich in dem gesamten Leitungsnetze in Ruhe befindet, und durch das Wirken der in Betrieb gesetzten Dynamomaschine in Circulation gesetzt wird.

Bei dieser Auffassung soll angenommen werden, dass die Bewegung vom sogenannten positiven Pol der Dynamomaschine ausgeht, und dass der Strom durch den negativen Pol zur Maschine zurückkehrt.

Daraus geht hervor, dass der elektrische Strom nur dort eine Wirkung ausüben kann, wo ihm ein geschlossener Kreislauf durch entsprechend angelegte Leitung von der Maschine her bis zurück zur Maschine zur Verfügung steht.

Ebenso nun, wie sich dem in einer Rohrleitung fließenden Wasser oder Gasen ein gewisser Widerstand entgegensetzt, welcher dadurch überwunden wird, dass die Pressung oder Spannung, unter der sich das Wasser bezw. das Gas im Anfang der Rohrleitung befindet, grösser ist als am Ende, dadurch also, dass zur Ueberwindung des Widerstandes eine gewisse Spannungsdifferenz zur Verfügung steht, so würde auch die Arbeit einer Dynamomaschine nach unserer Auffassung der Vorgänge im wesentlichen darin bestehen, dass sie zwischen dem positiven und dem negativen Pol eine Spannungsdifferenz erzeugt, welche genügt, um die Gesamtwiderstände zu überwinden, welche sich dem Strome auf seinem Wege durch die Gebrauchsleitung entgegensetzen. Diese Spannungsdifferenz zwischen den Polen einer Dynamomaschine nennt man ihre Klemmenspannung.

Verfolgt man den Strom auf seinem Wege durch die Gebrauchsleitung, so wird er in dem Falle, in welchem er besonderen Widerstand zu überwinden hat, also z. B. beim Durchfliessen des Kohlenfadens einer Glühlampe, einen besonderen Spannungsabfall erleiden, abgesehen von dem Spannungsabfall, welcher durch die Zuleitungen bedingt ist.

Jedenfalls geht wohl daraus die Bedeutung des Begriffes „Spannungsdifferenz“ zwischen den

verschiedenen Punkten der Gebrauchsleitung klar hervor und ist wohl auch einleuchtend, dass die Spannungsdifferenz zwischen den Polen der Maschine, also die Klemmenspannung derselben, gleich sein muss der Summe der Spannungsabfälle, welche der Strom auf seinem Gesamtwege erleidet.

Die einfachste Schaltung eines elektrischen Accumulators stellt die Figur 18 dar. D ist die Dynamomaschine, a der negative und b der positive Pol derselben, A_1 und A_2 stellt die Accumulatorenbatterie dar, wo jedes Zeichen $|$ ein Element bedeuten soll.

An den Punkt b schliesst sich die Leitungsstrecke $b c$ an, welche sich in c in 2 Stränge teilt. In den Punkten $d^1, d^2 \dots \dots \dots d_n$ wird der Strom den Verbrauchsstellen, soweit dieselben eingeschaltet sind, zugeführt, welcher dann $en \dots \dots \dots e_1, e_2$

passierend, durch $en \dots \dots \dots e_1 e_2 fa$ der Maschine wieder zufließt, um endlich, diese durchströmend, wieder zum Pol b zurückzugelangen. Je nach der Grösse des Gesamtquerschnittes, welcher dem in Cirkulation sich befindenden Strom durch Einschaltung einer entsprechenden Zahl Lampen oder

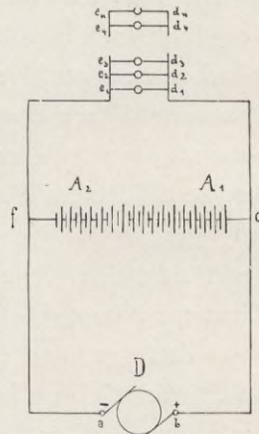


Fig. 18.

dergleichen zur Verfügung steht, fliesst die gesamte von b ausgehende Strommenge von c aus durch die verschiedenen $d, e, \dots \dots dn$ nach a zurück, oder wenn durch das Ausgeschaltetsein einer grösseren Anzahl Lampen der Durchgangsquerschnitt auf diesem Wege eng ist, zweigt ein entsprechender Teil des elektrischen Stromes bei c nach f hin ab, passiert auf diesem Wege die Accumulatoren-batterie, verrichtet dabei, wie im früheren Abschnitt beschrieben, eine chemische Arbeit, welche aufgespeichert wird und kehrt, sich in f mit dem von e rückkehrenden Strom vereinigend, über a durch die Maschine nach b zurück.

Angenommen, es seien nur soviel Strecken d, e , u. s. w. für die Cirkulation des Stromes eingeschaltet, dass noch eine gewisse Strommenge als Ladestrom durch den Accumulator fliesst, dann ist die Spannungsdifferenz zwischen c und f gleich derjenigen, welche erforderlich ist, die Widerstände zu überwinden, die sich der Bewegung des Stromes auf dem Wege von c über die verschiedenen d, e nach f hin entgegensetzen, ferner gleich der Spannungsdifferenz, welche sich für den von c nach f fliessenden Ladestrom als Ladespannung der Batterie einstellt, und wenn man von den Spannungsverlusten auf den Strecken bc und fa absieht, gleich der Spannungsdifferenz zwischen b und a , d. i. gleich der sogenannten Klemmspannung der Maschine.

Durch weiteres Einschalten von de wird dem zirkulierenden Strom von c nach $d_1 \dots \dots \dots dn$ hin ein grösserer Querschnitt zur Verfügung gestellt; um die Strommenge, welche dadurch mehr von c aus nach $d_1 \dots \dots \dots dn$ fliesst, wird sich infolge dessen der Ladestrom des Accumulators verringern, bis der Punkt eintritt, dass der gesamte Strom von c über $d_1 \dots \dots \dots dn$ fliesst und bis schliesslich so viele de sich öffnen, dass nun die im Accumulator aufgespeicherte Energie als Entladestrom sich mit dem von der Maschine kommenden Strom in c vereinigt, mit diesem die geöffneten de passiert, bis nach f zusammen mit dem Maschinenstrom fliesst, sich dort wieder von ihm trennt, um seinen Kreislauf durch die Elemente des Accumulators hindurch nach c hin zu vollenden.

Auf diese Weise also eingeschaltet, wirkt der Accumulator vollständig ausgleichend auf die Schwankungen im Konsum, indem er ohne weiteres die elektrische Energie aufspeichert, welche die Maschine über den augenblicklichen Verbrauch hinaus in Bewegung setzt und ebenso ohne weiteres die aufgespeicherte Energie nutzbar hergibt, sobald der augenblickliche Verbrauch die Maschinenleistung übersteigt.

Ein Umstand nur macht es unmöglich, bei dieser einfachen Schaltung bleiben zu können, d. i. der grosse Unterschied der Spannungsdifferenz

zwischen den Polen eines Accumatorenelements im Lade- und Entladezustand. Die Ladespannung setzt mit ca. 2,20 Volt ein und steigert sich bis zu 2,7, auch 2,75 Volt. Die Entladespannung setzt mit ca. 1,95 Volt ein und darf je nach der Höhe der Entladestromstärke bis 1,83 bzw. 1,75 Volt heruntergehen. Angenommen nun, die Lampen der vorliegenden Beleuchtungsanlage sind für 110 Volt Spannung bestimmt, so sind, wie ebenfalls früher dargethan, für die Batterie $\frac{110}{1,83}$ oder rund 60 Elemente vorzusehen. Da nun die Nebenschluss-Dynamomaschine, die für derartige Anlagen fast ausschliesslich verwandt wird, die Eigenschaft besitzt, dass die Spannungsdifferenz zwischen b und a , welche sie erzeugt, mit zunehmenden, der Stromcirculation sich entgegensetzenden Widerständen bis zu einer gewissen Grenze wächst, so werden bei der beschriebenen Schaltung ganz ausserordentliche Spannungsschwankungen eintreten.

Wenn so viel *de* eingeschaltet sind, dass der Accumulator sich entladet und, wie es in der weiteren Entwicklung geschehen soll, von dem Spannungsverlust in den Leitungen überhaupt abgesehen wird, so wird die Spannungsdifferenz zwischen c und f , also auch zwischen d_1 und e_1 , d_2 und e_2 d_n und e_n beim Beginn der Entladeperiode $60 \times 1,95 = 117$, zu Ende der Ent-

ladeperiode dagegen $60 \times 1,83 = 109,8$ Volt betragen. Die Glühlampen werden somit anfangs mit erheblicher Ueberspannung brennen. Wenn *de* ausgeschaltet werden, so dass der Accumulator durch den Ruhezustand, in welchem er, weder Entladestrom abgebend, noch Ladestrom aufnehmend, pro Element ca. 2 Volt Spannung besitzt, allmählich in den Ladezustand übergeht, so steigt die Spannungsdifferenz zwischen *c* und *f* und auch entsprechend zwischen *d* und *e* von $60 \times 2 = 120$ bis schliesslich auf $60 \times 2,75 = 165$ Volt. Es ist wohl einleuchtend, dass keine Glühlampe, welche für 110 Volt Spannung gebaut ist, derartige Spannungserhöhungen vertragen kann. Ausserdem aber würden derartige Schwankungen in der Lichtwirkung unerträglich sein. Diesem Uebelstande hat man durch einen sogenannten

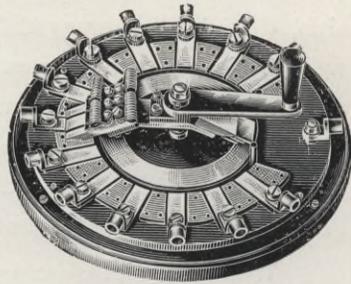


Fig. 19.

Zellenschalter abgeholfen, von welchem die neben stehende Figur 19 ein Bild giebt.

Derselbe wird eingeschaltet, wie das Schema Figur 20 zeigt.

Es werden von den Verbindungsleisten der ersten Elemente Leitungen nach den Kontaktstücken

des Zellschalters geführt; die sonst von c nach $d_1 d_2 \dots \dots \dots dn$ führende Leitung schliesst jetzt in c_1 , d. i. dem Drehpunkt des Umschalthebels, an.

Die Anzahl der abzuschaltenden Zellen der Batterie berechnet sich wie folgt:

Die Differenz der höchsten Lade- gegen die tiefste Entladespannung eines Elementes beträgt $2,75 - 1,83 = 0,92$ Volt. Wenn also die Elemente an der Batterie im höchsten Stadium der Ladung $2,75$ Volt Spannung haben, so müssen $\frac{0,92}{2,75}$ oder rund $\frac{1}{3}$ der Elemente abgeschaltet werden, also

bei 110 Volt Anlagen von 60 Elementen eine Anzahl von 20 bzw. bei 65 Volt Anlagen von 36 Elementen eine Anzahl von 12 Zellen.

Es sei hier noch besonders bemerkt, dass die Dynamomaschine für derartige Schaltungen die Eigenschaft besitzen muss, ohne weitere Hilfsapparate in jedem Moment mit einer Klemmspannung zu arbeiten,

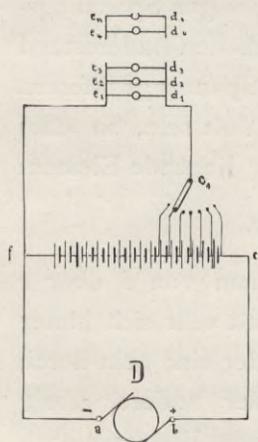


Fig. 20.

welche der Spannungsdifferenz zwischen c und f das Gleichgewicht hält, da, wenn dieselbe geringer ist, der Accumulator sich in der Richtung

$c-b-a-f$ über den Anker der Maschine entladen würde. Die sogenannte Nebenschlussdynamomaschine besitzt nun diese Eigenschaft und ist für diese Schaltung möglichst immer eine solche zu verwenden. Wodurch eine Nebenschlussdynamomaschine besonders charakterisiert ist, näher darzustellen, würde hier zu weit führen.

Angenommen nun, die Batterie hat 60 Elemente, der Ausschalthebel stünde z. B. auf dem elften Kontakt, wodurch 10 Zellen nach der Lichtleitung zu abgeschaltet sind, so ist die Spannungsdifferenz zwischen c und f gleich der Klemmspannung der Maschine, welche letztere derjenigen Spannungsdifferenz entspricht, welche durch den Ladezustand des Accumulators bedingt ist. Die Spannungsdifferenz zwischen c_1 und f soll ca. 110 Volt sein, so dass jedes der 50 an der Lichtleitung liegende Element

$$\frac{110}{50} = 2,2 \text{ Volt Spannung hat.}$$

Der Strom bewegt sich nun von b über c durch die ersten 10 Elemente und teilt sich hinter dem zehnten Element in 2 Teile; der eine geht durch c_1 in die Verbrauchsleitung, der andere, übrig bleibende, geht durch die 50 anderen Elemente nach f , wo er sich mit dem von $e_n \dots \dots \dots e_2, e_1$ kommenden Teil wieder vereinigt, um mit ihm zur Maschine zurückzufließen. Da der durch die ersten Elemente fließende Strom um so viel grösser ist,

wie der durch die übrigen 50 Elemente gehende, als die während dieser Zeit in der Lichtleitung verbrauchte Stromstärke beträgt, so wird auch die Ladespannung der ersten Elemente ein wenig höher sein, als diejenige der letzteren. Angenommen, dieselbe sei pro Element 2,3 Volt, dann beträgt die Spannungsdifferenz zwischen c und c_1 $10 \times 2,3 = 23$ Volt und folglich die Spannungsdifferenz zwischen c und f bzw. die Klemmspannung der Maschine $110 + 23 = 133$ Volt, von welchen, wie oben beschrieben, 23 Volt als Ladespannung der ersten Elemente verbraucht werden, so dass hinter dem 10. Element, sowohl von der Maschinenseite, als auch vom Accumulator aus für die Lichtleitung eine Spannungsdifferenz von 110 Volt übrig bleibt. Steigt mit weiterem Fortschreiten des Ladeprozesses die Spannung der Batteriezellen, so sind, diesem Vorgang folgend, allmählich mehr Zellen abzuschalten. Nimmt der Verbrauch in der Lichtleitung zu, so dass die Höhe des zur Verfügung stehenden Ladestromes allmählich abnimmt, null wird und schliesslich zur Deckung des Bedarfs Strom aus dem Accumulator über c_1 in die Lichtleitung fliesst, so sind, der abnehmenden Spannung der Batterie entsprechend, allmählich Elemente wieder einzuschalten, bis schliesslich zu Ende der Entladung alle 60 auf die Lichtleitung geschaltet sind.

Der Hebel des Zellenschalters wird in der Regel mit der Hand eingestellt, wo jedoch der Betrieb es erfordert, oder es aus anderen Gründen gewünscht wird, wendet man ausserordentlich sicher wirkende automatische Vorrichtungen an, welche selbstthätig Zellen ein- und ausschalten, je nachdem die Spannungsdifferenz zwischen c_1 und f unter oder über bestimmte Grenzen gefallen oder gestiegen ist.

Aus der obigen Darstellung ist ersichtlich, dass, wenn sich der Accumulator im Ladezustand befindet und gleichzeitig Strom in der Lichtleitung gebraucht wird, die Zellen, welche von der Lichtleitung abgeschaltet sind, von der gesamten Strommenge durchflossen werden, die von der Maschine ausgeht, während die übrigen Zellen nur von der Strommenge durchflossen werden, welche gleich ist der Differenz des gesamten Maschinenstromes abzüglich des während der Ladung durch die Lichtleitung fliessenden Stromes. Da ferner die ersten Zellen weniger entladen werden, so ist die Folge von diesen beiden Umständen, dass die Abschaltzellen früher vollgeladen sein werden, als die übrigen. Wird nun nicht die Möglichkeit gegeben, dann die ersteren Elemente nach der Maschinen-
seite hin abzuschalten, so findet notwendigerweise solange eine Ueberladung derselben statt, bis die anderen Elemente ebenfalls vollgeladen sind. Dieses hat nun zwei grosse Nachteile, erstens ist hier-

durch ein nicht unbedeutender Arbeitsverlust bedingt und zweitens ist erfahrungsgemäss ein derartiges Ueberladen den Elementen in Bezug auf ihre Haltbarkeit schädlich.

Um diesem vorzubeugen, wird noch ein zweiter Zellschalter nach der Maschinenseite hin ange-

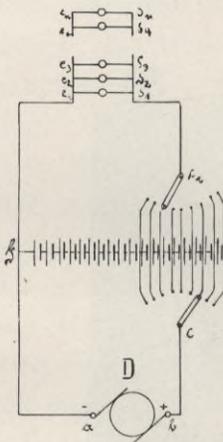


Fig. 21.

bracht und schliesst, wie nebenstehende Figur 21 zeigt, nun die von β kommende Leitung an den Drehpunkt c des zu diesem Zellschalter gehörenden Hebels an. Zwischen dem Kontakt, auf welchem dieser Hebel gerade steht und dem jedesmal nächsten nach der Batterieseite zu ist ein Spannungsmesser eingeschaltet. Sobald derselbe 2,7 bis 2,75 Volt zeigt,

erkennt der Maschinist, dass die

nächste Zelle voll geladen ist und schaltet sie ab. Für die wirkliche Ausführung bedarf diese Anordnung noch einer kleinen Abänderung. Es ist nämlich die Leitung, die zu dem Kontakt führt, auf welchem der Hebel steht, stromführend und ist in derselben infolgedessen ein Spannungsverlust vorhanden, der am Voltmeter mit abgelesen wird. Um dies zu umgehen, wird nicht die nächstgelegene, sondern die dann folgende Zelle gemessen und

werden die dazu dienenden Kontakte mit dementsprechender Voreilung am Zellschalterhebel befestigt.

Durch Anwendung des zweiten Zellschalters wird nicht allein infolge der Möglichkeit, die bereits geladenen Zellen abschalten zu können, nur so viel

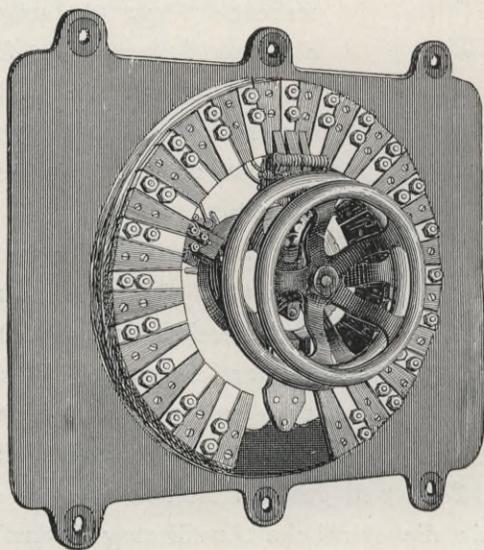


Fig. 22.

Arbeit aufgewandt, als erforderlich ist, die Elemente der Batterie voll zu laden, und es wird nicht allein die Gefahr vermieden, die Ausschaltzellen durch vieles Ueberladen zu ruinieren, sondern es entsteht dadurch auch der Vorteil, dass die Maschine für eine

kleinere Leistung angeschafft werden kann, als wenn der zweite Zellschalter fehlt, da, wie wohl einleuchtend ist, mit einem solchen die höchste Klemmspannung der Maschine niedriger angenommen werden kann, als ohne denselben.

Die beiden Zellschalter werden so gebaut, dass sie gemeinsame Kontaktstücke besitzen, auf denen die Hebel gleiten. Man nennt solchen Apparat einen Doppelzellschalter und giebt Figur 22 eine Darstellung eines solchen.

Während des Hauptlichtbetriebes, wenn also der Accumulator seinen höchsten Entladestrom hergiebt, geht durch den Hebel des Entladezellschalters nicht allein dieser, sondern auch der von der Maschine her kommende Strom. Die Querschnitte des Hebels also, sowie auch die der Kontaktstücke, kurz fast der ganze Zellschalter muss bei dieser Anordnung für die Summe beider Stromstärken gebaut sein.

Um zu ermöglichen, dass dieser Zellschalter nur nach den aus dem Accumulator kommenden Entladestromstärken dimensioniert wird, ist der Umschalter U angebracht (siehe Figur 23). Der Hebel desselben steht während der Ladung des Accumulators auf dem Kontakt 1 und während der Entladung auf dem Kontakt 2. Bei erster Stellung ist die Strecke $2g$ ganz aus dem Stromkreis gelegt, bei letzterer Stellung geht der aus der

Maschine kommende Strom den Weg $b U 2 g$ und vereinigt sich in g mit dem Entladestrom des Accumulators.

Die Figur 24 giebt nun die Gesamtdarstellung der Schaltung, welche Schaltung $1 b_1$ genannt wird und bedeutet in derselben:

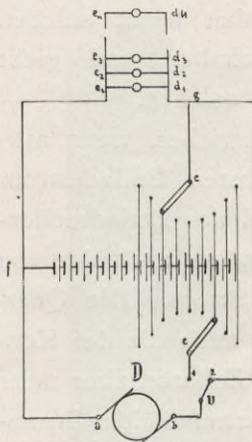


Fig. 23.

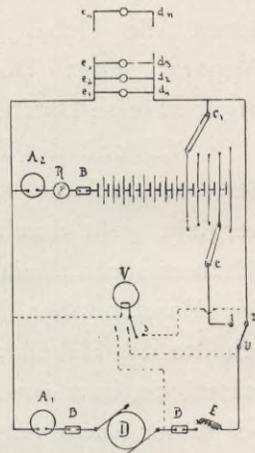


Fig. 24.

- A Ampère- oder Strom-Messer,
- V „ Volt- oder Spannungs-Messer,
- B „ Bleisicherungen,
- E „ automatischer Schwachstromausschalter,
- R „ Stromrichtungszeiger.

Die Bleisicherungen schützen die Maschine, Zellschalter etc. bei etwaigen Kurzschlüssen vor Zerstörung.

E schaltet selbstthätig aus, wenn der von der Maschine nach U gehende Strom unter ein gewisses Minimum gesunken ist. Derselbe soll verhüten, dass der Accumulator sich auf die Maschine entladet.

Bei Inbetriebsetzung ist E ausgeschaltet, der Hebel U steht auf dem Kontakt 1 und der Schalthebel c auf dem ersten Kontakt des Zellschalters, so dass die ganze Batterie nach der Maschinenseite hin eingeschaltet ist. Dann wird der unter dem Voltmeter V angedeutete Voltmeter-Umschalter auf 2 gestellt und die Spannung des Accumulators abgelesen. Endlich wird der Voltmeter-Umschalter auf 1 gestellt und die Maschine in Betrieb gesetzt. Da E ausgeschaltet, geht noch kein Strom in die Leitungen, wohl aber wird zwischen den Polen der Maschine eine Spannungsdifferenz erzeugt, welche der Spannungsmesser anzeigt. Ist diese Spannungsdifferenz nun grösser geworden, als diejenige zwischen den Polen der Batterie, dann wird E eingeschaltet und der Strom zirkuliert nun, wie oben beschrieben. Sollte z. B. durch Abfallen des Riemens oder dergleichen die Wirkung der Maschine aufhören, wodurch die Möglichkeit entstehen könnte, dass sich der Accumulator über c , U , E auf die Maschine entladet, so müsste der durch E gehende Strom, da sich seine Richtung umkehrt, einen Moment die Stärke Null ange-

nommen haben, bei welcher aber der Ausschalter bereits selbstthätig ausgeschaltet hat, also die Leitung unterbricht und auf diese Weise die Entladung des Accumulators auf die Maschine unmöglich macht.

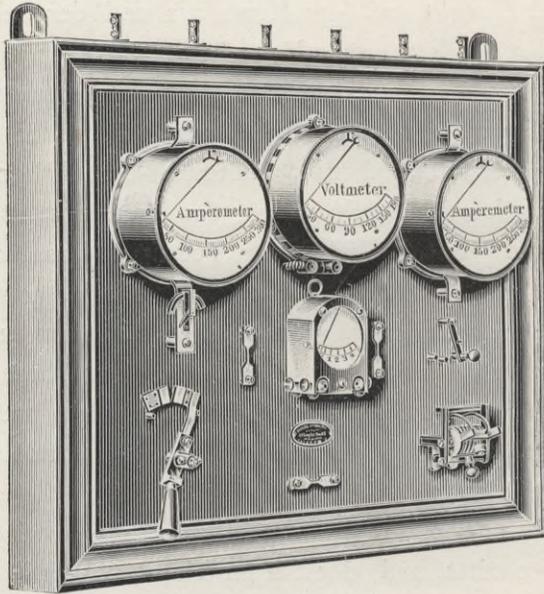


Fig. 25.

Der Strommesser A_1 zeigt die Stärke des Maschinenstromes, A_2 diejenige des Lade- bzw. Entladestromes an, und zwar zeigt hierbei R je nachdem sich die Spitze einer Nadel nach rechts oder links einstellt, die Richtung des Stromes an,

also ob Ladung oder Entladung des Accumulators erfolgt.

Die vorstehende Figur 25 giebt die Abbildung eines Schaltbrettes, auf welchem die sämtlichen zur Einschaltung erforderlichen Apparate aufmontiert sind.

Infolge seiner hervorragenden Eigenschaften hat der Accumulator sich in den mannigfaltigsten Betrieben, von denen wir folgende anführen, Eingang verschafft. Elektrizitätswerke für Licht- und Kraftverteilung, Blockstationen, Hotels, Wohnhäuser, Villen, Schlösser, Kirchen, Bahnhöfe, Theater, Verkaufshäuser, Läden, Spinnereien, Webereien, Waarenhäuser, Papierfabriken, Cementfabriken, Druckereien, Zuckerfabriken, Brauereien, Brennereien, Mälzereien, Eisenwerke, Hüttenwerke, Bergwerke, Holzindustrie, Mühlen, Landwirtschaftliche Betriebe, Hafenanlagen, Schiffswerften, Krankenhäuser, Badeanstalten, Schlachthöfe, Wissenschaftliche Institute, Telegraphen- und Telephonämter, Pufferbatterien für Strassenbahnen, Strassenbahn-Accumulatorwagen, Rangier-Lokomotiven, Vollbahnbetrieb mit Accumulator-Eisenbahnwagen für Vorortverkehr, Automobilen, Elektrische Boote, Eisenbahnwagen-Beleuchtung, Kriegs- und Handelsschiffe.



JULIUS SITTFELD, BERLIN W. 9





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

7942

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299626