



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299087

x  
1.099



*yglein*

SAMMLUNG  
Elektrotechnischer Vorträge.

Unter Mitwirkung von

Prof. E. Arnold-Karlsruhe, Oberingenieur Dr. Corsepius-Dresden, Direktor Einbeck-Berlin, Ingenieur C. P. Feldmann-Köln-Ehrenfeld, Prof. Dr. K. Feussner, Mitglied der physikal.-technischen Reichsanstalt, Oberingenieur Göring-Nürnberg, Dr. Heinke-München, Ingenieur G. Hummel-München, Geheimrat Prof. Dr. E. Kittler-Darmstadt, Oberingenieur L. Kohlfürst-Kaplitz, Oberingenieur Nerz-Nürnberg, Prof. Dr. G. Roessler-Berlin, Elektroingenieur Alex Rotherth-Nancy, Dr. P. Schoop-Karlsruhe, Ingenieur Ch. P. Steinmetz-Schenectady, Oberingenieur F. Uppenborn-München, Prof. H. F. Weber-Zürich, Prof. Dr. W. Wedding-Berlin

herausgegeben von Prof. Dr. ERNST VOIT.

1. Band. \* 4. Heft.

UEBER DIE  
PLANTÉ-ACCUMULATOREN.

Von

DR. P. SCHOOP.

Mit 28 Abbildungen.

*F. J. 21 799*



STUTT GART.

VERLAG VON FERDINAND ENKE.

1898.

Dieses Heft ist auch einzeln käuflich. — Preis 1 Mark.

*21 798*

115431  
BIBLIOTEKA KRAKÓW  
VERLAG VON FERDINAND ENKE IN STUTTGART.

# Sammlung Elektrotechnischer Vorträge.

Erster Band.

- Heft 1: **Der elektrische Lichtbogen.** Von Prof. Dr. Ernst Voit. Mit 44 Abbildungen. gr. 8. geh. M. 1.—
- „ 2: **Grundlagen für die Berechnung und den Bau von elektrischen Bahnen** und deren praktische Benutzung. Von Dr. Max Corsepius. Mit 2 Abbildungen. gr. 8. geh. M. 1.—
- „ 3: **Die Ziele der neueren Elektrotechnischen Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.** Von Professor Dr. K. Feussner. Mit 9 Abbildungen. gr. 8. geh. M. 1.—
- „ 4: **Ueber die Planté-Accumulatoren.** Von Dr. P. Schoop. Mit 28 Abbildungen. gr. 8. geh. M. 1.—

Neuester Verlag von FERDINAND ENKE in STUTTGART.

## Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus.

Mit besonderer Berücksichtigung der neueren Anschauungen über elektrische Energieverhältnisse und unter Darstellung der den Anwendungen in der Elektrotechnik zugrunde liegenden Prinzipien

bearbeitet von

**Dr. Ignaz G. Wallentin,**

Direktor des k. k. Franz-Joseph-Gymnasiums in Wien.

Mit 230 in den Text aufgenommenen Holzschnitten. gr. 8. 1897. geh. M. 8.—

Dieses neue Lehrbuch bezweckt, eine eingehende Erörterung der Grundgesetze vorzuführen und das Grundsätzliche der Anwendungen der Elektrizitätslehre im praktischen Leben in kurzer Weise zu erläutern, wobei nur die elementare Rechnung zugrunde gelegt wurde. Der Leser soll durch das Studium dieses Buches, welches die Mitte zwischen den mehr theoretisch ausgeführten Schriften über Elektrizitätslehre und jenen hält, welche dem elektrotechnischen Detail in höherem Grade Rechnung tragen, befähigt werden, sich in der einen oder anderen Richtung so zurechtzufinden, dass ihm das Studium ausführlicherer Werke über Elektrizitätslehre keine Schwierigkeiten verursacht

Inhalts-Verzeichnis: I. Elektrostatik. — II. Elektromechanik (Lehre von den elektrischen Strömen). — III. Magnetische Erscheinungen. — IV. Beziehungen zwischen Magneten und elektrischen Strömen, zwischen elektrischen Strömen untereinander. — V. Ueber die magnetischen und elektrischen Einheiten und über das Messen der elektrischen Grössen. — VI. Magneto- und dynamoelektrische Maschinen. Wechselstrommaschinen. Elektrische Kraftübertragung. — VII. Ueber die von Tesla entdeckten Erscheinungen. Hertz'sche Versuche Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität. Maxwells Ansicht über das Wesen der Elektrizität

Das vorliegende Lehrbuch über Elektrizität und Magnetismus gehört zu den besten welche die deutsche Literatur aufzuweisen hat. Es hält die Mitte zwischen den leichtfasslichen Werken von Graetz und Kolbe und den rein wissenschaftlichen Specialvorlesungen über die einzelnen Abschnitte der Elektrizitätslehre und theoretischen Elektrotechnik.

Es giebt in Bezug auf Theorie und mathematische Entwicklung soviel, als nothwendig ist, um in allen Fällen der praktischen Elektrotechnik die elektrischen Erscheinungen qualitativ und quantitativ erfassen zu können.

Allgemein genommen enthält das Werk alles, was der Elektrotechniker an theoretischer Elektrizitätslehre wissen muss, weshalb wir, da das Werk anregend und klar geschrieben und mit guten Abbildungen versehen ist, dasselbe allen angehenden Elektrotechnikern, sowie auch den in der Praxis stehenden Ingenieuren, welche ein Nachschlagebuch wünschen, auf das Beste empfehlen können. (Elektrotechnische Zeitschrift 1897, Heft 37.)

Nach Anlage und Darstellung dürfte sich dieses Buch ebensowohl für den studierenden Elektrotechniker eignen, als auch für solche, welche bereits in der Praxis stehen und das Bedürfniss empfinden, ihre theoretischen Kenntnisse aufzufrischen und zu ergänzen. Die vornehme Ausstattung durch die Verlagsbuchhandlung empfiehlt das Werk in hohem Grade.

(Die Elektrizität. Leipzig 1897, Heft 16.)

BPK-B-80/2018  
512/50

## Ueber die „Planté-Accumulatoren“.

Von

Dr. P. Schoop.

Mit 28 Abbildungen.

---

Unter „Planté-Accumulator“ wird nicht nur der von Gaston Planté vor etwa 30 Jahren konstruierte und nach dessen ursprünglichem Verfahren hergestellte Accumulator verstanden, sondern überhaupt irgend ein elektrischer Sammler, welcher ohne Zuhilfenahme von Bleioxyden oder Bleisalzen aufgebaut wird. Der Begriff „Planté-Accumulator“ hat sich als Gegensatz zu der Bezeichnung „Faure-Accumulator“ ausgebildet, wesentlich durch den Umstand, dass bis vor kurzer Zeit die nach Faures Verfahren erstellten Accumulatoren unter dessen Patent fielen und sich ein Monopol auf Grund des Faure-Patents gebildet hatte. Denjenigen Fabrikaten, welche auf einem vom Faure-Patent unabhängigen Wege erhalten wurden, lag gewöhnlich eine dem Plantéschen Vorbild ähnliche elektrische Behandlung zu Grunde, so dass manche derselben um so eher Planté-Accumulatoren genannt werden konnten.

Seit dem Erlöschen des Faure-Patents in den europäischen Staaten (in Amerika bestehen die denselben Zweck verfolgenden Brush-Patente noch) ist der Hauptanlass, zwischen Faure- und Planté-Accumulatoren scharf zu unterscheiden, weggefallen und nun stellt es sich heraus, dass diese Gruppierung aller Bleiaccumulatoren kaum mehr aufrecht erhalten werden kann. Es gibt nämlich Fabrikate, bei welchen die eine Elektrode (z. B. die Schwammbleiplatten) nach dem Vorbild von Faure und die andere Elektrode (z. B. die Superoxydplatten) nach demjenigen von Planté gestaltet ist.

In vorliegender Zusammenstellung sind diejenigen Konstruktionen von Platten für elektrische Accumulatoren beschrieben, welche sich für die Kapazitätsgebung auf elektrochemischem Wege, ohne mechanische Anbringung von Bleioxyden oder Bleisalzen, eignen — und in Verbindung damit diejenigen Verfahren angeführt, nach welchen diese Elektroden mit der nötigen Kapazität (oder Aufspeicherungsfähigkeit) versehen werden. Bei dieser Auswahl sind nur diejenigen Elektroden berücksichtigt worden, welche technisch ausgeführt werden oder wurden, wobei (soweit die Erfahrungen des Verfassers reichen) jedesmal die besonderen Eigenschaften des betreffenden Systems hervorgehoben sind. — In technischer Hinsicht wird diese Aufführung deshalb lückenhaft sein, weil die Fabriken die betreffenden elektrochemischen Prozesse sämtlich geheim halten oder wenigstens nicht öffentlich gemacht wünschen; dieser Umstand ist bei der mechanischen Konstruktion (welche sich nicht wohl verheimlichen lässt) nicht vorhanden. — Die Zeichnungen der hier angeführten Ausführungen sind, mit alleiniger Ausnahme von Fig. 28 (Schulze) nach Plattenmustern aufgenommen oder reproduziert worden, wodurch eine Vergleichung der verschiedenen Systeme erleichtert wird. Die Ausführungen über die elektrochemischen Methoden stützen sich, wo nicht das Gegenteil bemerkt ist, auf Beobachtungen des Verfassers.

Gaston Planté hat wohl zuerst erkannt, dass der „sekundäre Strom“, den die von Gautherot, Ritter und namentlich Sinsteden schon früher untersuchten Voltmeter lieferten, als Grundlage für die Aufspeicherung von Elektrizität dienen könne und dessen Arbeiten sind bahnbrechend für die Entwicklung des elektrischen Accumulators gewesen. Die letzte von G. Planté stammende Konstruktion ist von der Firma Bréguet & Co. in Paris fabrikmässig ausgeführt worden und findet sich in den „Recherches sur l'Electricité“ von Planté beschrieben. Zwei Bleibleche von 1 bis 2 mm Dicke werden um einen Holz- oder Metallcylinder aufgerollt, wobei durch zwei Paar dazwischen gelegte, parallele Kautschukbänder von 1 cm Breite und  $\frac{1}{2}$  cm Dicke der Abstand der beiden Elektroden gesichert wird. Nach der Aufrollung wird der massive Cylinder aus dem Bund herausgezogen und die doppelte Bleiblechspirale an der oberen und unteren Seite durch Anpressen von erwärmten, weich gemachten Guttaperchaquerstreifen in ihrer Lage befestigt. Die beiden Polenden befinden sich an den entgegengesetzten Enden der beiden Bleibleche, damit der Strom sich gleichmässiger über dieselben verteile. Das Ganze wird in ein passendes, cylindrisches Glasgefäss gestellt und das Gefäss mit



verdünnter Schwefelsäure (durch Mischen von 10 Volumteilen Wasser mit 1 Volumteil Schwefelsäure erhalten) angefüllt.

Bei einem von Bréguet bezogenen, derartigen Element waren die beiden Bleche etwa 47 bis 48 cm lang und 18,5 bis 19 cm hoch; beide waren 1 mm dick und wogen (in bereits formiertem Zustand) 2,470 kg. Der Abstand der beiden Bleche voneinander war 5 mm. Die Kapazität dieses Accumulators betrug 5 Ampèrestunden bei 10% Abfall für die Klemmspannung und 1 Ampère Stromstärke für die Entladung (bei 16,0° C.).

Wird nun durch einen, wie beschrieben hergestellten Apparat elektrischer Strom durchgeleitet, so tritt zwar nicht momentan, aber schon nach wenigen Sekunden oder Minuten, je nach der Intensität des Stromes, eine Gasentwicklung auf, indem an dem einen Bleiblech Wasserstoffgas und am anderen Blech Sauerstoffgas aufsteigt. Das Blei verliert bekanntlich an der Luft das glänzende bläulich-weiße Aussehen und überzieht sich mit einem matten Hauch, einer ungemein dünnen Schichte von Bleioxydul. Diese wird nun beim Stromdurchgang verändert und zwar nimmt dieselbe an der Anode (da wo der Sauerstoff auftritt) eine schokoladebraune und an der Kathode (da wo der Wasserstoff erscheint) eine matt-taubengraue Färbung an. Erst nachdem diese Aenderung an den Bleioberflächen sich vollzogen hat, treten die Gase sichtbar auf. Indessen ist die Aufspeicherungsfähigkeit des Apparates sehr gering, und Planté ermittelte daher die Bedingungen, welche zu einer nennenswerten Kapazität führen konnten. Die Kapazität wurde grösser, wenn

1. der Apparat öfter geladen und entladen,
2. die Stromrichtung bei jeder Ladung gewechselt,
3. nach jeder Ladung eine Ruhepause eingeschaltet wurde.

Plantés Vorschrift zur „Formierung“ lautet ungefähr folgendermassen:

Man lasse das mit Schwefelsäure angefüllte Element zuerst einen Tag in mässiger Wärme stehen. Am zweiten Tage lade man (mit zwei Bunsen-Elementen) etwa 6mal und wechsele die Richtung des Stromes bei jeder Ladung. Darauf verlängere man die Dauer der Ladung jeden folgenden Tag, z. B. um je 10 Minuten und verlängere ebenso die Ruhepausen zwischen Ladung und darauf folgender Entladung. Nach 2 Monaten etwa lade man den ganzen Tag, lasse einen Tag ruhen und entlade am dritten Tag. Späterhin verlängere man die Ruhepausen bis auf eine Woche, dann bis auf einen Monat.

Nach Verlauf eines Jahres soll auf diese Weise der Accumulator eine praktisch annehmbare Kapazität erhalten. Planté selbst suchte diese langwierige und auch kostspielige Operation abzukürzen und stellte zu dem Ende die Bleibleche zuerst einige Stunden in mässig konzentrierte Salpetersäure, bevor der Apparat mit Schwefelsäure gefüllt wurde. Dadurch wurden die Bleibleche allerdings rascher zur Aufspeicherung befähigt, aber die so an der Oberfläche der Bleche erzeugten Schichten lösten sich bald von dem noch unveränderten Bleikern ab, wodurch der Accumulator untauglich wurde.

Immerhin liessen sich nach Plantés ursprünglichem Verfahren Sammler herstellen, welche für gewisse Zwecke (z. B. für physikalische Arbeiten) den bisher bekannten Primärelementen vorzuziehen waren; doch liess der hohe Preis, sowie die geringe Dauerhaftigkeit dieser Accumulatoren eine umfangreichere Verwendung nicht zu, abgesehen davon, dass ein Bedürfnis für Batterien bei der damals noch unentwickelten Elektrotechnik nicht vorlag.

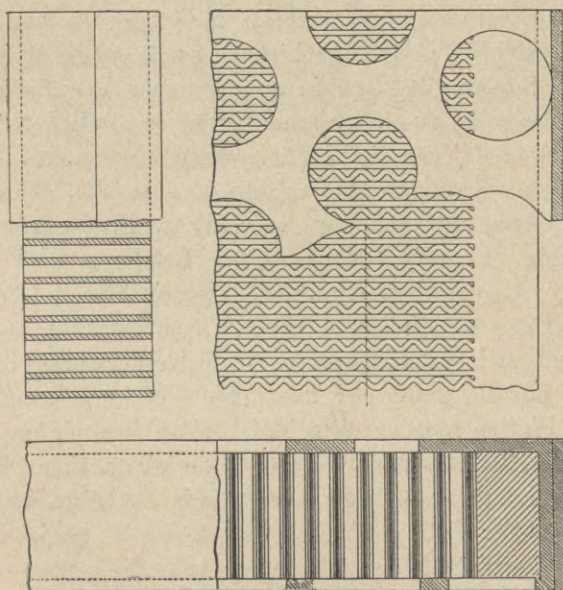
Der grösste Fehler in den von Bréguet gefertigten Elementen bestand darin, dass die auf so umständlichem Wege erzeugten Schichten auf den Oberflächen der Bleibleche sich von diesen lösten, sobald der Ueberzug eine gewisse Dicke ( $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  mm) erreicht hatte. In dem Moment, zu dem der Accumulator seine beste Leistungsfähigkeit erlangt hatte, begann schon der Verfall. (Ueber eine eingehende Untersuchung eines Bréguet-Accumulators siehe Schoop, „Sekundärelemente“ I, S. 134, Knapp, Halle 1895.) Die abfallenden Teile der Schichten blieben auf den horizontal laufenden Gummistreifen liegen und bildeten Brücken zwischen den beiden Elektroden, welche die Selbstentladung des Apparates herbeiführten. Die Stromverteilung auf den beiden Elektroden war ungleichmässig, derart, dass die obere Hälfte des Accumulators bei der Ladung und Entladung mehr herangezogen wurde, als die untere Hälfte. Die verdünnte Schwefelsäure entmischte sich beim Gebrauche des Accumulators, so dass in der Nähe des Bodens die Säure konzentrierter wurde, als an der Oberfläche. Durch die dadurch entstandene Konzentrationskette trat eine Zerstörung der Superoxydplatte ein. Die wagrechte Anordnung der die Elektroden voneinander isolierenden Teile, sowie die Verwendung glatter Bleibleche ist auch allgemein verlassen worden.

In dem nach Kabath benannten Accumulator ist bereits die Oberfläche der Elektroden in kleinere Abschnitte aufgelöst. Fig. 1 gibt die mechanische Anordnung der Platte wieder. Die vertikal laufenden, abwechselnd geraden und gewellten Bleiblechstreifen sind

$\frac{1}{2}$  mm dick und 12 mm breit. Am oberen und am unteren Ende sind die Streifen an eine gemeinsame Bleileiste angelötet. Die so erhaltene Platte wird von einer Hülle von perforiertem Hartgummi umgeben. Kabath benützte auch perforiertes Bleiblech, was aber weniger vorteilhaft erscheint. Durch die zwischengelegten gewellten Streifen soll dem Elektrolyten ein möglichst leichter Zutritt zu den Streifen ermöglicht werden.

Die Platten wurden, in der jetzt allgemein üblichen Weise, vertikal in den Behälter (z. B. ein Glasgefäß) gestellt, mit angemessenem Ab-

Fig. 1. (Kabath.)

 $\frac{5}{8}$  nat. Grösse.

stand voneinander, und die ungeraden einerseits, die geraden andererseits an je eine gemeinschaftliche Leitung angeschlossen. Die Kapazitätsgebung (Formation) erfolgte nach Plantés Vorschrift.

Diese Elektrode darf als ein erheblicher Fortschritt gegenüber derjenigen von Planté angesehen werden, indem nicht nur die wirksamen Schichten besser auf den schmalen Streifen haften, sondern auch beim Abfallen derselben nicht leicht Kurzschluss des Elementes eintreten kann. Auch der Zutritt der Säure kann hier besser erfolgen und die Stromverteilung über die Platten ist mindestens so gut, wie bei den meisten, noch heute im Handel befindlichen Systemen. Die

allerdings sehr geringe Stärke der Lamellen von nur  $\frac{1}{2}$  mm, die zur Erzielung einer möglichst hohen Kapazität gewählt worden ist, konnte der Haltbarkeit, besonders der Superoxydelektrode, nicht förderlich sein. Es ist ferner anzunehmen, dass, da die gewellten Streifen erheblich länger als die geraden sind, die ungleichmässige Ausdehnung der Streifen während des Gebrauchs von Nachteil sein konnte. Wenn, trotz der sorgfältigen Konstruktion, dieses System, ohne eine grosse Verbreitung gewonnen zu haben, wieder verlassen worden ist, dürfte der Grund hierzu wohl auf äussere, ungünstige Umstände zurückzuführen sein.

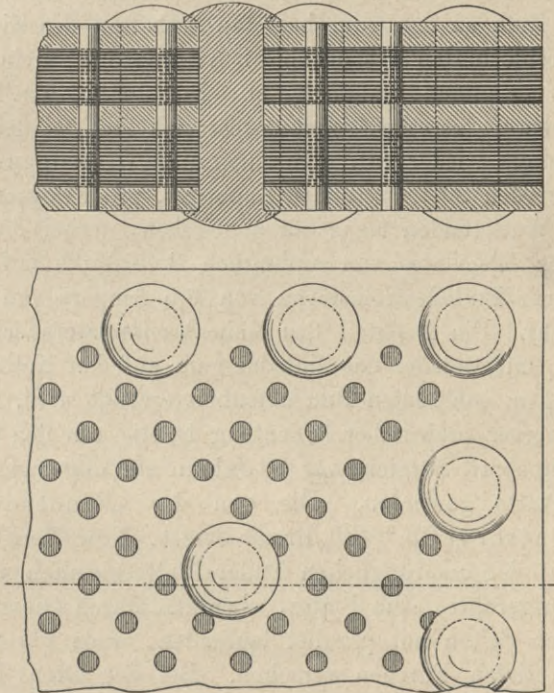
Da die Kapazität solcher, wie überhaupt aller hier behandelten, elektrochemisch formierten Elektroden hauptsächlich von der Dicke der wirksamen Schicht auf den Elektroden abhängig ist und die Dauerhaftigkeit der Superoxydplatten in umgekehrtem Verhältnis zur Dicke der Superoxydschichte zu stehen scheint, hat es wenig Interesse, näher auf die Kapazitäten jedes einzelnen Systems einzugehen.

Dem Muster Kabaths sind verschiedene andere, ebenfalls wieder verlassene Systeme nachgebildet worden, z. B. die Accumulatoren von Benardos, Reynier, Dujardin. Letzterer wird von „The D. P. Battery Company, Ltd.“ (66 Victoria Street, London S. W.) hergestellt. Nach der Preisliste dieser Firma entfallen auf das Kilogramm Gesamtgewicht des Elementes (inclusive der Säure) bei kleineren Grössen  $2\frac{1}{2}$  und bei grösseren Typen bis  $3\frac{2}{3}$  Ampèrestunden Kapazität. „Die Platten werden vermittelt eines besonderen elektrolytischen Prozesses, welcher das wirksame Material aus dem Plattenkörper selbst bildet, erhalten“ — mehr verrät die Preisliste und auch die Firma selbst nicht. Ein englisches Patent von P. Dujardin hat die Benützung ammoniakalischer Lösungen von Essigsäure oder deren Salze, ein anderes Patent diejenige eines Gemisches von verdünnter Schwefelsäure und Natronsalpeter zum Gegenstand. Weder nach der einen, noch der anderen Patentbeschreibung ist es möglich, taugliche Produkte zu erhalten.

Auf originelle Art hat Main die Superoxydelektrode seines Accumulators ausgebildet. In Fig. 2 ist eine Skizze davon gegeben. Um bei geringem Gewicht eine grosse Oberfläche zu erzielen, sind hier dünne Bleifolien von nicht mehr als  $\frac{1}{5}$  mm Stärke aufeinander gelegt; die beiden Endblätter werden durch 2 mm starkes Bleiblech gebildet. Auch in der Mitte der Elektrode ist ein stärkeres Bleiblech eingeschoben, um den Zutritt des Stromes in das Innere der Platte zu erleichtern. Die stanniolartigen Bleibleätter werden zuerst mit

Graphit eingerieben, dann mit einem Anstrich von „Whiting“ oder Zinkweiss versehen und erst nach dem Trocknen des Anstrichs aufeinander gelegt. Bei der nachfolgenden „Formation“ wird das Zinkweiss wieder aufgelöst und dadurch der wünschenswerte Raum für die Säure frei gelassen. Das so bereitete Paket wird nun unter einer Stanze auf einen Druck mit 49 grösseren Löchern, welche zur Aufnahme der Bleinieten dienen, und möglichst vielen kleineren, etwa

Fig. 2. (Main.)

Ca.  $\frac{2}{3}$  nat. Grösse.

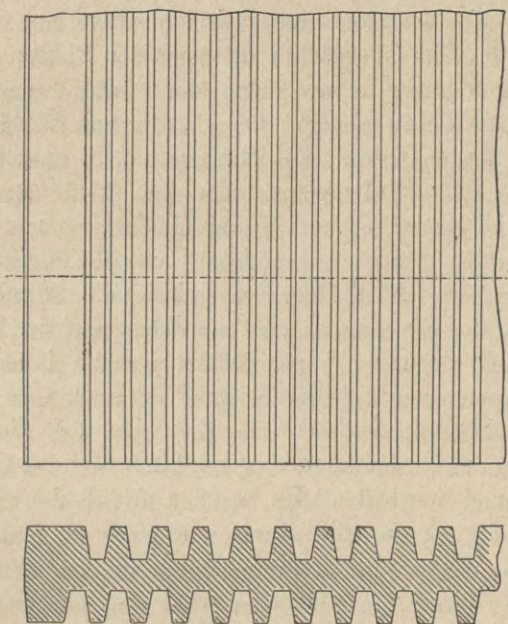
2 mm weiten Löchern versehen. Die letzteren haben den Zweck, den Zutritt der Säure in das Innere der Platte zu befördern. Nachdem die grösseren Perforationen mit je einer Bleiniete ausgefüllt worden sind, wird das Stück abermals unter einer Presse einem starken Druck ausgesetzt und dadurch die Vernietung bewerkstelligt. Es erübrigt nur noch das Anlöten des Stromzuführungslappens, um die Platte fertig zur „Formation“ zu stellen. Diese geschieht insofern nach Planté, indem als Elektrolyt nur verdünnte Schwefelsäure benützt wird; doch soll der Graphitüberzug auf dem Bleistanniol eine

besonders rasche Umwandlung desselben in Superoxyd ermöglichen. (Vielleicht würde die Leistungsfähigkeit dieser Konstruktion noch erhöht werden können, wenn die Bleiarten wenigstens mit der einen Aussenplatte vereinigt würden, sei es durch Verlötung oder billiger dadurch, dass diese Seite samt den senkrecht darauf stehenden Stiften gegossen würde.) Als Gegenelektrode benützt Main mit Zink überzogene Cadmiumbleche, welche vor dem Gebrauch amalgamiert werden. Der Elektrolyt besteht aus verdünnter Schwefelsäure mit einem Zusatz von Zinksulfat und etwas Quecksilbersulfat. Bei der Ladung schlägt sich Zink an den zum besseren Anhaften des Zinküberzuges siebartig durchlöcherten Kathodenblechen nieder im Verein mit Quecksilber. Das erhaltene Zinkamalgam wird durch den Elektrolyten nicht nennenswert zersetzt, sondern löst sich erst bei der Entladung des Accumulators wieder auf. Pro Kilogramm Gesamtgewicht des Accumulators werden 20 Wattstunden Kapazität, pro Kilogramm Platten-gewicht 32 Wattstunden Kapazität angegeben, wobei die Klemmen-spannung des Elementes von anfänglich 2,45 Volts auf 2,00 Volts sinkt bei einer Entladestromstärke von 0,6 Ampère pro Kilogramm Gesamtgewicht. Ein Nachteil des Main-Accumulators scheint in der Unsicherheit, mit welcher das Zinkamalgam auf den Kathodenblechen in der richtigen, cohärenten Beschaffenheit erzeugt wird, zu liegen.

Von grosser praktischer Bedeutung ist die von den Gebrüdern Tudor (in Rosport, Belgien) vor 10 Jahren zur allgemeinen Kenntnis gebrachte Platte geworden. Die von der „Electrochemical-Storage-Battery-Co.“ (30 Broad Street, New York) verfertigte Platte kommt der ursprünglichen Tudor-Platte ziemlich nahe und ist in Fig. 3 aufgeführt. Die Platte, ebenfalls durch Giessen erhalten, ist auf beiden Seiten mit parallel laufenden, etwa  $1\frac{1}{2}$  mm breiten und  $2\frac{1}{2}$  mm tiefen Furchen versehen. Bei der alten Tudor-Platte war der massive Bleikern nicht nur  $2\frac{1}{2}$  mm wie hier, sondern 5 mm dick. Die Furchen wurden mit Bleioxydpaste ausgefüllt und darauf die Platte in verdünnter Schwefelsäure als Anode der Einwirkung des elektrischen Stromes so lange ausgesetzt, bis alles Bleioxyd in Superoxyd übergeführt war. In diesem Zustand konnte allerdings die Tudor-Platte keinen Anspruch auf die Bezeichnung „Planté-Platte“ machen, indem die Kapazität lediglich durch die mechanisch angebrachten Bleioxyde bedingt wurde. Anders verhält es sich aber, wenn die Platte schon ein Jahr in Gebrauch gestanden hat. Die in den Furchen hängende Superoxydmasse fällt, oft schon nach einigen Monaten des Betriebes, heraus und auf den Boden des

Behälters. Trotzdem ist aber die Kapazität des Accumulators nicht wesentlich vermindert und es zeigt sich, dass nun eine aus der Bleiseele selbst herausgebildete dünne, aber gut anhaftende Superoxydschichte die Aufspeicherung des Stromes übernimmt. Das auf der frischen Elektrode angebrachte Füllmaterial diente lediglich dem Zweck, derselben so lange eine praktisch annehmbare Kapazität zu verleihen, bis sich im Verlauf der während des Gebrauchs statt-

Fig. 3.

 $\frac{5}{8}$  nat. Grösse.

findenden Ladungen und Entladungen eine genügende „Planté-Schicht“ auf den Superoxydplatten gebildet haben würde. Nun ist hervorzuheben, dass unter einer Schichte von Füllmasse das Blei sich erheblich rascher zu oxydieren scheint, als ohne Gegenwart derselben. Ob dabei gleichzeitig ein etwa vorhandener Chlorgehalt der verwendeten Bleioxyde mitgewirkt haben mochte, erscheint ebenfalls möglich.

Eine im Jahre 1888 im Staatslaboratorium Hamburg untersuchte Tudor-Zelle zeigte folgende Verhältnisse: Die positiven und negativen Platten waren genau gleich konstruiert; jede war 10 mm dick und hatte 4 qdm Oberfläche. Der Abstand der Platten voneinander betrug 10 mm, das Gewicht einer Platte 2 kg. Das Gesamtgewicht der

Tudor-Zelle (in Glasgefäß) und mit der Schwefelsäure belief sich auf 20,0 kg, wobei das Element drei positive und vier negative Platten enthielt. Die Kapazität war 42 Ampèrestunden bei 6,5 Ampère Entladungsstromstärke; die Ladungsstromstärke durfte 5 Ampère nicht übersteigen. (Aus „Gutachten des Herrn Direktor Dr. A. Voller in Hamburg“.) Somit entfielen gerade 2 Ampèrestunden Kapazität auf das Kilogramm Gesamtgewicht oder 3 Ampèrestunden per Kilogramm Plattengewicht.

Eine im Jahre 1888 ebenfalls von Voller geprüfte Tudor-Zelle „neuerer Konstruktion“ hatte drei positive und vier negative Platten von je 6 qdcm Oberfläche; die positiven Platten waren 9 mm, die negativen nur mehr 6 mm dick; der Abstand der Platten betrug 8 mm. Das Gesamtgewicht der Platten war 13,3 kg; dasjenige des kompletten Accumulators (mit Säure von 1,15 spez. Gew. gefüllt) 19,4 kg. Kapazität 50 Ampèrestunden bei 10 % Spannungsabfall und  $8\frac{1}{4}$  Ampère Entladung und einem Ladestrom von 7,5 Ampère.

Bei dem alten „Tudor-Accumulator“ war die Bleischwammplatte gerade so konstruiert, wie die Superoxydplatte; der Bleischwamm aber blieb dauernd in den Furchen, so dass mit Bezug auf den Bleischwamm nicht von „Planté-Formation“ gesprochen werden konnte. Wie bei dem früher besprochenen Fabrikat Bréguet ist auch hier die Kapazität der Superoxydelektrode grösser als diejenige der Gegenelektrode. Wurde der Accumulator entladen, so erschöpften sich die Bleischwammplatten zuerst und bewirkten den rapiden Abfall der Spannung und damit die Beendigung der Entladung, und zwar zu einem Zeitpunkt, bei dem die Superoxydplatten kaum mehr als zur Hälfte entladen waren. Nun ist dieser Umstand (der wohl erst nachträglich zur Erkenntnis gelangt ist) von sehr wohlthätigem Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Superoxydplatten gewesen, denn nichts vertragen diese schlechter, als vollständige Erschöpfung. — Nachdem die anderen, zur gleichen Zeitperiode bekannten Accumulatoren gerade an dem zu raschen Zerfall der Superoxydplatten litten, musste das Verhalten der Tudor-Platten Aufsehen erregen. Die massive Bauart der Elemente, welche allerdings nur die Verwendung derselben für stationäre Batterien zulies, mochte ebenfalls zur höheren Haltbarkeit des Systems beitragen. Zu diesen technischen Umständen gesellte sich aber noch ein eminent glücklicher Zufall, der darin bestand, dass die rührigen und gewandten Inhaber der einstigen Firma „Einbeck und Müller in Hagen“ (Westfalen) sich für das Fabrikat der Gebrüder Tudor interessierten und in kurzer Zeit mit einem aussergewöhnlichen Auf-



wand von kaufmännischem Geschick die zwei grössten Elektrizitätsgesellschaften in Deutschland (Siemens & Halske und die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft) für den Gegenstand einnahmen. Es ist das Verdienst der schon im Jahre 1891 errichteten Accumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft Berlin, in Deutschland die erfolgreiche Einführung der Accumulatoren in elektrischen Lichtzentralen durchgeführt zu haben, denn vorher waren nur in England (speziell London) einige bedeutendere Accumulatorenanlagen vorhanden, während die bis dahin in Deutschland eingeführten englischen Accumulatoren geteiltes Lob ernteten. Aber auch die kommerzielle Routine der erwähnten Gesellschaft vermochte sich nicht über die Mängel des Tudor-Accumulators auf die Dauer hinwegzusetzen, wie sich an den seither geänderten Konstruktionen derselben ersehen lässt. Unerwarteterweise stellte sich bei den Battereien nach ein- bis zweijährigem Gebrauch ein Rückgang der Kapazität ein, der auf die Bleischwammlatten zurückzuführen war. Die verhältnismässig geringe Menge von Bleischwamm, welche in den Furchen Platz fand, vermochte die Beanspruchung auf die Dauer nicht ohne Schaden zu ertragen. Es zeigte sich, dass die Füllmasse zusammenschrankte und dabei zugleich den Kontakt mit der massiven Bleiunterlage teilweise verlor. Die Aufnahmefähigkeit des Schwamms für Elektrizität ging dabei auf die Hälfte bis ein Drittel der ursprünglichen hinunter, zum Teil infolge des verringerten Kontaktes mit dem Träger, zum Teil aus verminderter Porosität des Bleischwamms oder überhaupt der veränderten physikalischen Struktur desselben. Diese, in sehr grossem Massstab gemachte Erfahrung führte dazu, die Tudor-Platte, weil ungeeignet als Bleischwammelektrode, zu verlassen und an Stelle derselben Gitterplatten (nach dem Vorgang der Electrical-Power-Storage-Co. in London) zu verwenden. —

Hier sollen nur die Veränderungen, welche die Superoxydplatten der A.-F.-A.-G. Berlin seither erfahren haben, kurz vorgeführt werden. — Die Form der ursprünglichen Tudor-Platte bildete ein Rechteck von wenig mehr als 2 qdm Inhalt, wobei die Dicke der Platte 10 mm betrug. Es ist daher wohl glaubwürdig, dass diese Platten sich im Gebrauch nicht verkrümmten. Anders verhielten sich aber die von der A.-F.-A.-G. hergestellten Elektroden grösseren Formates von 300 mm Höhe und 280 mm Breite bei nur 8 mm Dicke, also mehr als vierfacher Grösse gegenüber den alten Tudor-Platten. Hier stellte sich der Uebelstand des „Werbens“ ein, besonders dann, wenn ein durch abgefallene und zwischen den Platten festsitzende Masse

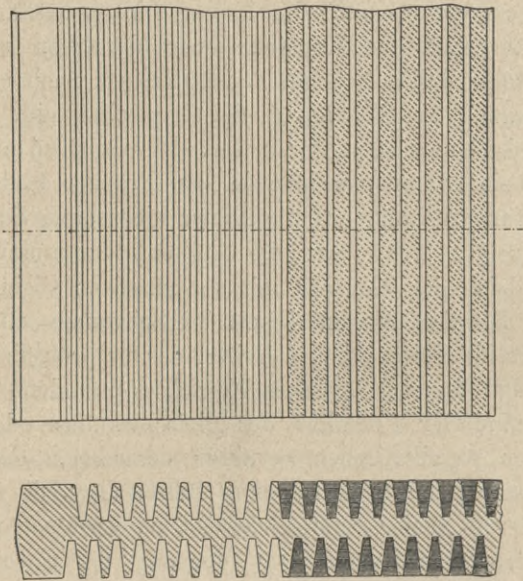
entstandener „Kurzschluss“ längere Zeit unbeachtet blieb und dadurch das Element sehr tief entladen wurde.

In Fig. 4 ist die Zeichnung einer aus dem Jahre 1891 stammenden Superoxydplatte der A.-F.-A.-G. Berlin gegeben. Eine Platte der eben angeführten Dimensionen wog 5,70 kg und enthielt 1,86 kg Füllmasse (trocken). Die Kapazität der Platte war bei der Entladung

in	3 $\frac{1}{3}$	4	5	6	7	8	Stunden
	48	52	55	60	64	68	Ampèrestunden,

wobei, wie schon bemerkt, diese Zahlen richtiger auf die Bleischwamm-

Fig. 4. (A.-F.-A.-G.)



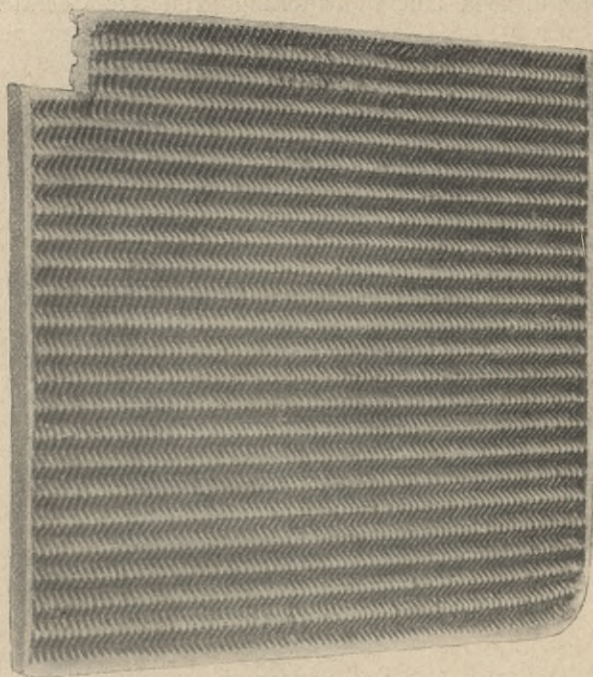
$\frac{5}{8}$  nat. Grösse.

elektrode passen, da die Kapazität der Superoxydelektrode, nachdem einmal die Füllmasse herausgefallen ist, lediglich von der Beschaffenheit und Dicke der Planté-Schicht abhängt. —

Von den zahlreichen Variationen, in welchen diese Platten zu fertigen Elementen zusammengestellt worden sind, hat sich als eine der besten der Aufbau in Glasgefässen bewährt, wobei die Platten mittels an der oberen Kante seitlich angebrachter Nasen auf den Gefässrand gehängt werden. Dabei ist die Höhe des Gefässes derart bemessen, dass zwischen der unteren Plattenkante und dem Gefässboden ein Abstand von ca. 100 mm gewahrt bleibt.

Durch zwischengesteckte Glasrohre von 12 mm Durchmesser wird für den gleichmässigen Abstand der Platten voneinander gesorgt. (Eine genauere Skizze eines solchen Elements ist auf S. 200 „Sekundär-Elemente“ I, Knapp, Halle, zu finden.) Für gewisse Zwecke, wie z. B. bei der Batterie der Tramzentrale in Hirslanden-Zürich, hat sich die in Fig. 4 gegebene Konstruktion der Superoxydplatte sehr gut bewährt. In diesem Fall ist nämlich die Bean-

Fig. 5. (A.-F.-A.-G.)

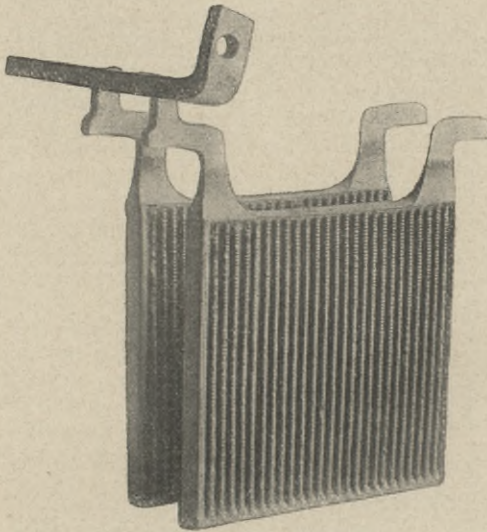
Ca.  $\frac{1}{2}$  nat. Grösse.

spruchung des Sammlers eine besonders günstige, indem lang andauernde Entladungen nur ausnahmsweise stattfinden, im Gegenteil die Hauptfunktion der Batterie darin besteht, die Spannungsschwankungen im Leitungsnetz auszugleichen. Bei der rasch und plötzlich wechselnden Belastung desselben erhält die Batterie abwechselnd Ladestrom und gibt Entladestrom ab und zwar gewöhnlich mehrere Male im Zeitraum einer Minute. Erwähnte Batterie ist schon fünf Jahre in unausgesetztem Gebrauch mit noch immer den ursprünglichen Superoxydplatten.

Bei Batterien für Beleuchtung dagegen wird die Kapazität der

Platten möglichst ausgenützt und die S. 157 besprochene Erscheinung trat, trotz der aufs Aeusserste getriebenen Ueberwachung der Battereien doch sehr störend auf. Daher wurde zu der in Fig. 5 dargestellten Plattenform übergegangen, wobei nicht nur das Format der Superoxydplatten auf die Hälfte der früheren Breite reduziert, sondern gleichzeitig die Dicke auf das Anderthalbfache erhöht wurde. Die in der Figur dargestellte Platte ist ca. 14 cm breit und ungefähr ebenso hoch. Diese Platte, ebenfalls durch Giessen in Metallformen erhalten, zeigt eine wellenförmig gestaltete Oberfläche, wobei

Fig. 6. (A.-F.-A.-G.)

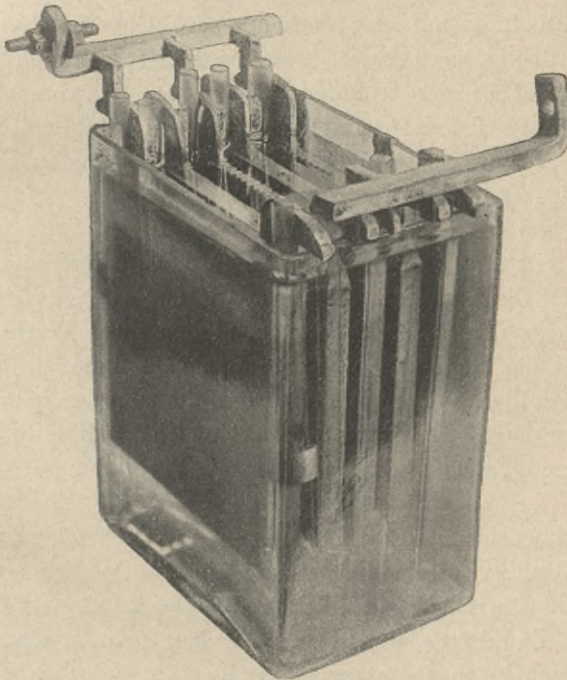
Ca.  $\frac{1}{4}$  nat. Grösse.

die Seele oder der massive innere Kern der Platte ca. 3 mm stark ist, und die Wellenberge (Erhöhungen) ca.  $4\frac{1}{2}$  mm über die Seele herausragen. Die gerippten, älteren Platten hatten nämlich noch den Uebelstand gezeigt (der auch bei der später zu erwähnenden Pollak-Platte vorhanden ist), dass, nachdem bei längerem Gebrauch die feinen Bleirippen „durchformiert“, d. h. in Bleisuperoxyd verwandelt waren, sich die aktive Schicht in grossen Blättern von der metallischen Unterlage ablöste. Die tiefgehenden zickzackförmigen Wellen der neuen Platte sollten offenbar diesen Uebelstand beseitigen.

Die Behandlung der „Wellenplatte“ war im übrigen gleich wie früher; die Bleiplatten wurden zuerst einer Art elektrolytischer

Reinigung unterzogen, indem dieselben kurze Zeit als Anoden in verdünnter Schwefelsäure mit schwachem Strom geladen wurden. Der dadurch erzeugte dünne Hauch von Superoxyd mochte ein sicheres Anhaften der nun einzustreichenden Bleioxyd- oder Mennigepaste gewähren. Nach der Erhärtung der Füllmasse konnte diese in Superoxyd übergeführt werden und das Füllmaterial sollte ebenfalls so lange aushalten, bis sich eine genügende Planté-Schichte auf der Blei-

Fig. 7. (A.-F.-A.-G.)

Ca.  $\frac{1}{4}$  nat. Grösse.

unterlage gebildet haben würde. Indessen haftete das Füllmaterial nicht so gut an dieser Oberfläche, wie früher, was auch ohne weiteres aus der Konstruktion derselben hervorgeht. Einen weiteren Uebelstand bildete die Vereinigung der kleineren Platten zu Elektroden grösseren Formats nach einem von Kerkhove patentierten Gedanken, wonach zwei oder vier der Plättchen in einen Tragrahmen aus Hartblei eingesetzt und mit diesem an gewissen Stellen verlötet wurden.

Fig. 6 zeigt die photographische Ansicht einer Elektrode, aus zwei Wellenplatten bestehend, und Fig. 7 die Ansicht eines kompletten

Elementes (in Glasgefäss) mit Wellenplatten. Der Aufbau ist derselbe wie gelegentlich der in Fig. 4 skizzierten Rippenplatte geschildert worden ist.

Hier ist nun von der A.-F.-A.-G. Berlin zum ersten Male der Gitterträger für die negativen Platten eingeführt worden, wobei zugleich die mit Bleischwamm gefüllten Gitter äusserlich den „Wellenplatten“ recht ähnlich gemacht wurden, so dass der Laie einen Unterschied der Konstruktion kaum herausfinden mochte.

Es ist schon weiter oben von dem ungünstigen Einfluss weitgehender Entladung auf das Verhalten der Superoxydschichte hingewiesen worden. Durch Anwendung von Bleischwammplatten, welche nun ein Mehrfaches der früheren Platten an Schwamm enthielten, konnte allerdings die Kapazität der „Wellenplatte“ voll ausgenutzt werden, leider auf Kosten der Haltbarkeit. — Das in Fig. 7 abgebildete Element hat eine Kapazität von

	36	40	44	48	Ampèrestunden
bei	12	8	6,3	4,8	Ampère Entladestrom.

Nachdem jetzt die Kapazität der Bleischwammplatten bedeutend höher ist als diejenige der Superoxydplatten, stellen diese Werte annähernd die Kapazität der Superoxydelektrode vor. Da diese aus zwei der in Fig. 4 dargestellten Platten besteht, entfällt somit gerade die Hälfte obiger Werte auf jene Platte, deren Gewicht 2,2 kg beträgt. Die ganze Elektrode, aus zwei Platten samt Verbindungsstreifen, wiegt ca. 5 kg.

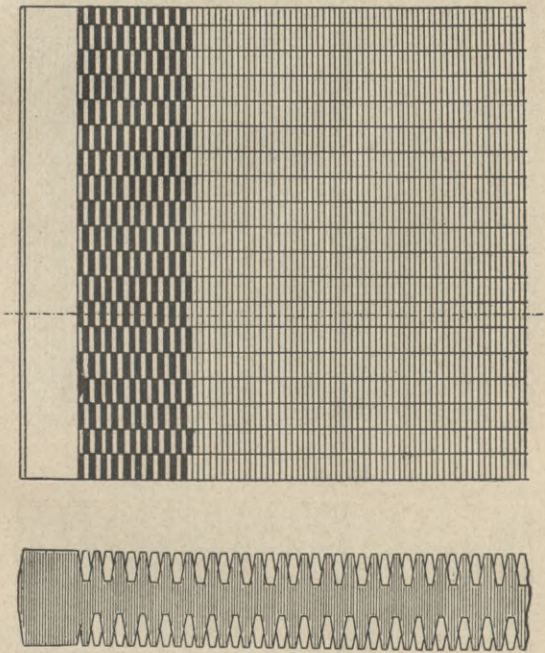
Die Dimensionen des Elements folgen nachstehend: Die Bleischwammplatten (zwei Endplatten und eine Vollplatte) sind 165 mm breit und 160 mm hoch; die Mittelplatte (Vollplatte) ist 8 mm dick, während die Endplatten, welche nur auf der inneren, der Superoxydelektrode zugekehrten Seite mit Bleischwamm versehen sind, 5 mm Dicke zeigen. Die beiden Superoxydplatten sind je 12 mm dick und ebenfalls  $165 \times 160$  mm.

Der Abstand der Platten voneinander ist durch  $4 \times 2$  Glasrohre von 11 mm Durchmesser gehalten. Der seitliche Abstand der Glasrohre voneinander ist 160 mm, der Plattenabstand vom Boden 50 mm. Die Platten sitzen vermittelst der von der oberen Kante ausgehenden Nasen, von denen die eine sich zugleich zur Stromzuführung verlängert, direkt auf dem Gefässrand. Auf der einen Breitseite des Gefässes ist die Berührung der Endplatte mit der Gefässwand durch zwei Glasrohre verhindert. An der anderen Endplatte liegen ebenfalls zwei Glasrohre auf der äusseren Seite an, welche

als Führung für zwei Hartbleifedern dienen, so dass ein elastischer Druck zwischen der Gefässwand und den Platten stattfindet, wodurch die senkrechte Lage der Platten gesichert wird. Dieses Element entspricht der unter Nr. 102 in der Preisliste von 1893/94 angeführten Grösse. Das Glasgefäss ist 125 mm breit, 190 mm lang und 250 mm hoch (Innen gemessen); die Aussenmasse sind  $135 \times 200 \times 260$  mm.

In der Preisliste sind die Masse mit 130 mm Länge, 190 mm

Fig. 8. (A.F.-A.-G.)



$\frac{5}{3}$  nat. Grösse.

Breite und 265 mm Höhe, das Gewicht des Elements (unverpackt) zu 13 kg, die Säuremenge (von 1,15 spez. Gew.) zu 5 l angegeben. Das Gesamtgewicht beträgt somit 18,75 kg, wenn unter der Angabe „Element unverpackt“ auch das Gewicht des Glasgefässes inbegriffen ist.

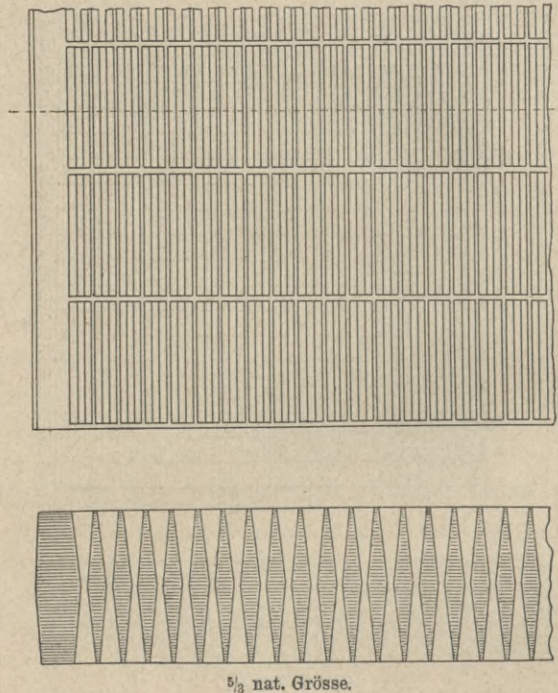
Das Element in Fig. 6 zeigte, mit Säure gefüllt, thatsächlich das Gewicht von 18,8 kg.

Es mag hier kurz erwähnt werden, dass bei den Elementen mit grösserer Plattenzahl an Stelle der Aufhängung der Platten auf dem

Gefässrand eine ähnliche Aufstellung auf Glasstützscheiben stattfindet, wie bei dem Element von Gelnhausen, jedoch mit dem Unterschied, dass die Stützscheiben über das Niveau des Elektrolyten hinausragen. —

Nachdem immer mehr das Bedürfnis nach einem Accumulator hervortrat, der möglichst starke Ströme (bei sonst mässiger Grösse und Preislage) liefern musste und die Erfahrung gezeigt hatte, dass die Platten um so eher eine grosse Stromdichte der Ladung oder Ent-

Fig. 9. (A.-F.-A.-G.)

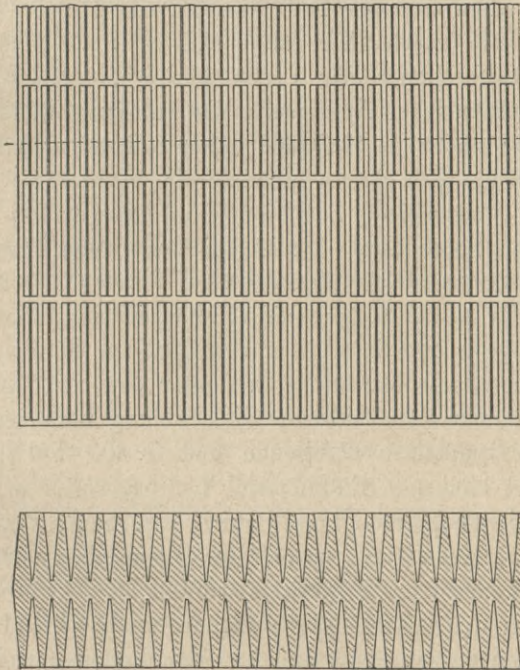


ladung vertragen, je grösser die Oberfläche derselben ist, wurde dadurch eine Modifikation der Tudor-Platte geschaffen, dass die Rippen in kurze Stücke abgebrochen und gegeneinander versetzt angeordnet wurden, wie Fig. 8 zeigt. Dadurch wird, bei sonst gleichem Gewicht der Platte, ein Gewinn an Oberfläche erzielt. Wohl infolge der schwierigen Herstellung (durch Giessen oder Pressen), und weil hier noch rascher als bei der alten Tudor-Platte, das Ablättern der Superoxydschichte zu befürchten war, ist auch diese Konstruktion nicht lange aufrecht erhalten worden.



Eine entschiedene Abweichung von den bisher behandelten Platten zeigt die „Schnelladeplatte“, welche die Accumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft vor 2 Jahren eingeführt hat. Diese bildet, wie Fig. 9 zeigt, im Gegensatz zu allen früheren „Tudor“-Platten ein Gitter, eine durchbrochene Platte und wird auch nicht mehr mit Bleioxyden (Paste) beschickt, sondern nach einem abgekürzten elektrochemischen Formierverfahren mit einer Superoxydschichte versehen.

Fig. 10. (A.-F.-A.-G.)



$\frac{5}{3}$  nat. Grösse.

In der That bietet diese Elektrode, welche ziemlich genau einem vom Verfasser ausgebildeten Gitter entspricht (vergl. „Sekundärelemente“, Knapp, Halle, II, S. 10 und 11, wo die Gussform, und S. 31, wo die Platte abgebildet ist), die dreifache Oberfläche einer massiven Bleiplatte von sonst gleichen Dimensionen dar. Bei der heutigen Entwicklung der Giessereitechnik bereitet das Giessen solcher Gitter keine besonderen Schwierigkeiten.

Der Nachteil aller Gitter, wenn als leitende Unterlage für die Superoxydelektrode verwendet, besteht darin, dass bei der Volum-

vermehrung, die mit der Oxydation des Bleies verbunden ist, ein Treiben oder Wachsen des Gitters stattfindet. Diese wenig wünschenswerte Eigenschaft zeigen die Platten mit undurchbrochenem Kern (Seele) nur in verhältnismässig geringem Grad. Vielleicht ist es diese Erfahrung, welche die Accumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft dazu geführt hat, in den neuesten Musterplättchen das Gitter wieder zu verlassen und die sonst gleich dimensionierte Platte mit einer allerdings dünneren, nur 1 mm dicken Seele zu versehen, wie in Fig. 10 dargestellt ist.

Das aus dem Sommer 1897 stammende Musterplättchen enthält offenbar kein mechanisch angebrachtes Superoxyd. Aus der beigelegten „Beschreibung der Plattenmuster“, welche im wesentlichen eine kaufmännische Anpreisung des Fabrikats bildet, möge eine Stelle hier Platz finden. „Während daher bei allen positiven Elektroden, in welchen das aktive Material die Hohlräume des Trägers ausfüllt, eine gelegentliche Sulfation eine Deformation der Platten zur unbedingten Folge hat, — tritt bei der neuen Platte ein Sichkrümmen oder Sichverziehen derselben im Betrieb überhaupt nicht mehr ein.“ Es wird ferner darauf hingewiesen, dass die Bleischwammbildung, welche in weitem Umfange zur Bildung von Kurzschlüssen in den Elementen führte, nunmehr „auf ein Minimum reduziert“ würde, indem diese störende Erscheinung besonders durch das von den Superoxydplatten abfallende und in der Flüssigkeit einige Zeit suspendiert bleibende Füllmaterial hervorgerufen worden sei. — Von Wichtigkeit für die mit Planté-Schicht versehenen Platten ist, dass die verdünnte Schwefelsäure, womit der Accumulator angefüllt wird, nun erheblich konzentrierter gewählt worden ist. Während das spezifische Gewicht der Schwefelsäure früher nach vollendeter Ladung des Accumulators zwischen 18 und 19° Bé. (entsprechend 1,147 spez. Gew.) und nach der Entladung ca. 15° Bé. (1,115 spez. Gew.) betragen musste (Gutachten des Professors Dr. W. Kohlrausch, Hannover, vom 29. April 1888), wird jetzt eine Schwefelsäure von ca. 26° Bé. oder 1,21 spez. Gew. zur Füllung der Elemente verwendet. Die Superoxydschicht wird in dieser stärkeren Säure weniger leicht spröde oder zum Abspringen geneigt. Dafür ist der Einfluss des konzentrierteren Elektrolyts auf die Bleischwammplatten wenig günstig, da die „Sulfation“ des Bleischwamms um so mehr befördert wird, je stärker die angewandte Schwefelsäure ist.

Die Preisliste der A.-F.-A.-G. Berlin 1897 enthält in Form eines eleganten Taschenbuches alle Angaben über diese Accumulatoren,

mit Ausnahme der Gewichte und der Konstruktion derselben. Es ist daher unmöglich, zu ersehen, welche Art von Platten für eine bestimmt bezeichnete Nummer der in den Listen aufgeführten Grössen verwendet wird. Die Weglassung der Gewichtsangaben, sowie der näheren Charakterisierung der Elektroden bietet allerdings den Vorteil, jederzeit irgend eine bestellte Akkumulatorenbatterie liefern zu können, ohne an ein bestimmtes Plattensystem gebunden zu sein. Dies ist um so leichter, als auch keine Angaben über die Zahl der in den Elementen vorhandenen Platten gemacht sind. (Die unbedeutenden Ausnahmen, welche das Messelement, Telegraphenelement und Mikrophonelement machen, ändern an Gesagtem nichts.) Eine direkte Anfrage des Verfassers um Auskunft wurde von der Direktion der A.-F.-A.-G. Berlin abschlägig beschieden.

Der zweiten Auflage des vorzüglichen Werckchens von F. Grünwald „Herstellung und Verwendung der Accumulatoren“ (Knapp, Halle 1897) sind nachstehende Angaben über die neuesten Accumulatoren der A.-F.-A.-G. Berlin entnommen: „Die Platten sind 15 cm  $\times$  16,5 cm im Geviert und die Anode 13 mm, die Kathode (Bleischwammplatten) 7 mm dick. Das Gewicht einer Anodenplatte ist 2,5 kg, dasjenige einer Kathodenplatte 2,1 kg. Ein Element mit 2 positiven und 3 negativen Platten zeigte folgende Kapazitäten:

Bei 16 9,5 7,6 8 5,4 4 3,3 Ampère Entladestromstärke  
16 19 23 24 27 30 33 Ampèrestunden Kapazität.

Der Ladungsstrom ist normal 8 Ampère. Die Säuredichte beträgt bei der geladenen Zelle 24° Bé.; die Ladespannung steigt bis 2,65 Volt. Die Entladespannung darf nur 5% unterhalb der, am Anfang der Entladung gemessenen Spannung sinken.

Die Bleischwammplatten sind mit Füllmasse versehene Gitterplatten. Die Superoxydplatten enthalten kein Füllmaterial, sondern sollen durch Formieren in sehr verdünnter Schwefelsäure nach Planté mit der nötigen Superoxydschichte versehen werden.“

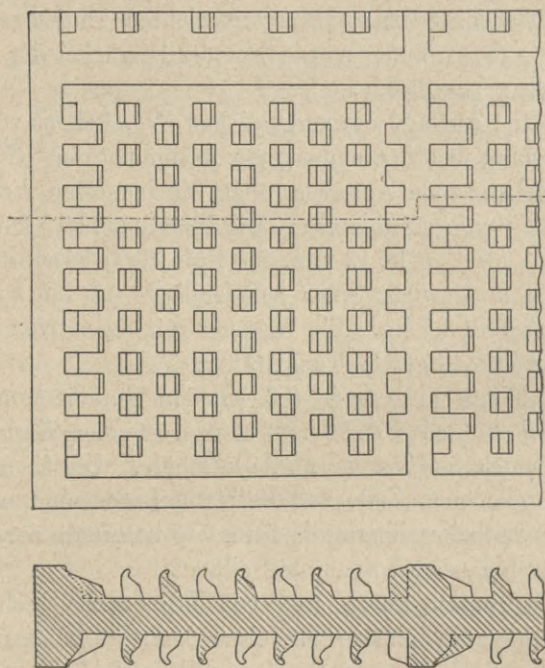
Da diese Kapazitätswerte genau mit den in der Preisliste von 1897 unter Nr. EI und Nr. ESI angeführten Kapazitäten übereinstimmen, mögen die betreffenden Daten der Liste noch hier Platz finden: das Glasgefäß ist 80 mm lang, 215 mm breit und 285 mm hoch (Aussenmasse). Das Gewicht des Elements ohne Säure ist zu 9 kg angegeben; dazu kommen 4 l verdünnte Schwefelsäure von 1,21 spez. Gew., so dass das Gesamtgewicht ca. 14 kg betrüge. Der Preis ist 13 Mark (Verpackung 0,25 Mark).

Demnach entfallen pro Kilogramm Gesamtgewicht des Accu-

mulators 1 bis 2 Ampèrestunden Kapazität. Bei grösseren Elementen erhöht sich dieses Verhältnis etwas, da die Gewichte des Gefässes, der Säure und der Endplatten sich weniger ungünstig stellen als hier. — Bei einem Accumulator für Eisenbahnwagenbeleuchtung (in ausgebleitem Holzkasten) ist die Kapazität bei 5,1 Ampère Entladestromstärke 77 Ampèrestunden; das Gesamtgewicht desselben ist zu 14 kg angegeben, so dass ca.  $5\frac{1}{2}$  Ampèrestunden pro Kilogramm entfallen.

Accumulatoren für Tramwagentraktion führt das Taschenbuch merkwürdigerweise nicht.

Fig. 11. (Pollak.)



$\frac{5}{8}$  nat. Grösse.

Auf originelle Art wird die in Fig. 11 reproduzierte Platte von Ch. Pollak (zuerst von J. Rousseau & Co., Boulevard Sebastopol 113, Paris, fabriziert) erhalten, nämlich dadurch, dass ein dickes Bleiblech zwischen einem mit entsprechenden Vertiefungen versehenen Walzenpaar hindurchgelassen wird. Durch den hiebei ausgeübten bedeutenden Druck legt sich das Blei in die Vertiefungen der Walzen und füllt diese zum Teil aus. Die Oberfläche des Bleiblechs erscheint hernach mit Dornen übersät, deren Form und Verteilung aus der Figur hervorgeht. Wie bei der ursprünglichen Tudor-Platte wird der zwischen

den Dornen verbleibende Raum mit Bleiverbindungen ausgefüllt, welche nach entsprechender elektrolytischer Behandlung der Platte dieser die Kapazität verleihen müssen. Die Dornen halten das Füllmaterial fest. Es soll sich gezeigt haben, dass eine einfache, aus Bleioxyd mit Schwefelsäure bereitete Masse während des Gebrauchs der Plattenbänder von diesen abfiel als die aus Bleiweiss mit Kalilauge ange-machte Pasta, so dass gegenwärtig auf diese etwas umständlichere Füllmasse zurückgegriffen worden sei.

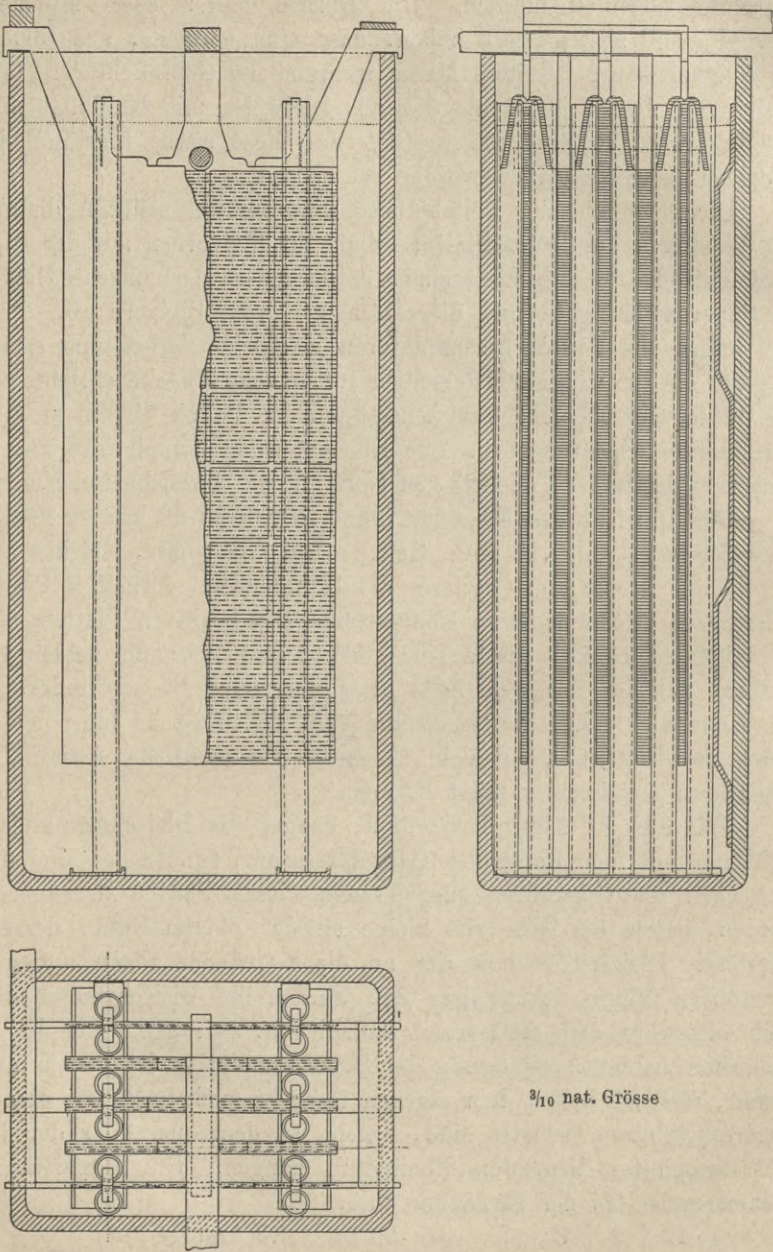
Die Nachteile der Pollak-Platte sind im wesentlichen dieselben wie diejenigen der Tudor-Platte; sobald die Bleidornen auf der Superoxydelektrode durchformiert sind, entfällt der mechanische Halt für die Superoxydschichte und diese löst sich vom Bleikern ab. Trotzdem haben die Pollak-Accumulatoren ziemliche Verbreitung erlangt, was für die Brauchbarkeit derselben für manche Zwecke spricht. — In Fig. 12 ist die nähere Zusammenstellung der Pollak-Platten zu einem Accumulator wiedergegeben. Das Element wiegt komplett 16,5 kg und entspricht der in der Preisliste von 1897 mit SK<sub>1</sub> bezeichneten Nummer.

Das Gewicht des Elements (ohne Säure) ist 11 kg; es fasst 5 l Schwefelsäure (von 1,15 spez. Gew.). Das Glasgefäss, welches innen 105 × 165 × 360 mm (letzteres die Höhe) misst, enthält 2 Positive, 1 Negative und 2 negative Endplatten. Die positiven Platten, sowie die mittlere negative Platte sind stark 6 mm dick; die beiden Endplatten, auf der äusseren Seite glatt und ohne Bleischwamm, sind nur 3 mm dick. Der Plattenabstand vom Boden ist 55 mm; der Abstand der Platten unter sich 11 mm. Der seitliche Abstand der Glasröhren voneinander misst 80 mm.

Wie aus der Figur hervorgeht, hängen die Bleischwammplatten nicht nur auf dem Rand des Glasgefässes auf, sondern es sind überdies noch die Glasröhren zum Tragen dieser Platten herangezogen worden, indem bei jeder vier kleine an der oberen Kante derselben angelötete Bleistreifchen in vier an die betreffende Platte anliegende Glasröhren führen. Auf diese Art werden die Bleischwammplatten, auch ohne auf dem Gefässrand aufzuliegen, getragen. Die doppelte Sicherheit in der Aufhängung der Schwammplatten ist darum angebracht, weil sie neben dem eigenen Gewicht auch noch mit dem der Superoxydplatten belastet sind, welche an dem quer über den Bleischwammplatten liegenden Ebonitstab hängen. Die Kapazität des Elementes ist bei der Entladung mit

12	9	8	7	6	5,5	5	4,5 Ampère
36	38	40	41	42	44	45	46 Ampèrestunden.

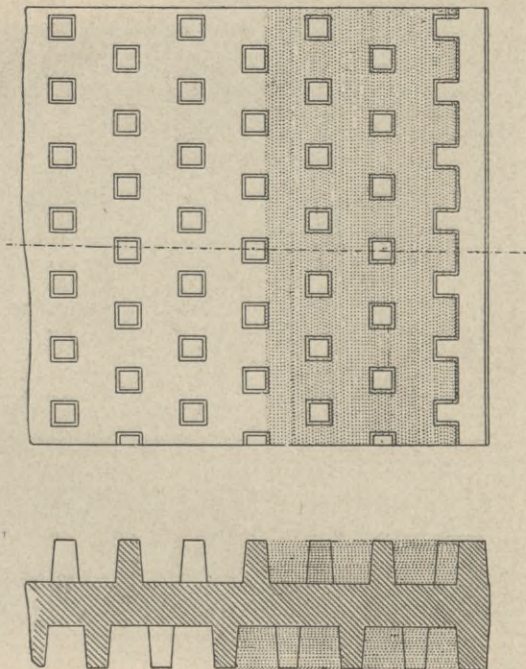
Fig. 12. (Pollak.)

 $\frac{3}{10}$  nat. Grösse

Die Kapazität per Kilogramm Gesamtgewicht ist also 2 bis 3 Ampèrestunden. (Accumulatoren für transportable Verwendung, fahrbare Beleuchtungsbattereien, Tramaccumulatoren etc. führt die Preisliste 1897, wie alle früheren, ebenfalls nicht.) Bei Accumulatoren mit grösseren Platten ist die Aufstellung ähnlich derjenigen von Gelnhausen.

Der Verfasser bittet hier um Entschuldigung, dass immer nur die Nachteile der betreffenden Systeme hervorgehoben werden, indessen besorgen die Fabrikanten die Hervorhebung und Anpreisung der guten Eigenschaften ihrer Fabrikate mehr als zur Genüge. —

Fig. 13. (Oerlikon.)

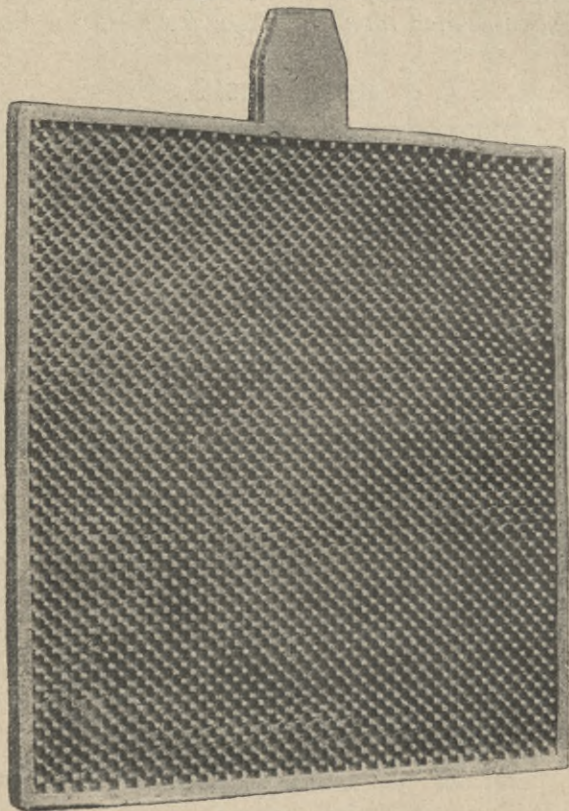


$\frac{1}{3}$  nat. Grösse.

Eine dem Pollak-System ähnliche, aber durch Giessen in Metallformen hergestellte Platte zeigt Fig. 13. In die beiden Gussformhälften werden entsprechende Vertiefungen graviert, welche beim Gussstück negativ, d. h. als Erhöhungen erscheinen. Der zwischen den Zacken verbleibende Raum wird mit Füllmasse ausgestrichen und die Platte in verdünnter Schwefelsäure formiert. Wie ersichtlich, sind die Zacken derart angeordnet, dass sie der vertikal aufliegenden

Superoxydschichte möglichst gute Stütze geben. Das Füllmaterial fällt, wenn die Beanspruchung der Platte nur mit geringer Stromstärke erfolgt, nicht leicht vom Bleiträger ab, wohl aber wenn grössere Stromdichten der Ladung oder Entladung zugelassen werden. Auf die Gewichtseinheit bezogen, zeigt vorliegende Plattenform eine durchschnittlich etwa doppelt so grosse Kapazität als die alte Tudor-Platte,

Fig. 14. (Oerlikon.)



Ca.  $\frac{1}{2}$  nat. Grösse.

was auf die rationellere Gestaltung der Oberfläche, welche mehr Füllmasse aufnimmt und dem Elektrolyten leichteren Zutritt zu den aktiven Materialschichten gewährt, zurückzuführen ist. Die vom Verfasser im Jahre 1893 in der Accumulatorenfabrik Oerlikon ausgeführte, in Fig. 14 photographisch dargestellte Platte hat 133 mm Breite, 150 mm Höhe und  $6\frac{1}{4}$  mm Dicke.

Ein Element, bestehend aus 7 solcher Superoxydplatten (jede



140 mm breit und 160 mm hoch) und 8 negativen Platten desselben Formates, wog samt Glasgefäß . . . . . 21 kg  
 die verdünnte Schwefelsäure von 1,20 spez. Gew. . . . . 9,5 „

Summa 30,5 kg

und zeigte bei der Entladung mit 16,0 Ampère innerhalb 10% Abfall der Klemmspannung eine Kapazität von 144 Ampèrestunden, also pro Platte rund 20 Ampèrestunden. Auf das Kilogramm Gesamtzellgewicht entfallen ca. 5 Ampèrestunden Kapazität.

In Fig. 15 ist die Ansicht einer noch nicht formierten Platte der „Electrochemical-Storage-Battery-Co.“ (New-York) und in

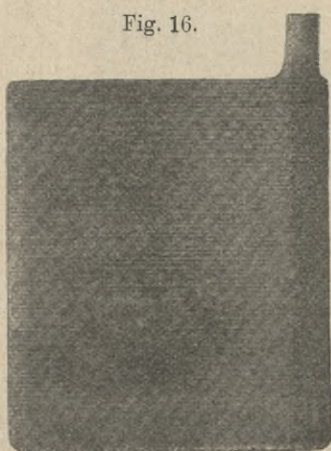
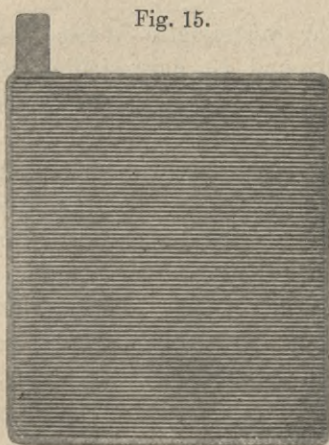


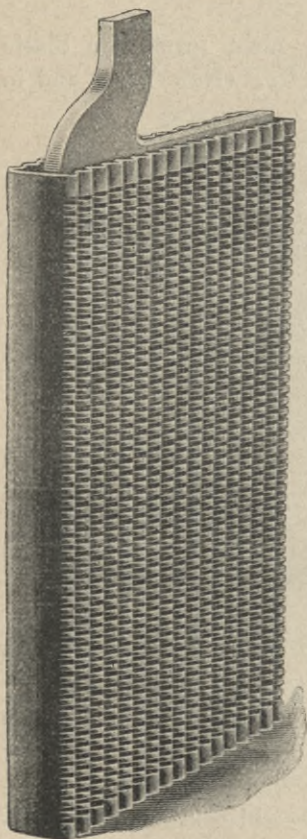
Fig. 16 diejenige derselben Platte, aber formiert, gegeben. Durch das auf der Oberfläche gebildete Bleisuperoxyd, welches ein geringeres spezifisches Gewicht als das Blei hat, werden die Furchen ausgefüllt.

Um die bei etwa abfallender Superoxydmasse möglichen Kurzschlüsse im Element zu vermeiden, sind die verschiedensten Auskunfts-mittel versucht worden. Am meisten empfehlenswert ist es, die Beseitigung solcher, zwischen den Elektroden hängender Stücke durch vorsichtiges Abdrücken mit einem Glasstab auf den Boden des Gefäßes zu bewirken. Besonders günstig für die Entdeckung von Kurzschlüssen ist es, wenn Glasgefäße als Behälter für die Elektroden dienen und die Elemente so aufgestellt sind, dass leicht zwischen den Platten hindurch gegen das Tageslicht gesehen werden kann. Etwas schwieriger, aber doch noch angängig, ist das Auffinden zwischen

den Platten sitzender Masse bei der Durchleuchtung des Elements von oben mittels Glühlampe und Reflektor.

The Willard-Storage-Battery-Co. (30 Broadway, New-York) sucht Kurzschlüsse dadurch zu vermeiden, dass die elektrochemisch formierte Platte in eine perforierte Ebonittasche gesteckt wird. Fig. 17 zeigt die derartig umhüllte Platte.

Fig. 17. (Willard.)

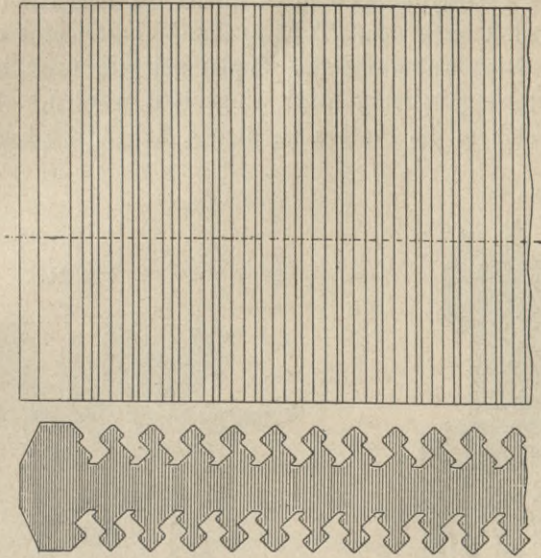


Diese Form und Durchbrechung der Ebonithülle soll den Nachteil vieler anderer, ähnlicher Vorkehrungen vermeiden, der darin besteht, dass der Zutritt der Säure zu der Platte, resp. dem Superoxyd, erschwert wird.

Auf sehr vorteilhafte Weise werden die in Fig. 18 und 19 dargestellten Elektrodenplatten der „Bleiwaren- und Accumulatorenfabrik Bélabánya“ (Ungarn) von Berks-Renger hergestellt. Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Fabrikaten werden hier die Bleigerippe mittelst hydraulischen Druckes erhalten. Es ist erstaunenswert, dass auf diese Weise Platten bis zu  $\frac{1}{4}$  m Breite und beliebiger Länge noch erzeugt werden können. Wie die von der Firma freundlich überlassenen Muster zeigen, ist die Struktur dieser gepressten Platten ausserordentlich homogen und tadellos. Mittels einer Presse können pro Tag mit Leichtigkeit 20 Tonnen Bleiplatten gepresst werden, was eine Massenfabrikation vorstellt, welche bis jetzt auf keinem anderen Weg annähernd erreicht wird.

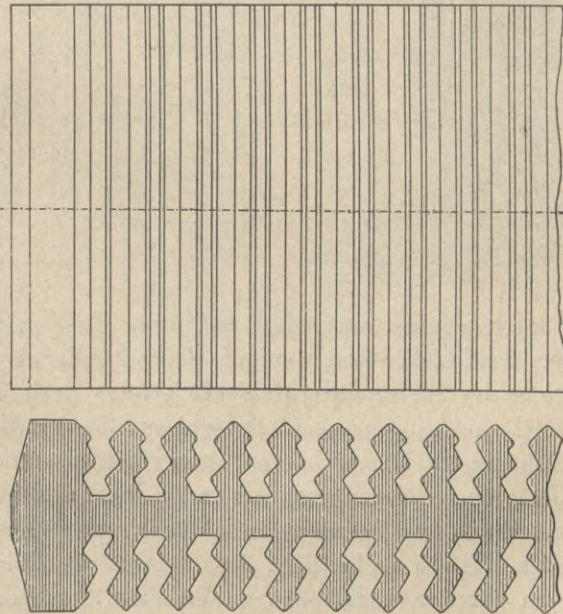
Der Freundlichkeit des Grusonwerkes in Magdeburg (Friedrich Krupp), welches Bleipressen grössten Kalibers anfertigt, verdankt Verfasser die in Fig. 20 und 21 gegebenen Skizzen. Fig. 20 gibt die Ansicht einer hydraulischen Bleipresse einfacher Konstruktion (ohne Heizvorrichtung für den Metallbehälter) für einen Druck bis zu 500 000 kg. Fig. 21 gibt den Querschnitt des Metallbehälters (diesmal mit Heizvorrichtung). Der Pressstempel, sowie die Matrize sind hier für die Erzeugung von Bleikabeln eingerichtet, dagegen ist die übrige Anordnung für das

Fig. 18. (Berks-Renger.)



$\frac{5}{3}$  nat. Grösse.

Fig. 19. (Berks-Renger.)



$\frac{5}{3}$  nat. Grösse.

Pressen von Bleielektroden giltig. Fig. 22 zeigt noch besonders den Querschnitt des Presscylinders und Stempels der Berks-Renger-Presse. „Die Matrizen sind nach dem „Typensystem“ eingerichtet und können durch Einlage oder Entnahme der Typen beliebig breit und schmal, sowie der Mittelsteg beliebig stark eingestellt werden.“ — Je nach dem Zweck, welchem die Platten zu dienen haben, wird die Bleiober-

Fig. 20.

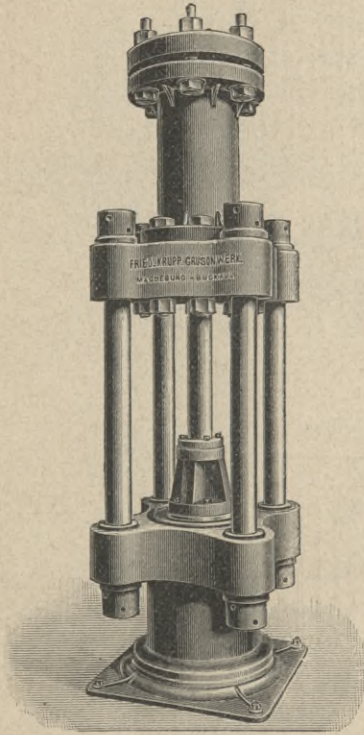
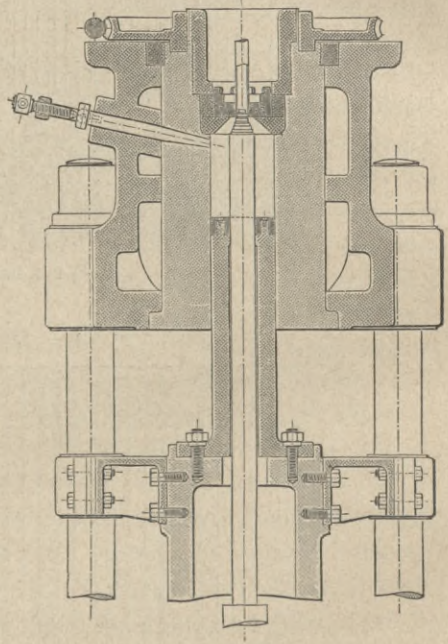


Fig. 21.



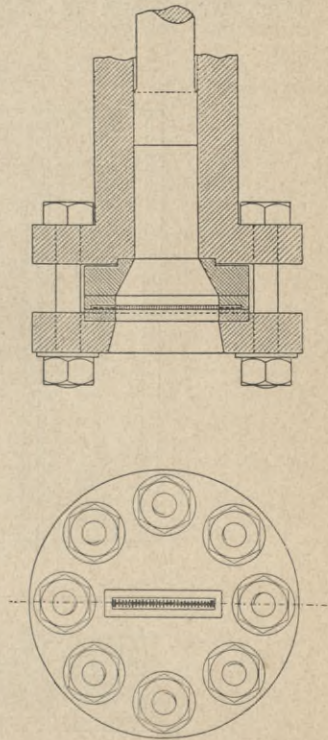
fläche mehr oder weniger ausgiebig gestaltet. In Fig. 18 sind die Rippen feiner, zahlreicher und weniger tief gehend, als in Fig. 19. Die Anbringung der Bleisuperoxydschichte erfolgt nach einem abgekürzten Planté-Formierungsprozess. Es geht aus der kräftigen Dimensionierung vorliegender Muster hervor, dass sie für „stationäre“ Batterien bestimmt sind. Ganz besonders sollen diese Platten, weil sehr billig und dauerhaft, für Accumulatoren für Kraftaufspeicherung Anwendung finden. Es ist ersichtlich, dass, anstatt eine Planté-Schicht von Anfang an auf den Elektroden zu erzeugen, es ebenfalls, nach dem Beispiel der älteren Tudor-Platte, möglich ist, den Raum zwischen

den Rippen mit Bleioxyden auszufüllen, welche offenbar ziemlich gute Lagerung vorfinden und wohl erst nach längerer Zeit ihren Platz verlassen, um an die inzwischen gebildete Planté-Schicht die weitere Funktion abzutreten. Es lässt sich annehmen, dass auch die Planté-Schichte, beim etwaigen Abschälen von der Bleiunterlage, nicht leicht zu Boden fallen kann, sondern, als Füllmasse dienend, in den Furchen sitzen bleibt und weiter an der Aufspeicherung des Stroms teilnimmt.

Eine eigentümliche Mittelstellung zwischen dem Planté- und dem Faure-Accumulator nehmen die, nach dem Patent von A. de Khotinsky hergestellten Elemente der Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen ein. Der Träger oder die leitende Unterlage der Elektrode wird ebenfalls, wie beim System Berks-Renger, durch hydraulische Pressung erhalten (D. R.-P. Nr. 35396). Dagegen wird die Kapazitätsgebung sowohl bei den Bleischwamm- als bei den Superoxydplatten durch Einbringen von Füllmasse in die Träger erreicht. Diese Füllmasse wird aber nicht mit Bleioxyden oder Bleisalzen, sondern aus äusserst fein verteiltem, metallischem Blei, sogenanntem „Bleistaub“ bereitet. Ein Stück eines Trägers für die Bleischwammelektrode ist in Fig. 23 und ein ebensolches, aber für die Superoxydelektrode, in Fig. 24 dargestellt.

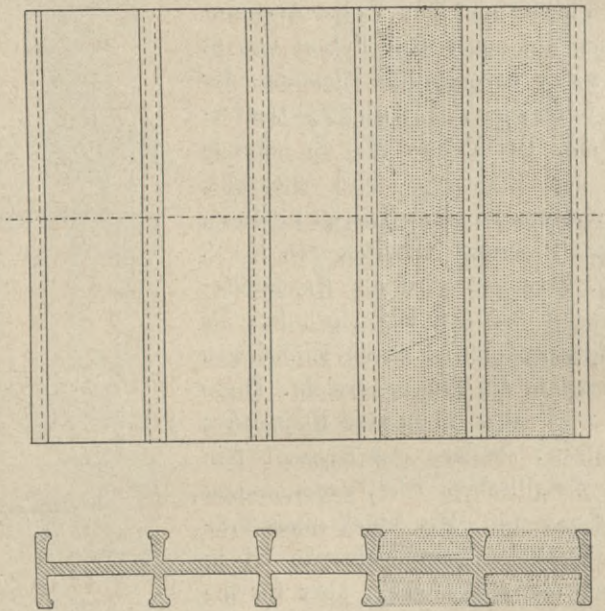
Der Unterschied zwischen den beiden Streifen besteht darin, dass die „Seele“ bei dem Bleischwammträger dünner ist, ebenso die darauf senkrecht stehenden, sich nach aussen konisch erweiternden Rippen, und dass die Rippen weiter auseinander stehen als beim Superoxydträger. Das Superoxyd leitet weniger gut als der Bleischwamm oder, genauer ausgedrückt, um dieselbe Ausnützung der Füllmasse zu erreichen, ist der Abstand der Superoxydmasse von der leitenden Unterlage kleiner zu wählen als beim Bleischwamm, was durch die engere Stellung der Rippen bei dem Superoxydträger erreicht wird. Die stärkere Dimensionierung der Rippen und des Kernes ist mit Rücksicht auf die allmähliche Umwandlung des Super-

Fig. 22.



oxydträgers während des Gebrauchs gerechtfertigt. Die ca. 44 mm breiten Streifen kommen als endloses Band aus der Bleipresse hervor und werden durch eine sinnreiche Vorrichtung automatisch in Streifen der gewünschten Länge geschnitten. Die Streifen wurden von A. de Khotinsky anfänglich auf etwa zolldicke, auf dem Boden des Zellgefäßes liegenden Glasröhren, horizontal nebeneinander gelegt. Zwischen zwei Bleischwammstreifen lag immer ein Superoxydstreifen. Doch war schon die flache Form der Steingutbehälter ein unange-

Fig. 23. (Gelnhausen.)

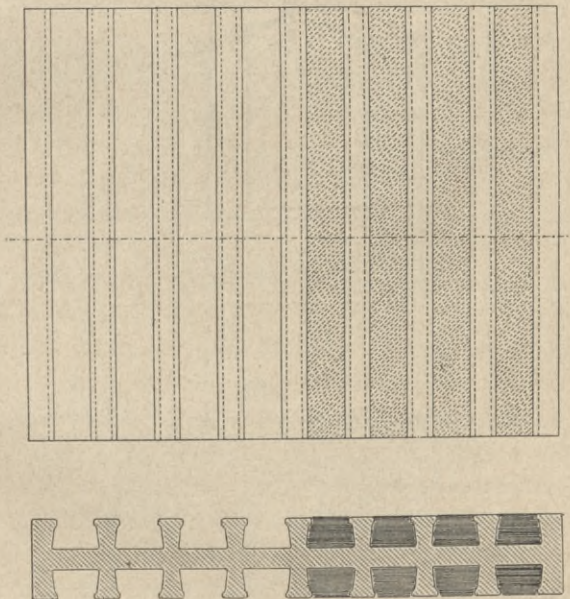


$\frac{5}{3}$  nat. Grösse.

nehmer Umstand bei diesem Aufbau, noch mehr aber, dass die nach dem Boden des Gefäßes gekehrte Seite der Superoxydstreifen nicht in dem Masse zur Arbeit herangezogen wurde wie die obere Seite. Krümmung der Streifen, sowie ausserordentliches Wachsen infolge von Sulfatbildung und dadurch hervorgerufene Kurzschlüsse machten häufiges Reparieren der Battereien erforderlich. Die Dauerhaftigkeit der Elemente war trotzdem nicht geringer als bei den anderen zu derselben Zeit (1887) bekannten Accumulatoren. Auch späteren Aenderungen an dieser Montage haftete immer noch der Nachteil an, dass die Füllmasse auf den nach unten gekehrten Seiten der Streifen Neigung

zum Abfallen zeigte und dadurch entstehende Kurzschlüsse nicht entdeckt und nur durch gänzliche Demontage des Elements beseitigt werden konnten. Es war daher als ein beträchtlicher Fortschritt zu betrachten, dass, bereits schon zur Zeit der Frankfurter elektrischen Ausstellung (1891), die Bleistreifen zu Platten vereinigt wurden, welche vertikal im Zellbehälter aufgehängt wurden. Fig. 27 zeigt die photographische Ansicht einer Superoxydplatte. Die Streifen liegen in hochkantiger Stellung so übereinander, dass zwischen je zwei Streifen ein

Fig. 24. (De Khotinsky.)



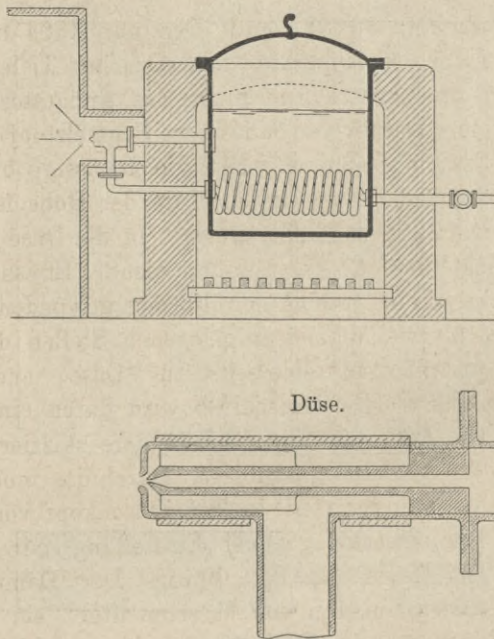
$\frac{5}{9}$  nat. Grösse.

kleiner Spielraum von 5 mm Weite gelassen ist. Im Falle die Streifen sich während des Gebrauchs ausdehnen, ist dadurch Raum auch für das vergrösserte Volum geschaffen. An beiden Endseiten, links und rechts, sind die Lamellen an eine gemeinschaftliche vertikale Bleistange angeschlossen. Diese Verbindung geschieht nicht durch Löten mit Wasserstoff, sondern mittels direkten Verschmelzens des Bleis. Die Streifen, durch eine hölzerne Lehre in der richtigen Lage festgehalten, werden in eine mit Gasflammen erhitzte Eisenblechrinne gestellt und flüssiges Blei in diese Rinne gegossen. Das vorgängige Eintauchen der zu verbindenden Flächen in Stearin erleichtert das

Zusammenfliessen der Metallteile. Das Verschmelzen ist nicht nur billiger, sondern auch zuverlässiger als die Wasserstofflötung. Nach der Reinigung der so erhaltenen Platten (durch Waschen mit verdünnter Aetznatronlauge) werden die Streifen mit Bleistaub beschickt.

Für den Accumulatorentechner bietet das Verfahren, Bleistaub herzustellen, grosses Interesse, indem die, von A. de Khotinsky erfundene, Methode der Verteilung des Bleis wohl den Gipfelpunkt aller Bemühungen in dieser Richtung darstellt. (Es sei hier an die

Fig. 25. (Bleistaubapparat.)



Bleiwolle von Reynier (Paris) erinnert, welche durch Giessen von Blei durch ein feines Sieb in Wasser erhalten wurde. — Nach dem D. R.-P. Nr. 89062 vom 14. Dez. 1895 lässt die „Société civile d'études du Syndicat de l'acier Gérard“ geschmolzenes Blei in dünnem Strahle zwischen zwei, nahe aneinander gerückten Kohlen, durch welche ein Strom geht (Lichtbogen), passieren, und die sich bildenden Dämpfe zu einem feinen Pulver kondensieren. Ob das Verfahren praktisch ausgeführt wird, ist dem Verfasser nicht bekannt.

Die nachfolgend beschriebene Darstellungsweise von Bleistaub stützt sich auf die beiden Patente D. R.-P. Nr. 70348 und 86983.



Die freundliche Vorzeigung des Apparates, von dem Fig. 25 eine schematische Skizze gibt, seitens der Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen, sei hier nochmals verdankt.

Im D. R.-P. 70 348 vom 2. März 1892 lautet Anspruch 1 folgendermassen: „Verfahren zur Herstellung von Bleistaub oder dergleichen, bei welchem flüssiges (geschmolzenes) Blei (Metall) mittels gespannten Dampfes, gepresster Luft oder unter Druck stehenden Gases aus einer Düse herausgesaugt, oder wenn es derselben zufliesst, herausgepresst und beim Austritt aus letzterer zerstäubt wird, indem dabei nur das zu zerstäubende Metall oder nur das zerstäubende Medium oder beide gleichzeitig erhitzt werden.“

Das Zusatzpatent Nr. 86 983 vom 9. Dezember 1894 bezieht sich auf eine spezielle Form des Apparates und einzelner Teile desselben.

In Fig. 25 ist die neueste Anordnung des Apparates wiedergegeben. Der mit einem Deckel verschliessbare Schmelztopf ist so eingemauert, dass die Feuerung eine möglichst gleichmässige und kräftige Erhitzung desselben zulässt. Etwa in der Mitte der Höhe ist am Topf ein seitliches Ansatzrohr angeschraubt, welches in die Düse ausmündet und zum Abfluss des Bleis zur Zerstäubung dient. Etwas über dem Boden des Schmelzkessels läuft eine spiralförmig gewundene Schlange aus Eisenrohr, die an zwei diametral gelegenen Stellen der Kesselwand ein- bzw. austritt und einerseits zur Düse, anderseits zu einer Dampfleitung führt. Der Anschluss wird durch ein Regulierventil bewirkt. — Die Düse, in Fig. 25 besonders skizziert, erinnert an einen Injektor oder ein Knallgasgebläse. Durch das innere, engere Rohr, das mehr oder weniger weit in den Düsenkopf vorgeschoben werden kann und zum Zwecke genauer Einstellung mit Führungslamellen versehen ist, fliesst das Blei hinzu. Der Dampf tritt in den Mantel zwischen dem inneren und äusseren Rohr ein und trifft kurz vor der feinen Spitze des Düsenkopfs mit dem Bleistrahl zusammen, diesen verteilend und mit sich führend.

Das unfühlbare Bleimehl, welches hiebei erhalten wird, setzt sich in Flugkammern nieder, wird aus diesen mechanisch fortgeführt, zur Entfernung etwa beigemengter gröberer Bleiteilchen gesiebt und nun zur Bereitung der Füllmasse verwendet.

Schon durch Beimischung von Wasser zum Bleistaub entsteht eine knetbare Masse, die beim Trocknen genügend erhärtet. Die Erhärtung wird durch eine Oxydation des Bleistaubs durch das Wasser bedingt, wie der Bruch der erhärteten Masse, welcher eine gelbliche Farbe zeigt, vermuten lässt. Es ist leicht einzusehen, dass die so

erhaltene Füllmasse nicht so porös sein kann, wie die aus Glätte oder Mennige bereitete, da in letzteren Materialien neben Blei auch Sauerstoff enthalten ist, der ein gewisses Volum einnimmt. Bei der Umwandlung z. B. in Bleischwamm, wird dieser Sauerstoff den Bleioxyden entzogen und das zurückbleibende Blei ist auch deshalb schwammig, weil es mit den früher vom Sauerstoff innegehabten Volumteilchen durchsetzt ist. Um nun die Bleistaubmasse noch mehr porös zu gestalten, als sie durch das der Füllmasse zugesetzte Wasser bereits ist, wendet die Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen eine Beimischung von Bimsstein an. Durch den Bimsstein werden kapillare Kanäle im Inneren der Füllmasse geschaffen, auch saugt derselbe an und für sich ein bestimmtes Säurevolum auf, das in guten Kontakt mit dem Bleistaub kommt. Der gegen verdünnte Schwefelsäure beständige Zusatz wird sowohl bei den negativen, als auch den positiven Platten angewendet. Diese Art, die Porosität des Füllmaterials zu erhöhen, erscheint aber doch etwas primitiv, denn ein Verfahren, welches die Poren gleichmässiger über die Masse verteilte, als dies die etwa linsengrossen Bimssteinstückchen thun, scheint vorteilhafter zu sein. So liesse sich dem Bleistaub fein gemahlenes Bittersalz beimischen und die Mischung mit einer gesättigten Bittersalzlösung zur Paste anmachen. Nach der Erhärtung derselben könnte durch destilliertes Wasser das Salz ausgelaugt werden. Ein solches Vorgehen hätte Aussicht, die Superoxydplatten zu verbessern, da die Ausdehnung der Bleiteilchen bei der Umwandlung in Superoxyd dadurch freieres und gleichmässigeres Spiel gewönne und die Teilnahme des Füllmaterials an den elektrolytischen Prozessen eine vollständigere werden müsste. Zusätze, die nicht aktiv an den Reaktionen der Elektroden sich beteiligen, haben bisher wenig Erfolg gehabt.

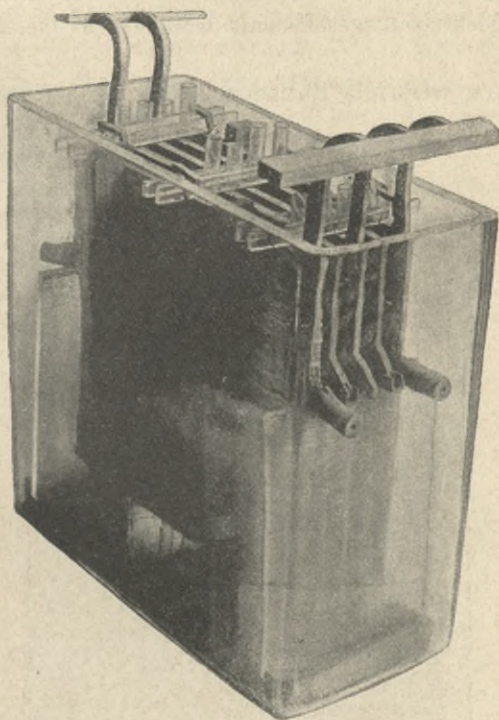
In dem Prospekt von 1897 begründet die Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen ihr Verfahren: „In der positiven Elektrode unseres Bleistaubaccumulators verhindert die beträchtliche Menge des beigemischten neutralen und sehr porösen Körpers, dass die in Bleisulfat übergeführten getrennt liegenden Teilchen von Bleisuperoxyd geschlossene Schichten bilden können.“

Es wird weiter ausgeführt, dass bei den mittels Bleioxyden bereiteten Füllmassen solche geschlossene Bleisulfatschichten sich bildeten und von nachteiligem Einfluss auf den Widerstand und die Haltbarkeit der Platten wären.

In Fig. 26 ist die Ansicht eines Bleistaubaccumulators, in Glas-

gefäss eingebaut, gegeben; die Superoxydelektrode dieses Elementes besteht aus zwei Platten der in Fig. 27 dargestellten Form und Grösse. Die negativen Platten sind gleich gross wie die positiven; jede Platte ist 240 mm hoch, 240 mm breit und 6 mm dick und besteht aus fünf übereinander liegenden Streifen, die an beiden Seiten durch je eine 8 mm breite Bleileiste verbunden sind. Die zwei, links und rechts seitlich angelöteten Bleinasen dienen zur Aufhängung der

Fig. 26. (Gelnhausen.)

Ca.  $\frac{1}{5}$  nat. Grösse.

Platten auf zwei gläsernen Stützscheiben, welche 180 mm hoch, 125 mm breit und 5 mm dick sind und in auf dem Gefässboden ruhenden, genuteten Holzleisten aufrufen. Die Nasen der Superoxydplatten sind mit Hartgummischuhen versehen, „um Nebenschlüsse durch Schlammablagerung auf der Kante der Stützscheiben zu vermeiden“. Im Glasgefäss, das 320 mm breit, 130 mm lang und 310 mm hoch ist (Innenmasse), befinden sich zwei positive und drei negative Platten; der Abstand derselben beträgt 10 mm und wird durch  $4 \times 3$  Glas-

rohre gesichert, in seitlichen Abständen von je 100 mm voneinander. Der Abstand der Platten vom Boden des Gefässes ist 50 mm. Die Ladestromstärke beträgt normal 26 Ampère, das Gewicht der Platten 18 kg. Das Element fasst 9 l verdünnter Schwefelsäure von 1,180 spez. Gew. Das Gesamtgewicht des Accumulators ist 30,5 kg und die Kapazität laut Preisliste 1897

90 87 85 81 77 73 68 60 50 40 Ampèrestunden,  
bei der Entladung mit

9 9,6 10,6 11 13 14 17 20 25 40 Ampère.

Die Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen bietet kostenlose Garantie auf

2 $\frac{1}{2}$  Jahre, wenn die Entladungsdauer 4 oder mehr Stunden,

2 " " " " 3 Stunden,

1 $\frac{1}{2}$  " " " " 1 bis 2 Stunden beträgt.

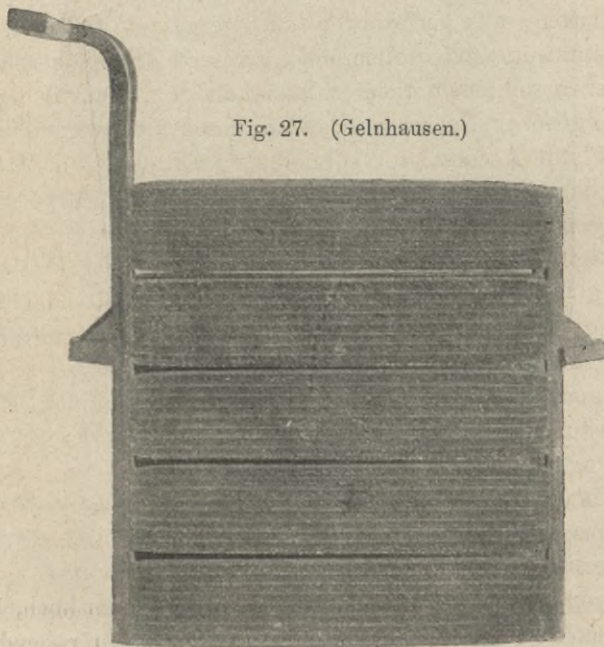


Fig. 27. (Gelnhausen.)

Ca.  $\frac{1}{4}$  nat. Grösse.

Accumulatoren für transportable Battereien werden aus denselben Elektroden angefertigt wie die für stationäre Zwecke. Der Abstand der Platten reduziert sich auf 6 mm, und die Isolation wird durch Ebonitkämme bewirkt (D. R.-P. 58 108, 82 864 und 88 668). Die Gewichtsverhältnisse sind hier z. B. bei Nr. Z (für Zugsbeleuchtung):

Element ohne Säure 11 kg; Länge 310 mm, Breite 160 mm, Höhe 190 mm. Verdünnte Schwefelsäure (1,80 spez. Gew.) 3 l. Die Ladestromstärke ist normal 10,8 Ampère.

Die Kapazität dieser Zelle stellt sich auf:

90	80	70	Ampèrestunden bei
3,7	4	4,4	Ampère Entladestromstärke.

Der Zellbehälter besteht aus einem mit Bleiblech ausgeschlagenen Holzkasten, so dass die Kapazität von ca. 5 Ampèrestunden pro Kilogramm komplettes Zellgewicht sich bei Verwendung eines Ebonitbehälters auf ca. 6 Ampèrestunden erhöhen liesse.

Die Elieson-Accumulatoren, von „The Elieson Lamina Accumulator Co. Ltd.“ (Greenland Place, Camden Town, London) hergestellt, zeigen, ohne Anwendung irgend einer Füllmasse, erhebliche Kapazitäten.

Die Platten, aus perforierten und gerauhten (geriffelten) Bleistreifen zusammengesetzt, sollen eine grössere Arbeitsoberfläche darbieten als bei irgend einem anderen Accumulator. Wenn den günstigen Berichten englischer Experten Glauben geschenkt werden darf, soll sich dieser Planté-Accumulator speziell als Kraftquelle für Motorwagen eignen. In der Preisliste von 1897 sind über die „C“-Type in Ebonitbehälter folgende Angaben gemacht:

Gesamtgewicht des Elements 27 lbs. (12,2 kg); Plattenzahl 7; Länge 7 engl. Zoll oder 178 mm; Breite 4 engl. Zoll oder 102 mm; Höhe 13 engl. Zoll oder 330 mm. Der Ladestrom ist normal 15 bis 25 Ampère, der Entladestrom 20 Ampère.

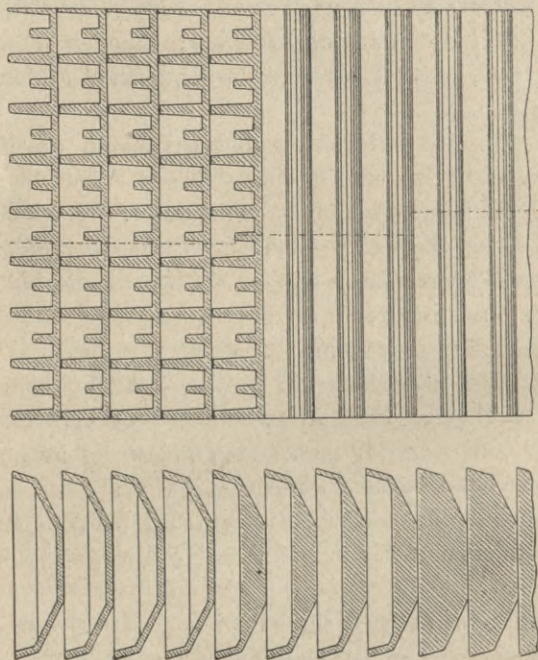
Die Kapazität dieses Elementes soll bei 20 Ampère Entladung 100 Ampèrestunden und bei nur 10 Ampère Stromstärke 120 Ampèrestunden betragen.

Pro Kilogramm Zellgewicht entfielen damit 8 resp. 10 Ampèrestunden Kapazität; für einen Accumulator ohne Füllmasse eine respektable Leistung.

Eine von allen bisherigen Konstruktionen abweichende Gestalt gibt O. Schulze (Elsässische Elektrizitätswerke in Strassburg) seinen Elektroden. In dem Preiscourant vom Juli 1897 sind einige, leider undeutliche Abbildungen von Platten enthalten, nach welchen Verfasser in Fig. 28 versucht hat, eine etwas deutlichere Vorstellung zu geben. Die Platte wird aus übereinander geschichteten, krippenförmigen Bleilamellen zusammengesetzt, welche an beiden Enden an vertikal laufende Verbindungsleisten verschmolzen werden. Die horizontal liegenden Lamellen sind gerippt, so dass die Platte keine geschlossene,

sondern eine durch viele Kanäle durchbohrte Wand vorstellt. Es wird daher mit Recht von Schulze hervorgehoben, dass „die Zirkulation der Flüssigkeit nach allen Richtungen ungehindert“ stattfinden kann. Ebenso ist richtig, dass diese Platten „eine grosse leitende Metalloberfläche“ haben, und „kein Partikelchen der aktiven Masse mehr als 1 mm von den leitenden Flächen entfernt ist“. Zwar soll, wie es scheint, auch mechanisch angebrachtes Füllmaterial auf die gerippten Bleilamellen aufgetragen werden, doch wird dies nur für die Schwamm-

Fig. 28. (Schulze.)



Ca. 2fache nat. Grösse.

bleiplatten empfehlenswert sein. Der Bleischwamm, sowie das durch Planté-Formation auf dem Träger erzeugte Superoxyd dürfte hier ausgezeichnet gehalten werden. Die Haltbarkeit der Platten resp. Lamellen hängt von der Dicke ab und wird bei Verwendung von gepresstem Blei eher höher sein als bei gegossenen Bleiplatten. — Der mit M<sub>3</sub> bezeichnete Accumulator (Seite 4 der Preisliste) zeigt folgende Verhältnisse:

Gew. unverpackt 16 kg	} Totalgewicht 25 kg.
Gew. von 7 l Schwefelsäure von 1,21 spez. Gew. 8,47 kg	

Dabei misst das Element im Glasgefäß in der Höhe 320 mm; in der Breite 180 mm und in der Länge 220 mm.

Die Kapazität desselben beträgt bei

18 12 9 6 Ampère Entladestrom

54 60 66 72 Ampèrestunden.

Pro Kilogramm Gesamtgewicht entfallen somit 2 bis 3 Ampèrestunden Kapazität (bei stationären Accumulatoren). Der Preis ist mit 19 Mark aufgeführt und derjenige einer kompletten, fertig zum Gebrauch aufgestellten Batterie für 110 Volts Spannung zu 1300 Mark angesetzt.

Zum Vergleich und zur Anstellung von Berechnungen seien hier die Dimensionen und Gewichte einiger vorstehend abgebildeter Plattenmuster angeführt.

Name des Musters	Figur Nr.	Dimensionen		Gewicht leer	Gewicht gefüllt	Gewicht d. Paste	Verhältnis Blei/Paste
		Höhe	Breite				
— Gelnhausen	23	44 mm	77 mm	74,85	128,0	53,15	1,41
+ Gelnhausen	24	43 „	75 „	115,80	163,7	47,9	2,42
Alte Tudor	4	70 „	65 „	282,60	327,5	44,9	6,30
Neueste A.-F.-A.-G. }	10	30 „	45 „	110,70	132,1	21,4	5,17
Oerlikon	13	35 „	25 „	55,55	70,0	14,45	3,85
Berks-Renger	18	110 „	14 „	115,25	141,0	25,75	4,50
Pollak	11	60 „	100 „	271,70	349,1	77,4	3,52

Hierzu ist zu bemerken, dass diese Muster sämtlich mitten aus einer ganzen Platte herausgeschnitten waren, also keinen verstärkten Rand oder dergleichen hatten. Die Abwägungen und Abmessungen sind auf 1% genau. — Die Paste, durch Mischen von 300 Gewichtsteilen Mennige mit 54,5 Gewichtsteilen verdünnter Schwefelsäure von 1,21 spez. Gew. erhalten, ist bei allen Plattenmustern dieselbe und etwas dünn genommen worden, um die feineren Fugen der Tudor-Platte vollkommen ausfüllen zu können. Die Wägung der geschmierten Plättchen wurde sofort nach der Pastung vorgenommen.

Die Oberflächenverhältnisse sind auf Grund der exakten Wieder-  
gabe der Muster in den Figuren genau zu berechnen; die Nicht-

beachtung des Plattenrandes würde im schlimmsten Falle einen Fehler von einigen Prozenten im Gefolge haben. Durch Schätzung des Randes und Berücksichtigung dieser Schätzung ist die Berechnung auf 1% genau durchzuführen. Nun sind allerdings, wo Kapazitäten angegeben sind, diese auf die gesamte Superoxydelektrode (inklusive Stromzuführungsleisten) oder auf das gesamte Zellgewicht angegeben. Hier muss man sich bei Vergleichen mit Annäherungswerten behelfen, was insofern noch angeht, als ja, besonders bei Accumulatoren mit Planté-Platten die Kapazität keine konstante Grösse, sondern je nach Umständen sogar recht veränderlich ist.

Von den in Deutschland noch patentrechtlich geschützten, hieher gehörigen Elektroden sind zu erwähnen:

D. R.-P. Nr. 85 827. A. Timmis in London. Elektrodenplatte für Stromsammler, patentiert vom 29. Januar 1895 ab. Patentanspruch: „Elektrode für Stromsammler, bestehend aus einem schräg zur Längsrichtung gewellten Bleistreifen, der durch abwechselndes Hin- und Herbiegen derart in Querfalten zusammengelegt ist, dass sich die Wellen des Bleches in jeder Falte kreuzen und dadurch dem Herausfallen der gebildeten aktiven Masse vorgebeugt wird.“

D. R.-P. Nr. 27 871. Frank Tamblyn Williams und John Charles Howell in Llanelly, England. — Herstellung von porösen Bleiplatten für Accumulatoren vom 7. November 1883. Patentanspruch: „Das beschriebene Verfahren zur Herstellung poröser oder schwammiger Blöcke oder Platten aus Blei oder Bleilegierungen, bestehend in der Erzeugung des porösen Materials durch Ausschöpfen desselben aus dem geschmolzenen Metallbade mit Hilfe einer durchlöcherten Form oder eines ebensolchen Löffels.“

Von diesen beiden deutschen Reichpatenten beansprucht das letztere deshalb Interesse, weil nach dem darin geschützten Verfahren die Accumulatoren der „Crompton-Howell Electrical Storage Co. Ltd.“, (New Dock, Llanelly, South Wales) seit vielen Jahren hergestellt werden. „Herr Howell erfand einen Prozess zur Herstellung von Platten für Accumulatoren, die aus porösem Blei bestehen. Diese werden dadurch erhalten, dass geschmolzenes Blei auf einer dem Kristallisationspunkt nahen Temperatur gehalten und die halbkristallisierte Masse in Blöcke gegossen wird, welche aus lauter ineinander verwachsenen Kristallen bestehen und nach der Erkaltung in Platten des gewünschten Formats zersägt werden.“ Die Formierung der Platten erfolgt nach Plantés Verfahren.



Der Preisliste der genannten Firma sind nachstehende Angaben über ein Element entnommen:

Gewicht der Platten 55 lbs. (25,0 kg)	} Das Totalgewicht ist also 41,7 kg ohne Glaszelle, welche für diese Grösse etwa 3,3 kg wiegen dürfte.
Anzahl der Platten 11	
Gewicht d. Schwefelsäure 37 lbs. (16,7 kg)	

Die Kapazität des Accumulators ist bei

85	33	20	Ampère	Entladestromstärke
85	230	240	Ampèrestunden.	

Es entfallen per Kilogramm Gesamtgewicht 2 bis 5 Ampèrestunden Kapazität.

Leider können diese Zahlen wenig bedeuten, da über die Dicke der Platten keine Angaben erhältlich waren. (Bei einer älteren Batterie [1890] waren die Platten 25 mm dick.) Ein Nachteil des Howell-Systems ist, dass die Stellen, wo der Strom bei den Superoxydplatten ein- bzw. austritt, nach einiger Zeit ganz durchformiert und dann brüchig werden. Es ist auch anzunehmen, dass es ein Zufall sein müsste, wenn die Diffusion des Elektrolyten durch die ganze Platte gleichmässig stattfände. Daher werden wohl in erheblichem Masse Lokalströme in den Elektroden auftreten.

Bei allen Kapazitätsangaben ist, wenn nicht anderes dabei bemerkt ist, die Kapazität innerhalb eines Abfalls der Klemmenspannung um 10% des Anfangswertes verstanden. Als Temperatur gilt wohl meistens Zimmertemperatur (16° C.).

Zu diesem Gegenstand gehörte eigentlich noch eine kritische Besprechung der verschiedenen elektrochemischen Verfahren zur „Auflockerung“, allgemeiner, Vorbereitung der Bleielektroden zur Erzielung einer genügenden Kapazität innerhalb kurzer Zeit.

Da wo bereits Blei im Zustande weitgehender Verteilung angewendet wird (Gelnhausen, Crompton-Howell, Main), genügt das Planté-Verfahren. Bei den anderen Konstruktionen dagegen ist das nicht der Fall. Doch würden nähere Ausführungen den Rahmen dieser Auseinandersetzung überschreiten; solche sollen an anderer Stelle gegeben werden. Soviel möge kurz gesagt sein, dass alle diejenigen Methoden, bei welchen Stoffe, die das Blei auflösen oder stark angreifen (wie Salpetersäure, Chlor, Chlorate, Perchlorate, Essigsäure, Weinsäure), deshalb zu verwerfen sind, weil es beinahe unmöglich ist, die letzten Spuren des Lösungsmittels wieder aus dem Bleikern zu entfernen und bekanntermassen Spuren davon genügen, um die Dauerhaftigkeit der Superoxydelektrode erheblich herabzudrücken.

Es sei ebenfalls noch erwähnt, dass das Verfahren von Luckow, wonach Bleiplatten in verdünnten Lösungen von Salzen, wie Glaubersalz, Bittersalz etc. bei entsprechendem Stromdurchgang innerhalb 5 Tagen mit einer genügenden Schichte von Superoxyd überzogen werden sollen, sich nicht bestätigt, indem als Resultat einer grösseren Zahl von Kontrollversuchen des Verfassers durchaus keine nennenswerte Formation von massiven Bleiplatten in solchen Elektrolyten erzielt werden konnte.

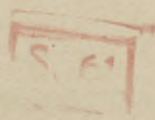
Wahrscheinlich haben geringe Verunreinigungen der von Luckow verwendeten Lösungen mit Chlor oder Salpetersäure (die eventuell durch Benützung gewöhnlichen, nicht destillierten Wassers hinzutreten) den von Luckow beobachteten Angriff des Bleis bewirkt. Uebrigens patentiert Luckow (im D. R.-P. Nr. 91707) noch nachträglich die Verwendung verdünnter, angesäuerter Glaubersalzlösung, welche einen minimalen Zusatz, 0,007 % des Gewichts der Lösung, von Natriumchlorat enthält.

Dieses Verfahren ist aber weder praktisch, aus oben angeführtem Grunde, noch neu, indem Verfasser bereits im Jahre 1891 eine verdünnte Lösung von Natriumbisulfat mit einem Zusatz von Natriumchlorat (2,8 % Natriumsulfat, 2 % Schwefelsäure, 95,0 % Wasser und 0,2 % Natriumchlorat) zur Formation von Bleiplatten patentierte. (Amerikanische Patente Nr. 434093, 434301, beide von 1890.)





4 30.00





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

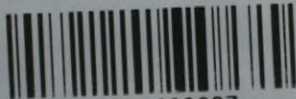
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351650

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299087