©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Elektrochemie der Akkumulatoren

insbesondere auch des

Edisonakkumulators.

Von

Prof. Dr. Heinrich Paweck.

Vortrag, gehalten den 31. Januar 1912.

(Mit Demonstrationen und Experimenten.)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Im Jahre 1883 hat Herr Dr. C. Brunner v. Wattenwyl in unserem Vereine einen Vortrag „Über elektrische Akkumulatoren“ [1]) gehalten und die große Bedeutung und Anwendungsfähigkeit dieser Apparate auf elektrotechnischem Gebiete eingehend beleuchtet und auch deren Wirkungsweise, nämlich die Betätigung der Polarisation, so weit dieselbe schon damals wissenschaftlich klargestellt war, geschildert.

Er gab am Schlusse seines Vortrages der Meinung Ausdruck: „Die physikalische Möglichkeit der wesentlichen Verbesserung unseres Apparates ist vorhanden und in kurzem wird es dem menschlichen Genie gelingen, sie auszuführen.“

Es ist nun ein eigenartiges Zusammentreffen, daß noch im selben Jahre den Gebrüdern Henry und Herbert Tudor (direkte Abkömmlinge des Hauses Stuart Tudor) in Rosport die technische Lösung des Problems in solcher Vollkommenheit gelang, daß daraufhin im Jahre 1887 die Gründung der Akkumulatorenfabrik in Hagen in Westphalen unter der Firma Müller & Büsche stattfand, welche bald nachher den Namen Müller & Einbeck führte und schließlich im Jahre 1890 unter

---

[1]) Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, 23. Bd. (1882/83), p. 295—308.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Mitwirkung der Firma Siemens & Halske und der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin in eine Aktiengesellschaft umgewandelt wurde. Dieselbe verfügt heute über ein Aktienkapital von 8 Milionen Mark und steht mit einer großen Anzahl von Schwester- und Tochtergesellschaften in allen Kulturländern in mehr oder minder enger Beziehung.

Nach Dr. H. Beckmann[1]) betrug der Umsatz an Akkumulatoren auf der ganzen Welt im Jahre 1910 schätzungsweise 60 Millionen Mark, woran die gesamten Tudorfabriken mit 75 % der Weltproduktion beteiligt sein dürften. In den Akkumulatorenfabriken werden, alles in allem, ungefähr 13.000 Menschen beschäftigt, und die gesamte Bleimenge, die für Akkumulatoren in der ganzen Welt jährlich zur Verarbeitung kommt, kann mit 70.000 Tonnen geschätzt werden. Für Deutschland allein betrug in letzter Zeit der jährliche Bedarf an Akkumulatorenblei etwa 15.000 bis 20.000 Tonnen und an Akkumulatorensäure 30.000 bis 40.000 Tonnen.[2])

Die außerordentliche Entwicklung der Akkumulatorentechnik, welche sich in so kurzer Zeit vollzog, war nur dadurch möglich, daß einerseits vom Momente der

---

[1]) „Gegenwärtiger Stand der Technik stationärer und transportabler Akkumulatoren", Vortrag, gehalten auf dem Internationalen Kongreß für elektrotechnische Anwendungen, Turin, 10. bis 17. September 1911.

[2]) „Die Akkumulatoren und galvanischen Elemente," von Dr. L. Lucas, Hannover, Verlag Dr. M. Jännecke, 1905, p. 8 und 9.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ermöglichung der ersten Konstruktion der dynamoelektrischen Maschine durch Werner v. Siemens 1867 die elektrotechnische Industrie selbst ganz ungewöhnlich sieghaft vorwärts schritt und den Akkumulator notwendigerweise heranziehen mußte, um die Betriebsführung der elektrischen Beleuchtungs- und Kraftanlagen ökonomisch und verläßlich zu gestalten, und daß andererseits die Elektrochemie aus ihren kleinen Anfängen gerade zur selben Zeitperiode wissenschaftlich rapid emporwuchs und die hier gefundenen Fundamentalgesetze und Arbeitsmethoden bei der gründlichen Erforschung der Wirkungsweise des Akkumulators erfolgreiche Verwendung fanden.

In letzter Hinsicht führte die emsige Beschäftigung mit der Akkumulatorenfrage zu Ergebnissen, die, als Grundlage der modernen Anschauung elektrochemischer Vorgänge in einer Akkumulatorenzelle, das besondere Thema des heutigen Vortrages bilden sollen.

Im Prinzipe ist die Konstruktion eines Akkumulators höchst einfach: ein Glasgefäß, gefüllt mit verdünnter Schwefelsäure (20 %), in welche zwei in geringer Entfernung von einander abstehende Bleiplatten vertikal eintauchen; ihre aus der Flüssigkeit herausragenden Enden heißen die Pole des Akkumulators.

Ein Experiment mit demselben läßt uns seine Wirkungsweise leicht erkennen. Fig. 1[1]) zeigt die hiezu erfor-

[1]) Die Klischees der Fig. 1—5 hat die Verlagsbuchhandlung Vieweg & Sohn, Braunschweig, bereitwilligst zur Verfügung gestellt. (Aus: Lehrbuch der Physik, von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

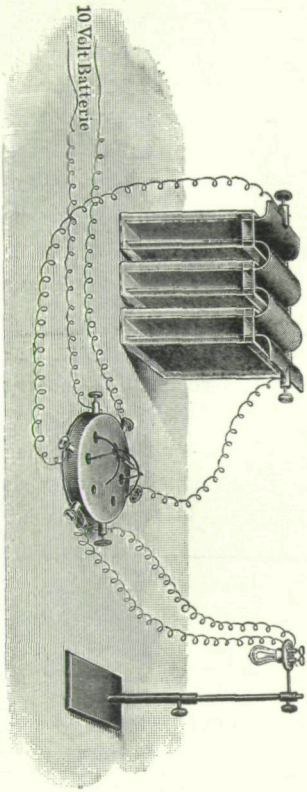


Fig. 1.

derliche einfache Apparatur: drei Akkumulatorzellen sind zu einer Batterie vereinigt und die Endplatten dieser Batterie mittels eines Umschalters mit einer sogenannten 6 Volt-Glühlampe in leitende Verbindung gesetzt. Die Lampe leuchtet nicht auf, die bloßen Bleiplatten, in Schwefelsäure tauchend, sind also nicht befähigt, einen elektrischen Strom zu liefern. Nun unterbrechen wir die Verbindung mit der Glühlampe und schließen unsere Versuchsbatterie mittels des Umschalters an eine Stromquelle an (hiezu kann eine kleine, entsprechende Dynamomaschine oder eine andere geeignete, bereits stromliefernde Akkumula-

Müller-Pouillet-Pfaundler, 4. Bd.) Beim Vortrage wurde als Stromquelle eine kleine Dynamomaschine, als Versuchszelle zwei, in verdünnte Schwefelsäure tauchende Bleiplatten und eine 1·25 Volt-Metallfadenlampe mit Reflektor benützt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

torenbatterie von etwa 10 hintereinander geschalteten Zellen dienen). Schicken wir so einen Strom nur kurze Zeit, etwa eine halbe Minute, durch unsere zu studierende Versuchsbatterie, heben dann ihre Verbindung mit der Stromquelle auf und schalten dafür die Glühlampe wieder an, so leuchtet diese kurze Zeit auf. Wiederholen wir den Versuch und senden diesmals längere Zeit Strom in unsere Versuchsbatterie, so leuchtet dann beim Umschalten auch die Glühlampe eine entsprechend längere Zeit hindurch.

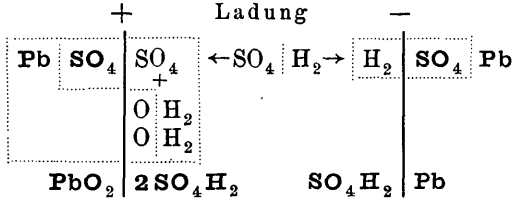
Der Akkumulator stellt sich somit nach diesem Experiment als ein Reservoir dar, in welchem elektrische Energie aufgespeichert (accumulare = aufhäufen) und in beliebiger Zeit wieder entnommen werden kann. Das Aufspeichern der elektrischen Energie nennt man „das Laden“ des Akkumulators, die Entnahme des Stromes „das Entladen“. Es ergibt sich nun die weitere Frage: Welche Vorgänge spielen sich beim Laden und Entladen des Akkumulators ab?

Werden frische Bleiplatten in Schwefelsäure eingesetzt, so überziehen sie sich nach einiger Zeit an ihrer Oberfläche mit einem dünnen, weißen Häutchen; es besteht aus einer in Schwefelsäure fast unlöslichen chemischen Verbindung des Bleies mit der Schwefelsäure: Bleisulfat, $PbSO_4$. Beim „Laden“ des Akkumulators tritt der Strom durch eine Platte ein, fließt durch die Schwefelsäure und kehrt durch die andere Platte zur Stromquelle zurück. Man kann nun beobachten, daß die weiße Bleisulfatschicht auf derjenigen Platte, welcher der Ladestrom zugeführt wird, eine braune Farbe an-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nimmt, während der weiße Belag auf der anderen Platte, der Stromaustrittsstelle des Akkumulators, in eine graue, schwammige Masse sich verwandelt. Der braune Stoff ist Bleisuperoxyd PbO_2, die graue Substanz ist metallisches Blei Pb. Es ist also durch den Ladestrom ein chemischer Prozeß bewirkt worden. Ebenso kann man beobachten, daß beim „Entladen" des Akkumulators auf beiden Platten wieder das weiße Bleisulfat auftritt, der Stoff, der vor dem „Laden" vorhanden war.

Diese Erscheinungen haben die beiden englischen Forscher Gladstone und Tribe[1]) eingehend studiert; ihre Sulfattheorie, die sie im Jahre 1883 aufgestellt haben, gibt eine heute noch vollkommen befriedigende Aufklärung über die in einem Bleiakkumulator sich abspielenden chemischen Vorgänge und läßt sich durch folgendes Schema darstellen:

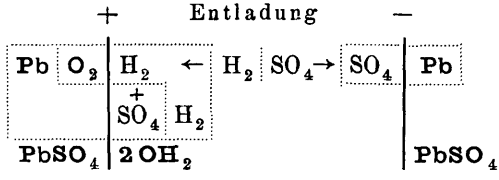


Darnach bewirkt die Ladung folgende Veränderungen im System:

---

[1]) „Die chemische Theorie der sekundären Batterien (Akkumulatoren) nach Planté und Faure," von I. H. Gladstone und Alfred Tribe. Aus dem Englischen von Dr. R. v. Reichenbach. Wien, A. Hartleben, 1884.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Die Bleiplatte, in die der Ladestrom eintritt, heißt die positive (+), die andere Platte, durch die er austritt, die negative (—). Der Ladestrom zerlegt die Schwefelsäure (SO_4H_2) in ihre beiden Spaltprodukte: SO_4 und H_2. Das SO_4 wandert zur positiven, das H_2 zur negativen Platte.

Das zur + Platte gelangte SO_4 vereinigt sich hier mit dem SO_4 des $PbSO_4$ (Bleisulfat), unter Mitwirkung von 2 Molekülen Wasser ($2\,OH_2$), zu 2 Molekülen SO_4H_2, während das Blei (Pb) vom $PbSO_4$ sich mit dem Sauerstoff (O_2) der zwei mitreagierenden Wassermoleküle zu Bleisuperoxyd (PbO_2) verbindet. Das zur negativen Platte gewanderte H_2 (Wasserstoff) bildet daselbst mit dem SO_4 des $PbSO_4$ ebenfalls SO_4H_2 und läßt metallisches, schwammiges Blei (Pb) zurück. Auf diese Weise entstehen auf den betreffenden Akkumulatorplatten aus dem Bleisulfat die beiden neuen Stoffe Bleisuperoxyd, beziehungsweise Blei und gleichzeitig bilden sich neu insgesamt 3 Moleküle Schwefelsäure, während nur 1 Molekül Schwefelsäure durch den Ladestrom zersetzt wird. Die Akkumulatorflüssigkeit (der Elektrolyt) wird also reicher an Schwefelsäure, dichter, was tatsächlich zutrifft und mit einem Areometer gemessen werden kann.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Das Schema der Entladung ist nun ebenfalls leicht verständlich; durch die Entnahme von Strom werden die durch die vorangegangene Ladung gebildeten Stoffe Bleisuperoxyd, beziehungsweise Blei auf den betreffenden Akkumulatorplatten wieder in Bleisulfat zurückverwandelt, wobei gleichzeitig Wasser entsteht, das den Elektrolyt verdünnt.[1])

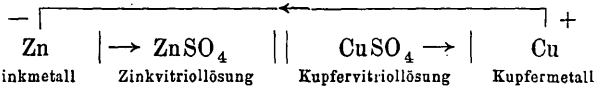
Man erkennt, daß nicht derselbe Strom, mit dem der Akkumulator geladen wird, beim Entladen wieder entnommen wird, sondern der Ladestrom verrichtet Arbeit, indem er auf den voneinander getrennten Bleiplatten neue Stoffe erzeugt, in welchen nunmehr die aufgewendete elektrische Energie in Form von chemischer Energie aufgespeichert ist, indem die durch den Strom zwangsweise entstandenen Stoffe das Bestreben haben, in ihren ursprünglichen Zustand wieder zurückzukehren; das können sie aber bei den gegebenen Verhältnissen nur, sobald ihnen Gelegenheit geboten wird, die aufgespeicherte chemische Energie in Form von elektrischer Energie wieder abzugeben. Diese Bedingung ist erfüllt, sobald zwischen den beiden Akkumulatorplatten durch eine leitende Verbindung ein Stromkreis hergestellt wird. Es ergibt sich nun die weitere Frage wie durch die chemische Reaktion von Stoffen ein elektrischer Strom entstehen kann. Mit Hilfe der modernen elektrochemischen Theorie läßt sich dieser noch weit tiefere Einblick in das Akkumulatorenproblem gewinnen.

---

[1]) Außerdem findet im Elektrolyten eine Verminderung des Gehaltes an Schwefelsäure beim Entladen, an Wasser beim Laden statt.

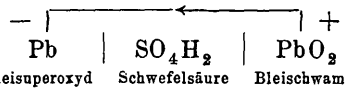
©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ein Akkumulator zeigt in seiner Wirkungsweise ein ganz analoges Verhalten wie die galvanischen Elemente, z. B. ein Daniellelement; dasselbe besteht bekanntlich aus einem zylindrischen Glasgefäß, in welchem noch ein stromdurchlässiges Tongefäß (Diaphragma) eingesetzt ist; in letzterem befindet sich eine Zinkvitriollösung (Zinksulfat, $Zn\,SO_4$) mit einer Zinkelektrode, außerhalb desselben eine Kupfervitriollösung (Kupfersulfat, $Cu\,SO_4$) mit einer Kupferelektrode.



Verbindet man die beiden Metalle durch einen Leitungsdraht, so fließt in diesem ein Strom vom positiven Kupfer zum negativen Zink, im Innern des Elementes vom Zink zum Kupfer.

Ganz analog liefert ein geladener Akkumulator einen Strom, der von der positiven Elektrode mit dem Bleisuperoxyd durch einen Leitungsdraht zur negativen Bleischwammelektrode fließt



Um nun die Strombildung in derartigen stromliefernden Systemen im elektrochemischen Sinne zu erklären, muß auf Fundamentalgesetze zurückgegriffen werden, deren Heranziehung zwar vom Thema weit abliegend erscheinen mag, die uns aber geradewegs zum Verständnis des Akkumulatorenproblems führen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wir tauchen ein Stück Zucker in ein wenig Wasser. (Fig. 2.) Zuckermoleküle gehen in Lösung. Das bedeutet eine Arbeitsbetätigung, und es muß dem festen Zucker daher eine Kraft innewohnen, Zuckermoleküle in die Lösung zu treiben. Nernst nannte dieses Bestreben fester löslicher Stoffe den Lösungsdruck. Man beobachtet aber weiters, daß dieses Lösungsbestreben immer geringer wird und endlich das Auflösen des Zuckers ganz aufhört. Wir haben jetzt eine an Zucker gesättigte Lösung. Es muß also in der Lösung auch eine Kraft vorhanden sein, die dem Lösungsdruck des festen Zuckers entgegen gerichtet ist und desto größer wird, je größer die Anzahl der in Lösung gegangenen Zuckermoleküle ist. Dieses den gelösten Molekülen innewohnende Bestreben, in den ungelösten Zustand wieder zurückzukehren, wird nach van't Hoff der osmotische Druck genannt.

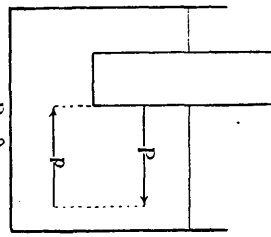


Fig. 2. $P = p^0$

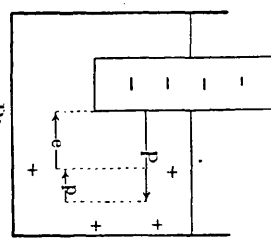


Fig. 3. $P > p$

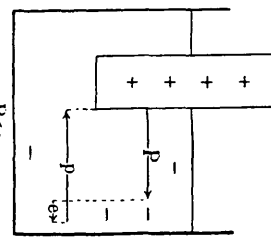


Fig. 4. $P < p$

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Nachdem nun einerseits Nernst jedem festen Stoff einen von seiner Natur, nicht aber von seiner Menge abhängigen konstanten Lösungsdruck zuschreibt, anderseits der osmotische Druck bereits gelöster Moleküle mit deren Anzahl wächst, so ist es klar, daß beide Kräfte ins Gleichgewicht gelangen werden, sobald der osmotische Druck die Größe des Lösungsdruckes erreicht hat. Dieser Fall ist in Fig. 2 dargestellt, wo der osmotische Druck p gleich groß dem Lösungsdruck P geworden ist. Da findet keine weitere Auflösung des festen Stoffes mehr statt. Betrachten wir einen zweiten Fall, Fig. 3, wo ein Zinkstab in wässerige Zinkvitriollösung tauche. Zinkvitriol gehört zu jenen Stoffen, die, in Wasser gelöst, den elektrischen Strom leiten, im Gegensatz zum Zucker, der einer Gruppe von Stoffen angehört, deren wässerige Auflösung die Eigenschaft der Elektrizitätsleitung nicht besitzen.

Nach Arrhenius befinden sich nun stromleitende Lösungen in einem ganz besonderen Zustand. Noch bevor ein Strom hindurchgesandt wird, sind schon die gelösten Salzmoleküle mehr oder weniger in Einzelteile zerfallen, und zwar wächst der Zerfall der Moleküle mit der Verdünnung. Löst man also Zinkvitriol ($Zn\,SO_4$) in Wasser auf, so wird eine entsprechende Anzahl gelöster Moleküle sofort gespalten, und zwar jedes dieser Moleküle $Zn\,SO_4$ in Zn und SO_4, wovon jedes Spaltprodukt sich selbständig wie ein Molekül verhält, also auch einen osmotischen Druck besitzt, die Tendenz, in den ungelösten Zustand wieder zurückzukehren, wie ein gelöstes Zuckermolekül. Diese Spaltprodukte, das Atom

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zink (Zn) und der atomistische Säurerest SO_4 haben aber noch weiters die neue Eigenschaft bei dem Spaltungsvorgange mitbekommen, elektrisch geworden zu sein. Das Zinkatom (Zn) trägt eine positive (+) elektrische Ladung: $\overset{+}{Zn}$, der andere Spaltteil SO_4 besitzt eine negative (—) elektrische Ladung: $\overline{SO}_4$. Solche elektrisch geladene Atome oder Atomgruppen werden Ionen genannt. (Das + und — Zeichen gibt die Art der Ladung der betreffenden Ionengattung an, während von der Menge der Ladung hier abgesehen ist.) Der Spaltungsvorgang für 1 Molekül Zinkvitriol läßt sich durch die Formel ausdrücken: $ZnSO_4 = \overset{+}{Zn} + (\overline{SO}_4)$, wobei auch die Ladungsmenge angedeutet ist, die mit der Wertigkeit der Spaltprodukte in Beziehung steht, worüber aber hinweggegangen sei.

Die Angelegenheit steht nunmehr so, daß ein Zinkstab in eine Zinkvitriollösung taucht, in welcher Zinkionen sich befinden, die mit einer + Ladung und einem osmotischen Druck p ausgestattet sind. Siehe Fig. 3. Mit *P* ist wieder der konstante Lösungsdruck des Zinkstabes bezeichnet, da nach Nernst so wie jeder feste Stoff, auch die Metalle mit einer solchen Kraft ausgestattet sind. Momentan ist *P* größer als *p*. Es kann sich also Zink lösen. Gegenüber der Zuckerauflösung besteht aber der Unterschied, daß vom Zinkstab nicht gewöhnliche Moleküle, sondern + geladene Zinkionen in Lösung gehen. Wenn Metalle sich lösen, gehen die Teilchen immer als + geladene Ionen in Lösung. Es nimmt also die Anzahl der Zinkionen, infolgedessen auch deren osmotischer Druck *p* in der Lösung zu.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Das Zink gehört zu jenen Metallen, die einen außerordentlich großen Lösungsdruck P haben, und es kann der osmotische Druck p der Zinkionen gar nicht so groß wie der entgegenwirkende Lösungsdruck P werden; es müßte sich daher der Zinkstab vollständig auflösen. Tatsächlich trifft das aber nicht zu, sondern die Zinkauflösung kommt in kürzester Zeit zum Stillstand. Das rührt davon her, daß dem Lösungsdruck P noch eine andere Kraft als der osmotische Druck p entgegenwirkt.

Jeder Stoff kann nämlich als elektrisch angesehen werden; es sind jedoch immer gleich viel + und — Elektrizitätsmengen vorhanden, so daß ein solcher Stoff unelektrisch erscheint.

Geht nun vom Zinkstab + Elektrizität mit den Zinkionen in die Lösung, so bleibt die entsprechende — Elektrizität auf dem Zinkstab frei zurück, wie es in Fig. 3 angedeutet ist.

Zwischen dieser — Ladung des Zinkstabes und der + Ladung der in Lösung gegangenen Zinkionen findet eine elektrostatische Anziehung statt, die das Bestreben zeigt, die Zinkionen wieder aus der Lösung zum Zinkstab zurückzutreiben. Diese Anziehungskraft e wirkt in derselben Richtung wie der osmotische Druck p und wird desto größer, je mehr Zinkionen vom Zinkstab in die Lösung gehen. Wenn nun $e+p=P$[1]) wird, dann halten sich die einander entgegenwirkenden Kräfte

[1]) Daraus ergibt sich $e=P-p$, eine Formel, die nur für das leichte Verständnis dient, jedoch für die genaue Darstellung der Verhältnisse mathematisch eine Änderung erfährt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

das Gleichgewicht und die weitere Auflösung des Zinkstabes ist gehemmt. Dies geschieht in kürzester Zeit, weil die elektrischen Ladungen, welche die Ionen mit sich führen, sehr groß sind; es brauchen deshalb nur wenige Zinkionen vom Zinkstab in die Lösung zu treten, wodurch bereits die elektrostatische Kraft e einen genügend hohen Wert annimmt.

Eine solche Wechselwirkung von Kräften spielt sich auch in einem dritten Falle ab, wenn wir einen Kupferstab in eine Kupfervitriollösung tauchen, die nach obigem ebenfalls entsprechend ionisiert ist: $[CuSO_4 = \overset{++}{Cu} + \overline{SO}_4]$. Das Kupfer gehört jedoch zu jenen Metallen, die einen äußerst kleinen Lösungsdruck haben.

Dies ist in Fig. 4 ersichtlich gemacht, wo der osmotische Druck p der Kupferionen der Lösung anfangs schon größer ist als der Lösungsdruck P des Kupferstabes. Es müssen sich daher + Kupferionen auf dem Kupferstab abscheiden und laden diesen +, während in der Lösung die negativen $\overline{SO}_4$ Ionen zurückbleiben. Diese freie negative Ladung wirkt anziehend auf die +-Ladung des Kupferstabes, also verzögernd auf die Abscheidung der + Kupferionen oder was dasselbe ist, die + Ladung des Stabes wirkt auf die + Kupferionen abstoßend; die elektrostatische Anziehungskraft e unterstützt somit den kleinen Lösungsdruck P und sie wächst mit der weiteren Abscheidung der + Kupferionen, bis schließlich $e + P = p$[1]) geworden ist, mithin Gleichge-

[1]) Daraus ergibt sich: $e = P - p$; auch hier gilt die in der Fußnote Seite 371 gemachte Bemerkung.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wicht zwischen den einander entgegenwirkenden Kräften herrscht. Jetzt scheiden sich keine Kupferionen mehr ab, der Kupferstab besitzt freie positive, die Lösung freie negative Ladung.

Kombinieren wir nun die beiden betrachteten Fälle und konstruieren uns ein Daniellelement, wie es in Fig. 5 dargestellt ist. Wir erkennen nach den bisherigen Betrachtungen, daß sich das System im elektrochemischen Gleichgewicht befindet. Dasselbe wird gestört, wenn die beiden Metallstäbe durch einen leitenden Draht verbunden werden. Die + Ladung des Kupferstabes kann zum negativen Zinkstab überfließen. Durch diesen Ausgleich der Ladungen sind die elektrostatischen Kraftwirkungen zwischen den Metallen und ihren Lösungen verschwunden, so daß neuerdings einerseits Zink sich löst, anderseits Kupfer aus der Lösung sich abscheidet, was abermals zu elektrischen Aufladungen der Metallstäbe führt. Diese dauernd wechselnden Vorgänge haben zur Folge, daß das System konstant Strom liefert. Damit ist die Frage beantwortet, wie ein chemisches System befähigt wird, elektrische Energie zu liefern.

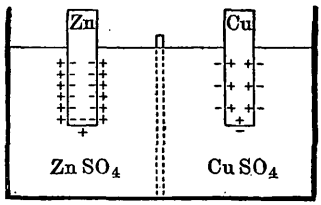


Fig. 5.

Auch Gase können auf derartigem Wege zur Stromerzeugung gezwungen werden. Ein Experiment wird dies bestätigen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zunächst erzeugen wir z. B. in dem bekannten Wasserzersetzungsapparat durch Hineinsenden eines elektrischen Stromes an zwei voneinander getrennten Platinelektroden einerseits Wasserstoffgas, anderseits Sauerstoffgas. Unterbrechen wir die Stromleitung und verbinden die beiden Elektroden mit einem Meßinstrument, so wird von diesem ein Strom angezeigt.

Der Strom kommt folgendermaßen zustande: Das Wasserstoffgas an der einen Elektrode sendet vermöge des ihm innewohnenden Lösungsdruckes positive Wasserstoffionen in die Flüssigkeit, dadurch lädt sich die Elektrode selbst negativ auf. Das Sauerstoffgas sendet infolge seines Lösungsdruckes negative Sauerstoffionen in die Flüssigkeit, dadurch wird die Elektrode selbst positiv elektrisch geladen. (Nur die Metalle und der Wasserstoff geben positive Ionen ab, alle anderen ionenbildende Stoffe, so auch der Sauerstoff liefern negative Ionen.) Durch die leitende Verbindung der beiden Elektroden können sich die beiden elektrischen Ladungen der Elektroden ausgleichen, so daß neuerdings ihre Aufladung in bereits bekannter Weise erfolgt. Es wird daher infolge dieses andauernd sich fortsetzenden Wechselspiels solange kontinuierlich ein Strom fließen, bis die Gase an den Elektroden verbraucht sind. (Die Sauerstoff- und Wasserstoffionen in der Flüssigkeit vereinigen sich wieder zu Wasser, das praktisch nahezu gar keine Ionisierung besitzt). Bei diesem Experiment läßt sich noch weiters beobachten, daß der Strom, den die beiden Gase liefern, in einer Richtung fließt, die derjenigen entgegengesetzt

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ist, die ursprünglich der Strom gehabt hat, mit dem das Wasser zersetzt und die Gase erzeugt wurden. Man nennt den ersteren Polarisations- oder Sekundärstrom, den letzteren Haupt- oder Primärstrom. Schließlich läßt das Experiment noch die wichtige Erscheinung studieren, daß nicht jeder beliebig starke Strom andauernde Wasserzersetzung, beziehungsweise Gasbildung hervorruft.

Bekanntlich kommen bei der elektrischen Energie zwei Faktoren in Betracht: die Elektrizitätsmenge, die einen Stromkreis durchfließt, und die sogenannte elektromotorische Kraft, welche diese Elektrizitätsmenge durch denselben treibt. Diejenige Elektrizitätsmenge, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt der Strombahn fließt, heißt Stromstärke. Vergrößert man die elektromotorische Kraft, so wird im selben Stromkreis auch die Stromstärke entsprechend größer.

Verfolgen wir nun bei der Wasserzersetzung die Stärke des durchgehenden Stromes mit einem empfindlichen Meßinstrument und steigern mittels eines Stromregulators von Null an allmählich die elektromotorische Kraft, welche den Strom durch das zu zersetzende Wasser treibt, so zeigt das Meßinstrument, daß bei jedesmaligem weiteren Vergrößern der elektromotorischen Kraft der entsprechend starke Strom nur stoßweise durch die Flüssigkeit geht, aber gleich wieder fast bis auf Null abnimmt.

Erst wenn die Kraft auf eine bestimmte Größe gebracht wird, beginnt dauernd ein Strom durch das Wasser zu fließen, und erst von da ab nimmt bei noch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

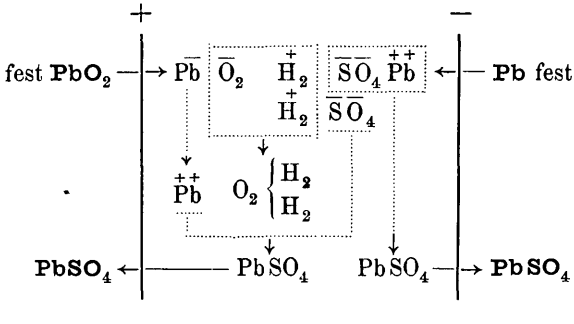
weiterer Krafterhöhung auch die Stromstärke proportional zu.

Dies beweist, daß der Zersetzungsstrom eine ganz bestimmte Kraft haben muß, damit er aus dem Wasser die beiden Gasbestandteile, Sauerstoff und Wasserstoff, abzuscheiden vermag. Gerade diese beiden Gase sind es, wie wir früher gehört haben, die ihrerseits selbst einen Strom von bestimmter elektromotorischer Kraft zu erzeugen imstande sind, den Polarisationsstrom, der in entgegengesetzter Richtung des Hauptstromes fließt. Und solange die Kraft des Hauptstromes nicht mindestens so groß wie die Gegenkraft des Polarisationsstromes ist, kann der Hauptstrom nicht kontinuierlich durch das Wasser gehen und andauernd dasselbe zersetzen. Unterbrechen wir den Hauptstrom und verbinden jetzt die beiden Elektroden durch einen Draht, so erhalten wir den Polarisationsstrom. Der Wasserzersetzungsapparat stellt gewissermaßen einen stromliefernden Gasakkumulator dar, in welchem die an den Platinelektroden zwangsweise aufgespeicherten Gase die wirksamen Stoffe sind, die die Tendenz haben, sich in den ursprünglichen Zustand zurückzuverwandeln und wieder Wasser zu bilden. Die elektrische Arbeit, die der Strom bei der Wasserzersetzung leistet, speichert sich in den Zersetzungsprodukten, den zwangsweise abgeschiedenen Gasen, in Form von chemischer Energie an; gibt man ihnen in der bekannten Weise die Möglichkeit zur Wiedervereinigung zu Wasser, so geben sie ihren zwangsweise aufgehäuften Überschuß an chemischer Energie wieder in Form elektrischer Energie ab.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ganz analoge Verhältnisse liegen auch beim Bleiakkumulator vor, so daß wir jetzt verstehen, daß die auf S. 364 u. 365 dargestellten Lade- und Entladungsvorgänge nach Gladstone und Tribe zwar genügenden Aufschluß über die Bildung, beziehungsweise Rückverwandlung der wirksamen Stoffe im chemischen Sinne geben, daß aber immerhin noch die wichtige Frage offen steht, wie die einzelnen Reaktionen elektrochemisch verlaufen und dadurch das Entstehen, beziehungsweise Verschwinden der elektrischen Ladungen auf den Akkumulatorplatten veranlassen.

Die Betrachtungen, die wir in dieser Hinsicht mit Hilfe der Theorie von Nernst beim Daniell- und Gaselement angestellt haben, ließen auf keine Schwierigkeiten stoßen; beim Bleiakkumulator sind diese Verhältnisse recht kompliziert und von den vielen darauf sich beziehenden wissenschaftlichen Arbeiten werden heute nur die Theorien von Le Blanc (1895) und C. Libenow (1896) von der Fachwelt als maßgebend angesehen.



©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ohne darauf näher einzugehen,[1]) dürfte das obige Schema, welches die Theorie von Libenow darstellt, einen genügenden Einblick in dieselbe verschaffen. (Von oben nach unten gelesen, ergibt sich der Entladevorgang und umgekehrt der Ladevorgang.)

Das Verdienst, den Polarisationsstrom entdeckt zu haben, gebührt dem deutschen Physiker Ritter, der schon 1799 beobachtete, daß nach der Zersetzung einer Flüssigkeit durch den elektrischen Strom die Elektroden so beschaffen sind, daß sie selbst wieder einen Strom zu geben vermögen. Im Jahre 1803 baute er die erste Polarisationszelle auf, die er „Ladungssäule" nannte; sie bestand aus 50 Kupferplättchen, die durch kochsalzgetränkte Tuchzwischenlagen voneinander getrennt waren. Diese Anordnung gibt als solche keinen Strom. Verband er aber das erste und letzte Kupferplättchen mit einer Voltasäule und schickte so einen Strom in seine Ladungssäule, so gab diese nach Abschaltung der Stromquelle einen kurz andauernden Entladungsstrom. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts beschäftigte man sich aber vornehmlich nur mit der Erforschung der Gaspolarisation. Erst im Jahre 1854 fand Sinsteden[2]) im Blei dasjenige Metall, welches sich zur Erzeugung eines

---

[1]) Eine umfangreiche und kritische Behandlung aller den Bleiakkumulator betreffenden theoretischen Fragen liegt in dem vortrefflichen Werke von Dr. Friedrich Dolezalek vor: „Die Theorie des Bleiakkumulators". Halle a. S., W. Knapp, 1901.

[2]) Poggendorfs Annalen 1854, Bd. 92, p. 19.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kräftigen und lang andauernden Polarisationsstromes besonders eignet.

Damit war die Grundlage für die technische Verwertung des Polarisationsstromes gegeben und gebührt dem Franzosen Gaston Planté der Ruhm, als erster dem Bleiakkumulator diesen mühevollen Weg aus dem Laboratorium in die Praxis geöffnet zu haben.

Die erste Zelle seiner frühesten Versuche vom Jahre 1859 bestand aus: 2 aufeinandergelegte Bleiplatten, dazwischen und obenauf Tuchstreifen (später Kautschukbänder), das Ganze zu einem Zylinder spiralförmig zusammengerollt und in Schwefelsäure gestellt. Der Apparat war noch viel zu unausgebildet und für seine praktische Verwendung noch kein Bedürfnis vorhanden, so daß er in Vergessenheit geriet, bis er durch die Erfindung der Dynamomaschine wieder in Erinnerung kam, wozu Planté selbst durch seine Monographie: „Recherches sur l'Electricité" 1879, Paris (deutsch von Prof. Wallentin. Wien, Hölder, 1886), den Anstoß gab. Sehr wertvoll war sein Formierungsverfahren, mit welchem die aktive Masse auf den Bleiplatten schneller und in genügender Menge erzeugt werden konnte; es bestand im öfteren Laden und Entladen, im Wechseln der jedesmaligen Ladestromrichtung und in der Einschaltung von Ruhepausen nach jeder Ladung.

Plantéakkumulatoren wurden von der Firma Breguet & Co. in Paris hergestellt, allein die Mängel der unökonomischen, viele Monate langen Formierungsmethode, das leichte Abfallen der aktiven Masse und der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hohe Preis standen einer umfangreicheren Verwendung im Wege.

Den nächsten Fortschritt brachte Plantés Schüler und Assistent Camille Faure im Jahre 1881; die Erfindung beruht auf der Herstellung einer zähen Paste aus Bleiverbindungen und Schwefelsäure, womit die Bleiplatten eingeschmiert werden. Dadurch wird die Dauer der nachher erfolgenden Formierung, d. h. der Bildung der aktiven (wirksamen) Stoffe PbO_2 und Pb auf den Platten, bedeutend verkürzt. Der Hauptnachteil war aber auch hier das leichte Abfallen der aktiven Masse vom Bleikern.

Im selben Jahre noch haben Volckmar und Sellon die weitere Ausgestaltung durchgeführt und Bleigitter mit eingestrichener Masse an Stelle voller Bleiplatten vorgeschlagen.

Die Electrical Power Storage Co. in London erwarb die Patente von Faure, Volkmar und Sellon und hat im Jahre 1882 den ersten fabrikatorischen Betrieb aufgenommen.[1]) Ein seinerzeit in Österreich-Ungarn ziemlich verbreitet gewesener Akkumulator ist von Farbaky und Schenek in Schemnitz nach dem Faureschen Prinzip mit sogenannten gotischen Gittern in den Jahren 1885/86 konstruiert worden.[2])

---

[1]) Elektrotechnische Z. 1886, p. 401; Z. d. Vereines deutscher Ing., Bd. 31, p. 133; Salomons: Handbuch der Akk., deutsch von Huber.

[2]) „Konstruktion und Wirkungsweise der Akkumulatoren“ von Dr. S. Schenek. Berlin 1890.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die beiden Methoden der Plattenkonstruktion und Formierung nach Planté und Faure sind vorbildlich für alle weiteren Verbesserungen geblieben.

Nachdem der Vortrag den Zweck verfolgt, das Wesen des Akkumulators von der elektrochemisch-theoretischen Seite aus zum Verständnis zu bringen, soll der Vollständigkeit des Gesamtbildes wegen der mechanisch-technische Teil des Aufbaues eines modernen Akkumulators nur kurz an der Hand eines der wichtigsten Fabrikate geschildert werden.[1])

Wie bereits eingangs des Vortrages erwähnt, haben Henry und Herbert Tudor eine originelle Plattentype

[1]) Eine ausführliche Behandlung der Akkumulatorentheorie und der einzelnen technischen Fabrikate bis zum Jahre 1898 bringt das Werk von Prof. Dr. E. Hoppe: „Die Akkumulatoren für Elektrizität", 3. Aufl., Berlin, J. Springer. 1898.

Außer den in diesem Vortrage an anderen Stellen genannten Büchern über den vorliegenden Gegenstand, seien noch hervorgehoben:

„Die Akkumulatoren für stationäre elektrische Anlagen", von Prof. Dr. C. Heim; 4. Aufl., 1906. Leipzig, O. Leiner.

„Die Akkumulatoren zur Aufspeicherung des elektrischen Stromes, deren Anfertigung, Verwendung und Betrieb", von Ing. J. Zacharias; 2. Aufl., 1900.

„Handbuch der elektrischen Akkumulatoren", von P. Schoop; Stuttgart, 1898.

„Die Herstellung der Akkumulatoren", von Ing. F. Grünwald, 3. Aufl. Halle a. S., W. Knapp, 1903.

„Die Akkumulatoren", von Prof. Dr. K. Elbs. 4. Aufl., 1908, Leipzig, A. Barth.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

geschaffen. Das erste Modell derselben war wenig lebensfähig; es war eine durch Guß hergestellte Bleiplatte, die auf beiden Seiten $1^1/_2$ mm breite und $2^1/_2$ mm tiefe Furchen besaß, wobei der Bleikern zwischen denselben 5 mm dick war. In diese Vertie-

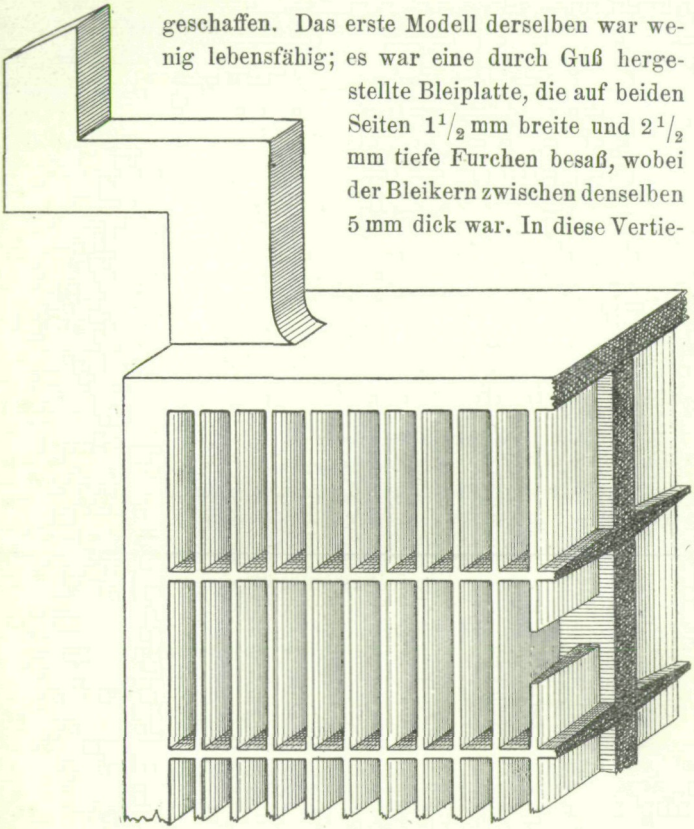


Fig. 6.

fungen wurden nach vorausgegangener Formierung Bleiverbindungen als Paste eingestrichen und die so herge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

richtete Platte nochmals formiert. Nach einiger Zeit des Betriebes fiel die Masse allmählich ab, während sich inzwischen genügend Masse aus dem festen Blei der Platte nachgebildet hatte; es liegt somit eine Kombination des Planté- und Faureschen Verfahrens vor, mit dem besonderen Vorteil der größeren Plattenoberfläche durch die Furchung. Die negative gegenüber der positiven Elektrode wies jedoch bei ihrer Betätigung eine geringere Kapazität (Stromaufspeicherung) auf und erschöpfte sich früher, so daß neben vielen anderen Mängeln die Lebensdauer des Akkumulators stark herabgedrückt wurde; dies veranlaßte die Akkumulatorenfabrik A. G. in Hagen gar bald, eine negative Gitterplatte in Kombination mit der positiven Großoberflächenplatte einzuführen.

Aber auch die letztere hat noch weitere Wandlungen erfahren und zeigt Fig. 6 einen bei weitem günstigeren Aufbau der abgewickelten Fläche auf dem Bleikern der Platte. Dieselbe besteht aus einer Reihe von eng aneinander angeordneten vertikalen Rippen mit rautenförmigem Querschnitt, die in größeren Abschnitten von eben solchen Rippen horizontal zur Versteifung durchzogen werden. Dieses gesamte Rippengerüste ist mit einem Bleikern als Platte gegossen. Statt in diese Rinnen aktive Masse einzuschmieren, wurde durch Benützung einer eigenen Schnellformationsmethode nach Dr. Lucas seit 1896 die Platte in kürzerer Zeit betriebsfertig erhalten.

Auf diesem Wege konnte eine Mehrleistung erzielt werden, denn erst dieser neuere Behelf ließ eine Ober-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

flächenvergrößerung der Platten zu, was bei Anwendung eingestrichener Paste über eine gewisse Grenze hinaus keinen Erfolg gebracht hätte, da die in engeren und höheren Rippen befindliche Masse von der Säure nicht mehr im erforderlichen Maße ausreichend schnell durchdrungen wird.

Durch den Fortschritt in der Gießtechnik war es endlich möglich, den Kern der Platte, welcher sich an der Bildung der aktiven Masse nicht beteiligt, ganz fortzulassen, so daß sie nur mehr aus dem engen Gerippe besteht, wie aus Fig. 7 und 8 zu ersehen ist.[1]) Diese Platte, wie sie heute hergestellt wird, besitzt eine Fläche, die abgewickelt 8 mal so groß ist wie die projicierte Fläche.

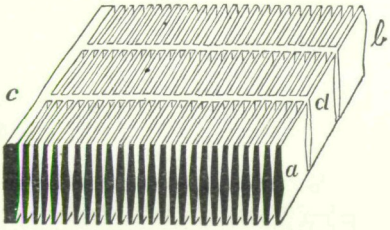


Fig. 7.

Die Formierung wird nach einem vereinfachten Verfahren derart durchgeführt, daß die Platte abwechselnd zuerst als Anode (positiver Pol), dann als Kathode (ne-

[1]) In Fig. 7 bedeuten *a-b* die Vertikalrippen, *c-d* die Horizontalrippen. Die Klischees zu den Fig. 7, 13 und 14 hat die Verlagsbuchhandlung J. A. Barth, Leipzig, bereitwilligst zur Verfügung gestellt. (Aus: „Elemente und Akkumulatoren, ihre Theorie und Technik“, von Dr. W. Bein, 1908.)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gativer Pol), in einem besonderen Bade, in welchem Perchlorsäure wirksam ist, elektrolytisch behandelt, dann

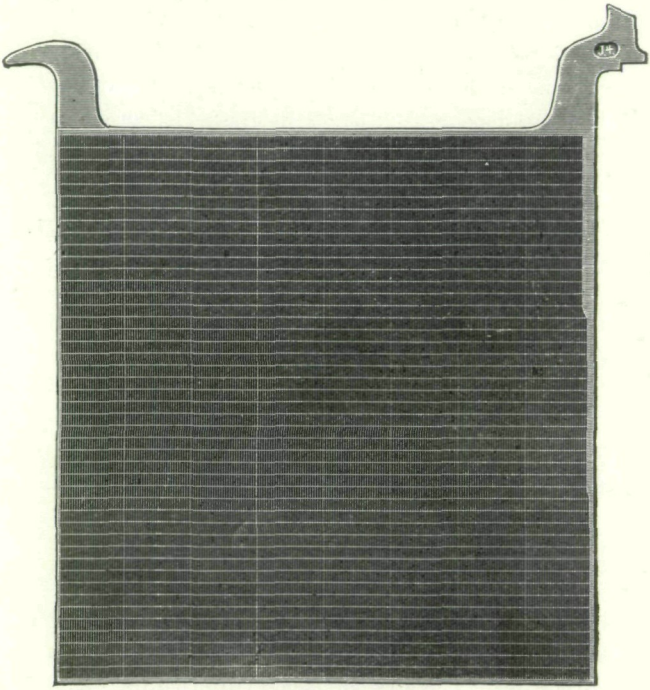


Fig. 8.

gewaschen und getrocknet wird und fertig für den Versand ist.

Die Platte ist infolge der geschilderten Behandlung mit Bleischwamm behaftet, also eigentlich eine negative

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Platte; sie wird aber beim Einbau in die Zelle als positive Elektrode einmontiert, so daß sich beim ersten längeren Laden das Bleisuperoxyd auf ihrer Oberfläche bildet.

Die negative Platte in ihrer gegenwärtigen Gestalt, Fig. 9 und 10, besteht aus einem Bleigitter, das aus zwei Teilen zusammengesetzt ist. Jede Hälfte ist an ein perforiertes Bleiblech angegossen. In die durch die Gitter-

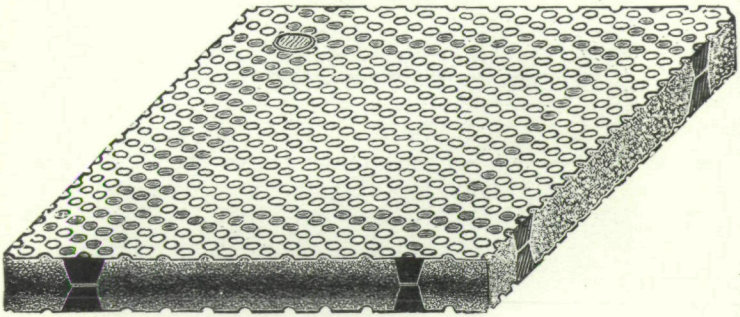


Fig. 9.

stäbe und das Bleiblech gebildeten Kästchen wird die Masse (aus reinen Bleioxyden, Schwefelsäure und einem neutralen Körper wie Ton oder Porzellanmehl bestehend) in Brikettform eingetragen, beide Gitterhälften dann zu einer Platte zusammengepaßt und an den Rändern mit Blei verlötet. Diese Platte wird Kastenplatte genannt. Sie wird ohne weitere Formierung versandt und erst bei der ersten Ladung des Akkumulators an Ort und Stelle betriebsfertig (Schwammbildung); dabei quillt die Masse auf und würde herausfallen, was bei der vorliegenden

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Konstruktion der Platte ausgeschlossen ist. Durch das Aufquellen wird ein inniger Kontakt der Masse mit dem

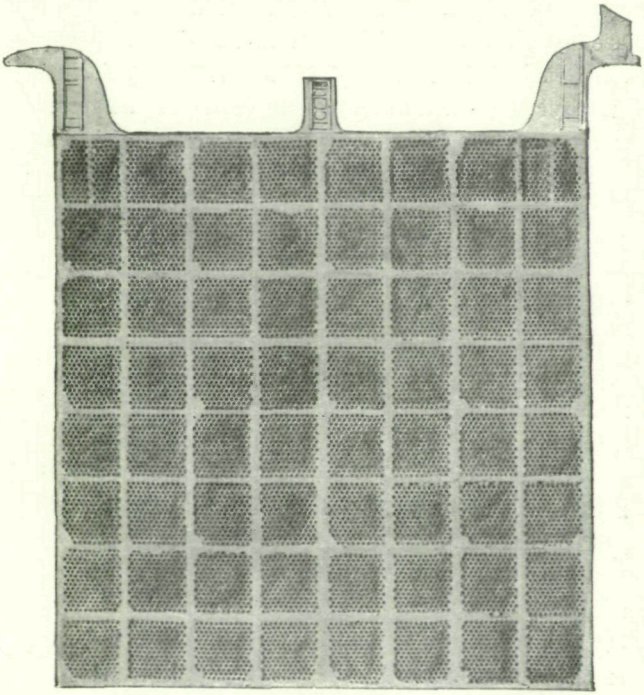


Fig. 10.

Bleigerüst der Platte hergestellt. Nach mehrjährigem Betrieb hat der Bleischwamm die Eigenschaft, nach und nach zusammenzusintern, verliert seine schwammige Struktur und wird fest; man nennt dies verbleien. Da-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch wird die Platte unwirksam, dem aber durch den Zusatz oben genannter Stoffe zur Masse vorgebeugt wird.

Spezialtypen von Akkumulatoren dieser Art, sowie ihre instruktiven Bestandteile, ferner eine Sammelmappe von Druckschriften und ein reiches Photographiealbum sind zur Demonstration und Besichtigung aufgestellt worden, welche Behelfe in dankenswerter Weise die Akkumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft Generalrepräsentanz in Wien für den Vortrag als äußerst wertvolle Unterstützung beigestellt hat.[1])

Man unterscheidet stationäre und transportable Akkumulatoren, je nachdem die Aufspeicherung elektrischer Energie und deren Entnahme an einer und derselben Stelle geschieht, oder die aufgespeicherte Energie nach einem anderen Ort geschafft werden soll. Darnach unterscheidet sich auch der ganze Zusammenbau der Zelle.

Bei stationären Zellen werden je nach ihrer Größe zum Einbau der Platten Glas- oder ausgebleite Holzgefäße verwendet.

Eine Zelle enthält mindestens eine positive und zwei negative Platten, oder eine größere Anzahl derselben; immer muß eine positive zwischen zwei negativen angeordnet sein.

Die Platten haben angegossene Bleistreifen (Fahnen) mit Nasenansätzen, mittels denen sie bei stationären Zellen auf dem Gefäßrand aufgehängt werden. Siehe Fig. 13.

---

[1]) Auch die Klischees zu Fig. 8—10 sind von dieser Firma in entgegenkommender Weise beigesteuert worden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Alle positiven Platten einerseits und alle negativen anderseits sind durch Bleileisten verbunden, die an die betreffenden Fahnen angelötet sind und die Pole der Akkumulatorenzelle bilden.

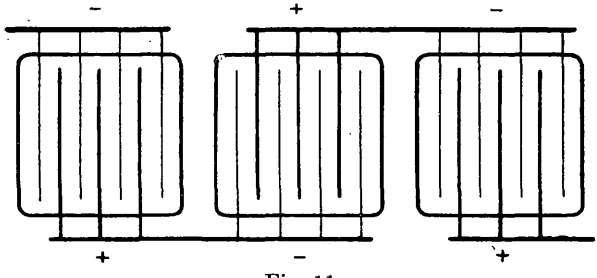


Fig. 11.

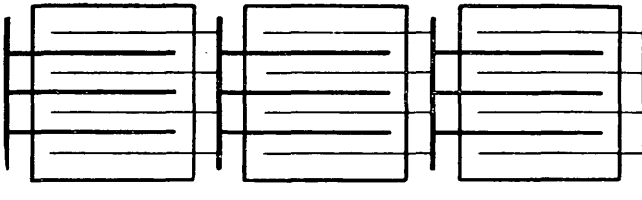


Fig. 12.

Die Vereinigung solcher Zellen zu einer Batterie geschieht in der Weise, daß immer die Polleiste der einen Zelle mit der ungleichnamigen Polleiste der nächsten Zelle fix verlötet oder durch eine entsprechende Leitung verbunden wird; dabei muß bei der ersten und letzten Zelle je eine Polleiste frei bleiben. Die Fig. 11 und 12 zeigen solche Verbindungen bei Batterien mit verschiede-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ner Zellenaufstellung. Diese Verbindungsart der Zellen zu einer Batterie heißt die Hintereinanderschaltung (Reihen- oder Serienschaltung).

Verbindet man jedoch einerseits sämtliche positive Polleisten der Zellen und anderseits sämtliche negative, so erhält man die Nebeneinander- oder Parallelschaltung.

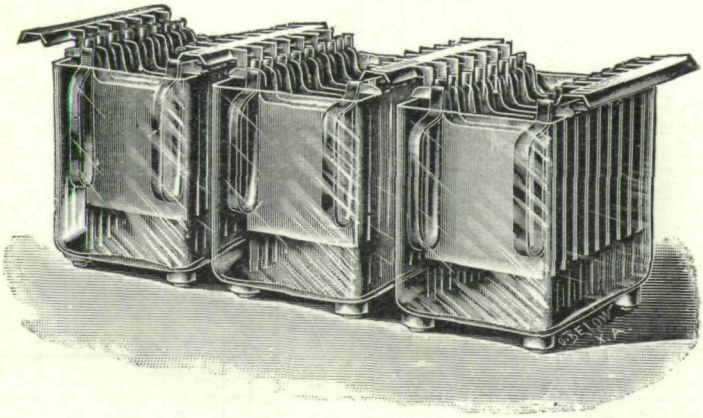


Fig. 13.

Endlich kann man noch die gemischte Schaltung anwenden, bei welcher nach Bedarf beide Schaltungsarten kombiniert werden.

Von mehreren in gleichen Abständen übereinander liegenden Wasserfällen, wovon jeder die gleiche Wassermenge in der Sekunde liefert, steht am Fuße ihrer gemeinsamen Abfallstelle eine Kraftwirkung zur Verfügung, welche soviel mal größer, als die eines einzi-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gen ist, als die Anzahl der Wasserfälle beträgt, während die hier zur Verfügung stehende gesamte Wassermenge der eines einzelnen solchen Wasserfalles gleichkommt. Das gibt ein Bild für eine Akkumulatorenbatterie mit hintereinander geschalteten Zellen, bei der die gesamte elektromotorische Kraft der Summe der Einzelkräfte der Zellen entspricht und die Gesamtstromstärke der einer Einzelzelle gleichkommt. Die Fig. 13 stellt eine Batterie dar aus drei nach Schema Fig. 12 hintereinander geschaltete Zellen bestehend.[1])

Liegen die Wasserfälle nebeneinander in gleicher Höhe, dann ist ihre gemeinsame Kraftwirkung gleich der eines einzelnen Falles, hingegen die zur Verfügung stehende gesamte Wassermenge gleich der Summe der einzelnen Wassermengen. Bei parallelgeschalteten Akkumulatorenzellen ist die gesamte elektromotorische Kraft gleich der einer einzigen Zelle, die Stromstärke hingegen gleich der Summe der Einzelstromstärken.

Fallhöhe in Meter × Wassermenge pro Sek. in kg = mechanische Arbeitsleistung in Meter-kg, analog Elektromotorische Kraft in Volt × Elektrizitätsmenge pro Sek. in Ampère = elektrische Arbeitsleistung in Volt-Ampère (Watt).

Um die Platten einer Zelle innerhalb der Flüssigkeit vor gegenseitiger Berührung zu schützen (ihre Ent-

---

[1]) Die Klischees zu den Fig. 6, 11 und 12 hat die Verlagsbuchhandlung W. Knapp, Leipzig, mit besonderem Entgegenkommen beigesteuert. (Aus: „Experimental-Vorlesungen über Elektrotechnik", von Prof. Dr. K. E. F. Schmidt.)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

fernung ist cirka 8—15 mm, je nach der Plattengröße), werden zwischen die Platten Glasstäbe oder dünne, gewellte, perforierte Ebonitplättchen geschoben. In neuerer Zeit verwendet die Akkumulatorenfabriks-Aktiengesellschaft in Wien solche Zwischenlagen aus 1·5 mm dicken präparierten Holzbrettchen (aus besonderen Holzgattungen, z. B. Withwood), die in den Schlitzen zweier vertikaler Holzstäbchen stecken, welch letztere in dem Elektrolyten aufquellen und dadurch zwischen den Akkumulatorenplatten festsitzen. Die Brettchen müssen astfrei und gut ausgelaugt sein. Sie wirken außerdem auf die Lebensdauer der negativen Platten günstig ein, indem die in den Brettchen noch enthaltenen Substanzen langsam in Lösung gehen und dabei die Sulfatisierung verhindern. Die Gefahr der Sulfatisierung besteht darin, daß insbesonders bei langem Stehen einer ungeladenen Zelle infolge kleiner Temperaturschwankungen (nach Elbs) das feine Bleisulfat bald grobkörnige, homogene Struktur annimmt, wodurch ein Wiederaufladen sehr erschwert, oft unmöglich ist und schließlich der Akkumulator zugrunde geht. Ebenso ist der Akkumulator höchst gefährdet, wenn die Akkumulatorensäure nicht vollständig rein ist und bestimmte Metalle (wie Platin, Kupfer), Salpetersäure, Chlor, Essigsäure etc., wenn auch nur in Spuren enthält, da dadurch schädliche Lokalaktionen an den Platten der Zelle eingeleitet werden und die sogenannte Selbstentladung herbeigeführt wird. Man kann daher zum Füllen der Akkumulatoren selbst die gewöhnliche, chemisch reine Schwefelsäure nicht

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

verwenden, sondern muß sich der für diesen Zweck von einigen Fabriken besonders hergestellten Akkumulatorensäure bedienen.[1])

Was die Kapazität (das Aufspeicherungsvermögen) und die elektrische Arbeitsleistung eines Akkumulators betrifft, so lassen sich diese Begriffe aus folgender Überlegung ableiten:

Wir wissen, daß bei einem elektrischen Strom die beiden Faktoren zusammenwirken, die Elektrizitätsmenge und die elektromotorische Kraft.

Von einem Strom, dessen Elektrizitätsmenge pro Sekunde 1·1175 mg Silber aus einer neutralen Silbernitratlösung ausscheidet, sagt man, er hat die Stärke ein Ampère (1 A), die Einheit der Stromstärke.

Und wenn ein solcher Strom von dieser Stärke 1 A eine Stunde lang fließt, so nennt man das eine Ampère-Stunde (1 A^h); dabei werden $1{\cdot}1175 \times 3600 =$ mg Ag pro Sek. $1^h = 3600$ Sek. $= 4023$ mg $= 4{\cdot}023\,g$ Silber ausgeschieden.

Ein Strom von der Stärke 10 A scheidet $10 \times 1{\cdot}1175$ mg Silber pro Sekunde aus; fließt er 4 Stunden lang, das sind $10 \times 4 = 40$ Ampère-Stunden (40 A^h), so scheidet er:

---

[1]) Außer der Sulfatisierung und Selbstentladung gibt es noch mancherlei andere Umstände, welche die Erkrankung eines Akkumulators bewirken können. Aufschluß hierüber gibt z. B. das Buch: „Die Krankheiten des stationären elektrischen Bleiakkumulators, ihre Entstehung, Feststellung, Beseitigung, Verhütung", von F. E. Kretschmar. München, Berlin, R. Oldenbourg, 1912.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

$10 \times 1{\cdot}1175 \times 4 \times 3600 = 160900$ mg = $= 160{\cdot}92$ g Silber aus.

Gibt man bei einem Strom nicht auch die Stromstärke an, sondern ganz allgemein nur die Ampère-Stunden, z. B. 40 A^h, so kann dies bedeuten, daß ein Strom von der Stärke 40 A ... 1^h, 10 A ... 4^h oder 1 A ... 40^h (^{h} = Stunden) lang geflossen ist.

Die Ampère-Stunden, die man einem vollgeladenen Akkumulator bei einer bestimmten Entladestromstärke entnehmen kann, bis er erschöpft ist, nennt man seine Kapazität; sie wird infolge von Vorgängen im Akkumulator, die nicht näher besprochen werden sollen, um so geringer, je höher die Entladestromstärke ist. Man geht daher nicht über eine bestimmte maximale Entladestrom stärke hinaus; ebenso wird von den Fabriken für jede Zellentype eine maximale Ladestromstärke vorgeschrieben.

Der Wirkungsgrad für die Kapazität eines Akkumulators ergibt sich durch Division der bei der Entladung erhaltenen durch die bei der Ladung in ihn hineingesandten Ampère-Stunden.

Betrugen z. B. bei einem vorschriftsmäßig vollgeladenen Akkumulator die bis zur erlaubten Grenze entnommenen Ampère-Stunden: 36 A^h und wurde die vorschriftsmäßige Aufladung mit 40 Ampère-Stunden bewirkt, so ergibt sich der Wirkungsgrad für die Kapazität dieser Zelle:

$$\frac{\text{Entladene } A^h}{\text{Aufgeladene } A^h} = \frac{36}{40} = 0{\cdot}9, \text{ d. s. } 90\,\%.$$

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Im Durchschnitt kommt in der Praxis den Akkumulatoren dieser Wirkungsgrad von 90 % für die Kapazität zu.

Die sekundliche elektrische Arbeit ergibt sich aus dem Produkt der Stromstärke und elektromotorischen Kraft, wie die mechanische Arbeitsleistung eines Wasserfalles sich aus den Faktoren der sekundlich fließenden Wassermenge und der Fallhöhe zusammensetzt.

Die Einheit der elektromotorischen Kraft wird 1 Volt (1 V) genannt. (Das Daniellelement besitzt praktisch 1 V.) Daher ist die in der Sekunde geleistete elektrische Arbeit, wenn ein Strom mit der Stromstärke 1 A, der Einheit der Elektrizitätsmenge in der Sekunde, durch den Querschnitt eines Leiters fließt, gleich 1 A × 1 V = 1 Watt (1 W), das ist die elektrische Arbeitseinheit pro Sekunde (elektrischer Effekt).

Ist der Strom von der Stärke 1 A eine Stunde lang unter dem Antrieb der elektromotorischen Kraft von 1 V geflossen, so ergibt sich die geleistete Arbeit von:

$$1\ A^h \times 1\ V = 1 \text{ Watt-Stunde.}$$

Ist z. B. ein Akkumulator mit 88 Wattstunden aufgewendeter Arbeit vorschriftsmäßig vollgeladen worden und gibt er 68 Wattstunden als Arbeitsleistung bis zur erlaubten Entladegrenze wieder ab, so ergibt sich als

$$\text{Arbeitsnutzeffekt} = \frac{\text{entladene Watt-Stunden}}{\text{aufgewendete Watt-Stunden}} =$$

$$= \frac{68}{88} = 0{\cdot}8 = 80\ \%.$$

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Das heißt, von der elektrischen Arbeit von 100 Wattstunden, die wir beim Laden dem Akkumulator zuführen würden und die wir in ihm aufspeichern wollten, werden wir tatsächlich nur 80 Wattstunden bei der Ent-

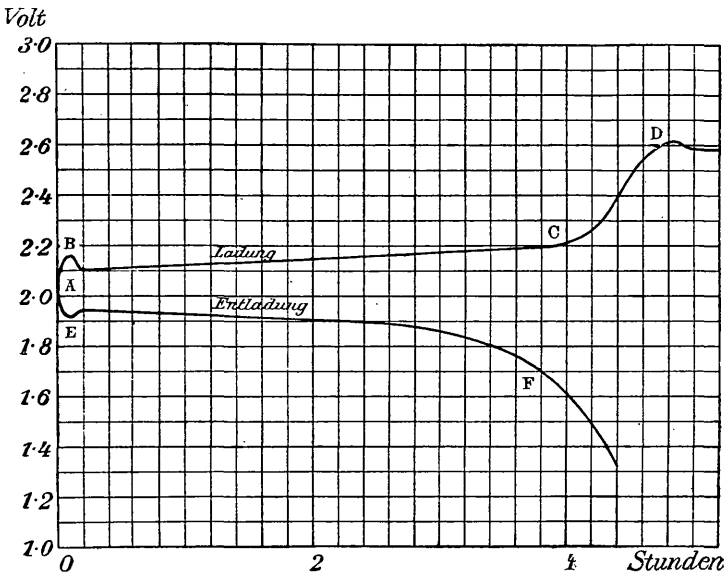


Fig. 14.

ladung wieder bekommen. In der Praxis rechnet man mit einem Nutzeffekt von 75—80 %. Dieser Arbeitsverlust rührt hauptsächlich davon her, daß das Laden mit höherer elektromotorischer Kraft erfolgen muß, als diejenige ist, mit welcher der Strom beim Entladen vom Akkumulator abgegeben wird.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Genau sind diese Verhältnisse aus der Lade- und Entladekurve in Fig. 14 zu entnehmen.

Wird ein entladener Akkumulator geladen, so steigt seine elektromotorische Kraft schnell auf 2·1 und dann innerhalb kurzer Zeit weiter auf 2·18 Volt, es ist dies die Gegenkraft des Polarisationstromes; sie rührt, wie wir schon wissen, von der elektromotorischen Wirksamkeit der beiden neu geschaffenen Stoffe Bleisuperoxyd und Bleischwamm her, die aus dem Bleisulfat gebildet werden. Der Ladestrom muß also eine etwas größere Kraft besitzen, um diese Gegenkraft von 2·1, beziehungsweise 2·18 Volt zu überwinden. Infolge von Diffusionserscheinungen der Säure in den Platten findet dieser weitere Anstieg der Gegenkraft statt[1]); sie fällt dann oft etwas (nach Dolezalek wahrscheinlich infolge Zerstörung eines in der Ruhepause sich gebildeten dünnen, zusammenhängenden Sulfathäutchens) und steigt dann wieder durch allmähliche Erhöhung der Säurekonzentration weiter langsam an und erreicht schließlich den Wert von 2·2—2·3 Volt. Dementsprechend muß auch der Ladestrom mit einer größeren Kraft den Akkumulator passieren; bei derselben ist er aber schon im stande, die hier schwerer abscheidbaren Gase, Sauerstoff und Wasserstoff, an den Platten zu entwickeln, der Ak-

---

[1]) „Ein Beitrag zur Kenntnis der Diffusionsvorgänge an Akkumulatorenelektroden", von M. U. Schoop. (Sammlung Elektrotechn. Vorträge, Bd. V, 6. Heft.) Stuttgart. F. Enke, 1903; weiters das bereits zitierte Werk von Dolezalek.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kumulator fängt zu „kochen“ an. Da ist aber auch schon der Hauptteil von Bleisulfat in die wirksamen Stoffe umgewandelt. Die Umwandlung der letzten Reste an Bleisulfat verlangt aber eine noch höhere Kraft des Ladestromes, die bis 2·6—2·7 Volt sich steigert. Von der theoretischen Erklärung dieser Ursache sei hier abgesehen.

Ebenso komplizierte Verhältnisse ergeben sich bei der Betrachtung der Entladekurve. Die elektromotorische Kraft des entnommenen Akkumulatorenstromes fällt anfangs in kurzer Zeit auf etwa 1·95 Volt, dann langsam auf 1·85 Volt, der Entladegrenze, wo dann die Kraft rasch abfällt (auch hier spielen Diffusionserscheinungen und allmähliches Sinken der Säurekonzentration die Hauptrolle). Die beiden Kurven bestätigen somit, daß die Ladearbeit mit einer weit höheren elektromotorischen Kraft erfolgen muß, als diejenige ist, die bei der Entladearbeit wirksam ist, so daß dadurch der Nutzeffekt bedeutend verringert wird.

Bei Berechnung desselben kann die elektromotorische Kraft beim Laden mit dem Durchschnittswerte von 2·2 Volt, beim Entladen mit 1·9 Volt eingesetzt werden.

Zu den größten Zellen, welche die Akkumulatorenfabriks-Aktiengesellschaft in Wien gebaut hat, gehört die Type I 192 mit einem Gewicht von 1420 kg, einer Kapazität von 5184 A^h und einem Preise von 1230 Kronen. Drei Batterien à 290 solcher Zellen sind in der Filiale des städtischen Elektrizitätswerkes

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in der Rahlgasse in Wien aufgestellt. Aus einer solchen Zelle kann maximal ein Strom mit der Stärke von 1728 A entnommen werden.

Einer der leistungsfähigsten Akkumulatoren von der Akkumulatorenfabriks-Aktiengesellschaft in Hagen i. W. mit einer normalen Entladestromstärke von 3460 A und einer Kapazität von 30.000 Ampère-Stunden, war auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902 zu sehen.

Ohne in das weite Anwendungsgebiet des Akkumulators im elektrischen Beleuchtungswesen und im Kraftbetrieb näher einzudringen, sei doch auf die letzte bedeutende Neuerung der führerlosen Lokomotive („Bergochs") System Böhm hingewiesen[1]), die als Ersatz für die lebenden Krafteinheiten bei der Grubenförderung zu dienen hat und bereits auf dem Schacht Amelung der Grube von der Heydt eingeführt und von der Firma Elektromontana in Berlin geliefert worden ist. Auf dieser elektrischen Lokomotive ist zum Zwecke ihres Antriebes eine Akkumulatorenbatterie untergebracht. Die Lokomotive fährt im Tempo eines Pferdezuges, hält bei Hindernissen selbsttätig an, stellt sich selbst die Weichen und ein Mann kann sie ohne Gefahr und leicht zum Stehen bringen; ihr Gewicht beträgt bis 2·5 t, ihre Leistung 8 Nutztonnenkilometer und es können mit einer Batterieladung 10 Kilometer zurückgelegt werden. Fig. 15 gibt ein Bild von beladenen Kohlenwagen mit dieser Lokomotive.

---

[1]) „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen", Jahrg. X, Heft 3, 1912. Das Klischee zu Fig. 15 hat in entgegenkommender Weise die Firma: „Elektromontana" beigestellt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

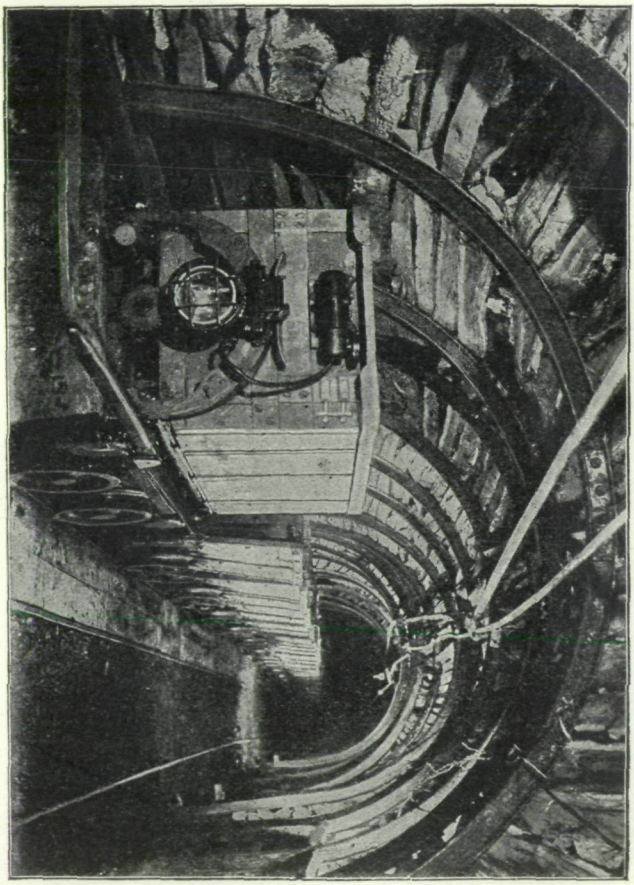


Fig. 15.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ein zweites aktuelles Beispiel der Akkumulatorenverwendung für Traktionszwecke ist der bevorstehende Betrieb einer elektrischen Omnibuslinie in Wien und hat Herr Direktor Stoll der neu begründeten Österr. Daimler-Tudor-Omnibusgesellschaft 2 Photographien zur Lichtbildervorführung in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. In einer eigenen Ladestation sind 20 Ladestände eingerichtet und sind jetzt 30 auswechselbare Batterien für 11 Omnibusse angeschafft. Jede Batterie besteht aus 44 Zellen mit einer Kapazität von 250 A^h. Mittels einer besonderen Fahrbühne kann der Batteriekasten, der unter dem Wagen hängt, ausgewechselt werden. Die Batterie wiegt 800 kg, der Wagen samt Batterie 3000 kg. Zum Aufladen steht in der Ladestation ein Strom von 110 Volt zur Verfügung, der durch Transformierung und Umformung eines vom städtischen Elektrizitätswerke eingeleiteten Drehstromes von 5000 Volt erhalten wird. Außerdem besteht noch eine Einleitung von direktem Gleichstrom von 2×200 Volt. Der Aktionsradius eines Omnibusses wird mit einer einmaligen Ladung im Mittel 40 Kilometer betragen. Zur Regulierung des Ladestromes ist ebenfalls eine Neuerung vorgesehen, die Herr Ober-Ingenieur Bäumer der Akkumulatorenfabriks-Aktiengesellschaft in Wien eingeführt hat[1]). Sie besteht in der Verwendung der soge-

[1]) Zeitschr. f. Elektrotechnik und Maschinenbau 1911, X. Jahrg., p. 541. „Über die Anwendung von Variatoren, automatisch wirkenden Eisendrahtwiderständen beim Laden von Akkumulatorenbatterien", von E. Bäumer.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nannten Wasserstoff-Eisendraht-Widerstände, auch Variatoren genannt (wie sie bei den Nernstlampen zum erstenmal Benützung fanden), zum Zwecke der automatischen Konstanthaltung der vorgeschriebenen Ladestromstärke bei auftretenden Änderungen der elektromotorischen Kraft der Ladestromquelle oder der Akkumulatorenzellen. Es sind glühlampenähnliche, geschlossene Glasbirnen, in welchen, in verdünnter Wasserstoffatmosphäre, an Stelle von Leuchtfaden entsprechend dimensionierte Eisendrähte sind. (Solche Variatoren sind zur Besichtigung vorgeführt worden.)

Eine der jüngsten Firmen, die Österreichische „Varta"-Akkumulatoren-Gesellschaft in Wien, die in engem Zusammenhange mit der Akkumulatorenfabriks-Aktiengesellschaft-Wien steht, bringt mit ihrem eigenen Verfahren für das Spezialgebiet der Kleinbeleuchtung besondere Akkumulatorentypen auf den Markt, von denen einige markante Ausführungen zur Besichtigung aufgestellt wurden, vornehmlich einige Grubenlampen, die sich durch sinnreiche Details auszeichnen, ferner die besondere Type „Accomet", als Ersatz für Primärelemente, mit dem Vorzug, daß Selbstentladung und Sulfatisierung nur im geringsten Maße auftreten kann, so daß dadurch und vermöge der konstanten Spannung sowie der soliden Konstruktion die Eignung für die Schwachstromtechnik sich ergibt.

Von weiterem Interesse wäre auch die Nachricht, daß die italienische Firma „Akkumulatoren-Werke Hensemberger", welche mit der bekannten deutschen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Akkumulatorenfabrik G. Hagen in Köln in Beziehung getreten ist, gegenwärtig in Wien eine Fabrik baut, und sind wir in der Lage, auch deren Erzeugnisse, insbesonders transportable Akkumulatoren für Zündzwecke und Wagenbeleuchtung, durch das eigens für den Vortrag dargebotene charakteristische Anschauungsmaterial kennen zu lernen.[1])

Den Abschluß unseres Themas bildet die Besprechung des Edison-Akkumulators.

Im Prinzipe besteht er aus einer negativen Eisen (Fe)- und positiven Nickelhydroxyd [$Ni(OH)_3$]-Elektrode mit einem Elektrolyt von 20 prozentiger Kalilauge (KOH). Die elektrochemische Wirksamkeit dieser Stoffe beim Laden und Entladen ist aus nachstehendem Schema zu ersehen, wie es sich nach den Untersuchungen von F. Foerster[2]) ergeben hat. (Von oben nach abwärts gelesen, stellt es den Entlade- und umgekehrt den Ladevorgang dar.)

Bei der Entladung verwandelt sich einerseits das Eisen (Fe) in Eisenhydroxydul [$Fe(OH)_2$], anderseits das Nickelhydroxyd [$Ni(OH)_3$] in Nickelhydroxydul

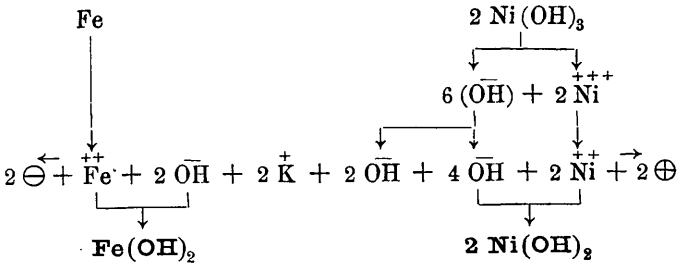
---

[1]) Auch Großoberflächenplatten dieser beiden Firmen lagen zur Besichtigung auf; die Konstruktion dieser Platten kann aus den Fig. 33 und 34, p. 54 und 55, des Buches: „Die Akkumulatoren", von Dr. E. Sieg (Handbuch der Elektrotechnik, 3. Bd., 2. Abt.), Leipzig, Hirzel, 1901, entnommen werden.

[2]) „Die Elektrochemie wässeriger Lösungen" von Prof. Dr. F. Foerster. Leipzig, A. Barth, 1905, p. 156.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

[$Ni(OH)_2$]. Bei der Ladung werden diese letzteren zwei Stoffe gezwungen, in die erstgenannten Produkte überzu-



gehen, welchen unter den gegebenen Umständen elektromotorische Wirksamkeit und dadurch die Befähigung

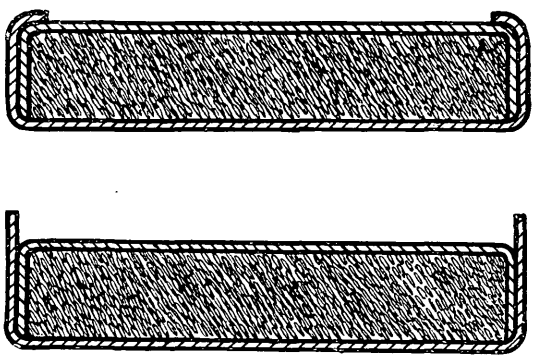


Fig. 16.

zukommt, einen Polarisationsstrom zu liefern. Und zwar wird bei der Entladung die Eisenplatte negativ (2 ⊖ =

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

= 2 freie negative Ladungen), die andere Platte positiv elektrisch (2 ⊕ = 2 freie positive Ladungen).

Die Elektroden werden in folgender Weise hergestellt:

Aus perforiertem, vernickeltem Stahlblech (0·075 mm stark und mit 280 Löchern pro cm^2) werden kleine Täschchen von der Form Fig. 16 erzeugt ($7^1/_2$ cm lang, $1^1/_2$ cm breit und 2 mm hoch) und durch Pressen mit der aktiven Masse gefüllt; letztere besteht bei der negativen Platte aus feinem, reinstem Eisenpulver, Eisenoxyd und 10 % Quecksilberoxyd, bei der positiven Platte aus reinem Nickelhydroxydpulver mit 10 % flockigem Graphit. Die Beimischung von Quecksilberoxyd, beziehungsweise Graphit bezweckt, das Material leit-

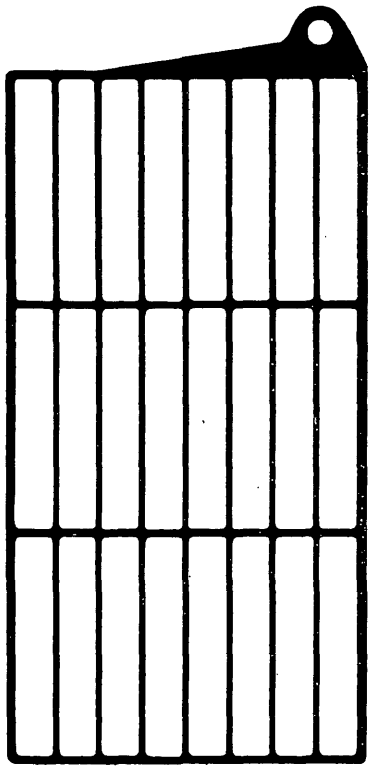


Fig. 17.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

fähiger zu machen. Diese Täschchen werden in Gitter (Fig. 17) aus vernickeltem Stahlblech unter hohem Druck eingepreßt und gewellt. Fig. 18 zeigt eine in eine Gitteröffnung eingepreßte Tasche, Fig. 19 eine gewellte Tasche.

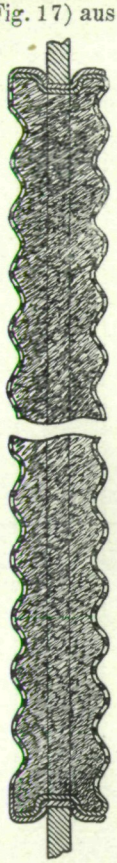


Fig. 19.

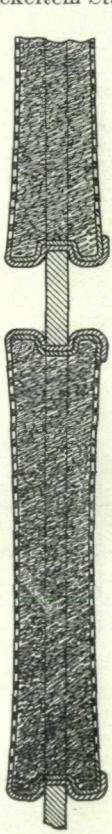


Fig. 18.

Jede dieser so entstandenen Platten haben oben einen Ansatz mit einer runden Öffnung. Mittels dieser Öffnungen werden sie auf einem eisernen Bolzen aufgereiht und ihr richtiger, nur einige Millimeter betragender Abstand durch dazwischen geschaltete Eisenscheiben gesichert, und durch Schrauben an den Enden des Bolzens wird alles zusammengehalten. Außerdem ist mit diesem noch ein Eisenstab als Pol für die Stromleitung fest angebracht. Zwei solche Plattensätze werden so ineinander geschoben, daß, wie beim Bleiakkumulator, immer eine positive zwischen zwei negativen Platten sich

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

befindet (Fig. 20). Das Ganze wird isoliert in einen vernickelten Stahlblechkasten eingesetzt. Aus dem ein-

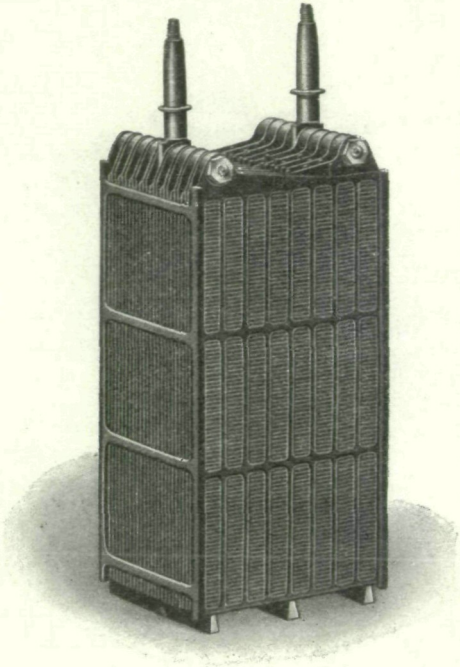


Fig. 20.

gelöteten Deckelverschluß des kompletten Akkumulators (Fig. 21) ragen die eingedichteten Polstäbe heraus; ferner ist hier ein Hartgummiverschluß vorgesehen, der nur Gase nach außen, aber keine Luft nach innen gelangen läßt, durch welch letztere die Lauge allmählich

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zersetzt würde. Außerdem ist noch eine Nachfüllöffnung vorhanden.

Derartige Zellen wurden seit 1903 in Amerika fabriziert und in Verwendung gebracht.

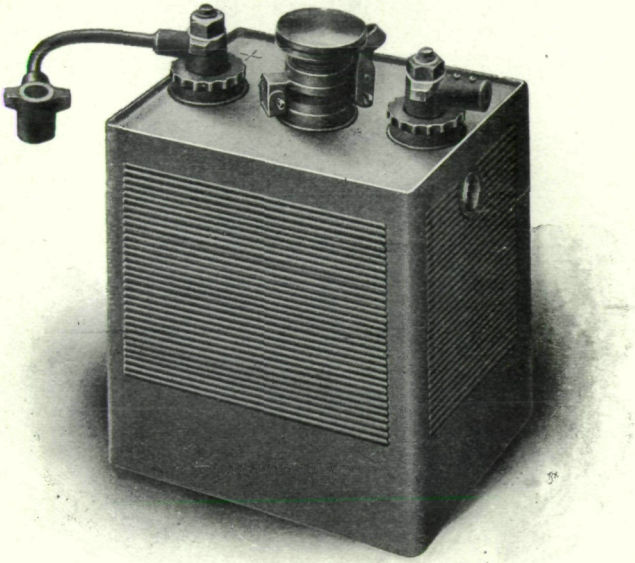


Fig. 21.

Während die elektromotorische Kraft beim Bleiakkumulator ausnützbar 1·95 Volt beträgt, zeigt die Edisonzelle eine solche von 1·23 Volt bei $3^3/_4$ stündiger Entladezeit. Die Entladung ist bei ersterem bei 1·85 Volt, bei letzterem bei 1·15 abzubrechen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Leistung geht aus folgenden Angaben hervor:

Bei $3^3/_4$ stündiger Entladezeit pro 1 kg Totalgewicht samt Holzkasten 24 Wattstunden beim Edisonakkumulator, nach Kammerhoff;[1])

bei 5 stündiger Entladezeit pro 1 kg Totalgewicht ohne Holzkasten 8 Wattstunden beim stationären Bleiakkumulator;

bei 5 stündiger Entladezeit pro 1 kg Totalgewicht ohne Holzkasten 32·5 Wattstunden beim transportablen Bleiakkumulator nach Roloff.[2])

Bei der Edisonzelle ist die Kapazität von der Entladungszeit weniger abhängig als beim Bleiakkumulator. Nimmt man auch bei der transportablen Bleizelle eine Entladedauer von $3^3/_4$ Stunden an, so ist hierfür eine um 5—6 % geringere Kapazität[3]) zu veranschlagen. In dieser Hinsicht stellt sich dann bei noch schnelleren Entladungen die Sachlage für die Edisonzelle nicht so ungünstig dar. Entladungen unter die Normalgrenze, längeres Stehen im entladenen Zustande sowie stoßweise

---

[1]) „Der Edisonakkumulator. Seine technischen und wirtschaftlichen Vorteile gegenüber der Bleizelle", von Meno Kammerhoff. Berlin, J. Springer, 1910; p. 99, Tabelle XIII, Zelle H_{27}.

[2]) „Der elektrische Akkumulator." Vortrag gehalten von Dr. Max Roloff, am 30. März 1909 im Verein für Technik und Industrie in Barmen. Als Manuskript gedruckt, p. 46.

[3]) „Die Akkumulatoren, ihre Theorie, Herstellung, Behandlung und Verwendung", von Dr. W. Bermbach. Leipzig, O. Wiegand, 1911, p, 163.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hohe Entladungen fügen der Zelle keinen Schaden zu. Auch scheint die Edisonkonstruktion den starken Anforderungen bei Traktionszwecken besonders gewachsen zu sein, so daß dadurch die Lebesdauer erhöht wird. Hingegen beträgt der Arbeitsnutzeffekt bei $3\,^3/_4$stündiger Entladezeit bloß 52% gegen 72% und die ausnützbare elektromotorische Kraft 1·23 V gegen 1·95 V beim Bleiakkumulator.

Neuerdings ist die Konstruktion der Edisonzelle derart geändert worden, daß bei gleichem Gewicht eine um 25% höhere Leistungsfähigkeit erreichbar sein soll; es werden pro Kilogramm Totalgewicht 30 Wattstunden angegeben. Fig. 23 stellt die neue positive + Platte dar.

Bei dieser neuen Type wird die negative Eisenplatte mit den flachen Täschchen beibehalten, hingegen besteht die positive Nickelhydroxydplatte aus Röhrchen, die aus spiralförmig gewundenem, fein perforiertem, vernickeltem Stahlband hergestellt und mit Stahlringen verstärkt werden. In dieselben werden als Füllung abwechselnde Schichten von Nickelflocken und Nickelhydroxydpulver bis zu etwa 375 Schichten maschinell eingepreßt, die abgeschlossenen Röhrchen werden dann in einen Stahlblechrahmen fix eingehängt. Die Fig. 22 zeigt den Verlauf der Lade- und Entladekurve der neuen Type.

Interessant ist die Fabrikation der Nickelschuppen,[1]) die eine Dicke von 0·0013 mm haben. Solche dünne Schüppchen können nur auf elektrochemischem Wege

---

[1]) Z. d. Vereins deutscher Ingenieure, 1911, p. 1695.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

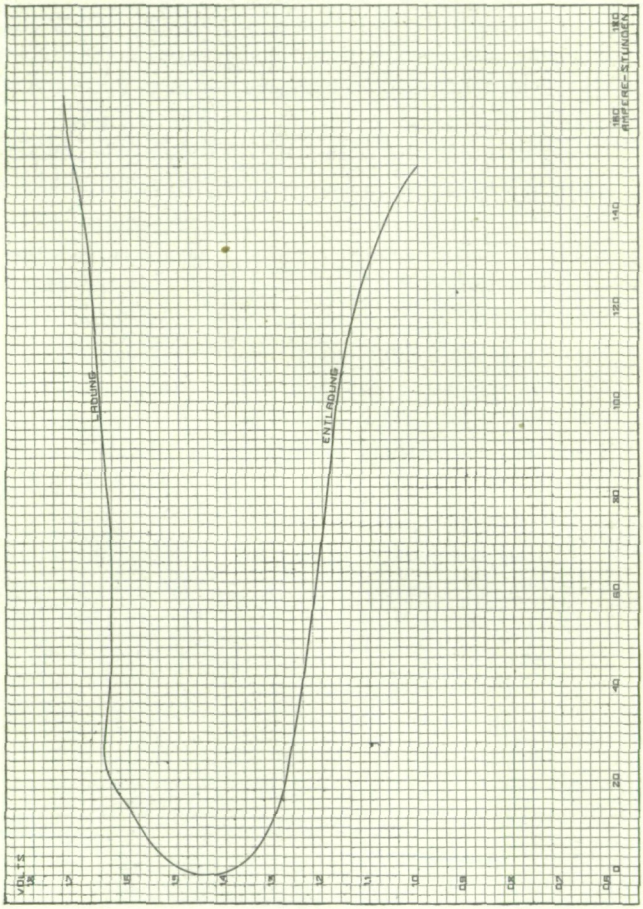


Fig. 22.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hergestellt werden. Ein rotierender Kupfer- oder Messingzylinder wird elektrochemisch mit einem dünnen Eisenüberzug versehen, damit die späteren Metallschichten leichter ablösbar sind, gelangt dann in ein Kupferbad, wo sich elektrolytisch eine dünne Kupferschicht bildet. Der Zylinder wird dann herausgehoben, gewaschen und hierauf in einem Nickelbad elektrolytisch mit einer Nickelmetallhaut von der oben genannten Dicke von 0·0013 mm überzogen. Dieses Verkupfern und Vernickeln wird abwechselnd fortgesetzt, bis 125 Lagen jedes Metalles auf dem Zylinder niedergeschlagen sind. Dieser wird dann aufgeschnitten und man kann jetzt eine aus den Schichten bestehende Platte abheben, die in kleine Quadrate von etwa 1·6 mm Seitenlänge zerschnitten wird. Aus diesen feinen Plättchen wird dann das Kupfer chemisch herausgelöst, so daß die außerordentlich dünnen Nickelschüppchen übrig bleiben.

In Deutschland wird die Edisonzelle seit dem Jahre 1906 von der Deutschen Edison-Akkumulatoren-Company in Berlin fabriziert. In Wien sind seit einigen Jahren im Bergmannschen Elektrizitätszähler-Werk zwei größere Batterien für Eichungszwecke in zufriedenstellender Tätigkeit.

Die deutsche Firma hat für den Vortrag mit größtem Entgegenkommen Demonstrationsmaterial und auch entsprechende Klischees (Fig. 16 bis 23) zur Benützung überlassen.

Wir haben den Weg verfolgt, den die Entwicklung des Akkumulators vom einfachsten Laboratoriumsversuch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Sinstedens im Jahre 1854 bis zu den angestrengten Bemühungen und Erfolgen der modernen Fabriken genom-

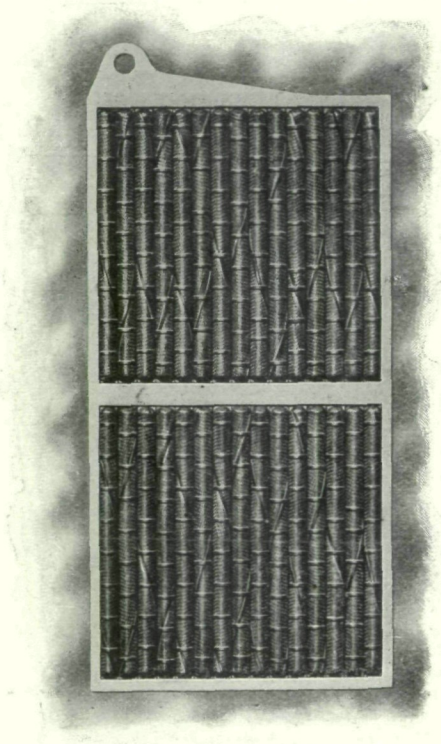


Fig. 23.

men hat, und gleichzeitig Einblick gewonnen in die Werkstätte theoretischer Forschung, wo mit dem Aufgebote

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

größten Scharfsinnes es gelungen ist, in das komplizierte Wesen der Wirksamkeit des Akkumulators größere Klarheit zu bringen, so daß zu erhoffen ist, daß es dieser mächtigen, unermüdlichen Zusammenarbeit der Theorie und der Praxis gelingt, vielleicht auf ganz anderen, ungeahnten Wegen dem idealen Ziele näherzurücken, das in dem so wichtigen Problem der Akkumulierung elektrischer Energie erstrebt wird.

Zum Schluß sei allen bereits genannten Firmen der volle Dank für die besondere Beihilfe abgestattet, durch welche dem Vortrage ein lebhafteres, anschauliches Gepräge verliehen werden konnte.[1])

---

[1]) Am Ende des Vortrages wurden noch 40 Lichtbilder vorgeführt, welche einen weiteren Einblick in die Entwicklung der Akkumulatorentechnik gewährten; die Bilder betrafen: charakteristische Plattentypen (Großoberflächen-, Gitter- und Masseplatten), den Zellenaufbau und die Schaltungsweisen von Batterien, die gesamten Arbeitsräume einer Akkumulatorenfabrik, Kraftwagen, Lokomotiven und den Wiener Omnibus mit Akkumulatorenbetrieb sowie die Edisontypen mit ihren konstruktiven Einzelheiten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 52

Autor(en)/Author(s): Paweck Heinrich

Artikel/Article: Die Elektrochemie der Akkumulatoren insbesondere auch des Edisonakkumulators. 357-414