

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294704

Electrochemie.

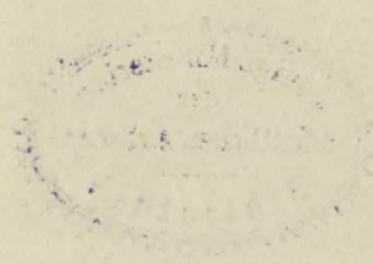
2.136^x

Encyclopädie
der
Electrochemie.

VI. Band.

Elemente der Algebra

Erste Auflage



F.

Die

Sekundär-Elemente.

Auf Grundlage der Erfahrung

dargestellt

von

Paul Schoop,

Doctor der Naturwissenschaften.

III. Teil.

Über den

Zink-Kupfer-Sammler und den Zink-Blei-Sammler

nebst der

**Verwendung von Accumulatoren für Eisenbahnwagenbeleuchtung,
electrische Schiffe und Strassenbahnwagen.**

Mit 3 Curven und 61 Figuren.

F. Nr. 20956



Halle a. S.,

Verlag von Wilhelm Knapp.

1896.

III

x
2.136



II-351662

~~II 5911~~



Akc. Nr. ~~4596~~ 50

B 22-13-81/2018

Vorwort.

Seit dem Erscheinen des I. Theils dieser Monographie ist dem Verfasser der Vorwurf gemacht worden, dass derselbe bei den theoretischen Auseinandersetzungen über die in Betracht kommenden electrochemischen Reactionen sich nicht auf den Standpunkt der neuern Jonentheorie gestellt habe. Wenn die Ausdrucksweise und die Anschauungen, welche sich aus den geistvollen Hypothesen von Arrhenius ableiten, nicht berücksichtigt worden sind, ist dies aus folgenden Gründen mit Absicht geschehen. Erstens ist die Jonentheorie, wie diese speciell von Leipzig aus mit Hochdruck in die Welt gesandt wird, nur vom kleinern Teil der auf Beachtung Anspruch machenden Physiker und Chemiker bis jetzt adoptirt worden. Ein Teil der namhaftesten Gelehrten auf diesem Gebiet verhält sich absichtlich mit grösster Reserve gegenüber den sich förmlich überstürzenden Ideen und Aenderungen, welche der Annahme der „freien Ionen“ entspringen. Es ist hier nicht der Ort, die Ursachen dieser Thatsache zu discutiren, aber es würde einer Verkennung der Wirklichkeit gleich kommen, wenn, wie öfters von beteiligter Seite ausgesprochen worden ist, die erwähnte ablehnende Haltung auf Unkenntniss der in Betracht kommenden Arbeiten zurückgeführt würde. — Ferner sagte sich Verfasser, dass, da diese Monographie speciell für Electrochemiker bestimmt ist, auch darum die jedesmalige Gegen-

überstellung der „neujönischen“ Ansichten von wenig Nutzen für den Leser hätte sein können, denn zur Erklärung der bei der Electrolyse stattfindenden Vorgänge erscheint überhaupt die Hypothese von Arrhenius nicht unbedingt erforderlich. So schön die Parallelen, welche diese mit andern Gebieten der Physik zu ziehen gestattet, sind, hat doch die Annahme der „freien Ionen“ bis jetzt nichts weniger als befruchtend auf dem Gebiete der angewandten Electrochemie gewirkt. Und doch ist der Einfluss, den hervorragende Umwälzungen in hergebrachten wissenschaftlichen Anschauungen auf chemischem oder electricischem Gebiet auf die Entwicklung oder Richtung der betreffenden Technik hatten, bisher ein zuverlässiger Maassstab des Werts der umwälzenden Ideen gewesen. Der Satz, der seinerzeit von Fittig ausgesprochen worden ist, dass der Wissenschaft mehr durch gewissenhafte Experimentalforschungen als durch Constitutionsformeln geholfen werde, ist wohl heute noch richtig. Die Annahme der „freien Ionen“ ist eine Formel über die Constitution der Lösungen, über welcher dieser und jener Anhänger derselben den Wert von grundlegenden Experimentaluntersuchungen, wie solche von Faraday's und Helmholtz' Genius vorbildlich überliefert worden sind, ganz zu übersehen scheint.

Paul Schoop.

Inhaltsübersicht.

Capitel XIX. Der Kupfer-Zink-Accumulator.		Seite
129.	Lalande's Element	2
130.	Cupron-Element	6
131.	Wiederladung einer Versuchszelle	8
132.	Desmazuers' Sekundär-Element	11
133.	Patentübersicht	14
134.	Anspruch von A. Dun	16
135.	Aron's Patent	16
136.	Desmazuers' Beschreibung	17
137.	Neuerung von Boettcher	17
138.	Patentgeschichte von Entz	18
139.	Electrode von W. Phillips	19
 Capitel XX. Gutachten über den Wadell-Entz-Accumulator.		
140.	Wortlaut vom I. Gutachten	22
141.	II. Gutachten	25
142.	Zur nähern Begründung	27
143.	II. Ladung und Entladung	29
144.	III. " " "	30
145.	IV. " " "	35
146.	Verhalten der Zellen gegen Kurzschluss	38
147.	Die Klemmenspannung während der Entladung	39
148.	Hauptübelstand	41
149.	Quecksilberoxyd als Depolarisator	42
 Capitel XXI. Ueber die Lösung von Zinkoxydkali.		
150.	Herstellung des Electrolyts	44
151.	Einwirkung von Zink auf kaustisches Alkali	45

	Seite
152. Sekundäre Reaction	46
153. Zinkauflösung mit Zuhülfenahme des Stromes	47
154. Technische Herstellung	51
155. Beseitigung von Verunreinigungen	55
156. Herstellung der Kathoden für den Zink-Sammler	56
157. Der Zellkasten.	59
158. Neue Herstellungsweise der Kupferanoden	60
159. Beschreibung des Glühofens	61

Capitel XXII. Ueber Circulationsvorrichtungen an electrolytischen Apparaten.

160. Wichtigkeit der Circulation des Electrolyts	63
161. Einfachste Vorrichtung	64
162. Fletscher's Anordnung	66
163. Vorschlag von Lagarde	68
164. Hermite's Apparat	68
165. Methode von Wadell-Entz	69
166. Verbesserte Einrichtung	70
167.erspülung der Kathoden	70
168. Kreislauf der Flüssigkeit um beide Electroden	71
169. Automatische Circulation beim Kupfer-Sammler	72
170. Erläuterung	74
171. Castner's electrolytische Zelle	76

Capitel XXIII. Zur Construction des alkalischen Zink-Kupfer-Sammlers.

172. Allgemeines	77
173. Flache Zellform	78
174. Hohe Zellform	79
175. Dimensionirung der Kupferstifte	80
176. Kreisproblem	81
177. Jüngste Ausbildung	84

Capitel XXIV. Allgemeines über den Kupfer-Sammler.

178. Vergleiche mit dem Blei-Accumulator	86
--	----

Capitel XXV. Der Zink-Blei-Accumulator.

179. Element von Reynier	91
180. Einwände gegen die Zink-Blei-Zelle	93
181. Gutachten I.	95

	Seite
182. Gutachten II	96
183. Patentübersicht	98
184. Meserolo's Patente	100
185. Main's Patente	102
186. Constructionseinzelheiten	103
187. Vorschlag von Häfner und Langhans	106
188. Versuchselement	107
189. Electrolytische Zinkfällung	108
190. Ladung des Zink-Blei-Sammlers	110
191. Ersatz des Zinks durch Cadmium	111

Capitel XXVI. Gas-Accumulatoren.

192. Platinschwamm-Element	112
--------------------------------------	-----

Capitel XXVII. Verschiedene Sekundär-Elemente.

193. Patentübersicht vom Jahre 1890 (U. S.-Patente)	120
194. Combinationen mit Zink als die eine Electrode	125
195. Eisen-Accumulator	126
196. Schlussbemerkung	129

Capitel XXVIII. Electriche Beleuchtung von Eisenbahnwagen.

197. Zugbeleuchtung ohne Batterien	132
198. Zugbeleuchtung mit Sekundär-Batterien	134
199. Beleuchtung eines Kais. Separatzugs	135
200. Eisenbahnwagenbeleuchtung der dänischen Staatsbahnen	140
201. Beleuchtung einzelner Wagen	142
202. Fall, wo die Batterien nicht ausgewechselt werden	143
203. Fall, wo die Batterien ausgewechselt werden	146
204. Einrichtungskosten eines Bahnwagens	149
205. Berechnung der Ladestation	151
206. Betriebskostenberechnung	152
207. Vergleich zwischen Oelgas- und el. Beleuchtung	153
208. Zugbeleuchtung in Amerika	154
209. Verbreitung der el. Zugbeleuchtung	156

Capitel XXIX. Schiffe mit Accumulatorenbetrieb.

210. Prospect	158
211. Schiffsmotor	163
212. Ladestation	165
213. Probefahrten	168
214. Probefahrten	169

Capitel XXX. **Strassenbahnwagen mit Accumulatoren-**
betrieb.

	Seite
215. Accumulatorenwagen in Paris	171
216. Traction in Birmingham	174
217. Amortisationsquote	175
218. Project für den Tram Basel	176
219. Berechnung der mittleren Arbeit	179
220. Berechnung der Anlagekosten	183
221. Stärke der Ladestation	186
222. Batterieschaltung bei der Entladung	188
223. Schlussbemerkung	190



Capitel XIX.

Der Kupfer-Zink-Accumulator.

Der Blei-Accumulator ist das einzige, practisch verwertbare Sekundär-Element. Dagegen sind einige galvanische Combinationen schon seit vielen Jahren Gegenstand eifriger Bearbeitung gewesen, weil dieselben unter bestimmten Bedingungen ebenfalls so vollkommen reversibel sind, dass an eine technische Verwendung derselben gedacht werden konnte. Als Hauptrepräsentanten dieser Classe von Sekundär-Elementen sind anzuführen:

1. Die Combination Zink-Kupferoxydul mit Zinkoxydkalilösung als Electrolyt.
2. Die Combination Zink-Bleisuperoxyd mit verdünnter Schwefelsäure als Electrolyt.
3. Die Combination Zink-Chromsäure mit Kochsalz als Electrolyt.

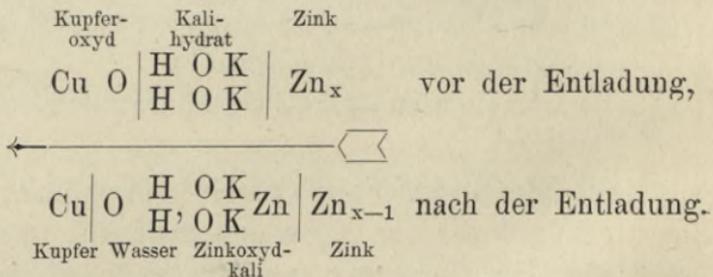
Die unter 1 angeführte Combination verdient insofern das Hauptinteresse, als über dieselbe nicht nur wissenschaftliche Untersuchungen, sondern auch technische Proben und Angaben vorliegen.

Der alkalische Kupfer-Accumulator, wie das zu erörternde Element auch oft bezeichnet wird, ist aus der Kupferoxyd-Zelle von Lalande hervorgegangen. In dem Buch „Primär-Elemente“ (Carhart, Knapp in Halle 1895) ist diese genauer beschrieben und über die elec-

trischen Verhältnisse alles Nötige angegeben worden. Daher kann an dieser Stelle über Lalande's Element nur dasjenige kurz wiederholt werden, worauf in spätern Auseinandersetzungen Bezug genommen werden muss.

129. Lalande's Element besteht in der Hauptsache aus einem Eisengefäss, dessen Boden mit grobkörnigem, porösem Kupferoxyd bedeckt und das mit einer concentrirten Lösung von Kalihydrat angefüllt ist; am Deckel ist eine Zinkspirale befestigt, welche vollkommen in die Kalilauge eintaucht.

Wenn eine electriche Verbindung zwischen dem Zinkpol und dem Eisengefäss hergestellt wird, fliesst ein Strom vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupferoxyd und dem Eisengefäss; das Zink ist also Anode, das Eisengefäss Kathode. Im äussern Stromkreis fliesst der Strom vom Eisengefäss zum Zinkpol. Es löst sich Zink dabei auf; gleichzeitig wird das schwarze Kupferoxyd in rotes Kupferoxydul und schliesslich in metallisches Kupfer (Schwammkupfer) übergeführt und die Kalihydratlösung wird durch das sich auflösende Zink neutralisirt. Nachstehende Formeln stellen die Vorgänge dar:



Um den Entladungsvorgang genauer zu betrachten, kann man folgendermaassen verfahren. Ein Glas wird mit Kalilauge, durch Auflösen von 1 Gewichttheil festen Kalihydrats in 2 Gewichttheilen Wasser erhalten, zu $\frac{2}{3}$ angefüllt und eine Zinkplatte senkrecht hineingestellt. Die Kupferoxydelectrode bereitet man sich folgendermaassen:

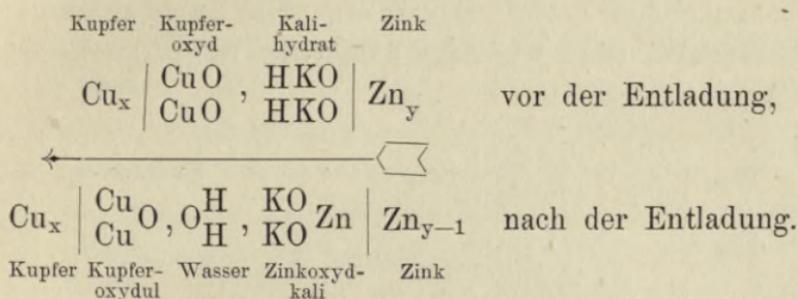
Aus einem Kupferdrahtnetz (aus ca. $\frac{1}{2}$ Millimeter dicken Drähten) wird ein, der Zinkplatte etwa ähnliches Stück ausgeschnitten und mit einer Paste aus Kupferoxyd bestrichen. Das Kupferoxyd stellt man sich durch Eingiessen gesättigter Kupfervitriollösung in verdünnte kochende Kalilauge, Abdekantiren, Auswaschen und Trocknen des schwarzen Niederschlags dar.

Der Körper bildet beim Zerreiben ein unfühlbares Mehl, das nun mit soviel verdünnter Schwefelsäure, dass gerade eine Paste entsteht, zusammengerieben und über das Kupferdrahtnetz gestrichen wird, so dass die Maschen desselben ausgefüllt werden. Nach dem Trocknen bildet diese Platte eine zweckmässige Electrode, die jetzt dem Zink gegenüber gestellt wird. Die herausragenden Enden der beiden Platten werden mit einem regulirbaren Widerstand verbunden und jetzt die einander zugekehrten Seiten derselben im durchfallenden Licht beobachtet, während nebenbei die Stromstärke und Spannung des Elements ebenfalls gemessen werden. Der Widerstand werde so gewählt, dass die Stromdichte etwa 1 Ampère pro Quadratdecimeter Zinkfläche beträgt. Der Abstand der Platten sei ca. 5 Millimeter. Nun kann folgendes beobachtet werden: Sobald die Kupferoxydplatte in die Lösung eintaucht, färbt sich die Kalilauge an der Oberfläche dieser Platte schön blau. Wenn der Stromkreis nicht sofort geschlossen wird, sondern einige Zeit offen bleibt, verbreitet sich die Bläuung über die ganze Lösung und das Zink überzieht sich mit einem dunkeln Anflug. Das Kupferoxyd löst sich, allerdings nur in geringem Maasse, in der Kalilauge mit blauer Farbe auf. Aus dieser Lösung verdrängt Zink Kupfer, indem ersteres sich mit einem Anfluge des letzteren, ev. mit Kupferoxyd, bedeckt. Wenn sich Kupfer am Zink abgesetzt hat, tritt eine Erscheinung auf, die vorher nicht gesehen werden konnte. Es steigen kleine Gasbläschen von der Zinkplatte auf und längs der

Oberfläche derselben bilden sich Schlieren, die gegen den Boden des Gefässes sinken. Das Zink, solange es rein war, hatte sich in der Kalilauge nicht merkbar aufgelöst; nachdem aber Spuren von Kupfer an dasselbe gelangten, löst es sich langsam auf, wobei sich die Kalilauge mit Zink sättigt, die specifisch schwerere Zinkoxydkalilösung bildend. Da der Stromkreis geöffnet ist, kann dieser Lösungsvorgang beim Zink offenbar nicht zur Strombildung beitragen; er ist eine sogenannte Lokalaction, veranlasst durch das Vorhandensein eines electro-negativen Elements als Zink an diesem, nämlich von Kupfer.

Will man den, durch keine Lokalaction gestörten Entladungsvorgang des Elements beobachten, dann muss bloß dafür gesorgt werden, dass im selben Moment, in dem die Kupferoxydelectrode in die Flüssigkeit eintaucht, auch sofort ein genügend starker Entladungsstrom durch die Zelle geht. Man bereitet also alles vor und steckt erst zuletzt die Kupferoxydplatte in das Gefäss, wodurch gleichzeitig der Stromkreis geschlossen wird. Nun zeigen sich an beiden Electroden kleine Schlieren und zwar sinken die am Zink gegen den Boden, während an der Kupferoxydplatte die Schlieren aufwärts steigen. So kommt es, dass nach einiger Zeit eine specifisch schwerere Schicht von zinkhaltiger Kalilauge über dem Boden des Gefässes liegt, und an der Oberfläche eine verdünntere Lösung sich ansammelt. — Das Zink wird aufgelöst und zwar etwas mehr gegen die Oberfläche der Lösung als nach unten hin; das Kupferoxyd zeigt lange Zeit keine Veränderung und in Uebereinstimmung damit bleibt die electromotorische Kraft des Elements (durch Oeffnen des Stromkreises und unmittelbar darauf folgendes Messen der Potentialdifferenz zwischen beiden Electroden erhalten) auf derselben Höhe von 1.03 Volt. — Schliesslich nimmt die Kupferoxydplatte eine dunkelrote Färbung an und wenn nun wieder die electromotorische Kraft gemessen

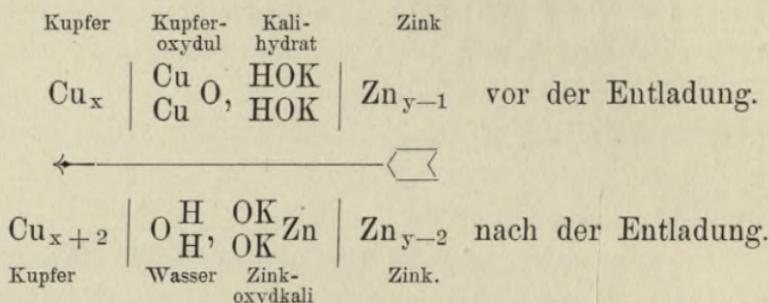
wird, liegt dieselbe um 0,85 Volt herum. Thatsächlich ist jetzt kein Kupferoxyd (CuO) mehr auf dem Kupfernetz vorhanden, sondern eine niedrigere Oxydationsstufe, Kupferoxydul (Cu₂O). Der Vorgang lässt sich folgendermaassen schreiben:



Ein sehr wichtiger Unterschied zwischen Kupferoxydul und Kupferoxyd ist, dass ersteres in Kalilauge oder Zinkoxydkalilösung ganz unlöslich ist. Wenn das, soweit entladene Elementchen bei geöffnetem Stromkreis stehen bleibt, bildet sich um die Kupferplatte herum keine blaue Färbung mehr und das Zink bleibt rein. Deshalb wird, beim Sekundär-Element, nur das Kupferoxydul benutzt und die Bildung von Kupferoxyd ängstlich zu vermeiden gesucht. Zwar ist die electromotorische Kraft der Combination $Cu_2O | KOH | Zn$ um 15% kleiner, als diejenige von $CuO | KOH | Zn$, aber dieser Umstand wird durch die Unlöslichkeit des Kupferoxyduls mehr als aufgehoben. — Dass die gelegentliche Bildung von Kupferoxyd beim Laden des Sekundär-Elements einen Hauptübelstand von letzterem bildet, wird später des Näheren erörtert werden.

Wird das Element weiter entladen, dann sinkt nach einer gewissen Zeit die electromotorische Kraft desselben gegen Null. Es löst sich bis zu diesem Punkt weiteres Zink auf, was wieder durch die herabsinkenden Schlieren ersichtlich wird; ebenso zeigen sich aufsteigende Schlieren an der Kupferoberfläche. Diese nimmt eine etwas hellere,

mehr ins Gelbrote gehende Färbung an. Wenn die Stromstärke in Folge der gegen Null sinkenden Spannung ebenfalls auf Null sinkt, ist sämtliches Kupferoxydul in metallisches (Schwamm-)Kupfer verwandelt und das Zink löst sich nicht mehr merklich auf. Der Vorgang, welcher vollkommen den Entladungsvorgang beim Kupferaccumulator darstellt, kann wie folgt dargestellt werden:



130. Aus einem kleinen Prospect von Umbreit und Matthes (Leipzig) über das „**Cupron-Element**“ sind beifolgende zwei Entladungscurven entnommen. Das Cupron-Element besteht aus zwei parallel zu einander und senkrecht in einem Glasgefäss hängenden Zinkplatten, zwischen denen eine mit Kupferoxyd (resp. Kupferoxydul) gefüllte Platte hängt. Aus den Curven geht hervor, dass offenbar die Kupferplatte zum grössten Teil Kupferoxydul mit nur wenig Kupferoxyd enthielt.

Das betreffende Element ist 190 Millimeter lang, 190 Millimeter hoch und 55 Millimeter breit und enthält eine Kupferelectrode von 8 Millimeter Dicke, 115 Millimeter Länge und 100 Millimeter Höhe. Diese Platte wiegt 320 Gramm, wovon vielleicht 80% auf Kupferoxydul, 10% auf Kupferoxyd und 10% des Gewichts auf das als Träger und Leiter dienende Kupfernetz entfallen mögen. Die electromotorische Kraft der Zelle wird zu 0,8 Volt angegeben (es ist damit wahrscheinlich die Klemmenspannung des arbeitenden Elements gemeint), die Entladungsstromstärke zu 1—1,5 Ampère, die Capacität zu

25—30 Ampèrestunden und der innere Widerstand zu 0,06 Ohm. Da pro Ampèrestunde 2,661 Gramm Kupferoxydul (Cu_2O) in Kupfer übergeführt werden, müsste die Capacität der Platte etwas über 100 Ampèrestunden betragen, vorausgesetzt, dass genügend Zink und kaustische Lauge in der Zelle vorhanden sind. Da jede der beiden, der Kupferelectrode gegenüberhängenden Zinkplatten 120 Gramm wiegt und die pro Ampèrestunde theoretisch verbrauchte Zinkmenge 1,212 Gramm beträgt, ist wirklich genügend Zink vorhanden. — Wenn, wie bei vorliegender Zelle, als Electrolyt nicht Kalihydrat, sondern der Billigkeit halber Natronhydrat benutzt wird, dann müsste, unter der Voraussetzung, dass sämtliches Natronhydrat durch Zink neutralisirt, d. h. in Zinkoxydnatron übergeführt werde, der Electrolyt rund 150 Gramm reines NaOH (auf die Entladung von 100 Ampèrestunden bezogen) oder circa 170—180 Gramm technisches Natronhydrat enthalten.

Nach Umbreit und Matthes soll die Lösung dadurch bereitet werden, dass in 1 Liter Wasser 150 Gramm technisches Natronhydrat gelöst werden, wodurch die Lösung auf 16—18° Bé (oder 1,125—1,142 spezifisches Gewicht) kommt; dies entspricht einem Gehalt von 11—12% NaOH .

Nach den angeführten Dimensionen der complete Zelle und der Platten dürfte das Element kaum viel mehr als 1 Liter Flüssigkeit enthalten, so dass also nicht genug Natronhydrat vorhanden ist, um die Entladung der Kupferelectrode zu Ende führen zu können. Der Abfall der Spannung in den Curven ist daher nicht auf die Erschöpfung des Kupferoxyduls zurückzuführen, sondern auf die am Zink auftretende Sauerstoffpolarisation in Folge ungenügender Löslichkeit des gebildeten oxydirten Zinks (aus Mangel an Natronhydrat). Diese Ansicht wird schon durch den Anblick der Curven wachgerufen. Der Verbrauch an technisch reinem Aetznatron wird zu 3 Gramm

pro Ampèrestunde angegeben, so dass wirklich die Capacität dieses Elements allein von der vorhandenen Menge Aetznatron bestimmt wird.

Wenn das Element in der Stromlieferung nachlässt, kann die Kupferelectrode wieder regenerirt werden, indem dieselbe mit Wasser abgspült und bei mässiger Wärme während 24 Stunden trocknen gelassen wird. Bei 60 — 80° Cels. vollzieht sich die Regeneration schon während 2 — 3 Stunden.

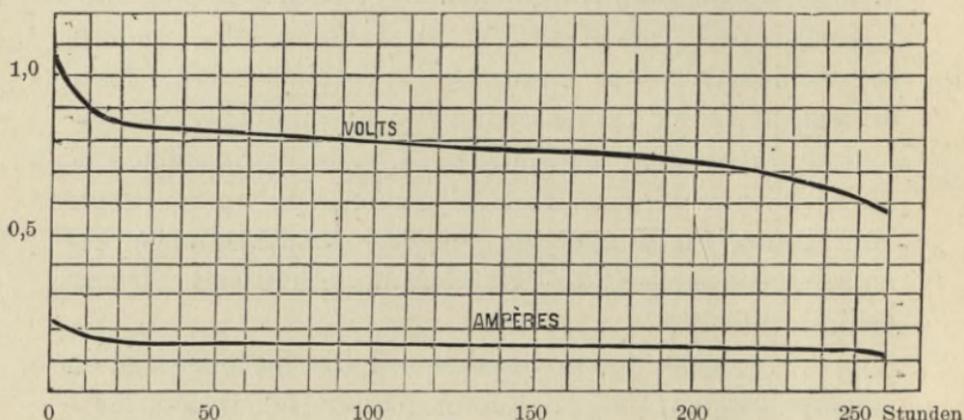


Fig. 140.

I. Entladungscurve des Cupron-Elements von Umbreit und Matthes.

Das Cupron-Element wird für kleine Beleuchtungsanlagen und ärztliche Zwecke empfohlen.

131. Nach dieser Abschweifung soll nun die **Wiederaufladung der kleinen Versuchszelle** näher betrachtet werden.

Die nähere Erklärung der electrochemischen Vorgänge bei der Entladung der Combination $\text{Cu}_2\text{O} \mid \text{KOH} \mid \text{Zn}$ soll deshalb hier unterlassen werden, weil die dabei verlaufenden Reactionen nicht schärfer in Untersuchung genommen worden sind, sondern gemeiniglich bloss das Resultat derselben bekannt geworden ist.

Danach verbindet sich das Zink mit Sauerstoff, wobei die entstehende sauerstoffhaltige Zinkverbindung in

der Flüssigkeit sich auflöst, und das Kupferoxydul verliert ebensoviele Sauerstoff, als das Zink aufnimmt, wobei es sich in Kupfer verwandelt. In anderer Ausdrucksweise wiedergegeben: Zink verdrängt Wasserstoff aus dem Kalihydrat, so dass an Stelle der Wasserstoffjone, welche in gasförmigen Zustand übergehen, Zinkjone treten. Der sich ausscheidende Wasserstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff des Kupferoxyduls zu Wasser. — Auf einen

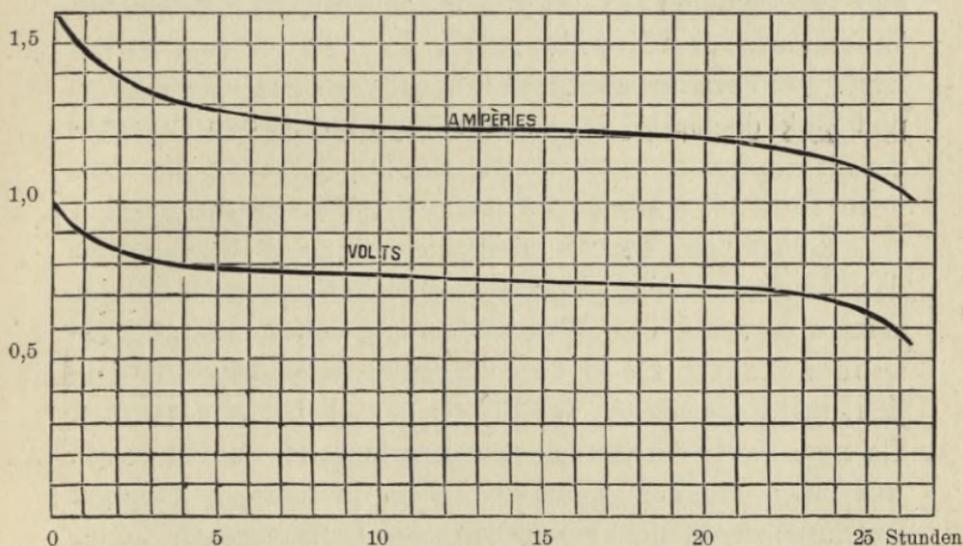


Fig. 141.

II. Entladungscurve des Cupron-Elements.

Umstand soll hier aufmerksam gemacht werden: Diese Reactionen sind in hohem Maasse von der Temperatur der Lösung abhängig und dieser Umstand verspricht eine wesentliche Erleichterung der Analyse der in Betracht kommenden Erscheinungen. Es ist anzunehmen, dass die in frühern Capiteln bei der Untersuchung der Blei-Accumulatoren angeführten Ueberlegungen und Methoden auch hier mit Vorteil Verwendung finden. — Die Wiederaufladung der Kupferelectrode ist bereits berührt worden; Lalonde hat zuerst die „Belebung“ oder Regeneration des porösen Schwammkupfers in seinem Element dadurch be-

wirkt, dass er ersteres in mehr oder weniger gewaschenem Zustand bei erhöhter Temperatur der Luft exponirte. Während massives Kupfer sich nur mit einem minimalen Hauch von Oxydul überzieht, wenn es auf circa 200 bis 300° Cels. erwärmt wird, und erst bei Rotglut den Hauch von schwarzem Kupferoxyd annimmt, geht das fein verteilte Kupfer (Schwammkupfer) an der Luft schon bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen in Kupferoxydul über und vollkommen in schwarzes Kupferoxyd, wenn die Temperatur des Kupfers auf 100—200° Cels. erhalten wird. — Vorausgesetzt, dass noch genügend Kalihydrat und Zink disponibel ist, kann die solchermaassen „regenerirte“ Kupferelectrode wieder als Depolarisator für eine neue Entladung dienen.

Es ist kein Zweifel, dass diese Art der Regeneration der Kupferelectrode bedeutend einfacher und auch billiger sein muss, als die Wiederladung auf electrolytischem Wege. Es ist keine Kraftleistung dazu erforderlich, das Herausheben der Electrode vielleicht abgerechnet. Da aber auch die Zinkelectrode regenerirt werden muss, und hier nur der electriche Weg in Betracht kommen kann, wird an die Verwendung des Luftsauerstoffs leider nicht weiter gedacht werden können, da das Schwammkupfer den wirksamsten Depolarisator für den bei der Zinkabscheidung an der Anode auftretenden Sauerstoff bildet.

Wenn durch die entladene Zelle ein Strom in entgegengesetzter Richtung zu dem, von der Zelle selbst gelieferten geleitet wird, so dass die Zinkplatte zur Kathode, das Kupfer zur Anode wird, dann scheidet sich, wenn die Temperatur der Flüssigkeit z. B. um den Gefrierpunkt des Wassers liegt, auf der Zinkscheibe ein mattgrauer, voluminöser Anflug ab sammt einigen Gasblasen, die an der Oberfläche derselben hängen bleiben. An der Kupferplatte zeigt sich die blaue Färbung. Es ist bereits weiter

oben die Ursache derselben erläutert und nachgewiesen worden, dass solche zu vermeiden sei. Dies gelingt nun, wenn die Lösung, die jetzt hauptsächlich Zinkoxydkali und weniger Kalihydrat enthält, auf höhere Temperatur erwärmt wird. Je höher die Temperatur derselben, desto glatter und rapider geht die Bildung von Kupferoxydul vor sich; anderseits bewirkt die erhöhte Temperatur eine teilweise Erschwerung der Zinkausscheidung, indem auch Wasserstoff auftritt. Die passende Mitteltemperatur liegt zwischen $50-60^{\circ}$ Cels., je nach der Stromdichte beim Laden. An der Zinkplatte scheiden sich, namentlich an den Kanten, graue und unregelmässige Ansätze ab, während an der Kupferplatte keine sichtbaren Veränderungen vor sich gehen, die etwas dunklere Färbung derselben gegen den Schluss der Ladung abgerechnet. — Es ist nun nicht möglich, beim Lalande-Element oder bei irgend einer als Primär-Element verwendeten Kupferzelle die electricische Regeneration so durchzuführen, dass dasselbe nur einigermaassen wieder eine, dem ursprünglichen Zustand vergleichbare Leistungsfähigkeit annimmt. Im Gegenteil wird von der eingeschickten Electricitätsmenge höchstens ein geringer Bruchteil wieder erhältlich sein. Der Grund davon wird sich aus den nachfolgenden Ausführungen ergeben; es mag schon jetzt erwähnt werden, dass die seit vielen Jahren und von verschiedensten Seiten gemachten Anstrengungen, die Regeneration dieses Elements technisch durchführbar zu gestalten, bis jetzt noch zu keinem sicheren Resultat geführt haben.

132. Desmazure's Sekundär-Element. Vor etwa zehn Jahren begann C. Desmazes seine Versuche, der Combination $\text{Cu}_2\text{O} \mid \text{KOH} \mid \text{Zn}$ eine solche Form und Behandlung zu geben, um sie practisch reversibel zu gestalten. Es ist, wie dem Verfasser scheint, wenig über Desmazes' Batterie in die Oeffentlichkeit gedrungen und das Letzte, was Verfasser über dieselbe erfahren konnte, ist in einer

von der Firma Pulsford, Triquet & Co. in Paris Anfangs 1893 herausgegebenen Broschüre enthalten, aus welcher, mit gütiger Erlaubniss der Herausgeber, folgende Angaben hier Platz finden mögen.

„Positive Platte. Das poröse, rote Kupferpulver, aus dem die Positiven hergestellt werden, wird auf electrolytischem Wege mit Zuhülfenahme starker Ströme erhalten. Das erhaltene Pulver wird auf ein Kupferdrahtnetz gepresst und zwar mit 800—1200 Kilogramm Druck pro Quadrat-Centimeter. — Man erhält so ca. 3 Millimeter dicke Platten von ganz homogener Beschaffenheit, die wie gewöhnliches Kupferblech aussehen, aber einen rötlicheren Schein haben. Diese Electroden haben eine genügende Festigkeit, trotzdem das specifische Gewicht derselben nicht über 4,1 beträgt, und widerstehen Erschütterungen vollkommen. Dabei absorbiren dieselben die Gase mit ausserordentlicher Leichtigkeit. — Die Platte wird noch mit einer Einfassung und Stromzuleitung aus Kupferblech versehen, welche direct auf den Plattenkörper angenietet wird. Darauf wird die Electrode mit einer Umhüllung aus starkem Pergamentpapier, das vollkommen unangreifbar für den Electrolyt ist, versehen. Ueber diese kommt eine Schicht von Kautschuk oder Ebonit, je nach dem Zweck, welchen die Batterie zu erfüllen hat, welche als Isolirung dienen muss, und endlich wird das Ganze nochmals in einen wasserdichten Sack von Pergamentpapier gesteckt. Die Dicke der fertigen Positiven steigt auf ca. 7 Millimeter an.

Negative Platte. Sie besteht aus drei übereinander gelegten, amalgamirten Stahldrahtnetzen, die mit Einfassung und Stromzuführung versehen sind. Auf beiden Seiten der Platte sind eine Anzahl von würfelförmigen Ebonitzapfen angebracht, die senkrecht zur Plattenfläche stehen. Die Dicke dieser Platte ist etwa 8—9 Millimeter.

Bei der Montage des Elements werden die negativen Platten dicht an die positiven angedrückt, so dass die zwischen den Ebonitwürfeln befindlichen Räume abgeschlossen werden und das Zink, welches sich innerhalb derselben beim Laden des Accumulators absetzt, nicht auf den Boden des Gefässes fallen kann, wie gross auch die Erschütterungen der Zelle sein mögen. Es ist zugleich ersichtlich, dass das Zink sich nur in diesen ausgesparten Höhlungen absetzen kann, da der übrige Raum durch die Isolirklötze besetzt ist. Die negative Platte ist vollkommen widerstandsfähig gegen Kalilauge; sie ist überdies elastisch und schwächt die Stösse und Erschütterungen ab. — Die sämtlichen Platten bilden einen Block, den man aus dem Gefäss in einem Stück herausheben kann; überdies kann jede Platte einzeln für sich herausgenommen werden.

Die Flüssigkeit. Diese besteht aus einer Lösung von Zinkoxydkalium mit überschüssigem Kalihydrat. Man incorporirt derselben auf electrolytischem Wege während der Bereitung eine gewisse Menge Quecksilber, so dass beim Laden der Zelle sich auf der Negativen ein gut haftendes Zinkamalgam abscheidet. Das spec. Gewicht der Lösung beträgt 1,6; die Lösung selbst ist farblos, ganz geruchlos, und zeigt keine ätzenden Auswüchse. Um die Sättigung derselben durch Kohlensäure der Luft hintan zu halten, wird sie mit einer Decke von Valvoline bedeckt; beim Befolgen dieser Vorsichtsmaassregel braucht die Lösung niemals erneuert zu werden.

Bei grösseren Batterien ist es nötig, die Flüssigkeit von Zeit zu Zeit zu mischen, um die Bildung von Flüssigkeitsschichten verschiedenen specifischen Gewichts im Element zu verhindern. Diese Anforderung kann leicht durch eine specielle Anordnung, welche alle Elemente der Batterie umfasst und automatisch functionirt, erfüllt werden.

Das Gefäss, welches die Platten enthält, ist aus Stahlblech gefertigt, vollkommen dicht, und innen wie aussen mit Email oder sonst einem isolirenden Anstrich versehen. Bei transportablen Elementen (für Traction oder Wagenbeleuchtung) sind hermetisch schliessende Deckel vorgesehen.“

Der Nutzeffect der Zellen wird zu über 80 % (auf Wattstunden bezogen) angegeben; auf die Ampèrestunden bezogen, soll derselbe theoretisch sein. — Der Widerstand beträgt etwa 0,35 Ohm pro Quadratdecimeter Electrodenoberfläche.

Leistung der Desmazes-Batterie für die Traction von Tramwagen. Eine Batterie von 1000 Kilogramm Gewicht, welche einen Raum von beiläufig $\frac{6}{10}$ Cubikmeter einnimmt, kann 4 Pferdekräfte während 7—8 Stunden liefern.

Ammoniak, Salpetersäure, Chlor oder ähnliche Kupfer angreifende Körper müssen von den Elementen fern gehalten werden. — Desmazes' Accumulator scheint die Erwartungen nicht erfüllt zu haben, denn derselbe hat keine weitere Verbreitung gefunden.

Nach diesem Pionier in der Kupferaccumulatoren-Fabrikation haben sich mehrere Electriciker mit der nähern Betrachtung des alkalischen Accumulators befasst. Es möge dieserhalb eine Uebersicht der wichtigern Patente hier Platz finden.

133. Patentübersicht.

1. Alfred Dun, Frankfurt a. M., Accumulator, D. R.-P. 38383, 11. Dez. 1885/18. Jan. 1887.
2. Dr. H. Aron, Berlin, Galvanisches Element, D. R.-P. 38220, 30. Juni 1886/13. Dez. 1886.
3. Camille Desmazes, Paris, Herstellung der Electroden für galvanische Elemente, D. R.-P. 411995, 15. März 1887/20. Jan. 1888.

4. Dr. E. Böttcher, Leipzig, Verfahren beim Laden electricischer Sammler, D. R.-P. 57188, 27. März 1890/18. Juni 1891.
5. J. Entz und W. A. Phillips, Bridgeport (Conn.) Nordamerika, Verfahren zur Beeinflussung der Ladung und Entladung von Sammelbatterien, D. R.-P. 66891, 26. Jan. 1892/24. Jan. 1893.
6. Patentanmeldung von Wadell (in Deutschland) W. 7973, Wadell, Construction des Kupferaccumulators.
7. J. Entz und W. Phillips, Secondary-Battery Plate, Nr. 421916, 9. Oct. 1889/25. Febr. 1890, Amerika.
8. A. Edison, Voltaic Battery, Nr. 430279, 2. Juli 1889/17. Juni 1890, Amerika.
9. J. Entz und W. Phillips, Method of Making Electrodes for Secondary-Batteries, Nr. 440024, 12. Juli 1890/4. Nov. 1890, Amerika.
10. J. Entz und W. Phillips, Electrode for Secondary-Batteries, Nr. 440023, 20. Febr. 1890/4. Nov. 1890, Amerika.
11. M. M. M. Slattery, Electrode for Secondary-Batteries, Nr. 446104, 6. April 1889/10. Febr. 1891, Amerika.
12. M. Wadell und J. Entz, Secondary-Battery, Nr. 461858, 31. Oct. 1890/27. Oct. 1891, Amerika.
13. J. Entz und W. Phillips, Secondary-Battery Electrode, Nr. 461823, 31. Oct. 1890/27. Oct. 1891, Amerika.
14. J. Entz und W. Phillips, Secondary-Battery, Nr. 467573, 7. Jan. 1891/26. Jan. 1892, Amerika.
15. M. Wadell und J. Entz, Method and Apparatus for Deoxidizing Metals, Nr. 475260, 8. Nov. 1890/17. Mai 1892.
16. F. de Lalande, Paris, Galvanic Battery, Nr. 479887, 27. Juni 1891/2. Aug. 1892.
17. P. Schoop, Zürich, Method and Apparatus for Circulating liquid Electrolytes, amerikanisches Patent Nr. 529199, 29. Dec. 1893/13. Nov. 1894.

18. P. Schoop, Zürich, Improvement in Electrical Accumulators, Nr. 7711, 15. April 1893/14. April 1894, England.

134. Der Patentanspruch von Nr. 1 (A. Dun) lautet ziemlich allumfassend:

„Ein Accumulator, bei welchem unter Benutzung und weiterer Ausbildung des eine Zusammensetzung galvanischer Elemente schützenden Patents 34228 bestehen:

die erregende Flüssigkeit aus Aetzkali oder Aetznatronlauge, in welcher ein solches Metalloxyd gelöst ist, dessen Metall sich nur bei geschlossenem Strom in jener Lauge löst,

die positive Electrode aus einem der Lauge gegenüber indifferenten Leiter und

die negative Electrode aus einem ebenfalls der Lauge gegenüber indifferenten electrischen Leiter, umhüllt mit einer Schicht eines solchen Metalloxydes, welches durch Sauerstoffaufnahme in eine höhere Oxydationsstufe übergehen kann und sich in der electrolytischen Flüssigkeit nicht löst.“

Die Beschreibung, auf welche hier nicht weiter eingegangen werden kann, ist, dem allgemeinen Character des Patentanspruchs entsprechend, ebenfalls ziemlich allgemein gefasst, betont aber immerhin den Electrolyt des Kupferzinksammlers, nämlich Zinkoxydkalilauge, während als Depolarisatoren Ag_2O , CuO , MnO_2 , NiO , Co_2O_3 , Bi_2O_3 jeder für sich oder als Gemisch zweier oder mehrerer dieser Körper empfohlen werden.

135. Präciser ist der Anspruch des Aron'schen Patents (Nr. 2) gehalten:

„Für galvanische Elemente die Anwendung des Quecksilberoxyds in unlöslichem Zustand als Depolarisator am positiven Pol — in Verbindung mit Zink in einem Alkali als negativen Pol. — Die Anwendung

einer Mischung von Quecksilberoxyd und Eisenspähen, um bei obigen Elementen die Constanz zu erhöhen.“

In der Beschreibung wird in wissenschaftlicher Weise der Unterschied beim Ersatz des Kupferoxyds durch Quecksilberoxyd als Depolarisator hervorgehoben. Die electromotorische Kraft beträgt bei der Combination $Zn|KOH|HgO$ 1,3 Volt gegenüber 0,85 Volt bei $Zn|KOH|Cu_2O$; Spuren von etwa gelöstem Quecksilberoxyd rufen beim Contact mit der Zinkplatte keine selbstthätige Auflösung des Zinks hervor, sondern schützen im Gegentheil die Zinkoberfläche durch das daran abgeschiedene Quecksilber.

136. Das unter 3 bezeichnete **Patent von A. Desmazures** enthält eine rohe Beschreibung des bereits genauer geschilderten Kupferaccumulators und folgenden Anspruch:

„Das Verfahren, Electrodenplatten für galvanische Elemente dadurch herzustellen, dass zunächst Metallplatten aus Metallpulvern, aus chemischen oder electrischen Niederschlägen, aus Producten der Reduction von Oxyden mittelst Wasserstoffs oder Kohlenoxyd oder des Abtreibens von Metallen aus Metalllegirungen geformt und dann einem enormen Druck unterworfen werden.“

137. Von Interesse ist die, unter 4 definirte Patentbeschreibung. Boettcher beansprucht:

„Das Verfahren zur Erzeugung eines Zinkniederschlags an der Zinkkathode eines electrischen Sammlers, welches darin besteht, dass die Zinkkathode beim Laden mit einer so hohen Schicht von Zinkoxydkalilösung überdeckt wird, dass der Zinkniederschlag körnig, krystallinisch und fest anhaftend an der Zinkkathode wird.“

Dr. Boettcher findet, dass das aus der Zinkoxydkalilösung electrolytisch abgeschiedene Zink mit körnigkrystallinischer Structur sich abscheidet, sobald die be-

treffende Fläche der Kathode mit einer merklichen Flüssigkeitsschicht überschichtet wird. Auf dem Boden eines Gefäßes befindet sich das Kupferoxyd, die Zinkkathode hängt parallel zum Boden über dem Kupferoxyd und ist auf der, dem Boden zugewandten Seite mit einer isolirenden Schicht (Gummi etc.) überzogen, so dass das Zink sich nur auf der obern Seite abscheiden kann.

Den gleichen Zweck, wie Boettchers Erfindung, verfolgt die unter 5 angeführte

138. Patentgeschichte von Entz, deren Ansprüche lauten:

- „1. Ein Verfahren, die Ladung und Entladung von Sammelbatterien zu beschleunigen, die Capacität zu vergrößern und die Dauer zu verlängern, bestehend in der Bewegung des Electrolyten längs der Plattenoberflächen.
2. Eine Ausführungsform des gekennzeichneten Verfahrens, bestehend in der Erwärmung der Zellen von unten, bei welcher gleichzeitig in bekannter Weise eine Verminderung des Widerstandes stattfindet.“

In Ausführung dieser Neuerung werden die Kupfersammler auf mit Dampf geheizte Eisenröhren gesetzt und dadurch der Inhalt derselben erwärmt, speciell während der Ladung. Die „Erfinder ziehen die Wärmezuführung schon deswegen mechanisch bewirkter Circulation der Flüssigkeit vor, weil dadurch der innere Widerstand der Batterie erniedrigt wird und die Platten sich leichter belegen.“

Die unter 6 bezeichnete Patentanmeldung verfolgt den Zweck, die Hauptpunkte des bereits in Nordamerika durch die nun zu besprechenden Patente geschützten und veröffentlichten Sammler nachträglich in Deutschland zu schützen.

139. In den unter 7, 9, 10, 13 und 15 angeführten amerikanischen Patentbeschreibungen ist die Construction der von W. Phillips stammenden Kupferelectrode näher auseinandergesetzt. Darnach wird eine geeignete Platte dadurch erhalten, dass ein entsprechend fabrizirtes Kupferkabel so zurecht gebogen wird, dass die Windungen desselben dicht aneinander und in einer Ebene liegen.

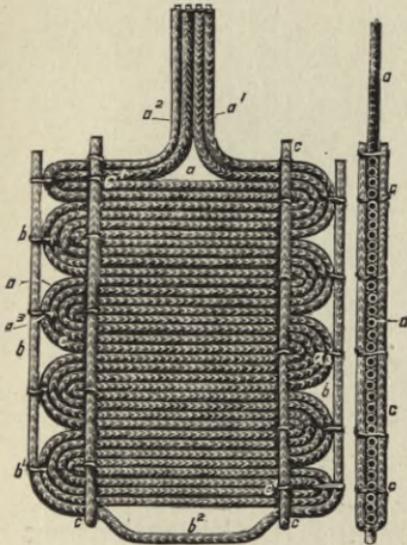


Fig. 142.

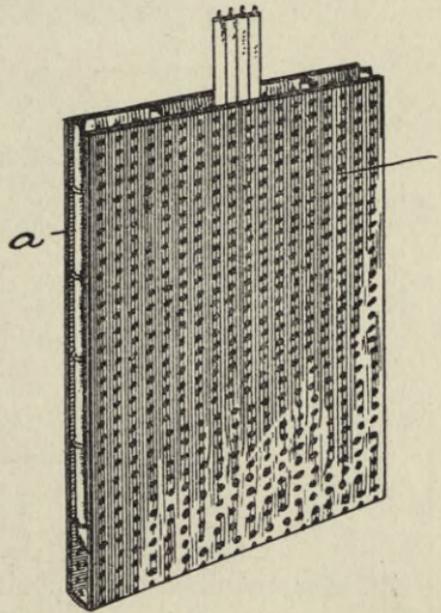


Fig. 143.

Das Kabel selbst besteht in erster Linie aus einem locker gesponnenen Gewebe aus dünnem Kupferdraht. Der Hohlraum, der zwischen dem Kupferdrahtgewebe übrig bleibt, wird mit einer Paste, aus fein pulverisirtem Kupferoxyd und Schwefel bereitet, ausgefüllt und das „gepastete“ Kabel nach dem Trocknen durch Leuchtgas bei höherer Temperatur reduziert, so dass dasselbe mit porösem Kupfer gefüllt erscheint. Darauf erhält das Kabel einen Ueberzug von Baumwolle, welcher auf gewöhnliche Weise durch Besspinnen desselben angebracht wird.

Zum Zweck gleichmässigerer Stromzuführung und Verteilung läuft im Centrum des Kabels ein etwas dickerer Kupferdraht. Die Fig. 142 gibt eine Ansicht sammt Querschnitt einer solchen Kupferelectrode. Dieselbe ist aus zwei Kabelstreifen derart gebildet worden, dass die 4 Enden derselben zusammenlaufen und als Stromzuführung dienen. Die heller gezeichneten Schnüre dienen zum

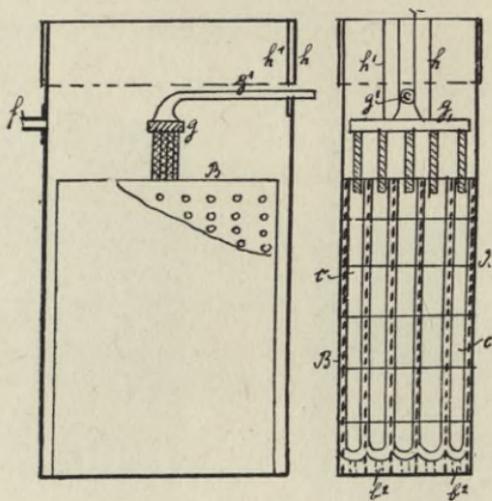


Fig. 144.

Zusammenhalten der Kabelmatte und zur Distanzhaltung von den Gegenelectroden und dem Gefäss. Dieselben enthalten kein Kupfer, sondern sind einfache Baumwollstränge, die mit einer Mischung von Kreide und Wasserglas imprägnirt worden sind, einem ähnlichen Brei, wie derselbe zum Ausgiessen der Glühlampenfassungen benutzt wird.

Als Gegenelectroden dienen dünne Stahlbleche, entweder siebartig durchlöchert, wie in Fig. 143 dargestellt, oder glatt und ohne Durchbrechungen. Das Gefäss ist aus Stahlblech gefertigt und mit einem Deckel versehen, siehe Fig. 144. Dasselbe ist in electricischer Communication mit den Stahlblechen und bildet einen Teil der Zinkelectrode.

In Fig. 145 ist endlich dargestellt, wie die Elemente erwärmt werden. Der eine Pol des Elements wird durch das Eisengefäß gebildet, der andere durch die Drahtenden der Kupferkabel, welche sämtlich durch eine Kupferschiene mit einander verbunden sind.

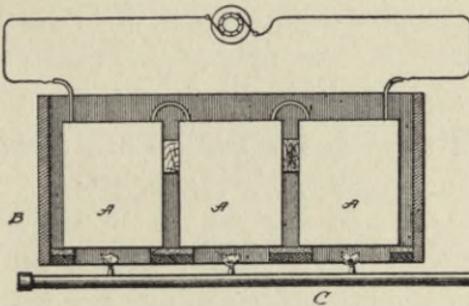


Fig. 145.

Im Auftrage der Maschinenfabrik Oerlikon, welcher bezügliche Offerten von den Erfindern Wadell, Entz und Phillips gemacht wurden, hatte Verfasser im Jahre 1891 eine Begutachtung dieses Kupfersammlers zu geben, welche hier Platz finden mag.





Capitel XX.

Gutachten über den Wadell-Entz-Accumulator.

(Abgegeben am 4. Sept. 1891.)

140. „Geehrte Herren! Indem ich Ihrem Ersuchen nachkomme, gebe ich hiermit einen Ueberblick über die Untersuchungen, welche ich über den Entz-Philipps-Accumulator gemacht habe. Ich habe zwei Zellen während einiger Wochen untersucht und nachher die Fabrik der Wadell-Entz-Electric-Company besucht (in Bridgeport); ebenso das Wagen-Depot in Chester bei Philadelphia, wo der Entz-Accumulator auf einem Tramwagen practische Proben ablegt.

Die nachstehende Tabelle giebt das mittlere Resultat einer Anzahl von Proben, welche ich mit den Zellen gemacht habe; dazu ist zu bemerken, dass die Zellen nicht sehr sorgfältig behandelt wurden und namentlich die Temperatur (welche nur annähernd gemessen wurde) nicht gleichmässig innegehalten werden konnte, weil die Zellen mittelst eines Gasbrenners erwärmt wurden. Die angeführten Klemmenspannungen werden ziemlich genau sein; dieselben sind mit einem Weston-Galvanometer gemessen und ermittelt worden. Die Ampère-Angaben, welche durch ein Bergmann-Ampèremeter angezeigt wurden, werden ebenso wie die Voltmeter-Angaben auf 1% richtig sein.

Die beiden Zellen waren von genau derselben Grösse und verhielten sich auch in derselben Weise.

Gewicht der Anode (Kupfer-Electrode)	2 Pfund 13 Unzen.
Gewicht der Kathode (2 Eisenbleche)	1 „ 1 „
Gewicht des Eisengefässes (incl. Connexionen)	1 „ 10 „
Gewicht des Electrolyts (alk. Lösung)	3 „ 8 „

Das Gewicht der ganzen Zelle beträgt somit 9 Pfund. Die Zellen waren vollkommen neu und solid gearbeitet. Die Capacität betrug 80 Ampèrestunden oder 61 Wattstunden; die Spannung bei einer Entladestromstärke von 20 Ampère betrug 0,77 Volt pro Zelle. Bei einer Entladestromstärke von 11 Ampère war die Klemmenspannung 0,81 Volt und die Capacität 100 Ampèrestunden oder 81 Wattstunden. Der Widerstand der Zelle ist ungefähr gleich gross wie bei Blei-Accumulatoren der gleichen Leistungsfähigkeit und variirt sehr erheblich mit der Temperatur, so dass derselbe bei höherer Temperatur (55 bis 60° Celsius) gering ist und bei niedriger Temperatur (zwischen 0—15° Celsius) ziemlich gross. In Uebereinstimmung hiermit ist auch der Nutzeffect der Zellen beträchtlich von der Temperatur abhängig.

Herr Entz giebt den Nutzeffect bei dem practischen Betriebe im Tramwagen zu 75% an, wobei die Temperatur während der Ladung und Entladung auf circa 130° Fahrenheit gehalten wird. Meine eigenen Resultate bestätigen diese Angaben.

Es muss in Betracht gezogen werden, dass der Entz-Accumulator nicht ohne Weiteres mit dem Blei-Accumulator zu vergleichen ist, indem derselbe ein alkalischer Accumulator und ganz verschieden vom Blei-Accumulator ist. Der grosse Nachteil der verhältnissmässig kurzen Lebensdauer der Blei-Anode scheint hier vollkommen beseitigt, indem die Kupfer-Anode eine sehr grosse Lebensdauer besitzen muss und die Abwesenheit aller der Nachteile, wie Krümmung der Platten, Abfallen von activem

Material, Widerstandsvermehrung nach einer gewissen vollbrachten electricischen Arbeit, Sulfatation, Corrosion, als grossen Vorzug besitzt. Diese Kupferanode scheint in der That von einer grossen Leistungsfähigkeit und Vollkommenheit zu sein. Ich habe die Zellen kurz geschlossen (wobei ein Strom von 300 Ampère sich entlud), ohne die geringste schädliche Einwirkung auf die Anode zu bemerken. Der Entz-Accumulator kann kurz geschlossen, nachher für eine beliebige Zeit stehen gelassen werden, er mag bis zum Siedepunkt des Electrolyts oder auch zum Gefrieren gebracht werden. Nichts kann der Zelle schaden, so dass man sagen darf, dass, wenn einmal der Accumulator geladen ist, derselbe jegliche Benutzung und Behandlung ohne den geringsten Schaden verträgt.

Der Electrolyt muss allerdings vor der Kohlensäure der Luft, Staub und anderen Verunreinigungen geschützt werden. Während der Ladung muss die Zelle auf einer verhältnissmässig hohen Temperatur gehalten werden (130° Fahrenheit).

Dies ist jedenfalls ein gewisser Nachteil, aber es ist kein Zweifel, dass während der Ladung die Erwärmung ohne grosse Kosten und Umstände geschehen kann und dass die Batterie die Temperatur während der Entladung annähernd aufrecht erhält, so dass dieser Uebelstand in practischer Hinsicht nicht sehr ins Gewicht fällt. — Vielleicht lässt sich die Zusammensetzung des Electrolyts noch in gewisser Hinsicht verbessern.

Von dem besonderen Gesichtspunkt für Tramwagenarbeit ist gar kein Zweifel, dass der Entz-Accumulator jedem Blei-Accumulator überlegen ist. Die Kraft, welche von einer Entz-Zelle pro Gewichtseinheit entnommen werden kann, ist bedeutend grösser als diejenige, welche mit Sicherheit dem Blei-Accumulator entnommen werden darf und ebenso ist die Capacität grösser als diejenige

von Blei-Accumulatoren (auf dieselbe Kraftentnahme gerechnet).

Die ganze Frage des Accumulatoren-Trambetriebs concentrirt sich auf die Kosten der Unterhaltung der Batterie und die Kosten der erstmaligen Installation. Herr Entz glaubt, dass die Herstellungskosten seiner Zelle etwa halb so gross sind wie diejenigen einer Bleizelle derselben Capacität, und dass während des practischen Gebrauchs nur ein geringer Teil von Arbeit, Aufmerksamkeit und Kosten erforderlich sei.

Die Entz-Zelle ist eine wichtige Verbesserung des Kupfer-Zink-Accumulators, welcher zuerst von Lalande aufgefunden und nachher von dem Trio Commelin, Baillehache, Desmazures weiter verfolgt wurde. Es ist bekannt, dass der französische Accumulator nicht den Erfolg gehabt hat, der erwartet wurde. Die Verbesserung dieser amerikanischen Zelle bezieht sich hauptsächlich auf die Construction des Elements, welche so ingenieus als möglich ist.

Um ein sichereres Urtheil abzugeben, müsste dieselbe noch weiter und näher untersucht werden, als dies in der kurzen Zeit einiger Wochen möglich war. Die Details der Construction gehen aus den beigefügten Skizzen hervor.“

(Dieses Gutachten wurde auf Verlangen der Herren Entz und Phillips vor der Abreise des Verfassers aus Amerika geschrieben und verschweigt die Nachteile, welche an dem Accumulator beobachtet wurden.)

141. Gutachten über den Entz-Accumulator an die Maschinenfabrik Oerlikon vom 30. Januar 1892, nachdem 3 Monate lang Untersuchungen gemacht worden waren.

„In Nachfolgendem beehre ich mich, die Resultate meiner Untersuchungen im physikalischen Institute in Zürich über den Entz-Accumulator zusammenzustellen. Auf Grund derselben habe ich Ihnen bereits mitgeteilt,

dass der Accumulator zur Zeit noch nicht practisch sei. Unter Hinweis auf meine bereits im letzten Herbst angeführten Mittheilungen (das vorstehende Gutachten an die Entz-Cie.) bestätige ich dieselben, füge aber hinzu, dass es mir nicht gelungen ist, das Laden des Entz-Accumulators so zu bewerkstelligen, dass auf eine dauernde und sichere Function zu rechnen wäre. Schon in Chicago habe ich gefunden, dass bei der 5. Ladung die Capacität von 100 Ampèrestunden auf 20 Ampèrestunden hinabging. Dieser Abfall der Capacität rührte davon her, dass das vom Strom niedergelegte Zink auf dem Eisenblech nicht haften blieb, sondern auf den Boden der Zelle fiel.

Ueber den Grund, warum das Zink von der Kathode abfiel, kann man verschiedener Meinung sein, indessen ist sicher, dass die von Herrn Entz gegebenen Vorschriften beim Laden inne gehalten worden sind. (Stromstärke, Temperatur, Endspannung.) Ich bin der Ansicht, dass, wie auch die Versuchsbedingungen abgeändert werden, ein zuverlässiger, festhaftender weisser Zinkabsatz in der Zelle des Herrn Entz nicht erhalten werden kann. Es ist sicher, dass die von Herrn Entz angegebenen Ladungsbedingungen alle sehr vorteilhaft sind, aber ebenso, dass durch andere Umstände die Ladung nach einer verhältnissmässig kurzen Anzahl von Proben illusorisch wird. Dies ist der einzige Grund, weshalb ich den Gebrauch der Entz-Zelle für practische Zwecke nicht empfehlen kann. — Nebenbei hat es sich herausgestellt, dass der Nutzeffect der Zelle doch etwas unter dem bei Blei-Accumulatoren gewohnten Verhältniss sich befindet. — Die Lebensdauer der Kathode, sowie die Lebensdauer der Anode kann nur durch Dauerversuche aufgeklärt werden. — Die Eisenblechkasten haben nicht dicht gehalten, da dieselben nur durch Falzen und nicht durch electriche Lötung hergestellt wurden. — Die Lauge absorhirt begierig Kohlensäure aus der Luft und ist in dem Maasse weniger

fähig, Zink aufzulösen oder abzusetzen. — Die Lokalaction des Zinks ist, wenn das Element in geladenem Zustande längere Zeit stehen bleibt, sehr bedeutend und eine längere Aufspeicherungsdauer nicht denkbar. Diese Lokalaction ist schon beim Laden bemerkbar und erniedrigt den Nutzeffect. — Es ist wohl anzunehmen, dass die meisten dieser Uebelstände beseitigt werden können (Eisenkasten dicht zu machen, Lokalaction zu beseitigen, Zinkabsatz beim Laden zuverlässig zu gestalten). Dazu gehört aber eine derartige Reconstruction der Zelle und des Electrolyts, dass von den Merkmalen des Entz-Accumulators wenig mehr zu sehen wäre.

142. Zur näheren Begründung des Vorstehenden diene Folgendes. Es wurden zwei Zellen, welche practisch genommen, identisch waren, geprüft. Dieselben waren von der in Figur 144 dargestellten Construction. Die Gefässe wurden auf Ziegelsteine so aufgestellt, dass bequem unter jedes derselben eine Lampe Platz fand, mittelst welcher die Erwärmung der Elemente auf die gewünschte Temperatur erreicht werden konnte. Die beiden Zellen waren in Serie mit einander verbunden, so dass beide stets denselben Lade- bzw. Endladestrom erleiden mussten. Zur Messung der Spannungen diente ein Weston-Voltmeter, dessen Scala auf 300 Volt zeigte. Der zu dieser Scala gehörige Widerstand betrug 34266 legale Ohm bei 70° Fahrenheit. Ein zweiter Widerstand von nur 119,2 legalen Ohm bei 70° F. (welcher wahrscheinlich den Widerstand der Armaturbewicklung des Instruments darstellte), konnte ebenfalls und zwar an Stelle des grossen Widerstandes benutzt werden, wenn das Instrument zwischen der schwarzen Klemme und der rechtsseitigen Metallklemme in den Stromkreis geschaltet wurde. In diesem Falle wird natürlich der Ausschlag des Instruments um so viel mal grösser, als der Widerstand kleiner ist als derjenige für die 300 Voltscala gültige. Der Aus-

schlag des Voltmeters ist proportional der Stromstärke, die durch die Armaturspule geht und die Stromstärke umgekehrt proportional dem Widerstande, welcher im Stromkreise liegt. Wenn das Instrument bei 100 Volt Spannung an den Klemmen und mit 34266 Ohm Widerstand einen Ausschlag von A Teilstrichen giebt, so ist der Ausschlag zugleich ein Maass der Stromstärke, die durch das Voltmeter geht.

Es ist also

$$J = \frac{E}{W} \text{ oder } A = \frac{100}{34266}.$$

Ist W nun 119,2 Ohm, dann ist wieder

$$J = \frac{E}{W} \text{ oder } A = \frac{x}{719,2}.$$

Es ist

$$\frac{100}{34266} = \frac{x}{119,2} \text{ und } x = 0,348.$$

100 Teilstriche entsprechen 0,348 Volt.

Es wurden 6 Ladungen und Entladungen der Zellen vorgenommen, wobei die Ladestromstärke zwischen 6 bis 10 Ampère und die Temperatur der Zellen, so gut dies mit der primitiven Heizvorrichtung möglich war, auf 55 bis 60° Cels. gehalten wurde. Die Entladungen erfolgten mit 10 und 20 Ampères. Nachdem die Capacität und das Verhalten der Zellen vorläufig beobachtet worden waren, wurden die letztern nach der 3. Entladung über Nacht im Entladestromkreis gelassen, also auch nach vollendeter Entladung noch weiter durch einen geringen Widerstand geschlossen gehalten. Nachher folgte wieder eine regelrechte Ladung und Entladung; nach der 4. Entladung wurde der Electrolyt aus den Zellen abgezogen und die Platten über Nacht der Luft ausgesetzt; darauf wurde der Electrolyt wieder zugegeben und wieder geladen und entladen.

143. II. Ladung. (30. September 1891.)

Zeit	Stromstärke	Zelle I			Zelle II		
		Spannung (Stromkreis geschlossen)	Spannung (Stromkreis offen)	Temperatur	Spannung (Stromkreis geschlossen)	Spannung (Stromkreis offen)	Temperatur
10 A. M.	—	—	266	88° F.	—	264	90° F.
10 ¹⁵	9½ Amp.	284	264	88° „	281	264	90° „
11 h.	9½ „	281	264	104° „	278	264	112° „
{ 12 h P. M.	10,0 „	282	264	110° „	280	264	110° „
{ 12 ³⁰	—	—	260	110° „	—	260	110° „
12 ³¹	10½ „	276	—	110° „	274	—	110° „
1 ³⁰	10½ „	272	258	130° „	272	260	124° „
2	10½ „	276	256	124° „	274	258	122° „
2 ³⁰	10⅓ „	276	260	130° „	274	260	140° „
3 ³⁰	10¼ „	279	261	124° „	276	261	130° „
4 ³⁰	9½ „	280	264	128° „	277	262	128° „
5	10 „	282	265	122° „	279	262	117° „
5 ³⁰	10 „	286	265	112° „	284	263	110° „
{ 6 P. M.	10 „	290	266	—	288	262	—

Von 12—12³⁰ P. M. wurde die Ladung unterbrochen. Ebenso von 6 Uhr Abends bis nächsten Tag 9 Uhr Morgens, um welche Zeit die Ladung fortgesetzt wurde.

9 A. M.	10 Amp.	300	265	70° F.	300	264	70° F.
9 ³⁰	10 „	296	268	72° „	296	270	72° „
10	10 „	288	266	100° „	286	265	90° „
10 ¹⁵	6½ „	278	265	140° „	276	265	135° „
11	6½ „	277	263	140° „	274	263	145° „
11 ³⁰	6½ „	278	265	130° „	275	264	140° „
12	6½ „	277	265	—	280	268	—

Während der Ladung war stets geringe Gasentwicklung zu beobachten; in der zweiten Hälfte der Ladungszeit war die Gasentwicklung continuirlich und ziemlich bemerkbar. — Nach einer Pause von 30 Minuten wurde die Entladung der beiden Elemente mit der anfänglichen Stromstärke von 20 Ampère vorgenommen. Die Flammen unter den Elementen waren am Ende der Ladung (12 Uhr) ausgelöscht worden.

II. Entladung.

Zeit	Stromstärke	Zelle I			Zelle II		
		Spannung (geschlossener Stromkreis)	Spannung (offener Stromkreis)	Temperatur	Spannung (geschlossener Stromkreis)	Spannung (offener Stromkreis)	Temperatur
12 ³⁰ h	—	—	263	110° F.	—	263	112° F.
12 ³¹	20 Amp.	214	—	110° „	222	—	112° „
1	20 „	217	244	110° „	220	246	112° „
2 ⁵⁰	19 „	202	230↑	100° „	207	234↑	98° „
4 ³⁰	16 „	174	202↑	100° „	173	200↑	98° „
5	10 ^{1/2} „	126	144↑	100° „	98	112	} Pause von 30 Mi- nuten.
5 ³⁰	—	—	235	100° „	—	233	
5 ³¹	15 „	120	170	100° „	110	144	72° F.
6	5 „	42	54	72° „	51	58	unter- brochen.

Es muss hier von vornherein bemerkt werden, dass der Nutzeffect aus diesen zwei Versuchsreihen deshalb nicht bestimmt werden darf, weil es ungewiss ist, ob die Zellen sich durch die eine vorgängig gemachte Ladung und Entladung bereits im „normalen“ Zustande befunden haben. Von den ca. 94—95 Ampèrestunden, welche bei der Ladung eingeleitet wurden, sind 80 bis 81 Ampèrestunden bei der Entladung zurückerhalten worden. Dies entspräche einem Nutzeffect (auf das Stromquantum bezogen) von 85 %.

144. Die nun folgende Ladung wurde mit geringerer Stromstärke, 6^{1/2} Ampères, vorgenommen, so dass, um die Elemente wieder aufzuladen, etwa 15 Stunden Ladezeit erforderlich waren. Zufällig fiel ein Samstag und Sonntag zwischen die Ladungszeit hinein, so dass von Samstag Mittag an bis Montag Morgen eine ungewöhnlich grosse Pause in der Ladung eintrat, welche mit der Pause der bereits vorhergegangenen Nacht zusammen die Ruhepause von rund 60 Stunden ausmachte. Während dieser Zeit musste sich von dem Zinkniederschlag etwas auf-

lösen, was sich auch durch die länger andauernde Ladung bemerkbar machte.

Das Ende der Ladung wurde als herangekommen betrachtet, wenn die Spannung der Zelle plötzlich einen Sprung nach aufwärts machte. — Die Entladung wurde deshalb nicht innerhalb 10% Spannungsabfall gehalten, wie dies bei Blei-Accumulatoren üblich ist, weil nach Angabe der Fabrikanten die Entladung beliebig weit getrieben, ja sogar das Element kurzgeschlossen werden könne, ohne dass ein Schaden damit verbunden sei.

III. Ladung. 2. October 1891.

Zeit	Stromstärke in Ampères	Zelle I			Zelle II		
		Spannung bei geschl. Kreis	Spannung bei offenem Kreis	Temperatur in Fahrh.- Graden	Spannung bei geschl. Kreis	Spannung bei offenem Kreis	Temperatur in Fahrh.- Graden
2. October							
8 h. A. M.	6	134	119	72 ⁰	126	112	72 ⁰
8 ¹⁰	6	285	258	—	278	256	—
8 ³⁰	6	281	265	74	281	266	74
9	6	275	262	80	273	261	84
9 ³⁰	6	272	262	90	270	260	122
10	6	268	260	110	268	258	142
11	6	265	258	150	267	258	142
11 ³⁰	6	266	260	140	268	258	135
12	6	268	258	130	269	259	130
1 ¹⁵	6	270	256	110	270	256	12-1 ¹⁵ unterbr. 108
1 ³⁰	6	270	259	106	271	257	102
2	6	267	256	132	267	256	122
2 ³⁰	6	266	256	134	266	256	134
3	6	266	256	—	266	256	—
3 ³⁰	6	266	256	—	267	257	—
4	6	269	258	120	268	257	120
4 ³⁰	6	267	256	132	267	257	127
5	6	265	256	160	267	257	140
5 ³⁰	6	268	257	132	267	257	136
6 h. R. M.	6	268	258	—	268	256	—
8 h. A. M.	6	280	260	78	282	259	14 St. unterbr. 78
8 ³⁰	6	280	266	—	280	263	—
9	6	273	263	120	276	262	112
9 ³⁰	6	271	260	128	271	260	120
10	6 ^{1/2}	270	262	134	271	262	132
10 ³⁰	6	269	261	138	270	260	138

Zeit	Stromstärke in Ampères	Zelle I			Zelle II		
		Spannung bei geschl. Kreis	Spannung bei offenem Kreis	Temperatur in Fahrenh.- Graden	Spannung bei geschl. Kreis	Spannung bei offenem Kreis	Temperatur in Fahrenh.- Graden
Von 11 an	10	275	261	130	276	261	124
11 ³⁰	10	275	262	140	275	261	140
12	10	277	263	—	277	263	118
12 ³⁰	10	278	264	136	278	262	122
1	10	278	262	136	276	261	140
5. October							45 St. unterbr.
9	6 ^{1/2}	294	264	66	292	264	66
10	6 ^{1/2}	286	272	106	285	271	110
10 ³⁰	6	283	270	126	282	268	130
11	6	280	268	135	280	268	134
11 ³⁰	6	280	268	150	281	269	150
12	6	283	270	130	282	269	122
12 ³⁰	6	280	268	140	278	265	140
1	6	285	269	124	283	267	120
1 ³⁰	6	284	266	135	284	266	125
2	6	282	265	140	284	266	120
2 ³⁰	6	284	265	—	282	265	—
3	6	289	270	135	287	265	125
3 ³⁰	6	292	264	150	295	268	148
4	6	300	300	134	300	292	124 Schluss

Zu diesen Messungen ist beizufügen, dass die Spannung bei offenem Stromkreis dadurch ermittelt wurde, dass zuerst die Spannung während des Durchgangs des Ladestroms gemessen und, während der Zeiger stationär blieb, der Ladestromkreis für eine Sekunde unterbrochen wurde. Im Moment der Unterbrechung fiel der Zeiger des Voltmeters auf einen Punkt zurück, welcher eben die Spannung des Elements bei offenem Stromkreis anzeigt. Die Ablesung konnte so innerhalb einer halben Sekunde, von der Unterbrechung an, abgelesen werden. Die Stellung des Zeigers veränderte sich, wenn der Stromkreis mehrere Sekunden unterbrochen blieb, nur wenig ($\frac{1}{2}$ bis 1 Teilstrich).

Bei der nun folgenden Entladung lässt sich die Spannung bei offenem Stromkreis nicht mehr so gut messen. — Wenn, nachdem der Zeiger des Voltmeters

die Angabe der Spannung während des Durchgangs des Entladestroms innehält, der Strom unterbrochen wird, bewegt sich der Zeiger langsam und stetig vorwärts, zuerst etwas rascher, später langsamer, bis derselbe nach $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Minute annähernd stationär wird. Es findet somit eine wirkliche Erholung des Elements von der Polarisation, welche durch die Entladung bewirkt wird, statt und es hatte kein Interesse, diese jedesmal abzuwarten.

III. Entladung.

Zeit	Stromstärke in Ampères	Zelle I			Zelle II		
		Spannung (geschloss. Stromkreis)	Spannung (offener Stromkreis)	Temperatur	Spannung (geschloss. Stromkreis)	Spannung (offener Stromkreis)	Temperatur
5. October							
4 ³⁰ P.M.	—	—	269	—	—	266	—
4 ⁴⁵	11	230	—	120° F.	235	—	110° F.
5 ¹⁵	11	239	—	130° „	237	—	110° „
5 ¹⁵	20	225	—	130° „	225	—	110° „
5 ³⁰	20	224	—	130° „	225	—	110° „
5 ³⁰	50	189	—	130° „	186	—	Pause v. 15 $\frac{1}{2}$ Std. 110° F.
9 A.M.	—	—	262	64° „	—	261	64° „
9 ¹⁵	11	196	—	64° „	202	—	64° „
9 ¹⁷	11	206	—	64° „	214	—	64° „
9 ⁴⁵	11	210	250 \uparrow	64° „	218	248 \uparrow	64° „
10 ³⁰	11	209	250 \uparrow	64° „	217	250 \uparrow	64° „
11	11	208	—	64° „	214	—	64° „
12	11	206	—	64° „	212	—	64° „
12 ⁴⁵	10 $\frac{3}{4}$	201	—	64° „	209	—	64° „
1 ³⁰	10 $\frac{3}{4}$	200	—	64° „	208	—	64° „
2 ³⁰	10 $\frac{1}{3}$	195	—	64° „	202	—	64° „
3 ¹⁵	10 $\frac{1}{4}$	195	—	64° „	198	—	64° „
3 ¹⁶	17	156	—	64° „	156	—	64° „
3 ²⁰	20	157	—	64° „	161	—	64° „
3 ³⁰	11	199	—	64° „	201	—	64° „
4 ³⁰	10 $\frac{3}{4}$	190	—	64° „	192	—	64° „
5 ¹⁵	10 $\frac{1}{2}$	188	—	64° „	186	—	64° „
							Pause v. 16 $\frac{1}{2}$ Std. 65° F.
9 ⁴⁵ A.M.	—	—	258	65° „	257	—	65° F.
9 ⁴⁶	10	160	—	65° „	158	—	
10 ⁴⁵	10	143	—	65° „	143	\uparrow 172	Schluss
10 ⁴⁷	—	—	245	65° „	—	247	

Deshalb fallen in vorstehender Tabelle die electromotorischen Kräfte bei offenem Stromkreis aus. — Die Entladung wurde unverzüglich vorgenommen, schon um die Diffusion von allenfalls gebildeten Spuren von Kupferoxyd zur Zinkelectrode zu vermeiden. Gleichzeitig wurde die Klemmenspannung bei verschiedenen Stromstärken der Entladung beobachtet.

Diese Versuchsreihe zeigt, neben der, gegenüber dem Bleisammler langsamen Erholung des Kupfersammlers (bei Zimmertemperatur), dass der Spannungsverlust bei der Temp. von 64° F. etwa 10% der Klemmenspannung der Zelle (bei 110 — 130° F.) beträgt, eine Thatsache, die bei der Nutzeffectsberechnung sehr berücksichtigt werden muss. Es sind bei der Ladung im Ganzen 130 Ampèrestunden oder rund 125 Wattstunden in jede Zelle eingeleitet worden. Bei der Entladung bis zum Spannungsabfall auf $\frac{1}{2}$ Volt pro Zelle wurden erhalten 109 Ampèrestunden oder $73,53$ Wattstunden.

Der Nutzeffect auf die Strommenge berechnet stellt sich auf 84% ; der Nutzeffect auf die Arbeit berechnet stellt sich auf 59% .

Diese Zahlen repräsentiren diejenigen Verhältnisse, welche manchmal bei der practischen Benutzung eines Accumulators auftreten werden und sind in dieser Hinsicht zu berücksichtigen. Es kann öfters vorkommen, dass sowohl die Ladung als auch die Entladung über einen Zeitraum von 2 — 3 Tagen verteilt werden müssen. Die dabei auftretende Lokalaction in der Zelle drückt dann den auf die Capacität des Elements bezogenen Nutzeffect herunter.

Nachdem die zwei angeführten Ladungen und Entladungen gezeigt hatten, in welcher Gegend die Leistung und Capacität der Zellen ungefähr liegt, wurden diese in ausserordentlicher Weise behandelt nach folgender Ueberlegung.

145. Vorausgesetzt, die Ladung und Entladung der Zellen gehe nun längere Zeit in regelmässiger Weise fort, gemäss den bereits erhaltenen Resultaten, dann wird sich der Einfluss der Luft mit der Zeit geltend machen. Die Mineralöldecke, welche auf der Oberfläche des Electrolyts liegt, um die Absorption von Kohlensäure aus der Luft abzuhalten, ist kein absolutes Absperrmittel; im Gegenteil schützt die Oeldecke die alkalische Flüssigkeit lange nicht in dem Maasse, als es wünschenswert erscheint. Mit der Zeit wird es also bei den vorliegenden Zellen erforderlich sein, den alten Electrolyt abzuziehen und durch frischen, kohlenstofffreien zu ersetzen. Höchst wahrscheinlich wird bei dieser Gelegenheit auch insofern eine Reinigung der Zelle vorgenommen werden, als sich auf dem Boden derselben mehr oder weniger Zink, das von den Stahlblechen abgefallen ist, im Lauf der Zeit angesammelt haben dürfte. **Die Electroden werden somit der Luft für einige Zeit ausgesetzt**, wohl gar auch mit Wasser abgespült werden. Welchen Einfluss hat nun diese Behandlung auf das Weiterfunctioniren der Zellen? —

Der Electrolyt wurde in eine gut verschliessbare Guttaperchaflasche abgezogen, die Electroden aus dem Gefäss gehoben und nach sorgfältiger Betrachtung in dest. Wasser gestellt. Nach 24 Stunden wurden die Electroden wieder in die Zellkasten zurückgesetzt und diese mit dem ursprünglichen Electrolyten wieder aufgefüllt. Jetzt folgte Ladung (IV) und zwar mit 10 Ampère Stromstärke.

Nach erfolgter Ladung wurden die Platten aus den Zellgefässen herausgehoben und rasch besichtigt. Dabei zeigte sich, dass an den unteren Hälften der siebartigen Stahlbleche mehr Zink niedergeschlagen war, als an den oberen Hälften. An den Innenwandungen des Gefässes hatte sich sehr wenig Zink abgesetzt. Auf den Boden der Zelle war kein Zink abgefallen, wohl aber lösten sich, beim sanften Reiben mit dem Finger über die Stahlbleche,

Körner von Zink ab. Der Zinkniederschlag hatte ein körniges, mattes Aussehen.

IV. Ladung.

Zeit	Stromstärke in Ampères	Zelle I			Zelle II		
		Spannung (geschloss. Stromkreis)	Spannung (offener Stromkreis)	Temperatur	Spannung (geschloss. Stromkreis)	Spannung (offener Stromkreis)	Temperatur
8. October							
10 ¹⁵	—	—	267	60° F.	—	257	60° F.
10 ¹⁶	16	> 300	—	—	> 300	—	—
10 ⁴⁵	15	> 300	280	67° „	301	280	67° „
11 ¹⁵	15	286	274	73° „	290	275	74° „
12	12	277	267	115° „	278	268	100° „
							Pause v. 1½ Std.
1 ³⁰	10	278	260	110° „	280	260	100° F.
2 ¹⁵	10	278	268	110° „	280	270	113° „
3	10	274	266	130° „	274	264	113° „
3 ⁴⁵	10	277	266	140° „	277	266	120° „
4 ³⁰	10	279	268	140° „	279	268	115° „
5 ²⁰	10	282	265	—	281	268	—
9. October							Pause v. 16½ Std.
	10h.	10½	> 300	268	65° „	> 300	264
10 ¹⁵	10½	296	276	—	298	278	65° „
10 ³⁰	10½	292	276	83° „	294	277	65° „
11 ³⁰	10½	287	273	122° „	286	273	65° „
12	10½	292	275	121° „	291	276	65° „
							Pause v. ¾ Std.
12 ⁴⁵	10	294	266	135° „	295	265	125° F.
1 ³⁰	10	298	278	125° „	295	273	120° „
2h.	10	> 300	282	120° „	> 300	290	120° „

Nun folgte am nächsten Tag wieder eine Entladung, und zwar mit 20 Ampère. Diesmal wurden die Zellen auf etwa derselben Temperatur gehalten, wie beim Laden, um, wenn möglich, den Nutzeffect derselben etwas günstiger zu gestalten.

Aus nachstehender Tabelle sind die einschlägigen Resultate ersichtlich.

IV. Entladung.

Zeit	Stromstärke in Ampères	Zelle I		Zelle II	
		Spannung bei geschl. Stromkreis	Temperatur in Fahrh.- Graden	Spannung bei geschl. Stromkreis	Temperatur in Fahrheit- Graden
9 ²⁹ h.	—	264 (offen)	65	262 (offen)	65
9 ³⁰	13	172	—	174	65
9 ³¹	19	153	—	158	65
9 ⁵⁰	20	174	72	170	70
10 ⁵	21 ¹ / ₂	182	75	181	70
10 ²⁰	21 ¹ / ₂	185	90	185	70
10 ³⁵	21 ¹ / ₄	186	97	185	70
10 ⁵⁰	21 ¹ / ₄	186	110	185	107
11 ⁵	21	180	117	180	107
11 ²⁰	15	185	117	56	107
11 ³⁵	11	187	113	—	Zelle II unpolari- sirt, deshalb aus- geschaltet.
11 ⁵⁰	10	164	110	—	
12	6 ¹ / ₂	96	120	—	

Es waren in jede Zelle ca. 102 Ampèrestunden oder ca. 99,7 Wattstunden geladen worden, bei der Ladespannung von 0,967 Volt bis 1,023 Volt.

Bei der Entladung wurden bei der mittleren Entladespannung von 0,644 Volt 44,5 Ampèrestunden oder 28,71 Wattstunden erhalten.

Der Nutzeffect, bezogen auf die Ampèrestunden, beträgt $\frac{44,5}{102} = 43,6\%$.

Der Nutzeffect, bezogen auf die Wattstunden, beträgt $\frac{28,7}{99,7} = 28,8\%$.

Beim Auseinandernehmen der Elemente zeigte sich, dass das Zink weder in Zelle I noch in Zelle II vollkommen aufgelöst worden war. Die wieder zusammen-

gesetzten Elemente zeigten beide 240 als Anschlag für die Spannung.

146. Um das Zink aufzulösen und das weitere **Verhalten der Zellen gegen Kurzschluss** zu prüfen, wurden die Versuchsobjecte während 48 Stunden bei Zimmertemperatur kurzgeschlossen gehalten, so dass nur der innere Widerstand der Zellen allein in Betracht kam. Darauf wurde wieder eine Ladung mit 6 Ampère Stromstärke vorgenommen, welche lange bevor die Capacität der Zellen erreicht war, in Folge Ansteigens der Ladespannung über 1 Volt, unterbrochen werden musste. Anstatt nun eine etwas grössere Capacität der Zellen bei der darauffolgenden Entladung zu erhalten, als bei der Entladung IV, sank im Gegenteil die erhältliche Capacität noch tiefer, so dass bei der einen Zelle nur ca. 30 Ampèrestunden erhalten wurden.

Dies beweist, dass, wenn auch die Kupferelectroden durch die Exposition an der Luft, resp. in lufthaltigem Wasser Sauerstoff aufgenommen haben und dadurch weniger befähigt geworden sind, Electricität aufzuspeichern, doch noch ein anderer Umstand das Sinken der Capacität bewirkt haben musste. Denn wenn schon nach der Exposition der Kupferelectroden an der Luft die Electroden noch 102 Ampèrestunden aufnehmen und 45 Ampèrestunden abgeben konnten, durfte nach dem 48stündigen Kurzschluss eine eher grössere Aufnahmefähigkeit, resp. Capacität bei der Ladung und Entladung erwartet werden.

Da die Electroden nicht einzeln für sich, nach der Fuchs'schen oder einer ähnlichen Methode geprüft wurden, muss in dem vorliegenden Fall die Frage, wie viel jede der beiden Electroden am Capacitätsabfall beteiligt war, unbeantwortet gelassen werden. — Die gemessenen Temperaturen stellen nicht immer die mittlere Temperatur des Electrolyts dar, denn die Art der Erwärmung der Zellen mit einer, gegen den Gefässboden spielenden Flamme

schliesst von vornherein eine gleichartige Temperaturerhöhung derselben aus. Zwar hätte durch Einstellen der Elemente in ein gleichmässig temperirtes Wasser — oder in ein Luftbad — die Erwärmung gleichartig bewirkt werden können, aber dies musste gerade vermieden werden.

Die Erwärmung sollte, neben der, durch den wärmeren Electrolyt herbeigeführten Widerstandsverminderung desselben auch noch den Zweck erfüllen, den Electrolyt in fortwährender Mischung und Bewegung zu erhalten. Dies wird aber am besten durch die lokale Erhitzung des Bodens der Zelle erreicht, indem die heisse Flüssigkeit dann nach oben steigt, sich dort und an den Gefässwänden wieder abkühlt und mit der Zeit abermals nach unten gelangt, wo die Erwärmung von Neuem stattfindet. Indessen ist wohl auf den ersten Blick ersichtlich, dass die Mischung der Flüssigkeit so nur sehr unregelmässig und ungenügend stattfinden kann, um so mehr, als die Electroden etwa die Hälfte des Zellinhalts einnehmen, also die Flüssigkeit noch viele Reibung zu überwinden hat. Wenn die Flüssigkeit die maximale zulässige Temperatur erreicht hat, dann hört überhaupt die Mischung beinahe auf, da die Flamme sehr klein gehalten werden muss. Mit Rücksicht auf die Mischung sind denn auch die Zellen beim Beginn des Ladens nicht zuerst auf die beste Temperatur (55° Cels.) gebracht, sondern die Erwärmung erst mit dem Laden in Gang gesetzt worden. — Eben deshalb konnte auch der innere Widerstand des Elements, der an und für sich schon zu grossen Schwankungen disponirt ist, sehr wenig constant erhalten werden, wie die Zahlen dies zeigen.

147. Die Klemmenspannungen während der Entladung der Zellen bewegen sich erheblich tiefer unter den Werten für die zugehörigen electromotorischen Kräfte, als dies bei Blei-Accumulatoren durchgehends der Fall ist. Es

ist bereits erwähnt worden, dass das langsame Ansteigen der electromotorischen Kraft sofort nach Unterbrechung des Entladestroms auf eine an den Electroden auftretende Polarisation hinweist. Beim Blei-Accumulator ist bei gleich grosser Stromstärke der Entladung auf die Electrodenflächen, ja sogar auf die Gewichtseinheit der Zelle bezogen, erst gegen den Schluss der Entladung eine ähnliche Polarisation zu verzeichnen. Es ist nun nicht einmal sicher, dass eigentliche Polarisation beim vorliegenden Sekundär-Element die Ursache der niedrigen Klemmenspannung sei. Es können hier verschiedene Factoren zusammenwirken. Die Kupferelectrode ist von einer Lage Baumwolle eingehüllt. Während der Entladung bildet sich Wasser an derselben, welches den in den Kupferkabeln anfänglich vorhandenen Electrolyt verdünnt oder fast gar verdrängt, so dass schliesslich die Kupferelectrode mit Wasser imprägnirt erscheint. Dadurch ist eine Zwischenschicht eines sehr schlechten electrolytischen Leiters gegeben, abgesehen davon, dass auch die electrochemischen Reactionen dadurch beeinflusst werden. Der Zustand an der Oberfläche der Kupferelectrode wird also vom Verhältniss der in der Zeiteinheit gebildeten Wassermenge zur Geschwindigkeit der Diffusion der innerhalb und ausserhalb der Baumwollschicht befindlichen Flüssigkeiten in einander abhängen.

Aehnliche, vielleicht weniger ausgeprägte Verhältnisse treffen auf die Oberfläche der Kathode zu. Dort wird bei der Entladung Zink aufgelöst; die Kalilauge sättigt sich mit Zinkoxyd und bildet eine Schicht von Zinkoxydkali, welche nicht weiter lösend auf Zinkoxyd wirken kann. Die Kathode überzieht sich mit Zinkoxyd, polarisirt sich also wirklich und es kommt nur darauf an, dass die gebildete Zinkoxydkalischicht jeden Augenblick weggeschafft und durch frische Kalilösung ersetzt werde. Auch hier ist die Raschheit der Diffusion der

Zinkoxydkalischicht in die übrige Lösung von Bedeutung für die auftretende Potentialdifferenz. — Aus dem Umstande, dass die Differenzen zwischen den Klemmenspannungen bei der Ladung und den zugehörigen electromotorischen Kräften (Spannungen bei offenem Stromkreis) kleiner sind als die Differenzen zwischen den Klemmenspannungen bei der Entladung und den zugehörigen electromotorischen Kräften, darf der Schluss gezogen werden, dass die wirkliche Polarisation der Zinkelectrode Anteil an der Erniedrigung der Klemmenspannung beim Entladen trägt.

Damit möge die Begründung der beiden Gutachten abgeschlossen werden; die Zellen gaben bei den ersten 3 Versuchsreihen, so lange dieselben keinen ausserordentlichen Zufällen ausgesetzt worden waren, befriedigende Resultate, welche die im Gutachten I ausgesprochenen Hoffnungen rechtfertigen durften; anderseits zeigten die spätern Versuche, dass man es mit einem Sekundär-Element zu thun hat, das nicht so leicht wie der Bleisammler zu behandeln und dementprechend mit Vorsicht weiter zu betrachten ist.

148. In der Folge suchte Verfasser die Bedingungen näher zu erkennen, welche bei diesem Sekundär-Element innegehalten werden müssen, um auf eine practisch zuverlässige Weise die Ladung und Entladung während längerer Zeitperioden zu erzielen. Das Gutachten II spricht die Bedenken, welche sich dem Gebrauch des amerikanischen Accumulators entgegenstellen, deutlich aus.

In Nachfolgendem sollen nun einige Versuche des Verfassers in dieser Richtung angeführt werden, welche auch als Beitrag zur weitem Ausbildung des alkalischen Zink-Kupfer-Accumulators dienen mögen.

Der Hauptübelstand beim Kupfer-Accumulator ist jedenfalls die Bildung von Kupferoxyd, oder anders aus-

gedrückt, die Löslichkeit von etwa gebildetem Kupferoxyd im Electrolyten und die dadurch entstehende Gefahr der Wanderung von Kupfer nach der Kathode, allwo schon Spuren von Kupfer eine solche Lokalaction hervorrufen, dass die Ladung (d. h. der Zinkabsatz auf der Kathode) unmöglich wird. Es ist nicht zu verkennen, dass dieser principielle Uebelstand durch Constructions-Aenderungen wenig berührt werden kann und ungefähr ein ebensolches fundamentales Moment des Kupfer-Accumulators bildet, wie etwa die Bildung von Ueberschwefelsäure es im Blei-Accumulator darstellt.

Da wäre denn der von Aron vorgeschlagene Weg, nach welchem anstatt Kupferoxydul

149. Quecksilberoxyd als Depolarisator verwendet wird, ein ganz unschätzbare Ausweg. Wenn auch Quecksilberoxyd etwas löslich sein sollte im Electrolyt und solches zur Kathode gelangte, würde nicht nur keine Lokalaction dadurch hervorgerufen, sondern im Gegenteil der Zinkniederschlag noch amalgamirt und vor der selbstthätigen Lösung geschützt. Die electromotorische Kraft eines Quecksilberoxydelements ist 1,3 Volt, also um 50% grösser als diejenige des Kupfersammlers.

In eine Röhre von 30 Millimeter Durchmesser, mit flachem Boden, wurde ein Platindraht in den Boden eingeschmolzen und das innerhalb der Röhre befindliche Drahtstück zu einer Spirale gebogen. Jetzt kam eine 5 Millimeter hohe Schicht von Quecksilberoxydul auf die Spirale, darauf eine 10 Millimeter hohe Schicht einer gesättigten Lösung von Zinkoxydkali. Eine Spirale aus amalgamirtem Stahldraht, welche in die Mitte der Lösung und parallel zur Quecksilberschicht gehängt wurde, bildete die Kathode. Es wurde ein sehr schwacher Strom beim Platindraht eingeleitet. Schon nach einigen Stunden war das Quecksilberoxydul dermaassen aufgequollen, dass

eine lebhaftere Erinnerung an die Pharaoschlange wachgerufen wurde. Wurde an Stelle des Quecksilberoxyduls einfach Quecksilber als Anode genommen, so überzog sich dieses alsbald mit einer gelben, äusserst voluminösen Schicht, welche ausserordentlich schlecht leitet. Diese Proben scheinen zu beweisen, dass der Ersatz des Kupferoxyduls durch Quecksilberoxyde nicht ohne Weiteres im alkalischen Accumulator möglich ist.





Capitel XXI.

Ueber die Lösung von Zinkoxydkali.

150. Herstellung des Electrolyts. Um die für den alkalischen Zink-Kupfer-Sammler günstigste Beschaffenheit des Electrolyts zu ermitteln, wurden nachfolgende Betrachtungen angestellt. Die electrochemische Darstellungsweise dieser Lösung ist wohl deshalb von allgemeinem Interesse, weil dieselbe ein Beispiel dafür bietet, wie durch Zuhilfenahme von Electricität manche Verbindungen leicht und sicher erhalten werden können, die auf rein chemischem Wege nicht oder schwierig zu Stande kommen.

Der Zink-Kupfer-Accumulator hat sich aus dem als „Lalande-Element“ bekannten Primär-Element herausgebildet. Ein solches, im Jahre 1888 in Paris gekauftes Element zeigt folgende Verhältnisse der einzelnen Bestandteile zu einander:

Festes Kalihydrat	1,400	Kilogramm.
Wasser (destillirt)	3,500	„
Zink	1,500	„
Kupferoxyd	0,665	„
Eisengefäß (Bombe)	6,800	„
Träger, Deckel, Schrauben	0,500	„

Gesammtgewicht 14,365 Kilogramm.

Da man die Annahme machen darf, dass höchstens die Hälfte des Zinkgewichts für die Stromgebung nutz-

bar verwendet wird, indem durch das ungleichmässige Zerfressenwerden der Zinkspirale diese vorzeitig zusammenfällt, entfallen auf 1 Gewichtsteil Zink 2 Gewichtsteile Kalihydrat, was ungefähr dem theoretischen Erforderniss entspricht. Die Anode besteht nicht aus reinem Zink, sondern aus einer Legirung von 95% Zink mit 5% Quecksilber, um zu grossem Zinkverlust während des Nichtgebrauchs der Zelle durch Lokalaction vorzubeugen. Am Boden der eisernen Bombe ist Kupferoxyd und die Zinkspirale am Deckel ist in paralleler Lage zum Gefässboden gelagert, so dass beim Gebrauch des Elements die durch die Auflösung des Zinks entstehende schwere Zinklösung zum Boden herabsinkt und so die leichtere Kalilauge nach oben drängt, was für die gute Ausnutzung der Materialien ganz vorteilhaft ist.

Weshalb das kostspielige Kalihydrat nicht durch das billigere Natronhydrat ersetzt ist, beruht wohl darauf, dass erstens der Widerstand der Kalilösung kleiner ist als derjenige der anderen, und zweitens die Lösung des Zinks durch Kalilauge rascher erfolgt als in Natronlage und auf diese Weise die Entnahme stärkerer Ströme ermöglicht.

Da nun im Sekundär-Element die Anode nicht aus reinem Zink gewählt werden kann, indem eine solche Electrode zu wenig Garantie für hinlängliche Haltbarkeit bieten würde, sondern im Gegenteil Stahlblech als Träger und Leiter verwendet wird, tritt an Stelle der reinen Kalilösung beim Primär-Element eine bereits mit Zink gesättigte Flüssigkeit. —

151. Chemisch reines Zink, in Kalilauge oder Natronlauge getaucht, löst sich sehr langsam auf und umkleidet sich allmählich mit einer grauen, schwerlöslichen Oberflächenschicht. Durch einfaches Digeriren von Zink in Lauge wird nur eine sehr verdünnte Zinklösung erhalten.

Es ist aber für den Sammler wünschenswert, dass der Electrolyt möglichst hohen Zinkgehalt habe, da die

Capacität und Schnelligkeit der Ladung damit zusammenhängt. Wird an Stelle eines Glasgefässes ein Eisengefäss bei der Auflösung des Zinks verwendet, dann erfolgt diese sehr viel energischer, indem solche Anordnung eine galvanische Combination darstellt, bei der am Eisen Wasserstoff erscheint und am Zink die Oxydation stattfindet, während die Lauge als richtiger Electrolyt sich verhält. Hier zeigt nun das Natronhydrat ein abweichendes Verhalten vom Kalihydrat. 1 Gewichtsteil kaustisches Natron in 1 Gewichtsteil destillirten Wassers in der Wärme aufgelöst, ergiebt eine ölige Flüssigkeit, welche in einer eisernen Flasche mit 2 Gewichtsteilen Zink zusammengebracht wird. Die anfangs mässige Gasentwicklung (Wasserstoff) lässt nach einigen Tagen nach, belebt sich aber von Neuem beim Erwärmen des Ansatzes auf 80 bis 90° C., um nach etwa 14tägiger Einwirkung abermals beinahe aufzuhören. Nun hat sich am Boden des Gefässes schon eine krystallinische Masse, die leicht löslich in Wasser ist, ausgeschieden, aber der grössere Teil des angewandten Zinks ist doch noch unverändert vorhanden. Beim Zufügen weiterer 2 Gewichtsteile Wasser beginnt eine merkbare Wasserstoffentwicklung, die sich durch viele Wochen hindurch fortsetzt; die Flüssigkeit nimmt dabei langsam weitere Mengen von Zink auf. Beim Kochen dieser Lösung, ebenso beim Verdünnen mit destillirtem Wasser und nachfolgendem Aufkochen bleibt dieselbe klar. Dass diese Flüssigkeit noch lange nicht mit Zink gesättigt ist, geht daraus hervor, dass derselben noch wenigstens ebenso viel Zink, als bereits darin enthalten, durch eine weiter unten angeführte Methode einverleibt werden kann.

152. Wenn anderseits 1 Gewichtsteil reines Kalihydrat mit 1 Gewichtsteil Wasser und 2 Gewichtsteilen Zink in einer eisernen Flasche zusammengebracht werden, geht die Auflösung des Zinks unter Wasserstoffgas-

bildung ebenfalls vor sich, und rascher, wenn der Ansatz auf ca. 90° C. erwärmt wird. Die Gasentwicklung dauert mehrere Wochen gleichmässig an, aber schon nach einem Tage trübt sich die Flüssigkeit und wird breiartig; beim Zufügen von Wasser (2 Gewichtsteilen) gerinnt die Lösung zu einer gallertartigen weissen Masse, die sich in destillirtem Wasser nur unvollkommen auflöst. Dagegen entsteht beim Zusatz weiterer Kalilauge wieder eine klare Lösung. Es ist also nicht möglich, durch einfaches Digeriren von Zink andere, als nur verdünnte Lösungen desselben in Kalilauge zu erhalten. Bei der nähern Betrachtung des Versuchs zeigt sich, dass die anfänglich klare Flüssigkeit in der Nähe der Wandungen des Eisengefässes trüb wird, so dass anzunehmen ist, dass entweder das dort auftretende Kation das gebildete Zinkoxydkali wiederum zersetzt, wobei Zink daraus abgeschieden wird — das sich unter den gegebenen Verhältnissen natürlich mit dem Wasser in schwer lösliches Zinkoxyd und Wasserstoff umsetzen müsste —, oder dass das Zinkoxydkali ebenfalls an der Stromleitung Theil nimmt und Zinkoxyd am Eisengefäss ausscheidet, welches, wie schon erwähnt, die weisse, unlösliche Substanz darstellt. Auf jeden Fall ist das Resultat der Operation in der Hauptsache eine unlösliche Zinkverbindung und nicht, wie gewünscht, eine lösliche, so dass auch hier diese Bereitungsweise nicht zum Ziel führen kann. —

Wird aber auf irgend eine Weise verhindert, dass die Zinkauflösung zur Kathode gelangen kann, dann ist die Zersetzung derselben ausgeschlossen.

Die in Fig. 146 skizzirte Anordnung erreicht dies.

153. Im Becherglase *B* befindet sich der Zinkcylinder *Z* und innerhalb desselben ein Pergamentdiaphragma *D*. Im Centrum ist die Eisenröhre *R* placirt. Der Raum innerhalb und ausserhalb des Diaphragmas wird mit Kalilauge (2 Theile Wasser und 1 Theil Kalyhydrat) angefüllt und das

Zink zur Anode gemacht. Den Pergamentkörper bereitet man sich auf bequeme Weise aus einem Stück, indem ein Papierbogen auf geeignete Weise gefaltet, und der resultirende Körper am oberen, offenen Ende durch eine Baumwollnaht zusammengehalten wird. Das Pflanzenpergament empfiehlt sich wegen seines geringen Widerstandes, sowie der verhältnissmässigen Beständigkeit gegenüber Laugen. Fig. 147 veranschaulicht die Herstellung des Diaphragmas.

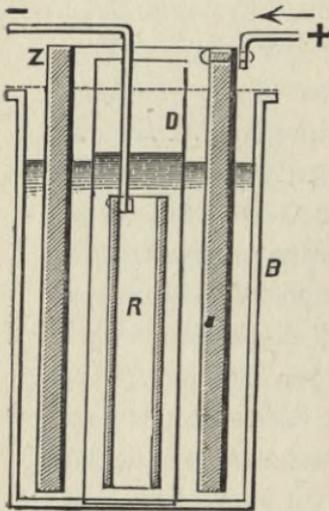


Fig. 146.

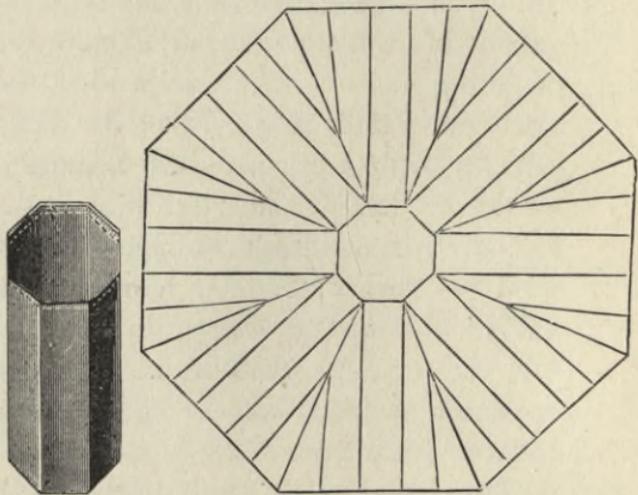


Fig. 147.

Eine ausführlichere Beschreibung der Faltungsweise solcher Papierkörper giebt E. Reynier (Centralblatt für Electrotechnik 1880, Seite 295).

Es wird nun so lange Strom eingeleitet, bis die Kalilauge um das Zink herum sich zu trüben beginnt. Von Zeit zu Zeit wird der Zinkeylinder gedreht und zugleich auf und ab bewegt, um die Flüssigkeit zu mischen. — Die solchergestalt gesättigte Zinklösung trübt sich schon bei gelinder Erwärmung und scheidet beim Kochen einen reichlichen, weissen Niederschlag aus. Die verdünnte Lösung gekocht, giebt eine starke weisse Fällung, die sich beim Zusatz von Kalilauge wieder löst, aber weniger

leicht, als die durch Wasserzusatz in der Kälte bewirkte Ausscheidung.

Wenn an Stelle der Kalilauge bei Zimmertemperatur gesättigte Natronlauge in den Apparat gefüllt wird, tritt nach einigem Stromzufluss ein bedeutender Widerstand in der Zelle auf. Durch Zufügen von so viel Wasser, dass auf 1 Teil festes Natronhydrat im ganzen 2 Teile Wasser kommen,

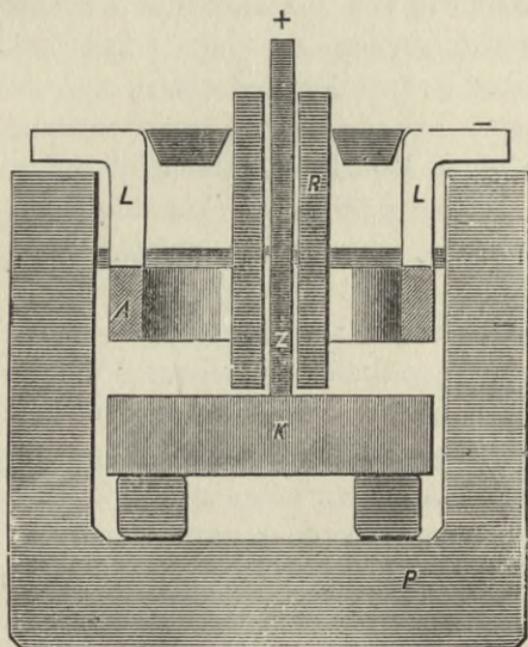


Fig. 148.

wird die Leitungsfähigkeit wieder hergestellt. Nachdem die Electrolyse abermals einige Zeit angedauert hat, gelatinirt der Electrolyt um das Zink herum und ist mit zahllosen feinen, seideglänzenden Nadeln durchsetzt.

Bei der Darstellung grösserer Mengen möglichst concentrirter alkalischer Zinklösung bewirkt aber das Diaphragma eine Verteuerung des Präparates neben der etwas umständlichen Handhabung des Apparates. Das Diaphragma kann wegfallen, wenn überhaupt die Wasserstoffentwicklung an der Kathode unterdrückt wird oder

vielmehr das freie Auftreten des die Gasproduction veranlassenden Kations, z. B. durch die Ersetzung der Eisenkathode durch einen festen Depolarisator. Als solcher eignet sich gut das Kupferoxyd, wie es durch Verbrennen von Kupferdraht an der Luft erhalten wird. Fig. 148 zeigt einen Querschnitt der verwendeten Einrichtung. *P* ist das Gefäß aus Paraffin, am Boden liegt auf zwei Paraffinstücken die Kathode *K*. Diese ist dadurch hergestellt worden, dass ein Kupferdrahtnetz von ca. 1 Millimeter dickem Kupferdraht so aufgerollt wurde, dass ein flacher cylindrischer Körper entstand. Dieser wird nun in einer Muffel bei Luftzutritt auf starke Rotglut erhitzt und zwar so lange, bis der Draht auf etwa zwei Drittel seines Querschnitts oxydirt ist, was nach einiger Erfahrung ganz leicht gelingt.

Ein kleines Stück am innern Ende der Drahtnetzspirale wird aus der Muffel herausstehen gelassen und so der Oxydation entrückt: dasselbe dient als Stromleitung *Z* und wird mit einer Paraffinröhre umgeben. Die Anode *A* erhält man durch Aufrollen einer etwa 5 Millimeter dicken Zinkplatte zu einem Cylinder und Aussägen desselben am oberen Rande. Die beiden dadurch erzeugten Lappen *L* werden umgebogen und tragen, indem sie auf dem obern Rande des Paraffingefäßes aufliegen, die Anode frei schwebend in der Flüssigkeit. Durch Verstopfen der Oeffnungen auf der oberen Seite des Apparates mit Paraffin wird die Kohlensäure der Luft während der Operation ferngehalten. — Beim Einleiten von Strom wird das Kupferoxyd zuerst zu Kupferoxydul, dann zu metallischem Kupfer reducirt, während das Zink sich zuerst glatt und leicht auflöst, später aber mit einer morschen, grauen Kruste bedeckt. Man schliesst den Stromkreis, bevor die Kalilauge eingefüllt wird, damit sich nicht Spuren des Kupferoxyds mit blauer Färbung im Electrolyt auflösen. Es ist auch zweckmässig, den Strom

zu unterbrechen, bevor eine Trübung der Lösung erfolgt, indem diese durch Filtration kaum zu beseitigen ist und also nur durch wochenlanges Absetzenlassen der Lösung eine klare Flüssigkeit erhalten werden könnte. — Nachdem die gesättigte Zinklösung abgezogen worden, wird die Kupferkathode mit destillirtem Wasser abgewaschen und nach dem Trocknen schwach erhitzt, wodurch das poröse Kupfer leicht wieder in Kupferoxyd zurückverwandelt und die Kathode wieder zu einer neuen Operation vorbereitet wird. Der graue Ueberzug am Zink löst sich in frischer Kalilauge leicht auf. — Auf ganz genau gleiche Weise kann eine concentrirte Zinkoxydnatronlösung erhalten werden, wenn Natronlauge an Stelle der Kalilauge verwendet wird. Da aber der Widerstand der Natronverbindung viel grösser als derjenige der Kaliverbindung ist und dasselbe bei den freien Laugen der Fall ist, dürfte sich schon deshalb das Zinkoxydnatron nicht als Electrolyt für den Zinksammler empfehlen.

154. Für die **technische Herstellung des Electrolyts** ist der in Fig. 148 gegebene Electrolyseur einigermaassen umzugestalten. Bei der Berücksichtigung der verschiedenen Punkte, welche für die praktische Verwendung desselben in Betracht kommen, ergeben sich die nötigen Abänderungen von selbst, weshalb es gut ist, jene nochmals kurz zu recapituliren. — Es ist bereits gesagt worden, dass ein möglichst hoher Zinkgehalt der Lösung anzustreben sei mit Hinsicht auf die Capacität, sowie die Ladung des Sammlers. Hierzu kommt noch, dass es schwieriger ist, aus verdünnten Lösungen einen gut haftenden metallischen Niederschlag zu erhalten als aus concentrirten. Ferner unterstützt eine mässig erhöhte Temperatur (um 50° C. herum) ebenfalls die Erzeugung eines geeigneten Zinkniederschlags an der Kathode. Die Bedingungen, unter welchen der grösste Zinkgehalt der Lösung erreicht wird, sind: sehr starke Kalilauge und

niedrige Temperatur. Nun scheidet, wie auch schon erwähnt wurde, die in der Kälte gesättigte Lösung beim Erwärmen Zinkoxyd (ev. Zinkoxydhydrat) aus. Zu dem kommt noch, dass die concentrirte Kalilauge merklich dickflüssig ist und auch dieserhalb ihrer Verwendung ein Hinderniss entgegensetzt, denn es ist bekannt, dass die gleichmässige Zusammensetzung des Electrolyts um die Kathode herum für die Bildung eines homogenen Metallüberzuges beinahe unerlässlich ist. Wenn also in Folge zu grosser Zähigkeit der Lösung die Diffusion erschwert ist und auch die mechanische Mischung des Electrolyts nur unvollkommen bewerkstelligt werden kann, bildet sich beim Laden des Sammlers eine zinkarme Schicht um die Kathode, deren Abscheidungsproducte natürlich verschieden von denjenigen, unter denselben Bedingungen aus einer zinkreichern Schicht erhältlich sein müssen. Also auch aus diesem Grunde muss von der Verwendung höchst concentrirter Lösungen abgesehen werden. — Als Ausgangsmaterialien müssen technisches Zink und technisches Kalihydrat, trotz der denselben anhaftenden Verunreinigungen, dienen, mit Rücksicht auf die Kostspieligkeit der chemisch reinen Materialien. Ferner muss die Herstellungsweise so einfach werden, dass ein gewöhnlicher Arbeiter mit derselben betraut werden kann, ohne dass das Resultat beeinträchtigt wird.

Diesen verschiedenen Rücksichten trägt nun der in Fig. 149 dargestellte Electrolyseur Rechnung. In dem Kupfergefäss *G* steht, an die Wandungen desselben anpassend, ein Cylinder aus Schwammkupfer *K*; innerhalb dieses der Zinkcylinder *Z*, welcher am untern Ende auf einer Unterlage aus Magnesia aufliegt, welche denselben von dem Contact mit dem Kupfergefäss fernhält. Im Centrum des Zinkcylinders ist eine Stahlschraube *S* placirt, die durch einen Schnurtrieb mit einem electrischen Motor in Verbindung steht und mit veränderlicher Ge-

schwindigkeit rotiren gelassen werden kann. Das Gefäss *G* steht auf einem cylindrischen Thon-Untersatz, dessen Mantel mit einer Lage von Nickeldraht bewickelt ist. Ueber die ganze Anordnung ist eine Holzverschalung

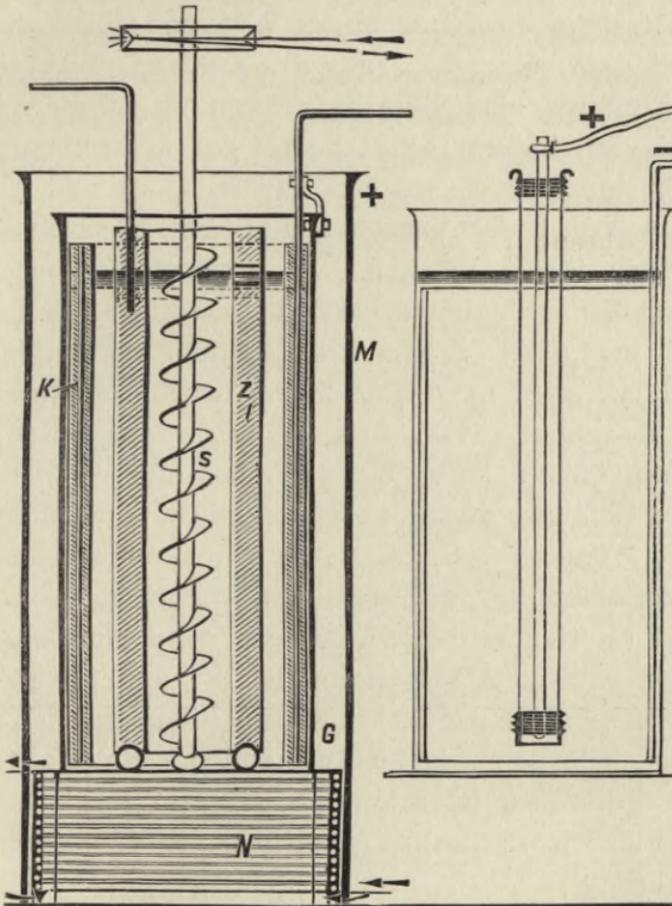


Fig. 149.

M gestülpt. Wenn Strom durch den Nickeldraht geleitet wird, erwärmt sich derselbe und dadurch kann der ganze Apparat auf jeder gewünschten Temperatur gleichmässig erhalten werden, indem durch Regulirung der Stromstärke im Nickeldraht dieser mehr oder weniger erhitzt wird. — Nun wird der Electrolyseur mit Kalilauge angefüllt, welche

durch Auflösen von 1 Gewichtsteil technischen Kalihydrats in 1 Gewichtsteil dest. Wasser erhalten wurde. Der Motor wird in Gang gesetzt, wodurch sich die Flüssigkeit in circulirende Bewegung setzt und nun der Strom beim Kupfer eingeleitet und zwar soll die Stromdichte etwa 3 Ampères pro Quadratdecimeter wirksame Oberfläche des Zinkcylinders betragen. Falls die Kalilauge nicht schon beim Einfüllen eine Temperatur von $50-60^{\circ}$ C. hatte, wird sie im Apparat selbst zuerst auf diese Temperatur gebracht durch die electriche Heizvorrichtung und mittelst dieser während der ganzen Dauer der Electrolyse auf wenigstens 50° C. erhalten. Es scheidet sich am Zink Wasserstoff aus, während das Schwammkupfer in Kupferoxydul übergeht. Sobald die Hauptmenge dermaassen oxydirt ist, wird der Strom unterbrochen. Man erkennt diesen Zeitpunkt daran, dass die Klemmenspannung des Apparates steigt; durch einen Minimal-Ausschalter lässt sich die Oeffnung des Stromkreises leicht automatisch bewirken, vorausgesetzt, dass die Stromquelle eine, die Klemmenspannung des Electrolyseurs nicht zu sehr übertragende electromotorische Kraft hat. (Ein einzelner Bleisammler mit ca. 2 Volt Spannung ist gut geeignet als Stromlieferant.) Sobald nämlich die Bildung des Kupferoxyduls beinahe beendigt ist, beginnt die Weiteroxydation desselben in schwarzes Kupferoxyd, das sich spurenweise in der Kalilauge auflöst, was vermieden werden muss.

Ist nun diese vorbereitende Operation erledigt, so wird die Richtung des Stroms umgekehrt, so dass der Zinkcylinder Anode, die Kupferoxydul-Electrode Kathode wird. Dabei wird anfangs die Stromdichte auf 5 Ampère pro Quadratdecimeter wirksame Zinkfläche und noch höher genommen; in dem Maasse, als sich die Lauge mit Zink sättigt, vermindert man die Stromstärke. Die mässig rasche Circulation der Lauge bewirkt, dass das Zink sich

gleichmässig auflöst und dieselbe in vollkommenster Weise und in kürzester Zeit mit Zink gesättigt wird.

Die Kupferoxydul-Electrode hat zweckmässig eine solche Capacität, dass sie als Depolarisator für eine Operation ausreicht. Mit einem Aräometer überzeugt man sich von der herannahenden Sättigung und unterbricht den Strom, bevor die Trübung der Lauge beginnt. — Der Electrolyt wird in Guttapercha-Gefässen aufbewahrt und der Apparat kann wieder mit frischer Kalilauge beschickt werden. — Es wird wieder der Strom umgekehrt, das Kupfer in Oxydul übergeführt u. s. w., wie bereits beschrieben worden ist.

155. Um den erhaltenen Electrolyt von Verunreinigungen (es kommen namentlich Chlor, Schwefelsäure und Spuren von Metallen in Betracht) zu befreien, kann derselbe einem electricen Reinigungsverfahren unterworfen werden. Vielleicht erfüllt folgende Einrichtung den Zweck. In ein schmales Eisengefäss wird eine Platte aus reinem amalgamirtem Zink gestellt, darauf eine schmale poröse Zelle aus Magnesia und innerhalb dieser wieder eine amalgamirte Zinkplatte. Diese innere Platte ist Anode, die äussere Zinkplatte Kathode. Die Zinkoxydkalilösung wird in die äussere wie innere Zelle gefüllt und ein schwacher Strom während einiger Tage durchgeleitet. Die negativen Jonen, Chlor und Sulfion, wandern in die poröse Zelle hinein, während am äusseren Zink sich Spuren anderer Metalle niederschlagen.

Der Electrolyt im Zink-Kupfer-Sammler kann ziemliche Mengen von Kohlensäure aus der Luft aufnehmen, bevor die Ausscheidung von basischem Zinkcarbonat beginnt. Falls nicht schon die Kathoden (Stahlbleche oder Gitter) gut amalgamirt sind, ist ein Zusatz von Quecksilberoxydkali empfehlenswert. Die Frage, ob noch andere Zusätze zum Electrolyt von günstigem Einfluss auf die

Zinkabscheidung während der Ladung des Sammlers sein können, muss hier offen gelassen werden.

Es ist eine Thatsache, dass die regelmässige und sichere Ladung des Zink-Sammlers sehr von der Beschaffenheit des Electrolyts (allerdings auch noch von andern Factoren) abhängt und in der Praxis durchaus nicht unfehlbar sicher erreicht wird. — Darum möge zum Schluss an die Experimente von Swan erinnert werden. Aus einer ziemlich gesättigten Kupfersulfatlösung, welcher sehr geringe Mengen eines Colloids zugesetzt worden waren (auf 100 000 Teile Kupferlösung 2—30 Teile des Colloids), wurde bei ungewöhnlich gross gewählten Stromdichten (144 Ampère pro englischer Quadratfuss Kathodenfläche) ein glänzender Kupferniederschlag erhalten. Dabei war aber der Strom nicht continuirlich, sondern intermittirend angewendet worden, je 15 Sekunden angelassen, dann 15 Sekunden unterbrochen worden u. s. w. Es wäre deshalb interessant, den Einfluss von Zusätzen, wie Gummi arabicum, Dextrin, Gelatine, Zuckerarten zum Electrolyt auf die Ladung zu studiren, ebenso nach Swan den Strom intermittirend dabei einwirken zu lassen. Allerdings ist dem Resultat solcher Versuche insofern nicht zu optimistisch entgegen zu sehen, als diese organischen Zusätze zum Teil selbst Veränderungen bei der Electrolyse erleiden oder gar Producte liefern könnten, die die Kupferelectrode angriffen resp. auflösten. Dagegen dürfte das Laden des Zink-Kupfer-Sammlers mit intermittirendem Strom nur vorteilhaft sein.

(Die gütige Unterstützung bei diesen Versuchen sei der Direction der Maschinenfabrik Oerlikon hier noch besonders verdankt.)

156. Herstellung der Kathoden für den Zinkaccumulator.

Als Kathode für den alc. Zinkaccumulator und für jeden alc. Accumulator eignet sich Stahlblech mit dem höchsten Kohlenstoffgehalt am besten. Der Uhrfederstahl ist in

dieser Beziehung ein ausgezeichnetes Material, ebenso Bessemer Stahl mit dem höchst erreichbaren Kohlenstoffgehalt. Weiches Eisen ist nicht zu verwenden, da dasselbe bei irgend einer Zufälligkeit angegriffen und Eisensäure gebildet werden kann. — Es handelt sich darum, zu versuchen, ob andere Beimengungen, wie vielleicht Silicium, Titan oder Wolfram, denselben Einfluss wie Kohlenstoff oder noch einen günstigeren auf die Widerstandsfähigkeit der Eisenkathode ausüben. Dünnes Stahlblech von $\frac{1}{4}$ Millimeter Dicke (überhaupt so dünn als möglich), welches zweckmässig zur Vergrößerung der Oberfläche und um den Zinkabsatz zu erleichtern, nach Art der Rasselbleche, welche in der Müllerei verwendet werden, ist vielleicht das beste Material für die Kathoden. Ein Hauptfactor, wesshalb der alc. Accumulator dem Bleiaccumulator hinsichtlich der Leistung pro Gewichtseinheit überlegen ist, besteht gerade darin, dass die Stahlblechkathoden eine viel bessere Leitungsfähigkeit wie die entsprechenden Bleikathoden, ein beinahe zu vernachlässigendes Gewicht und dabei doch die nötige mechanische Stabilität besitzen und verhältnissmässig billig sind.

Vor dem Einsetzen der Stahlblechkathode in den Accumulator wird dieselbe amalgamirt. Zu dem Ende wird auf folgende Weise verfahren:

Quecksilber, in welchem ca. 5% Zink aufgelöst worden sind (man lässt einige Zinkstangen mehrere Wochen in Quecksilber liegen), wird in ein flaches Gefäss von Eisen in genügend hoher Schicht gebracht und darüber etwas verdünnte Kalilauge gegossen. Die Stahlblechkathode wird einfach mehrere Male in das Quecksilber eingetaucht und herausgezogen, wobei sich dieselbe ohne Weiteres mit einer Schicht von Quecksilber überzieht. Um eine etwas kräftigere Amalgamirung zu bewirken, muss die Kathode über Nacht in dem Quecksilber liegen bleiben. — Für die Laboratoriumsversuche nehme man eine flache

Schale, welche ungefähr 5 Centimeter hoch ist, giesse das Quecksilber 25 Millimeter hoch hinein, darauf eine 5 Millimeter dicke Schicht von Kalilauge und fülle nach Gebrauch das Quecksilber sammt der Kalilauge wieder in eine Guttaperchaflasche hinein. Das Gemisch lässt sich viele Male gebrauchen, bis es nötig wird, durch neuen Zinkzusatz das Quecksilber wieder aufzufrischen.

Die Wirkung der Amalgamirung beruht darin, dass sich zwischen dem Eisen und dem zinkhaltigen Quecksilber ein Element bildet, wobei die auf der Oberfläche der Stahlkathode befindliche Kalilauge das Electrolyt bildet. Es scheidet sich Kalium am Eisenblech aus, welches eine reine Metallfläche bildet, welche das Quecksilber aufnimmt. — Die Amalgamirung der Stahlblechkathoden kann auch auf die Weise erfolgen, dass dieselben mit dem negativen Pol einer Accumulatorenzelle in Verbindung gebracht werden, während ein Metallpinsel aus Zinkdrähten, welcher in Quecksilber, über welchem sich etwas Kalilauge befindet, eingetaucht und mit dem andern Pol des Elements in Verbindung ist, über die Kathode geführt wird.

Der Vorgang ist ein und derselbe wie vorhin, und die Kathode kann durch Bepinseln amalgamirt werden.

Von Wichtigkeit ist der Umstand, dass bei tadelloser Bedienung des alc. Accumulators die Stahlblechkathoden eine grosse Lebensdauer besitzen, dass aber bei fehlerhafter Bedienung dieselbe angegriffen werden können. Dies geschieht, wenn z. B. der Ladestrom verkehrt in den Accumulator geht, so dass der Wasserstoff sich an der Kupferanode ausscheidet, währenddem der Sauerstoff an der Stahlblechkathode entwickelt wird. Ist hier der Electrolyt unter einer Temperatur von 40—50° Cels., so bilden sich Verbindungen von Eisensäure (was an der roten Färbung um die Kathode bemerkt wird), wobei selbstverständlich das Stahlblech angegriffen wird. Die

Auflösung geschieht immerhin noch ungemein schwierig. Ist hingegen der Electrolyt auf einer Temperatur von über 40° Cels., dann findet am Stahlblech keine Bildung von Eisensäure statt, sondern blosse Sauerstoffentwicklung, während weiches Eisenblech auch bei höherer Temperatur Eisensäure bildet.

157. Da der **Zellkasten** beim alc. Accumulator zweckmässig als Teil der Kathode benutzt wird, ist es auch beim Zellkasten von Wichtigkeit, dass derselbe aus Stahlblech gefertigt sei, was zudem auch noch in Bezug auf mechanische Haltbarkeit von Vorteil ist.

Es lässt sich übrigens bei solchen Kasten oder Eisenblechkathoden auf künstliche Weise eine kohlenstoffreiche Oberfläche erzielen, indem die Wände in einem passenden Verstählungsbade mit kohlenstoffhaltigem Eisen überzogen oder in einem Glühofen auf passende Weise gehärtet werden (was z. B. durch eine Mischung mit gelbem Blutlaugensalz oder Cyankalium erreicht werden kann). — Bei dieser Gelegenheit sei zugleich auch noch erwähnt, dass es ziemlich schwierig ist, eine einfache und vorteilhaft scheinende Construction eines alc. Accumulators zu finden, bei welchem der Kasten durch Pressen aus Stahlblech hergestellt werden könnte; dies würde natürlich der billigste und beste Weg sein. Der Eisenblechkasten kann nur durch electriche Lötung oder Schweissung dicht für Lauge hergestellt werden, und es ist kein Zweifel, dass mit dem Lichtbogenlötapparat dies erreicht werden kann. Das Löten eines zusammengesetzten Eisenblechkastens mit Kupfer-, Zinn- oder entsprechenden Metalllegirungen ist absolut unzulässig, da dadurch sofort eine Lokalaction zwischen dem Zink und dem Lötmaterial hervorgerufen würde, welche dem Zinkabsatze höchst schädlich wäre. — Es fragt sich, ob ein Lot gefunden werden kann, welches der Einwirkung der Kalilauge widersteht, keine Lokalaction hervorruft und die nötige Festigkeit besitzt.

Für Versuche im Kleinen ist es empfehlenswert, einfach die Gefäße zu vernieten mit Zwischenlage eines Pergamentpapierstreifens, wodurch vollkommen dichte Gefäße erhalten werden.

158. Neue Herstellungsweise der Kupferanoden. Anstatt die Kupferanoden auf eine ähnliche Weise wie die positiven Platten bei Bleiaccumulatoren zu bereiten, nämlich in einen Kupferträger eine Kupferoxydpaste einzutragen oder Schwammkupfer um einen Kupferträger zu pressen oder die ganze Kupferanode aus gepresstem Schwammkupfer zu bilden oder endlich aus Kupferverbindungen Pastillen zu formen und diese, nachdem sie cementartig erhärtet sind, durch Reduction in Schwammkupfer überzuführen, scheint folgender Weg billig und einfach zugleich zu sein. Derselbe ist zudem auch nicht an besondere Electrodenformen gebunden, indem jeder beliebige Körper aus Kupfer in actives Material übergeführt werden kann.

Das Princip ist, das Kupfer in der Hitze zu oxydiren, also die Oberflächen der Kupferelectroden auf die gewünschte Dicke in Kupferoxyd zu verwandeln und das Kupferoxyd nachher zu reduciren, wobei die Oberfläche in Schwammkupfer übergeführt wird. Die Sache ist nahe liegend und einfach, dagegen erfordert die practische Ausführung einen Kunstgriff.

Das Kupferoxyd, welches sich bildet, nimmt wie alle andern Oxyde mehr Raum ein als das Metall selbst; die Folge davon ist, dass das Abspringen der oxydirten Masse vom darunter liegenden metallischen Träger sehr leicht eintritt. Ferner ist die Temperatur, welche nötig ist, um das Kupfer genügend tief zu oxydiren, sehr nahe am Schmelzpunkt des Kupferoxyds und auch nicht sehr weit vom Schmelzpunkt des Kupfers selbst entfernt. Dadurch ist eine genaue Regulirung und Innehaltung einer Maximaltemperatur vorgeschrieben.

Endlich handelt es sich darum, dass die Temperatur der zu oxydierenden Anode überall gleichförmig sei.

Eine practische Form des Glühofens ist in Fig. 150 schematisch skizzirt.

159. Beschreibung des Glühofens. Der Glühofen besteht in der Hauptsache aus einem ringförmigen Schachtofen, welcher eine Anzahl Luftlöcher und Schaulöcher

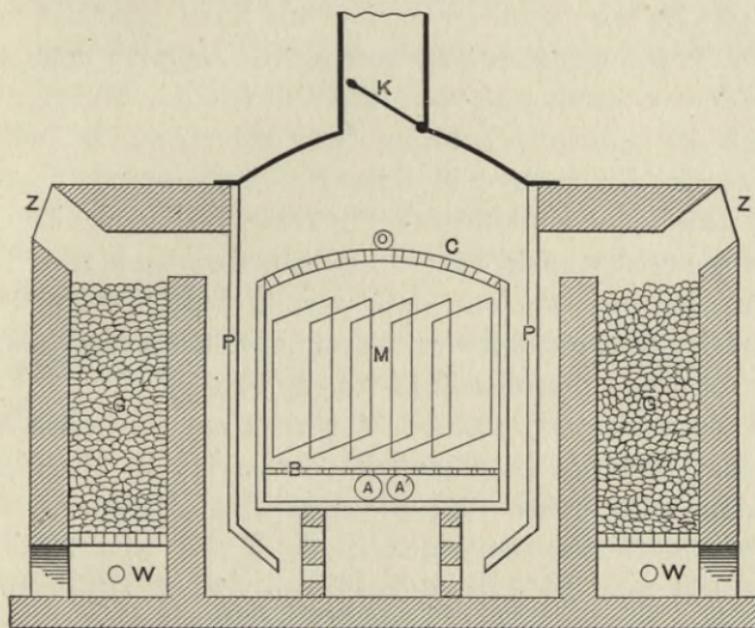


Fig. 150.

Elec. Engineer

besitzt. Im Innern des Schachtofens ist auf einem mit einer centrischen Bohrung versehenen Fundamentklotz aus feuerfestem Stein eine Muffel aus Magnesia placirt, welche aus mehreren Teilen zusammengesetzt sein kann.

Die Feuerung kann auf irgend eine Weise geschehen, ähnlich wie bei Schlitzgeneratoren, oder durch Rostfeuerung oder Generatorgase, oder irgend ein Brenngas, welches in einem besonderen Apparat erzeugt wird. Der Process wird folgendermaassen geleitet:

Die Kupfergegenstände werden in die Muffel und durch Anheizen derselben auf die erforderliche Tempe-

ratur gebracht. Wie dies erreicht ist, wird durch ein Ventil mittelst der centrischen Bohrung des Fundamentklotzes Luft in die Muffel geleitet.

Sowie die Oxydation der Kupfergegenstände tief genug vorgeschritten ist, was man durch die Erfahrung oder durch Proben ermitteln kann, wird der Lufteinlass geschlossen und eine Kuppel über den ganzen Ofen gestülpt. Es wird nun der Einlass ins Kamin geöffnet und die Luft bei der Feuerung verringert. Dadurch geht das gebildete Generatorgas von oben durch die Muffel und durch die centrische Bohrung des Fundaments ins Kamin, wobei das Kupferoxyd in Kupfer zurückverwandelt wird.

Die Reduction erfolgt, bevor noch das oxydirte Kupfer sich ganz abgekühlt hat. Die Reduction kann auch dadurch bewirkt werden, dass anstatt Luft Wasserdampf unter den Rost geführt wird, wobei das entstehende Wassergas die Reduction des Kupferoxyds besorgt.

Zugleich wird dadurch der Ofen am raschesten abgekühlt und das Brennmaterial conservirt. — Nach Abkühlung des Ofens wird die Kuppel abgenommen, die Kupferwaare herausgenommen, die Muffel wieder frisch beschickt und der Process kann von Neuem beginnen.

Das Kupfer, welches auf diese Weise porös gemacht wird, hat um circa 15—20% an Volumen zugenommen. Die poröse Oberfläche desselben hängt so innig mit dem unveränderten dichten Kupferkern zusammen, dass der Uebergang des Schwammkupfers in das poröse Kupfer für das Auge kaum bemerkbar ist. Das poröse Kupfer haftet an jedem einzelnen Punkte in vollkommenster Weise am Träger, so dass Biegen der Electroden und sonstige Behandlung wie homogenes Kupferblech, ohne Nachteil möglich ist. — Die Porosität der Kupferoberfläche kann durch Wiederholung des Processes gesteigert werden.



Capitel XXII.

Ueber Circulationsvorrichtungen an electrolytischen Apparaten.

160. Bei allen electrolytischen Processen geht eine chemische Veränderung des Electrolyts an den Berührungsflächen desselben mit den Electroden vor sich. Während des Durchgangs eines electricen Stromes durch die electrolytisch leitende Flüssigkeit sammeln sich an der Kathode die aus den positiv electricen Jonen, an der Anode die aus den negativ electricen Jonen frei gewordenen Körper an. Es geht hieraus hervor, dass, wenn auch am Anfang der Electrolyse die Flüssigkeit eine vollkommen homogene Beschaffenheit und Zusammensetzung hatte, dieser Zustand schon wenig Augenblicke nach dem Eintreten der Electrolyse nicht mehr vorhanden sein kann, sondern dass, je mehr Strom durch den Apparat geflossen, desto grösser die Verschiedenheit der die Electroden umgebenden Flüssigkeitsschichten sein muss.

Das ist richtig, ob die Electroden vollkommen unlöslich und unangegriffen durch die sich abscheidenden Körper bleiben oder ob dieselben sich durch Verbindung mit den entstehenden Producten verändern. — Nun hängen der Verlauf einer Electrolyse und, bis zu einem bestimmten Grade, die Producte, die bei derselben auftreten, von der Beschaffenheit des Electrolyten ab; wenn diese sich ändert, ist ersichtlich, dass auch das Resultat

einer Electrolyse nicht den anfangs gegebenen oder vorhandenen Bedingungen entsprechen kann, sondern weniger einfachen und übersichtlichen Verhältnissen, die eben durch die beständigen Veränderungen des Electrolyten geschaffen werden. Dieser Umstand ist nicht nur bei rein wissenschaftlichen Untersuchungen zu berücksichtigen, sondern spielt auch in practischer Hinsicht eine bedeutende Rolle.

Bei der electricen Raffinirung mancher Metalle, bei der Herstellung electro-chemischer Verbindungen, wie z. B. Bleichflüssigkeiten aus Chloriden, bei der Production electricer Energie in Primär- und Sekundär-Batterien, überall ist die Entmischung des Electrolyts zu berücksichtigen. Nun kommt noch hinzu, dass neben der, durch die eigentliche Zersetzungsarbeit bewirkten Entmischung noch diejenige, durch „mechanische Ueberführung“ der Flüssigkeit stattfindende, einhergeht und sich je nach Umständen additiv oder neutralisirend zur ersten verhält.

Auf jeden Fall ist es geboten, diesen störenden Nebenvorgang so gut als möglich zu eliminiren, wenn anders darauf gerechnet werden soll, während der ganzen Dauer der Electrolyse eine gleichmässige Zusammensetzung der aus derselben resultirenden Producte zu erhalten.

161. Der einfachste Weg ist nun ohne Zweifel der, den in jedem Moment von neuem entmischten Electrolyten an der Oberfläche der Electroden ebenso rasch zu erneuern. Hierzu sind nur grosse Quantitäten des Electrolyten erforderlich und ein Apparat, bei welchem für gleichmässigen Zu- und Abfluss der Flüssigkeit gesorgt ist, z. B. wie es bei der in Fig. 151 schematisch dargestellten Einrichtung der Fall ist.

Die Kathode wie auch die Anode sind aus Metallsieben gebildet, welche die electrolytische Flüssigkeit leicht passiren lassen. Der Electrolyt strömt von unten in der Richtung des Pfeils zuerst durch die eine, nachher durch

die andere Electrode und tritt am obern Ende des Apparates aus. Handelt es sich hauptsächlich darum, die an der Kathode sich abscheidenden unlöslichen Körper zu berücksichtigen, dann wird diese nach unten verlegt (wie in Fig. 151 gezeigt ist) und auf diese Weise der Einwirkung von an der Anode gebildeten Körpern entzogen. — Ein Kupfervoltmeter, nach diesem Schema construirt, müsste vollkommen richtige Resultate liefern, da die an der Anode auftretende Ueberschwefelsäure immer wieder abgeführt und unschädlich gemacht wird. — Auch da, wo es sich um die Gewinnung einer, nur in geringen Mengen im Electrolyten vorkommenden Substanz handelt, wie z. B. bei der Electrolyse von Mineralwässern, kann eine solche einfache Vorrichtung am Platze sein.

In der überwiegenden Mehrzahl der practisch vorkommenden Fälle ist aber der Electrolyt zu kostbar, um denselben in beliebigen Mengen verwenden zu können.

Es ist auch nicht nötig, dass der Electrolyt immer durch neuen ersetzt werde, denn z. B. bei der galvanischen Fällung des Kupfers kann derselbe durch richtige Behandlung immer wieder auf dieselbe Zusammensetzung gebracht und dann wieder benutzt werden. — Selbst in den Fällen, wo auf die Auffrischung des Electrolyts verzichtet werden muss, kann die in der Nähe der Electroden stattfindende Entmischung des Electrolyts durch eine prompte Zusammenführung der Flüssigkeitsschichten zum grössten Teil ausgeglichen werden. Dies kann durch mechanisches Rühren der Lösung, entweder durch die Electroden selbst oder durch besondere Rührvorrichtungen, durch Einblasen von Gasen oder durch eine circulirende Bewegung der Flüssigkeit erzielt werden. — Es

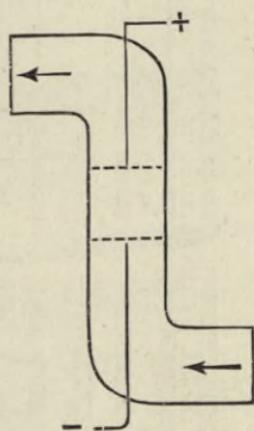


Fig. 151.

liegt nicht in der Absicht dieses Aufsatzes, eine Zusammenstellung aller bisher vorgeschlagenen oder patentirten Circulationsmechanismen zu geben. Viele derselben sind ebenso complicirt als unzumuthbar, manche erfüllen den Zweck unzureichend und die Mehrzahl dieser Einrichtungen verbieten sich von selbst durch deren Kostspieligkeit. Es ist aber interessant zuzusehen, auf wie verschiedenen Wegen ein und dasselbe Ziel erreicht werden kann und eine solche Uebersicht ist auch nicht ohne praktisches Interesse, da in jedem speciellen Falle einer Electrolyse gewöhnlich nur eine bestimmte Einrichtung als die einfachste und beste sich anbringen lassen wird.

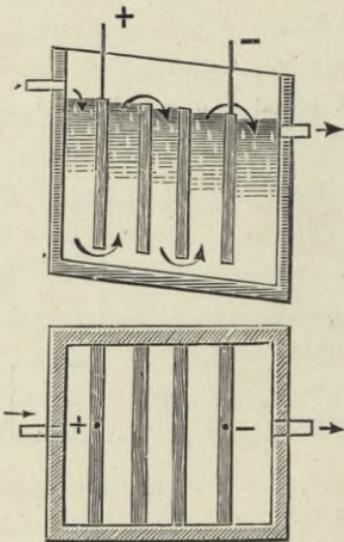


Fig. 152.

162. Ein einfacher Fall liegt bei der Raffination von Kupfer nach Fletscher vor. Beide Electroden haben dasselbe Metall als Basis und der Electrolyt ist eine Lösung dieses gleichen Metalls in Schwefelsäure.

Auf ein Kupferblech von 2 Millimeter Dicke wird Kupferstein gegossen und so etwa 3—5 Centimeter dicke Platten erhalten. Diese Electroden werden in eine Wanne derart eingehängt, dass dieselben dicht an die Seitenwände anschliessen. Das etwas schräg gestellte Gefäss wird mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt und die erste Platte mit dem positiven, die letzte Platte mit dem negativen Pol einer Stromquelle verbunden (siehe Fig. 152). Auf der einen Seite löst sich dann das Kupfer auf, das durch die Circulation der Flüssigkeit weiter geführt und auf der andern Seite niedergeschlagen wird. Der Electrolyt

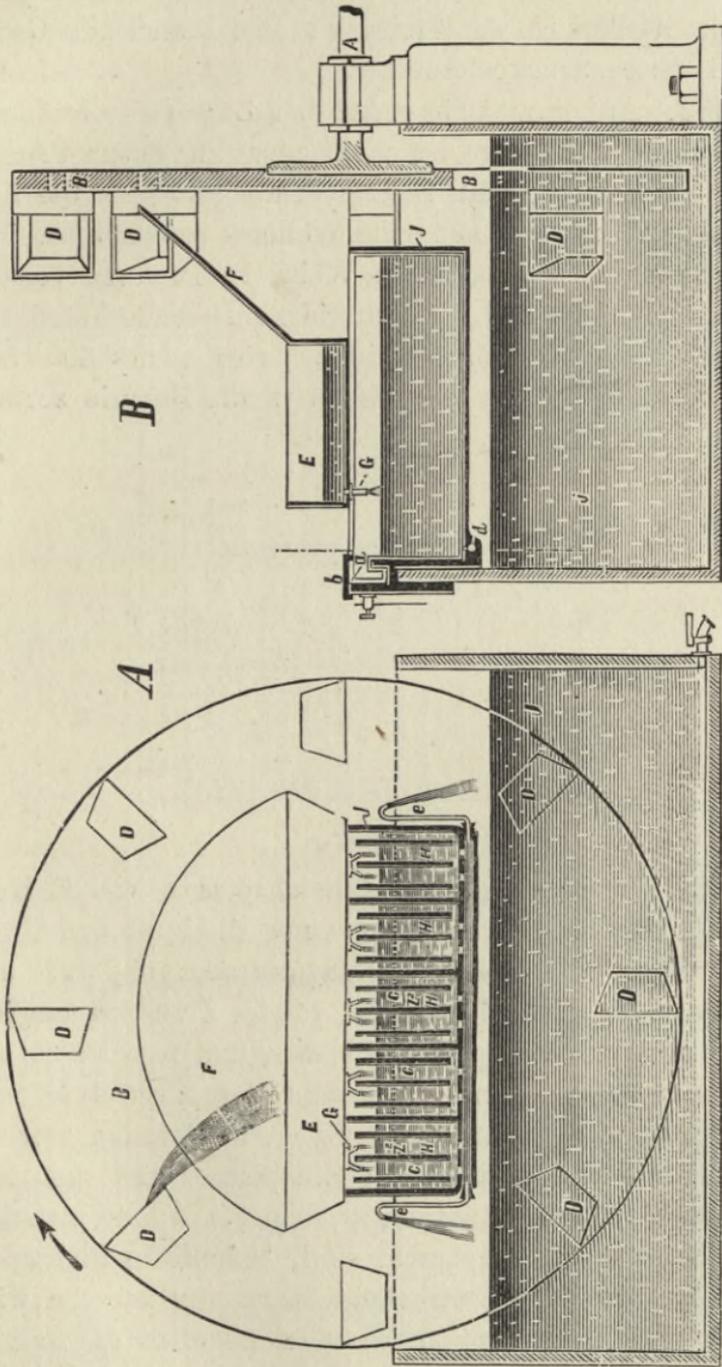


Fig. 153.

wird aus dem am tiefsten stehenden Gefässe durch eine Pumpe wieder in das erste, zu oberst stehende Gefäss der Batterie zurückbefördert.

163. Auf eine andere Art hat Lagarde die Circulation und Mischung des Electrolyts in einer Primärbatterie (Chromsäurebatterie) zu Stande gebracht. Die Vorrichtung ist aus Fig. 153 ohne Weiteres verständlich. Ein Schöpfrad, das auf beliebige Weise in Drehung versetzt wird, nimmt die aus der Batterie abfließende Flüssigkeit auf und transportirt sie in ein höher gelegenes Reservoir, aus welchem dieselbe von neuem in die Batterie zurückfließt.

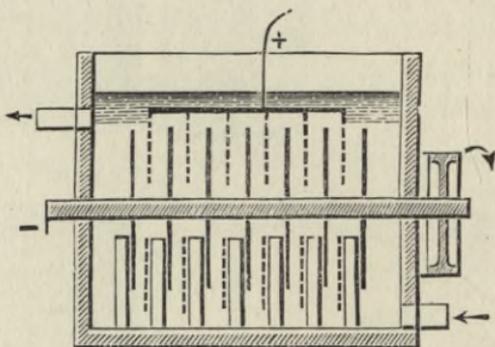


Fig. 154.

164. In dem electrischen Bleichapparate von E. Hermitte besteht der Electrolyt aus einer Mischung von Chlor-magnesium, Chlorcalcium, Magnesiumoxydhydrat und Wasser. Als Kathode dienen runde Zinkscheiben, die auf einer Zinkwelle senkrecht stehen und parallel zu einander angeordnet sind. Während der Electrolyse wird die Welle, und damit die Scheiben, in Rotation versetzt, so dass die zwischen diesen Zinkplatten und den feststehenden Platindrahtnetzen, welche als Anode zwischen den Zinkscheiben angebracht sind, befindliche Flüssigkeit in eine sehr heftige, wirbelnde Bewegung versetzt wird. Durch eine Centrifugalpumpe wird überdies die Lösung mit ziemlicher Schnelligkeit durch die in Serie geschal-

teten Electrolyseure hindurchgetrieben, so dass in doppelter Weise für die Mischung des Electrolyts gesorgt ist. Um das an der Kathode sich absetzende Kalkhydrat resp. Magnesiumhydrat, das isolirt und also den innern Widerstand des Apparates erhöht, fortzuschaffen, sind festliegende Messer, welche diese Schichten abkratzen, an die Zinkplatten angelegt. Fig. 154 giebt eine schematische Skizze des Electrolyseurs.

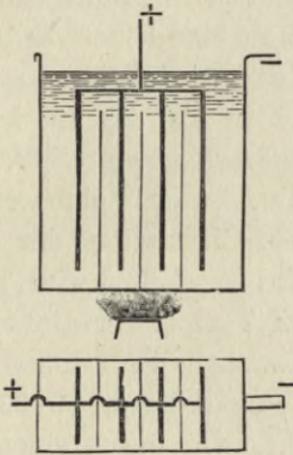


Fig. 155.

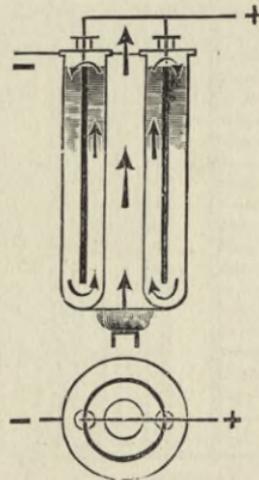


Fig. 156.

165. Auf einfachem, aber unzulänglichem Wege bewerkstelligen Waddell-Entz die Mischung der alkalischen Zinklösung in deren Zink-Kupfer-Sammler. Die mit dem Stahlblechgefäss in Kontakt stehenden Kathoden aus gleichem Material stehen wie die untereinander electric verbundenen Anodenplatten senkrecht und parallel zu einander (siehe Fig. 155). Durch die Erhitzung des Gefässbodens steigt der erwärmte Electrolyt in die Höhe und versetzt dadurch die ganze Flüssigkeit in eine langsame ungleichmässige Bewegung, die indessen aufhört, sobald die Temperatur der Zelle eine obere, nicht zu überschreitende Grenze erreicht hat. Es ist gleichzeitig einleuchtend, dass nur ein sehr geringer Bruchteil der aufgewendeten Wärmeenergie zur Bewegung des Electrolyten nutzbar gemacht wird.

166. Eine die Gleichmässigkeit der Circulation eher garantirende Form (des Verf.) stellt Fig. 156 dar. Das Stahlblechgefäss ist als Hohlmantel ausgebildet und ist Kathode; die Anode sitzt in Form eines Hohl-Cylinders concentrisch im Gefäss. Werden nun z. B. heisse Luft- oder Flammengase durch die innere, freie Röhre geleitet, dann nimmt die nach innen liegende Flüssigkeit eine höhere Temperatur an und wird dadurch specifisch leichter als die an der Peripherie liegende Flüssigkeitssäule, so dass eine continuirliche Circulation der Lösung aufrecht erhalten wird, so lange ein Temperatur-Unterschied zwischen der Innen- und Aussen-Seite des Gefässes besteht, was durch einen, längs der äusseren Mantelfläche geführten kalten Luftstrom erreicht werden kann.

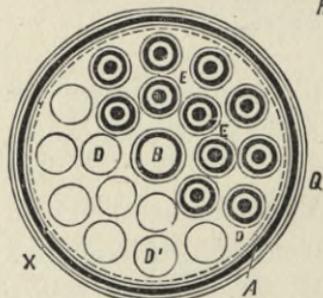
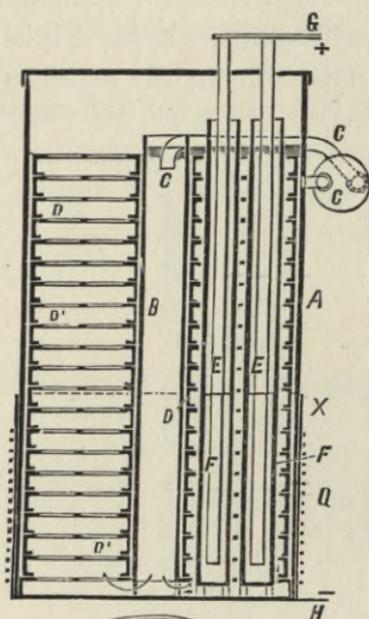


Fig. 157.

167. Weniger einfach gestaltet sich der Fall, wenn bloss um eine der Electroden eine Circulation der Lösung wünschenswert erscheint. Fig. 157 bietet ein Beispiel hierfür.

In dem Kupfer-Accumulator, dessen cylindrisches Gefäss aus Eisen- oder Stahlblech besteht, sind die Kathoden aus Stahlblech mit kreisrunden Löchern *D* versehen und so übereinander horizontal liegend angeordnet, dass die Löcher genau senkrecht übereinander zu stehen kommen. In den solchergestalt gebildeten Hohlräumen stehen die

Anoden-Stifte *E*. Diese sind aus oxydirtem Kupferdraht gebildet und jeder einzelne Stift ist mit einem Magnesia-Diaphragma umgeben. (Engl. Patent des Verf. 1892.)

Für den regelmässigen Zinkabsatz ist es von untergeordneter Bedeutung, ob der Electrolyt um die Anoden kreise oder nicht; die Hauptsache ist, dass der Electrolyt die Kathoden, während der Ladung namentlich, gleichmässig bespüle. Es ist daher im Centrum des Gefässes eine Eisenröhre *B* angebracht, die am untern Ende mit einigen Löchern versehen ist. Wird der Electrolyt aus dem Gefäss in die Röhre *B* gepumpt, dann sinkt derselbe

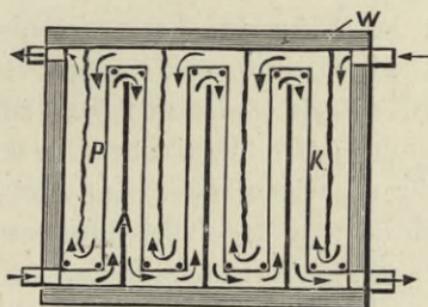


Fig. 158.

durch diese auf den Boden des Gefässes herab und wird durch weitere, nachfolgende Lösung von dort nach der Oberfläche gedrängt, von wo abermals die Wanderung von neuem beginnt. Die Circulation der Flüssigkeit von unten nach oben, durch die Kathoden hindurch, hält so lange an, als der Zufluss in die Röhre *B* andauert.

168. Sind die beiden Electroden aber von zwei verschiedenen Electrolyten umgeben und sollen beide Lösungen, jede für sich, in Circulation erhalten werden, dann ist die in Fig. 158 abgebildete Anordnung empfehlenswert. In dem Holzraume *W* ist ein Pergamentpapier *P* in Zick-Zackform ausgespannt. Die Dichtung gegen den Boden ist durch eine Lage Gyps bewirkt. Auf der einen Seite werden die Kathoden *K*, auf der andern die Anoden *A*

eingestellt. Die beiden Electrolyte circuliren in der Richtung der Pfeile.

Oft ist electrolytischen Apparaten die Form einer Filterpresse gegeben worden; da indessen die Electrolyseure nicht wie die Filterpressen nach jeder Operation auseinander genommen werden sollten, ist der Zweck einer derartigen Anordnung der Electroden nicht recht ersichtlich. Doch muss sich die Construction eines electrolytischen Apparates ganz nach dem Zweck desselben richten und es ist auch hier, wie überall, das Einfachste am schönsten; zugleich aber auch am schwersten zu erreichen.

169. Um bei Sekundär-Batterien für transportable Zwecke, wie z. B. für Tramwagen, eine automatische Circulation des Electrolyten herzustellen, stützt sich nachfolgende Anordnung auf die Thatsache, dass bei solchen Fahrzeugen ein sehr oft wiederholtes Anhalten und Anfahren Regel ist, und benutzt die dabei auftretenden Trägheitsmomente, um den Electrolyten zu bewegen. In dem Gefäss *G*, das z. B. einen rechteckigen Querschnitt hat, sind an zwei einander gegenüberliegenden Seiten und in einem geringen Abstand von den benachbarten Seiten, zwei parallel laufende Scheidewände *S* und *S*₁ angebracht (siehe Fig. 159). Die Electroden stehen senkrecht zur Richtung der Scheidewände. Die Flüssigkeit ist bis nahe an den obern Rand der Scheidewände angefüllt worden. Erhält nun die Zelle (oder eine Batterie einer beliebigen Zellenzahl) eine Beschleunigung, z. B. in der Richtung des Pfeils, dann bildet sich in jeder Zelle eine Welle, welche über *S* hinaus schlägt. Ein Teil der Flüssigkeit von der Oberfläche wird dadurch in die schmale Kammer, welche durch *S* und die benachbarte Gefässwand gebildet wird, geschleudert und, indem sich das Niveau zwischen der grossen Abteilung und besagter Kammer alsbald wieder herstellt, tritt ein bestimmtes Flüssigkeitsquantum aus dem untern

Teil der Kammer in die grosse Abteilung über. Wird die Zelle von der Bewegung in der Pfeilrichtung rasch zur Ruhe gebracht, dann bildet sich abermals eine Welle, welche dieses Mal über die Scheidewand S_1 hinausschlägt, wobei wieder beim Niveau-Ausgleich ein Teil der Flüssigkeit in der rechts liegenden Kammer in die Hauptabteilung übertritt. Jedesmal beim Anhalten und ebenso beim Anfahren des Wagens wird also Flüssigkeit von der Oberfläche der Zellen in die betreffenden Kammern und von dort nach dem Boden der Zelle

befördert, so dass eine ruckweise Circulation des Electrolyts von unten nach oben, zwischen den Electroden hindurch stattfindet. Damit diese Einrichtung gut functionire, ist es nötig, den Flüssigkeitsstand stets auf derselben Höhe, etwas unterhalb dem obern Ende der Scheidewände, zu erhalten. Ebenso haben die der Batterie mitzuteilenden Bewegungen ruckweise oder plötzlich zu erfolgen, was wohl beim Verkehr von Tramfahrzeugen zutreffen wird.

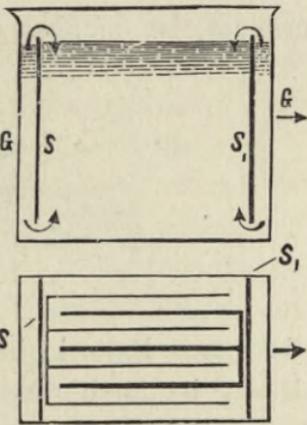


Fig. 159.

— Einfachheit und Sicherheit in der Function können dieser Einrichtung nicht abgesprochen werden. — Bei der Ladung einer solchen Batterie wird die nötige Bewegung künstlich erzeugt, indem die Sammler auf ein Gestell gebracht werden, das in balancirender Hin- und Herbewegung erhalten wird.

Fig. 160 stellt schematisch ein derartiges Gestell vor. Die Zellen befinden sich darauf in leicht beweglichen Wagen, die sich in Bewegung setzen, sobald die Neigung des Gestells genügend gross geworden ist. Bei dem Anprall an die Gestellfassung wird eine Welle in jedem Gefäss erzeugt. Schwingt das Gestell zurück und über die Gleichgewichtslage hinaus nach der andern Seite, so findet

durch den Anprall der Wagen nach der entgegengesetzten Richtung hin die Bildung einer, der ersten entgegengesetzt gerichteten Welle statt. — Durch langsames oder rascheres Schwingen des Gestells könnte jedenfalls die Schnelligkeit der Circulation einigermaassen beeinflusst werden. Genauer beschrieben findet sich dieses Circulationsverfahren in dem engl. Patente des Verfassers Nr. 529 199 (1894).

170. Erläuterung. Eine Circulationsvorrichtung, bei welcher jeder Zellenhalt für sich, unabhängig von dem übrigen Teil der Batterie, eine automatische Mischung erleidet, ist offenbar der Circulation der Flüssigkeit durch

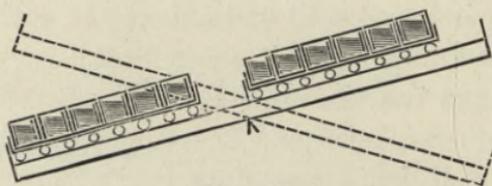


Fig. 160.

die ganze Batterie hindurch principiell vorzuziehen. Indessen ist auch dieser letztere Modus ganz leicht möglich. Dabei werden die Zellen durch Rohre aus isolirendem Material (Gummi, Porzellan etc.) mit einander verbunden; die zwischen zwei Elementen liegende Flüssigkeitssäule im Verbindungsrohr bildet insofern eine Art Nebenschluss, als die beiden Zellen nicht auf demselben Potential stehen, sondern zwischen den beiden Endpolen derselben eine Potentialdifferenz von $2 \times 0,90 = 1,8$ Volt vorhanden ist. Einerseits bilden die beiden in Serienschaltung mit einander verbundenen Electroden (die Kupferelectrode des I. Elements und die Zinkelectrode des II. Elements z. B.) ein Stück des Stromkreises, welcher durch die mit einander communicirenden Flüssigkeiten in den beiden Zellen ergänzt wird. Es geht also ein Strom von der Zinkelectrode (dem Eisengefäß) in die in diesem enthaltene Flüssigkeit durch die Röhre zwi-

schen beiden Zellen zur Flüssigkeit im zweiten Gefäss und von dieser auf die Kupferelectrode in demselben.

Beim Schliessen des Stromkreises durch die Verbindung der beiden Endpole der Zellen wird ein Strom durch dieselben fliessen, der in zwei Teile zerlegt werden kann. Einmal wird die reguläre Stromstärke auftreten, gemäss dem Gesetz von Ohm, also entsprechend dem Verhältniss $\frac{2E}{R+2r}$, wo r der innere Widerstand, E die electromotorische Kraft einer Zelle und R der äussere Widerstand ist. Ferner wird noch ein Zweigstrom auftreten, wobei ρ der Flüssigkeitswiderstand zwischen den beiden Endelectroden ist. Dieser Nebenstromkreis bleibt erhalten, wenn auch der Hauptstromkreis geöffnet wird, ist also einer fortwährenden Lokalaction gleich zu setzen. Wenn der Widerstand eines Cubikcentimeters verdünnter Schwefelsäure für Bleisammler zu rund $1\frac{1}{2}$ Ohm gesetzt wird und der Widerstand der Zinkoxydkalilösung im Kupfer-Zink-Sammler etwa zu dem doppelten Betrag, also 3 Ohm pro Cubikcentimeter, dann würde eine Verbindungsröhre von 20 Millimeter Durchmesser und 30 Millimeter Länge etwa 3,0 Ohm Widerstand bieten. Die gegen electromotorische Kraft bei der Electrolyse betrüge etwa die Hälfte der Spannungsdifferenz, also 0,9 Volt, so dass die durch die Verbindungsröhre fliessende Stromstärke $\frac{0,9}{3} = 0,3$ Ampère betrüge. In 24 Stunden würden 7,2 Ampèrestunden der Capacität der Elemente verloren gehen, also etwa 3%, wenn die Capacität eines Elements 220 Ampèrestunden betrüge. — Der Verlust ist so gering, dass eine durchgehende Circulation durch die Batterie practisch möglich erscheint.

171. Castner (Engl. Patent Nr. 16046, 1892) bewirkt eine Erneuerung der Oberfläche der Kathode folgendermaassen. In der Zelle (Fig. 161) bildet die auf

dem Gefässboden liegende Quecksilberschicht die Kathode, während die links und rechts wagrecht hineinragenden Kohlenstifte als Anoden fungiren. Das Gefäss ruht am einen Ende auf einer Schneide, am andern Ende auf der Scheibe eines Excenters auf. Durch die schaukelnde Bewegung, welche die Zelle bei langsamer Rotation des Excenters erhält, wird das Quecksilber als Welle hin- und her bewegt und die Oberflächenschicht desselben immer von Neuem entmischt.

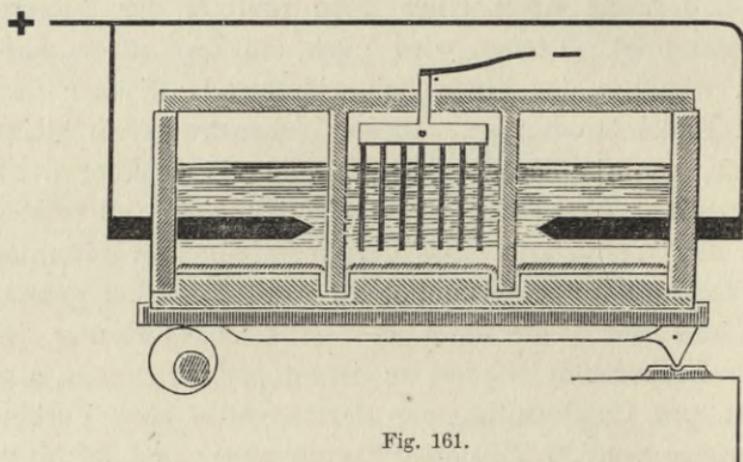


Fig. 161.

In vorliegendem Apparat, welcher speciell zur Electrolyse von Kochsalzlösungen bestimmt ist, hängt in der durch die zwei Scheidewände gebildeten mittlern Abtheilung noch eine dritte Electrode, so dass man hier zwei in Serie zu einander geschaltete Zellen hat. Die am Boden liegende Quecksilberschicht ist Kathode in den beiden äussern Kammern und zugleich Anode in der mittlern Kammer. An der aus Stahlblech bestehenden Kathode der mittlern Zelle entwickelt sich Wasserstoff, an den Kohlenstifanoden Chlorgas und das vom Quecksilber in den äussern Kammern aufgenommene Natrium wird in der mittlern Kammer oxydirt und als Natronhydrat abgegeben.



Capitel XXIII.

Zur Construction des alkalischen Zink-Kupfer-Sammlers.

172. Bei der Wichtigkeit der Circulation des Electrolyts in diesem Element ist von vornherein die automatische Mischung der Flüssigkeit als Bedingung gegeben. Neben den im vorigen Abschnitt aufgeführten Methoden lassen sich noch manche andere Wege denken, auf denen das Ziel erreicht werden kann, doch dürfte es schwierig halten, die unter 169 angeführte Methode an Einfachheit zu überholen.

Eine zweite Bedingung ist die senkrechte Stellung (oder annähernd vertikale Lage) der Electroden. An beiden Electroden können sich unter gewissen Umständen Gase entwickeln, die, falls die Platten horizontal liegen, die untere Fläche derselben bedecken und dadurch den Stromkreis fast ganz unterbrechen könnten, jedenfalls einen bedeutenden Widerstand bieten müssten. — Wenn das Element aber nur zwei Platten besitzt, dann braucht nur die eine derselben senkrecht zu stehen, während die andere wagrecht liegen kann.

Die dritte Bedingung wird durch die Notwendigkeit eines Diaphragmas für die Kupferelectrode gegeben. Es geht daraus hervor, dass speciell die Kupferelectrode senkrecht stehen muss, damit die Gase aus der obern Oeffnung des Diaphragmas entweichen können.

Endlich richtet sich die Construction auch noch nach der Wahl der Circulationsmethode. Bei der automatischen Zug- und Stossmethode sind breite und niedrige Gefässe, bei der durch die ganze Batterie gehenden Circulation eher hohe und schmale Gefässe angezeigt.

Die Form der Electroden kann die allermannigfaltigste sein; immer aber muss auf eine leichte, practische und billige Herstellungsweise derselben Rücksicht genommen werden; das Material des Diaphragmas beeinflusst die Form der Electroden ebenfalls.

Das Gefäss wird wohl stets aus Stahlblech gewählt werden müssen, denn einmal sind nicht manche Körper genügend widerstandsfähig gegen die ätzende Lauge und dann vereinigt Stahlblech alle wünschenswerten Eigenschaften, wie Festigkeit, Leichtigkeit, Billigkeit, Leitungsfähigkeit.

173. Als Beispiel für die **flache Zellform** möge folgende Skizze dienen. Das Stahlblechgefäss ist cylindrisch und flach, etwa 60 Millimeter hoch. Es bildet zugleich die Zinkelectrode und der Boden desselben ist zur Vergrösserung der Oberfläche mit einer Lage von Stahldrahtnetz bedeckt. Auf drei isolirenden Zapfen, die sich etwa 15 Millimeter hoch über den Boden des Gefässes erheben, ruht die Kupferelectrode, welche in einen Teller aus Magnesiummischung gelegt und durch einen auf diesen aufgekitteten, flachen Trichter eingeschlossen ist. Ein Kupferkabel dringt, durch eine Magnesiumröhre isolirt, aus dem Deckel aus Stahlblech, der das flache Gefäss beinahe luftdicht abschliesst. Die Zinkoxydkalilösung wird in das Magnesiumdiaphragma gefüllt, so dass die Kupferelectrode davon überdeckt wird und das Gefäss auf gleiche Höhe ebenfalls angefüllt.

In diesem Falle besteht die Kupferelectrode aus regelmässig gruppirten, etwa 10 Millimeter hohen Stiften aus Schwammkupfer oder mit Schwammkupfer überzogenen

Drahtstiften, welche sämmtlich an einem wagerecht liegenden Kupferdrahtnetz leitend befestigt sind.

Anstatt rund, kann das Gefäss, der Raumersparniss halber, auch viereckig gewählt werden. — Bei dieser Ausführung ist die Ruck- und Stosscirculation unentbehrlich, indem dadurch die an der untern Seite des Diaphragmas sich eventuell ansammelnden Gasblasen entfernt werden können.

174. Als Beispiel für die **hohe Zellform** diene folgende Skizze. Ein Rohr aus dünnem Stahlblech von 20 Millimeter Durchmesser und 1 Meter Höhe sei oben durch einen Gummipfropfen, durch welchen ein Kupferdraht von 7 Millimeter Durchmesser geht, abgeschlossen. Dieser Kupferdraht dringt innerhalb der Stahlblechröhre concentrisch bis auf das untere Ende derselben herab und wird nach den sofort zu erörternden Principien dargestellt. Derselbe ist mit einer $2\frac{1}{2}$ Millimeter dicken Schicht von Schwammkupfer bedeckt, so dass also ein Kern von 2 Millimeter Dicke als massives Kupfer übrig bleibt. Die bleistiftförmige Electrode wird in eine Pergamentpapierhülle gesteckt.

Nahe am oberen Ende ist ein seitlicher Rührstutzen am Stahlblechrohre angebracht, ebenso läuft das untere Ende der Stahlblechröhre in einen solchen Rohrstutzen aus. Der Electrolyt wird am untern Rohrstutzen durch ein in denselben passendes Ebonitrohr eingeleitet und fliesst aus dem obern Rohrstutzen wieder ab und in die nächste Zelle. Zur Vergrösserung der Oberfläche, wenn dies überhaupt nötig ist, kann die Röhre ebenfalls auf der Innenseite mit einem Drahtnetz überzogen werden. Bei der Ladung scheidet sich das Zink auf der Stahlblechwandung ab.

Die Erwärmung der Zellen kann, ob dieselben flach oder hoch gebaut seien, immer bequem dadurch geschehen, dass dieselben während der Ladung in einem warmen Raume bleiben oder dass der Standort derselben mit heisser Luft geheizt wird.

Um den Contact der Zellen mit einander zu verhindern und um den Zellinhalt möglichst vor Abkühlung zu schützen, wird die Aussenweite des Gefässes mit Wärmeisolirmasse (Korkbelegung, Asbestwolle etc.) bedeckt. Am Stahlgefäss ist eine Klemme angelötet, so dass das Kupferkabel der benachbarten Zelle bequem an dieselbe angelegt werden kann. Die Zellen werden, wie auch oft beim Bleisammler geschieht, in hölzerne Gestelle eingestellt und zwar, je nachdem dieselben öfters transportirt werden oder stets am gleichen Ort bleiben sollen, in leicht beweglichen Kasten oder aber fest und unverrückbar.

Bevor die letzte Ausbildung, welche in den Figuren 165—166 dargestellt ist, besprochen wird, soll über

175. Die Dimensionirung der Kupferstifte noch etwas beigefügt werden.

In je kürzerer Zeit die Capacität eines Sammlers entladen werden darf, um so zweckentsprechender wird derselbe, besonders mit Hinsicht auf die Verwendung für die Betreibung von Strassenwagen, sein. Bei den Bleisammlern ist 3stündige Entladung das Maximum und dabei sind die Electroden schon besonders dafür construirt. Die Entladezeit von 2 Stunden wäre in manchen Fällen noch vorteilhafter; die Auswechslung der Batterien könnte dann etwa in denselben Intervallen, wie jetzt die Auswechslung der Pferde betrieben werden. Nun fragt es sich, welche Dicke der activen Schicht auf dem Kupferstabe ist die am meisten entsprechende.

Ohne auf diese Frage des Weiteren einzugehen, soll hier nur gezeigt werden, wie die Dimensionirung der Kupferstifte zu geschehen hat, wenn die Dicke der porösen Schicht als bekannt angenommen wird. Es handelt sich nämlich dann darum, ein möglichst grosses Volum von Schwammkupfer in der Zelle unterzubringen, immer unter Festhaltung der Stiftform der Kupferelectroden. Es sei der Fall gesetzt, dass in der vorliegenden Zelle die Schicht

des Schwammkupfers 2 Millimeter dick sein solle. Das Diaphragma (Pergamentpapierhülle) sei $\frac{1}{2}$ Millimeter dick; ferner sei nach allen Seiten $\frac{1}{2}$ Millimeter Spiel gegeben, so dass der Stift bequem durch die kreisrunden Oeffnungen der wagrecht liegenden Stahlbleche (Zinkelectroden) geschoben werden könne. Der Minimalabstand der Löcher in den Stahlblechscheiben sei 2 Millimeter. — Welchen Durchmesser muss der Kupferstift haben, damit das Maximum von Schwammkupfer in der Zelle vorhanden ist?

Der Freundlichkeit des Herrn E. Huber, Direktor in Zürich, verdankt Verfasser eine mathematische Lösung dieses Problems. Nachfolgender Brief enthält dieselbe:

„176. Kreisproblem. Dasselbe ist identisch mit dem Problem, irgend eine bestimmte Fläche mit Ringen unter den angegebenen Maassverhältnissen zu besetzen, so dass die Fläche der n Ringe $nf = F$ ein Maximum wird. Diese Aufgabe setzt eine andere voraus, nämlich überhaupt die Anzahl n von gegebenen Ringen oder Kreisen in einer gegebenen Fläche G zu finden. Die Anzahl der Kreise ist immer genau gleich der Anzahl der regulären umschriebenen Sechsecke, welche in g Platz haben. Das

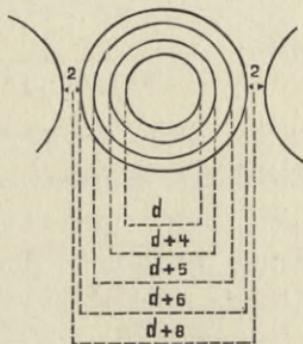


Fig. 162.

um den Kreis vom Diam. x umschriebene reguläre Sechseck hat die Fläche $\frac{x^2 \sqrt{3}}{2}$. In der Fläche G haben daher $\frac{2G}{x^2 \sqrt{3}} = n$ Sechsecke und daher auch ebenso viele Kreise, bzw. Ringe Platz.

Die Ringfläche ist offenbar:

$$f = \frac{(x-4)^2 - (x-8)^2}{4} \pi.$$

Daher ist der Reihe nach:

$$F = nf = \frac{2G}{x^2 \sqrt{3}} \frac{(x-4)^2 - (x-8)^2}{4} \pi$$

$$F = \frac{(x-4)^2 - (x-8)^2}{x^2} \cdot \text{Const.}$$

Soll nun x so gewählt werden, dass F ein Maximum wird, so muss x aus der Gleichung

$$\frac{dF}{dx} = 0 \text{ gefunden werden.}$$

Nun ist:

$$\frac{dF}{dx} = C \frac{d}{dx} \frac{x^2 - 8x + 16 - x^2 + 16x - 64}{x^2}$$

$$= C \frac{d}{dx} \frac{8x - 48}{x^2} = C' \frac{d}{dx} \frac{x - 6}{x^2} = C' \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{x} - \frac{6}{x^2} \right)$$

$$= C' \left(-\frac{1}{x^2} + \frac{12}{x^3} \right) = 0.$$

$$\text{Also: } \frac{1}{x^2} = \frac{12}{x^3}; \quad \begin{array}{l} 12x^2 = x^3 \\ x = 12 \end{array}$$

und $d = x - 8 = 12 - 8 = 4$ Millimeter.

Die Ringe müssen daher einen Innendiameter = 4 Millimeter und einen Aussendiameter = 8 Millimeter haben, damit die Summe ihrer Flächen ein Maximum sei. Diese Lösung setzt voraus, dass die kleinen Kreise g im Verhältniss zum grossen Kreis oder zur Fläche G überhaupt klein sind, so dass die Unvollständigkeit der Füllung am Rande der Fläche G vernachlässigt werden kann.

Nun aber sind die Dimensionen der Ringe ganz unabhängig vom Diameter des grossen Kreises, so dass eine Rechnung, welche diesen Diameter oder die Fläche des grossen Kreises mit einbezieht, eine ungeheure Masse von Ziffern bewegen muss, die gänzlich überflüssig sind.“

Anmerkung. Durch die Freilassung eines Kreises in der Mitte des grossen Kreises wird die Genauigkeit obiger Lösung etwas beeinträchtigt. Der Fehler wird, bei den vorliegenden Verhältnissen, ca. 3% betragen, so dass die Ringdiameter etwa 3% kleiner sein sollten.

Die in Fig. 157 (siehe Abschnitt über die Circulationsvorrichtungen) abgebildete Construction des Zink-Kupfer-Accumulators mit horizontalen, durchlochten Stahlblechscheiben hat den Nachteil, dass der Widerstand des Elements durch die auf der untern Seite der Stahlbleche haften

bleibenden Gasblasen vergrössert wird. Auch ist die Oberfläche der Zinkelectrode eine beschränkte; die Circulation muss durch die ganze Batterie vor sich gehen, wenn nicht für jedes Element ein besonderer kleiner Electromotor, der im Nebenschluss zu den Klemmen der Zelle

liegen kann, als Rührapparat vorgesehen wird. Für Elemente mit grosser Capacität, z. B. einigen Tausend

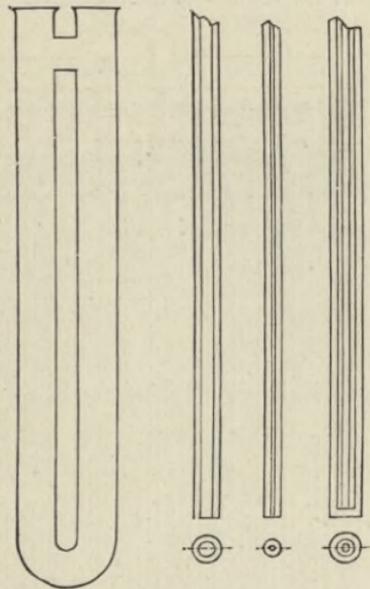


Fig. 163.

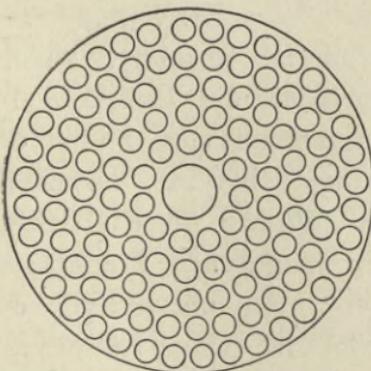


Fig. 164.

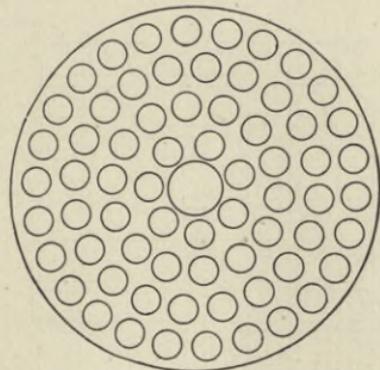


Fig. 165.

Wattstunden, wird der Electromotor weder zu schwerfällig noch zu kostspielig. Bei kleineren Zellen dagegen verteuert derselbe die Einrichtung zu erheblich.

Das in den Fig. 166 u. 167 skizzirte Element stellt die **177. Jüngste Ausbildung** der alcalischen Elemente durch den Verfasser dar. — Beide Electroden stehen senkrecht; die Circulation ist als Rück- und Stossbewegung vorgesehen, indem vor der Hand der Gebrauch solcher Elemente nur für den Betrieb von Tramwagen in Betracht kommt. Die Kupferelectrode besteht aus 64 Kupferstiften von je 500 Millimeter Länge und 8 Millimeter Durchmesser. Diese werden aus Kupferrohren von 3 Millimeter lichter Oeffnung und 2 Millimeter Wanddicke durch Glühen im Luftstrom und darauffolgende Reduction erhalten. An dem unteren Ende ist der Electrodenstift mit einer Beschuhung aus Magnesia versehen, welche einerseits die Isolirung des Kupferstifts vom Boden des Gefäßes bewirkt, andererseits als Führung für das denselben umgebende Diaphragma dient. Am obern Ende des Stifts ist eine Röhre aus Magnesia über denselben gestülpt, welche ebenfalls als Führung für das Diaphragma dient. Ein Pergamentpapiercylinder oder ein aus Baumwolle gestrickter oder gewobener Schlauch wird über die beiden Magnesia-

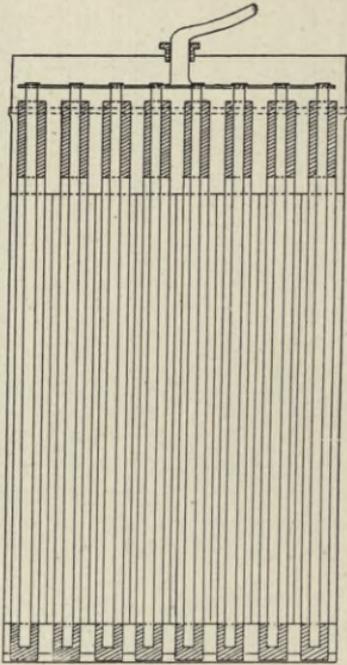


Fig. 166.

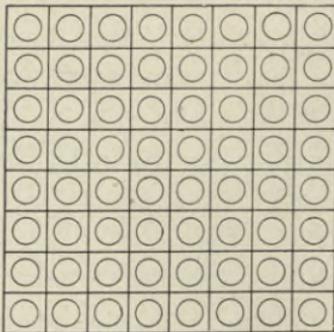


Fig. 167.

Führung für das Diaphragma dient. Ein Pergamentpapiercylinder oder ein aus Baumwolle gestrickter oder gewobener Schlauch wird über die beiden Magnesia-

körper gezogen und mit Baumwollfaden daran festgebunden.

Das Zellgefäß ist durch 7 parallel laufende, senkrecht stehende Stahlbleche in 8 schmale Abteilungen geteilt, von denen jede durch je 7 eingesteckte Stahlblechstreifen in 8 Säulen von quadratischem Querschnitt gespalten wird. In diesen stehen die Kupferstifte concentrisch und senkrecht. Sämmtliche Stifte sind am oberen Ende an ein Kupferblech, durch welches die Enden derselben ragen, angenietet. Die Stahlbleche stehen an und für sich in metallischer Verbindung mit einander, welche durch den Zinkniederschlag auf denselben ganz perfect wird. Der Strom tritt beim Laden der Zelle an der Kupferscheibe, welche sämmtliche Stifte vereinigt, ein, und am Boden des Zellgefäßes aus und von dort in die Kupferelectrode des nächsten Elements ein.





Capitel XXIV.

Allgemeines über den Kupfer-Accumulator.

178. Dem richtig geladenen Zink-Accumulator kann eine Arbeit entnommen werden, welche die des Bleisammlers (auf die Gewichtseinheit bezogen) um 50 — 100 % übertrifft. Die üblichen Sekundär-Batterien für Traktionszwecke vermögen pro Tonne Gewicht ca. 5 Pferdekräfte während 2 Stunden oder ca. $1\frac{1}{2}$ Pferde während zehn Stunden abzugeben. Die Capacität eines Accumulators sinkt bekanntlich, wenn die Energie der Entladung steigt.

Am Anfange, wenn die Electroden noch frisch sind und falls dieselben aus dünnen Bleiplatten bestehen, mag die Capacität etwas grösser erhalten werden. — Es hat sich aber gezeigt, dass bei Bleisammlern dünnere, als ca. 5 Millimeter-Platten, eine viel zu geringe Haltbarkeit besitzen und wegen der zu grossen Abnutzung zu teuer zu stehen kommen. Das trifft bei beiden Electroden zu.

Es ist ferner ratsam, nicht mehr als die Hälfte der Capacität des Bleisammlers auf einmal zu entladen, weil dadurch dem vorzeitigen Zerfall des activen Materials vorgebeugt wird. Also kann man pro Tonne Blei-Accumulatoren etwa auf 5 — $7\frac{1}{2}$ practisch erhältliche Pferde-kraftstunden rechnen. Dagegen beträgt die aus dem Zink-Kupfer-Sammler pro Tonne realisirbare Arbeit ca. zwanzig

Pferdekraftstunden bei einer Kraftabgabe von ca. 5 HP. oder 15 HP.-Stunden bei einer Kraftäusserung von ca. $7\frac{1}{2}$ HP. (Diese Daten sind gelegentlich einer Prüfung einiger Zinkaccumulatoren der Waddel-Entz-Co. in New-York erhalten worden und dürfen nicht als practisch mit Sicherheit erreichbare Zahlen betrachtet werden.) Immerhin zeigt es sich, dass bezüglich Capacität wie Kraftabgabe dieser Sammler dem Blei-Accumulator überlegen ist. Es wäre wohl möglich, dass sich mit der Zeit eine ähnliche Regel wie bei diesem, welche den Gebrauch nur der Hälfte der Capacität oder Kraftäusserung empfehle, herausstellen könnte, aber auch dann würde die Ueberlegenheit noch vorhanden sein. Die Herstellungskosten des Zinksammlers dürften, auf die Capacität bezogen, kaum grösser als beim Blei-Accumulator sein. Die Beantwortung der Frage hängt daher ausschliesslich davon ab, wie es sich mit der Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit des Sammlers verhält. Und hier beginnen die Zweifel, denn weder hat derselbe lange, practische Prüfungen durchgemacht, noch beruhigen die bekannten Resultate.

Mancher Hinweis ist im Vorhergehenden enthalten. Der Schwierigkeiten, die sich der Ladung des Wadell-Entz-Accumulators entgegenstellen, sind nicht wenige, und jedenfalls ist die Behandlung eines Bleisammlers trotz der damit verbundenen anerkannten Umständlichkeiten ein Ideal von Einfachheit im Vergleich mit derjenigen eines Zinksammlers. In noch höherem Maasse, als dies beim Blei-Accumulator der Fall ist, sind Capacität und Nutzeffect des neuen Sekundär-Elements Functionen der Temperatur, der Lade- und Entlade-Stromstärke und anderer Factoren: das Nichtinnehalten dieser stellt sogar die Möglichkeit der Ladung des Sammlers in Frage, was beim Blei-Accumulator nicht der Fall ist. Es ist z. B. erforderlich, dass während der Ladung eine Temperatur um 50° Cels. herum eingehalten werde. Würde durch ein

Versehen des Wärters der Anlage z. B. bei 0° Cels. geladen, und mit der üblichen Stromstärke, dann würde nicht nur die electrolytische Zinkschicht wesentlich anders ausfallen, auch die Reactionen an der Kupferelectrode veränderten sich, und zwar so, dass lösliche Kupferverbindungen sich bilden, leicht erkennbar an der blauen Färbung der der Electrode zunächst liegenden Flüssigkeit.

Bald schlagen sich dann Spuren von Kupfer auf der Zinkelectrode nieder, und nun erfolgt nicht nur kein weiterer Zinkabsatz mehr auf dieser, sondern das etwa schon vorhandene Zink löst sich unter stürmischer Wasserstoffentwicklung wieder auf. Die Ladung des Accumulators wird dadurch vernichtet. — Derselben Gefahr ist der Zinksammler ausgesetzt bei Ueberladungen, auch wenn solche bei der richtigen Temperatur statthaben. Sowie die Oxydation der Kupferelectrode über die Bildung von Kupferoxydul fortschreitet und sich Kupferoxyd bildet, lösen sich Spuren dieses Oxyds im Electrolyt auf, und abermals entladet sich die Zinkelectrode durch Lokalaction. Die Einhüllung der Kupferplatten in Membranen (beim Wadell-Entz-Accumulator ist die Kupferdrahtmatte mit Baumwolle umspinnen — Desmazures umgiebt seine Schwammkupferplatte mit Pergamentpapier) scheint keinen ganz sicheren Schutz gegen die Diffusion von gelöstem Kupfer zur Zinkelectrode hin zu bieten. Eher scheint die vom Verfasser versuchte Anwendung von porösen MagnesiAZellen, welche auf passende Weise imprägnirt worden sind, sich zu bewähren.

Um des regelmässigen Zinküberzuges sicher zu sein, ist für eine gute Mischung und Circulation des Electrolyts zu sorgen, welche Bedingung, in Anbetracht des Umstandes, dass die Batterien täglich einige Male vom Wagen auf ein Ladegestell hin und her bewegt werden müssen, nicht so leicht zu erfüllen ist. — Der Electrolyt muss sorgfältig gegen die Luft abgeschlossen werden, da

sonst derselbe durch die Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft nach gewisser Zeit unbrauchbar wird und durch neue Flüssigkeit ersetzt werden muss. — Auch Staub und alle anderen Substanzen, wie namentlich Ammoniak, ferner Salpetersäure und andere Säuren, sind unbedingt fern zu halten, weil sonst ein baldiges Zerfressen der Kupferelectrode eintreten müsste. — Der Sammler hält die Ladung nicht so gut wie der Blei-Accumulator, da in Folge der freiwilligen Auflösung des Zinks in der Kalilauge die Capacität bald verloren geht.

Man sieht, der Bleisammler ist verhältnissmässig gutmütig und lässt sich bedeutend mehr gefallen, als sein jüngerer Concurrent. Erst nach einer längern Leidenszeit versagt sein morscher Körper den Dienst, nachdem er geduldig alle Vorkommnisse ertragen hat. Der Rivale aber klappt ohne lange Bedenkzeit zusammen, wenn nur in irgend einer Weise gegen dessen strenge Regeln verstossen wird. Der an und für sich geringere Nutzeffect des Zinksammlers, der 75% nicht übersteigen wird, sowie die niedrige Spannung desselben, die bei offenem Stromkreis 0,85 Volt, bei der Entladung aber zwischen 0,80—0,70 Volt schwankt, je nach der angewandten Stromstärke und dem Grad der Entladung, kommen nur in zweiter Linie in Betracht.

Ebenso der Umstand, dass diese Zelle auch bei der Entladung nicht ganz ohne Vorsicht gebraucht werden darf, indem bei niedrigen Temperaturen und zu grossen Stromstärken die Auflösung des Zinks nicht normal vor sich geht, sondern sich eine schwerlösliche, graue Substanz bildet, welche leicht von der Electrode abblättert und auf jeden Fall eine kleine Extrabehandlung der Zelle nach sich zieht.

Der neue Sammler wird noch weiterer Ausarbeitung bedürfen, bis er reif für den Eintritt in die practische

Verwendung ist. Nicht zu vergessen ist auch, dass Beweise für die langjährige Haltbarkeit der Kupferelectroden, selbst bei Erfüllung aller Bedingungen, noch nicht erbracht worden sind. — Ein ungemeiner Fortschritt würde durch die Beseitigung der Lokalisation an der Zinkelectrode erzielt werden, sei es durch geeignete Zusätze zum Electrolyt oder durch Ersatz des Kupfers durch ein anderes Material.





Capitel XXV.

Der Zink-Blei-Accumulator.

179. Die galvanische Combination Zink-Schwefelsäure-Bleisuperoxyd könnte man als den „Sauren Zink-Accumulator“ bezeichnen, als Seitenstück zum „alkalischen Zinksammler“, der im vorigen Capitel behandelt worden ist. Der Zink-Blei-Accumulator ist ungefähr so alt, wie der Zinkkupfersammler und hat auch eine diesem ähnliche Entwicklungsgeschichte hinter sich. Es mag etwas über 10 Jahre her sein, dass die ersten practischen Versuche mit vorliegender Combination gemacht worden sind.

Emil Reynier, Paris, hat wahrscheinlich zuerst versucht, eine wahre Sekundär-Batterie aus Zink und Bleisuperoxydplatten aufzubauen. Der von Reynier 1884 demonstrirte Zink-Blei-Accumulator war ganz ähnlich construirt, wie ein gewöhnlicher Blei-Accumulator, nur mit dem Unterschied, dass an Stelle der Bleischwammplatten Tafeln aus Zink als Gegenelectroden zu den Bleisuperoxydplatten verwendet wurden. Diese letzteren waren nach dem Plantéverfahren zuvor mit einer entsprechenden Schicht von Superoxyd überzogen worden.

Ein solches Element,

dessen Superoxydplatten	8,2	Kilogramm,
dessen Zinkplatten	1,4	„
dessen Electrolyt	4,4	„

wogen, lieferte, bei völliger Entladung mit 25 Ampères Stromstärke und bei einer anfänglichen Klemmenspannung von 2,36 Volts ca. 150 Ampèrestunden.

Es ist sofort ersichtlich, dass die Mehrleistung und höhere Capacität dieser Zelle auf dem geringen Gewicht der Zinkelectroden (im Vergleich mit Bleischwammplatten von gleicher Capacität) beruht und zum Teil auf der höheren Potentialdifferenz, die Zink (gegenüber Bleischwamm) in verdünnter Schwefelsäure zeigt. Da durchschnittlich die Bleischwammelectrode $\frac{1}{3}$ des Gesamtgewichts des Blei-Accumulators ausmacht (wobei als Gefäss ein leichter Ebonitkasten vorausgesetzt ist) und das Eigengewicht der Zinkplatten durch die, von denselben gelieferte, höhere electromotorische Kraft gedeckt wird, beträgt der Zuwachs an Capacität, wenn in einem Bleisammler die Bleischwammplatten durch Zinkplatten ersetzt werden, rund etwa 50%. Hierbei wurde angenommen, dass die Superoxydplatten bis zu demselben Grade entladen werden, wie dies vorher bei Gegenwart der Schwammbleiplatten der Fall war.

Nun lässt sich allerdings, wenn eine genügende Menge Zink und Schwefelsäure zur Verfügung steht, hier die Entladung der Superoxydplatten beträchtlich weiter treiben als im gewöhnlichen Blei-Accumulator. Das Bleisuperoxyd kann dabei den ganzen Sauerstoffgehalt abgeben und hört erst dann auf, als Depolarisator wirksam zu sein, wenn das active Material in Bleischwamm übergegangen ist. Natürlich muss, sobald das Bleisuperoxyd zum Teil in niedrigere Bleioxydationsstufen übergegangen ist, die electromotorische Kraft an der Superoxydplatte abnehmen und bei weiterer Entladung um einen Wert schwanken, welcher der Combination Zink(Schwefelsäure)-Bleioxyd entspricht. Nach einer gewissen, weiteren Entladung, wenn schon der grösste Teil der activen Schicht in Bleischwamm übergeführt worden ist, wird eine noch geringere

Spannung sich zeigen, welche mit derjenigen der Combination Zink - Schwefelsäure - Bleischwamm übereinstimmen wird.

Unter Anwendung der, beim gewöhnlichen Blei-Accumulator gemachten Erfahrungen über das Verhalten von Bleisuperoxydplatten kann man sagen, dass es nicht ratsam sein würde, die Entladung derselben weiter als bei jenen zu treiben, so dass die zwei erwähnten Phasen keine practische Bedeutung erlangen könnten.

180. Einwände gegen die Zink-Blei-Zelle. Reynier's Bemühungen, seinen Zink-Blei-Accumulator in practische Verwendung einzuführen, sind nicht von Erfolg gewesen. Der Grund hiervon lag hauptsächlich daran, dass die Zinkplatten sich auch auflösten, wenn der Accumulator unbenutzt stehen blieb, und dass bei der Ladung der Zinkniederschlag nicht immer so erhalten wurde, dass derselbe eine entsprechende Capacität bei der Entladung gewährleistete. — Es ist richtig, dass chemisch reines Zink sich in verdünnter Schwefelsäure (1:10) practisch nicht auflöst bei gewöhnlicher Temperatur und wenn die Flüssigkeit zuvor durch Kochen derselben von Luft, resp. Sauerstoff befreit worden ist. Es bildet sich, wenn reines Zink in kalte, luftfreie verdünnte Schwefelsäure eintaucht, eine Schicht von Wasserstoffgas an der Zinkoberfläche, welche an dieser condensirt bleibt und einen wirksamen Schutz gegen den weiteren Angriff der Säure auf das Zink darstellt.

Bei Reynier's Element (wie bei den später zu erwähnenden Zink-Blei-Elementen) ist der Electrolyt der Luft ausgesetzt, d. h. derselbe enthält Luftsauerstoff absorhirt und dieser wirkt oxydirend auf die Wasserstoffschicht am Zink, entfernt dieselbe. Auch durch directe Diffusion des Wasserstoffs in die Flüssigkeit wird die Schicht entfernt und muss immer wieder durch erneute Action von Säure auf das Zink hergestellt werden. — In bedeutend

höherem Grad, als diese Vorgänge hat aber die Anwesenheit der Bleisuperoxydelectrode Einfluss auf die Unbeständigkeit des Zinks im Electrolyten. Wenn Blei längere Zeit mit verdünnter Schwefelsäure in Berührung bleibt, lösen sich Spuren desselben darin auf. Rascher und leichter nimmt verdünnte Schwefelsäure etwas Blei auf, wenn ein gewöhnlicher Accumulator einmal darin geladen und entladen wird. Es ist sicher vorauszusehen, dass der Electrolyt in Reynier's Accumulator ebenfalls Spuren von Blei von der Superoxydelectrode her aufnimmt. Diese schlagen sich an den Zinkplatten nieder und geben dadurch Anlass zu der energischen Lokalaction (Wasserstoffentwicklung) an denselben. Diese kann so bedeutend werden, dass überhaupt die Ladung des Accumulators unmöglich wird, indem kein Zink, sondern nur noch Wasserstoff dabei an den Zinkplatten abgeschieden wird.

Auch die, bei der Electrolyse der Schwefelsäure auftretende Ueberschwefelsäure braucht eine gewisse Zinkmenge auf. — Nun hat bereits Reynier durch Amalgamiren der Zinkbleche die Lokalaction zu beseitigen getrachtet; indessen gelingt dies nicht vollständig, indem auch Zinkamalgam, in Berührung mit metallischem Blei eine Kette bildet. — Ferner ist zu berücksichtigen, dass die Abscheidung von compactem, met. Zink aus saurer Zinksulfatlösung durch Spuren von beigemengten andern Metallen practisch unmöglich wird.

Seit jener Zeit hat sich die River and Rail Electric Light Company in New-York, bezw. der Electricer derselben, W. Main, specieller mit dem Zink-Blei-Sammler befasst. Aus der unten aufgeführten Zusammenstellung der hauptsächlichsten hierher gehörigen Patente geht hervor, dass A. O. Meserole wahrscheinlich zuerst eine technische Construction des Zink-Blei-Sammlers ausführte und patentirte, worauf dann W. Main die weitere Ausbildung der Meserol'schen Grundlagen besorgte. Als einer der

ersten, der sich in Deutschland eine Zink-Blei-Zelle patentiren liess, erscheint Dr. E. Boettcher, Leipzig, dessen Name auch mit der Entwicklung des Zink-Kupfer-Sammlers verknüpft ist. — Voregreifend sei jetzt schon bemerkt, dass der Zink-Blei-Sammler das Schicksal des Zink-Kupfer-Sammlers teilt, indem derselbe ebenfalls noch nicht diejenige Stufe der Ausbildung erreicht hat (falls sie überhaupt erreichbar sein sollte), welche die technische Anwendung in grossem Maassstabe ermöglicht. Zwar sind mit dem Zink-Blei-Sammler electriche Boote betrieben worden (als Gegenstück zu den Tramwagen mit Zink-Kupfer-Accumulatoren) und Professoren in New-York und Philadelphia haben die günstigsten Begutachtungen über denselben geliefert (als Seitenstück zu den, von der Accumulatorenfabrik in Hagen (Westfalen) dem Zink-Kupfer-Accumulator gewidmeten Aufmerksamkeiten); in beiden Fällen hat weder die betreffende galvanische Combination andere Eigenschaften dadurch angenommen, noch nennenswerte Fortschritte nach der practischen Seite gemacht. Wie schon beim Kupfer-Zink-Sammler hervorgehoben wurde, kann auch beim Zink-Blei-Accumulator nur fernere, genauere Untersuchung desselben die ev. practische Brauchbarkeit desselben erweisen.

181. Als zur Geschichte des zu behandelnden Gegenstandes gehörig und zur Erhärtung des vorhin Gesagten sollen zwei Gutachten (aus den Jahren 1888 und 1889) angeführt werden. Professor G. H. Barker, Philadelphia, berichtete in einer, in Toronto abgehaltenen Versammlung der „American Association for the advancement of Science“ Ueber den Zink-Blei-Sammler der River & Rail Electric Light Co. folgendes:

„Kürzlich ist ein Accumulator in den Handel gebracht worden, nachdem über zwei Jahre Versuche über denselben angestellt worden sind. Die negative Platte besteht aus gut amalgamirtem Zink, das auf ebenfalls

amalgamirtes Kupfer mit Nieten befestigt ist. Zwischen diesen zwei amalgamirten Metallen besteht keine electromotorische Kraft. Die positive Platte wird erhalten, indem eine grössere Anzahl von dünnen Bleiblechen (Bleistanniol), welche mit Graphit überzogen worden sind, mittelst Bleinieten zusammengeheftet werden. Die Nieten stehen etwa 25 Millimeter weit auseinander. In die so erhaltene Platte werden darauf zahlreiche kleine Löcher gestanzt. Der Graphit hält die dünnen Bleiblätter auseinander und ermöglicht, dass die Lösung überall zu dringen kann, so dass die gesammte Bleioberfläche benetzt wird. Als Electrolyt dient eine angesäuerte Lösung von Zinksulfat. Die positive Platte stellt eine Planté-Electrode mit sehr grosser Oberfläche vor; es wird kein actives Material in der Form von Bleioxyden angewendet. Während der „Ladung“ der Zelle wird Bleisuperoxyd an der positiven Platte gebildet; an der negativen Platte setzt sich metallisches Zink in prachtvoll krystallisirter Form ab. — Diese Zellen haben pro Pfund Metall eine enorm viel grössere Capacität als die, nach Faure gebauten Accumulatoren. Die Tabelle, worin verschiedene Zellentypen mit einander verglichen werden, demonstirt die höhere Capacität des neuen Accumulators. Der neue Accumulator kann mit beliebig starken Strömen geladen oder entladen werden und zeigt den Uebelstand des „Sulfatirens“ nicht. In dieser Hinsicht ähnelt derselbe der ursprünglichen Planté-Zelle, welche viel weniger empfindlich gegen rapide Entladungen oder totale Erschöpfung der Capacität ist, als die nach Faure's Vorschlag fabrizirten Elemente.“

182. Professor C. F. Chandler äussert sich folgendermaassen über denselben Gegenstand:

„Nachdem wir Accumulatoren der River and Rail Electric Company während einiger Monate mit einigen der best bekanntesten und am meisten verbreiteten Accumulatoren anderer Herkunft vergleichsweise benutzt haben,

dürfen wir sagen, dass der River and Rail-Accumulator allen andern, uns näher bekannten Accumulatoren weit überlegen ist.

1. In Bezug auf electromotorische Kraft übertrifft er alle andern, von uns geprüften Accumulatoren.
2. In Betreff der Haltbarkeit ist er ebenfalls allen andern überlegen. Wir haben denselben absichtlich einer sehr rauhen Behandlung unterworfen, sowohl bei der Ladung als während der Entladung, einer Behandlung, die alle anderen Zellen hätte zu Grunde richten müssen, und trotzdem waren wir nicht im Stande, bei der darauffolgenden Besichtigung der Zellen irgend ein Zeichen von Abnützung oder Neigung zu Kurzschlüssen zu entdecken. In der That sind die Zellen jetzt noch in gerade so gutem Zustand als sie es seit ihrer Ankunft vor mehr als fünf Monaten, und immer seither, waren.
3. Was die Capacität betrifft, ist dieser Accumulator allen andern uns näher bekannten entschieden überlegen.
4. In Folge der eigentümlichen Construction des Elements kann dasselbe mit sehr grosser Stromstärke entladen werden und ohne Nachteil, was für manche Zwecke von Bedeutung ist.
5. Die Capacität erhält sich bei Ruhepausen gut.
6. Teilweises Entladen der Capacität hat keine Uebelstände im Gefolge.
7. Der Accumulator kann nicht leicht beschädigt werden und leidet weder durch rapides Laden noch durch Kurzschlüsse.
8. Auf die Gewichtseinheit an Metall im Element bezogen, ist die Capacität des Accumulators zwei- bis dreimal so gross als bei irgend einem andern, von uns geprüften Accumulator.

Kurz, wir möchten behaupten, dass dieser Accumulator allen andern in jeder Beziehung überlegen ist. Es ist uns nicht möglich gewesen, in irgend einer Richtung, weder in der Construction noch bei der Arbeitsleistung desselben einen Mangel zu entdecken.

Bei der vergleichenden Untersuchung sind alle Elemente unter denselben Bedingungen geprüft worden, so dass die Versuchsergebnisse vergleichbar sind.

School of Mines — Columbia College, New-York.
September 1889.

Art der Batterie	Stromstärke der Entladung	Klemmen-Spannung (6 Zellen)	Electromot. Kraft zu Beginn der Entladung	Amperestunden bis auf 11 Volt	Wattstunden bis 11 Volt (6 Zellen)	Metallgewicht in der Zelle	Wattstunden pro Pfund Metall
	Amp.	Volts	Volts			Pounds	
River and Rail	21,75	15 $\frac{1}{4}$ —11	2,6	234	3296	27	20,30
El. Light Co.	33,00	15 $\frac{1}{2}$ —11	2,6	201	2767	27	17,08
	40,00	14 $\frac{1}{2}$ —11	2,6	171	2326	72	14,30
A Batterie	29,50	11 $\frac{1}{2}$ —11	2,0	94	1053	26	6,75
	40,00	11 $\frac{1}{4}$ —11	2,0	90	1006	26	6,45
B Batterie	28,50	11 $\frac{1}{2}$ —11	2,0	132	1513	30	8,40
	33,00	11 $\frac{1}{2}$ —11	2,0	123	1314	30	7,30
C Batterie	26,00	11 $\frac{1}{2}$ —11	2,0	131	1494	57	4,37
	41,00	11 $\frac{1}{4}$ —11	2,0	101	1135	57	3,31

183. Patentübersicht. Die wichtigeren, auf den Zink-Blei-Sammler sich beziehenden Patente sind nachfolgend in chronologischer Reihenfolge aufgeführt:

1. Sekundär-Batterie, Dr. E. Böttcher, Leipzig, D. R. P. Nr. 21174, 1. Jan. 1882/13. Febr. 1883.
2. Neuerungen an Sekundär-Batterien, P. Benjamin, New-York, D. R. P. Nr. 34456, 4. März 1885/12. Jan. 1886.
3. Secondary-Battery, A. V. Meserole, New-York, Amerikanisches Patent Nr. 359877, 1. Dec. 1886/22. März 1887.

4. Secondary-Battery, W. Main, New-York, Amerik. Patent Nr. 359934, 18. Nov. 1886/22. März 1887.
5. Battery-Cell, A. V. Meserole, New-York, Amerik. Patent Nr. 364660, 1. Dec. 1886/14. Juni 1887.
6. Neuerungen an Sekundär-Batterien, A. V. Meserole, New-York, D.R.P. Nr. 41838, 22. März 1887/5. Dec. 1887.
7. Secondary-Battery, A.V. Meserole, New-York, Amerik. Patent Nr. 381941, 25. Nov. 1887/1. Mai 1888.
8. Process of preparing Electrodes for Secondary-Batteries, W. Main, New-York, Amerik. Pat. Nr. 401291, 10. Jan. 1889/9. April 1889.
9. Secondary-Battery, W. Main, New-York, Amerik. Patent Nr. 401289, 10. Jan. 1889/9. April 1889.
10. Secondary-Battery, W. Main, New-York, Amerik. Patent Nr. 401290, 10. Jan. 1889/9. April 1889.

Der Patentanspruch zu 1 lautet:

„Die Beschickung eines Sekundär-Elements mit einer Lösung von reinem Zinkvitriol und die electrolytische Herstellung der positiven Erregerplatte mittelst eines dynamoelectrischen Maschinenstroms durch Eintauchen dünner Zinkbleche in jene Lösung, der negativen Platte durch Eintauchen gefältelter, mit einem Brei aus Bleioxyd und Zinkvitriollösung überzogener Bleifolie in dieselbe Lösung, wodurch erzielt wird:

- a) eine möglichst leichte, stark elektromotorisch wirkende Platte mit Bleisuperoxyd,
- b) grosse Porosität der letzteren, während beim Anrühren mit blossen Wasser compactes Bleisuperoxyd entsteht.“

Die Lösung von Zinksulfat soll auf 3 Teile Wasser 1 Teil $ZnSO_4$ enthalten; als Bleiblech wird 0,05 Millimeter dicke Bleifolie empfohlen. Die electromot. Kraft des Elements ist Anfangs 2,2 Volts und sinkt bei der Ent-

ladung bis auf 0,5 Volt herab, wobei das Bleisuperoxyd zuerst zu Bleioxyd, dann zu schwammigem Blei reducirt wird. — Diese Patentbeschreibung enthält weder in theoretischer noch practischer Hinsicht etwas Neues.

Ad 2. Von dem Gedanken ausgehend, dass während der electrolytischen Zersetzung einer Zinksulfatlösung neben metallischem Zink auch freie Schwefelsäure entsteht, welche das abgeschiedene Zink mehr oder weniger rasch wieder auflöst (auch bei offenem Stromkreis), schlägt der Erfinder vor, der Zinksulfatlösung Aluminiumoxydhydrat zuzusetzen und zwar soviel, dass alle frei werdende Schwefelsäure von demselben gebunden werde. Die entstehende Lösung von Thonerdesulfat greife das Zink nicht an; bei der Entladung werde wieder Zinksulfat gebildet und Thonerdehydrat zurückgebildet. — Der Patentanspruch lautet ziemlich allgemein:

„Bei Sekundär-Batterien mit Bleielectroden die Anwendung einer electrolytischen Flüssigkeit, welche zwei Substanzen enthält, von denen die eine beim Laden derartig zersetzt wird, dass sie einen met. Niederschlag auf der Kathode erzeugt und Säure freigiebt, während die andere Substanz die freigewordene Säure neutralisirt, ohne die Bildung eines caustischen Hydrats während der Electrolyse zu erzeugen.“

Dieser Vorschlag begegnet schon aus dem Grunde practischen Schwierigkeiten, weil durch die Abscheidung des Thonerdehydrats schon beim Beginn der Entladung schlecht leitende Ueberzüge auf der Electrode gebildet werden, welche den Widerstand des Elements zu sehr erhöhen. Es liessen sich auch noch andere Einsprüche geltend machen.

184. Meserole's Patente. In Nr. 359877 wird die galvanische Combination: Zinkamalgam | Zinksulfat | Bleisuperoxyd geschützt und zwar allgemein und ohne Bezug-

nahme auf irgend welche specielle Constructionen der Electroden oder der Zelle überhaupt.

Im gewöhnlichen Zink-Blei-Accumulator löst die verdünnte Schwefelsäure das Zink auf, auch wenn die Zelle nicht in Entladung begriffen ist. Das Zinkamalgam dagegen zeigt die freiwillige Zersetzung des Electrolyts nicht. Dieser letztere besteht aus einer Lösung, welche Quecksilbersulfat, Zinksulfat, freie Schwefelsäure und Wasser enthält. (Genauere Verhältnisse der Ingredienzien zu einander sind nicht angegeben.)

Als leitende Unterlage, auf welcher das durch den Ladestrom abgeschiedene Zink am besten sich abscheidet, wird dünnes Zinkblech empfohlen. Die electromot. Kraft des Accumulators ist anfänglich beinahe 3 Volt. Die Beschreibung enthält hauptsächlich Ansichten über die wahrscheinlichen chemischen Vorgänge in der Zelle bei der Ladung und Entladung, welche ziemlich unklar geschildert werden; die 15 Patentansprüche drehen sich hauptsächlich darum, die Verwendung eines, auf electrolytische oder andere Art dargestellten Zinkamalgams für Accumulatoren zu decken. —

Die deutsche Patentschrift Nr. 41838 enthält ausser einer sehr guten Uebersetzung der eben erwähnten amerikanischen Patentbeschreibung den Kern derselben in einem einzigen Satze zusammengefasst, nämlich als Patentanspruch:

„Eine Sekundär-Batterie, bei welcher die mit einem electrolytisch gebildeten Ueberzuge von Zink-Quecksilber versehene positive Electrode und die aus peroxydirtem Blei bestehende negative Electrode in einen Electrolyten tauchen, der zusammengesetzt ist aus einer Lösung von Quecksilbersalzen und Zinksalzen (Sulfaten) und etwas freie Schwefelsäure enthält, und wobei die Unterlage für den Zink-Quecksilberniederschlag aus einer dünnen, mit Blei versteiften Zinkplatte besteht und die negative Bleiplatte amalgamirt sein kann.“

In den beiden amerikanischen Patenten Nr. 364660 u. 381941 beschreibt A. Meserole je eine Ausführungsart seines Zink-Blei-Accumulators. Die nähere Betrachtung dieser Constructionen kann schon deshalb unterbleiben, weil dieselben, wie es scheint, nicht zur Ausführung gekommen und auch wirklich von untergeordnetem Interesse sind. Die Zinkplatten und Bleiplatten hängen vertical und parallel zu einander in einem Gefäss mit rechteckigem Querschnitt und sind durch Ebonitstücke von einander isolirt.

185. Main's Patente. In Nr. 359934 wird ausschliesslich die Construction einer Bleiplatte geschildert, welche dadurch erhalten wird, dass mehrere dünne Bleibleche (Bleifolie) aufeinander gelegt werden (wie etwa Papierblätter in einem Heft zusammenliegen). Ein oder mehrere dickere Bleibleche, welche zwischen die Folien eingelegt werden, dienen dazu, den Strom zu- resp. abzuleiten. Die Bleifolien werden vor dem Zusammenlegen geraucht, so dass capillare Zwischenräume zwischen den einzelnen Folien bestehen bleiben. Das Ganze wird darauf durch Stanzen mit vielen Löchern versehen und durch Niete zusammengefasst. Wenn eine solche Platte in Schwefelsäure taucht, zieht sich der Electrolyt in die capillaren Spalten hinein. Die Platte kann rasch nach Planté's Verfahren formirt werden, wobei die Bleifolie in Bleisuperoxyd übergeführt wird. Derartig hergestellte Superoxydplatten dienen als positive Electroden und sollen vor andern positiven Bleiplatten Vorzüge haben, wie grössere Capacität, längere Dauer, Abwesenheit von Krümmen.

Fig. 168 giebt eine Ansicht und zwei Querschnitte einer Main'schen Superoxydplatte. Im Patent Nr. 401290 empfiehlt Main, zwischen die Bleifolien Blätter aus carbonisirter Cellulose oder carbonisirtem Tuch einzuschalten. Auch Bürsten der Bleifolien mit Graphit, sowie Ueber-tünchen derselben mit einem Brei von Zinkweiss wird

(in Nr. 401289 von Main) empfohlen, um eine geeignete Porosität des Bleisuperoxyds in der Platte zu erreichen. Beim Eintauchen der fertigen Electrode in Schwefelsäure löst sich das Zinkweiss auf; der Graphit erleichtert die Oxydation der Bleifolien. — Als Träger oder Leiter für das Zink wird in Nr. 401290 amalgamirtes Kupferblech

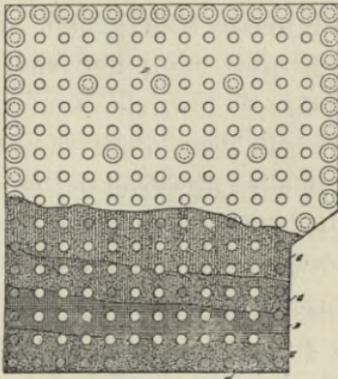


Fig. 168.

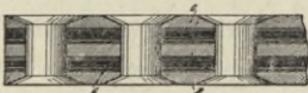


Fig. 169.

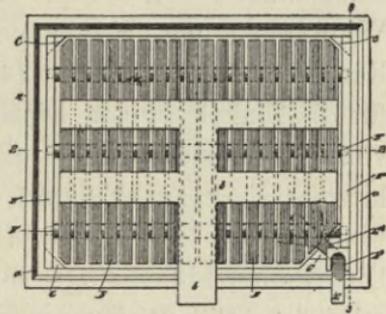


Fig. 170.

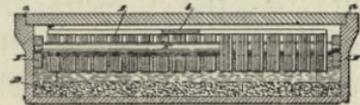


Fig. 171.

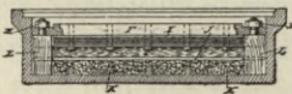


Fig. 172.

empfohlen, welches in Form horizontaler, flacher Tröge amalgamirtes Zink aufnimmt. (Solche Kupferelectroden dürften nicht sehr lange im Electrolyt aushalten und sind wohl deshalb nicht weiter angewendet worden.)

186. Interessante **Constructionseinzelheiten** sind in Nr. 401289 niedergelegt. An Stelle der verticalen Stellung der Electroden schlägt Main vor, diese horizontal zu lagern, und zwar so, dass die Zinkelectrode unterhalb der Superoxydplatte zu liegen kommt. Die Figuren 170,

171 u. 172 stellen entsprechende Anordnungen zu diesem Zwecke vor. Ein Element besteht nur aus zwei parallel liegenden Platten, nämlich der am Boden des flachen, trogartigen Gefässes liegenden Zinkmasse und der darüber hängenden Bleisuperoxydplatte. Das Gefäss kann aus Glas, Ebonit etc. bestehen; um die Verschiebung der am Boden gelagerten Zinkmasse zu verhindern, ist der Boden mit Rippen versehen, welche der Zinkmasse Halt geben. Ein amalgamirter Metalldraht (Blei, Kupfer etc.), der sich in Windungen am Boden des Gefässes hinzieht und am Rande desselben austritt (siehe Fig. 172), bildet den Pol für die Zinkelectrode. Diese selbst wird durch eine Schicht von Zinkgranalien gebildet (durch Zerreiben von hoch erhitztem Zink zu erhalten), die über dem Metalldraht am Gefässboden lagert. Etwa $\frac{1}{5}$ des Zinkgewichts wird an Quecksilber hinzugefügt, so dass alles Zink gut amalgamirt wird. — Die Bleisuperoxydplatte (nach der oben angegebenen Weise hergestellt) ist horizontal über dem Gefässboden und in regelmässigem Abstände von der Zinkschicht aufgehängt, z. B. wie in Fig. 171 angedeutet.

Vorzuziehen ist die in den Figuren 169 u. 170 gezeigte Anordnung der Bleisuperoxyd-Electrode, welche aus senkrecht stehenden niedrigen und länglichen Streifen zusammengesetzt ist und auf diese Weise den sich entwickelnden Gasen freien Austritt gewährt und zugleich bei Erschütterungen die Flüssigkeit ruhig hält.

Der Hauptvorteil dieser horizontalen Anordnung soll nun darin bestehen, dass Kurzschlüsse weniger leicht eintreten können, als bei der verticalen Stellung der Platten. Bei der letztern sinkt die während der Entladung entstehende Zinksulfatlösung gegen den Boden der Zelle herab und sammelt sich dort an. Bei der nächstfolgenden Ladung setzt sich das Zink hauptsächlich an der untern Hälfte der Electrode an, unregelmässig, wobei durch entstehende Warzen oder Zinkschwamm Brücken

zur Superoxydplatte hinüber entstehen. Bei der horizontalen Stellung dagegen verbreitet sich das Zinksulfat gleichmässig über die Zinkelectrode und wird bei der Ladung auch gleichartig wieder auf derselben abgeschieden. Wenn Zink sich warzenförmig ausscheidet, lösen sich die der Superoxydplatte am nächsten liegenden Zinkteile zuerst

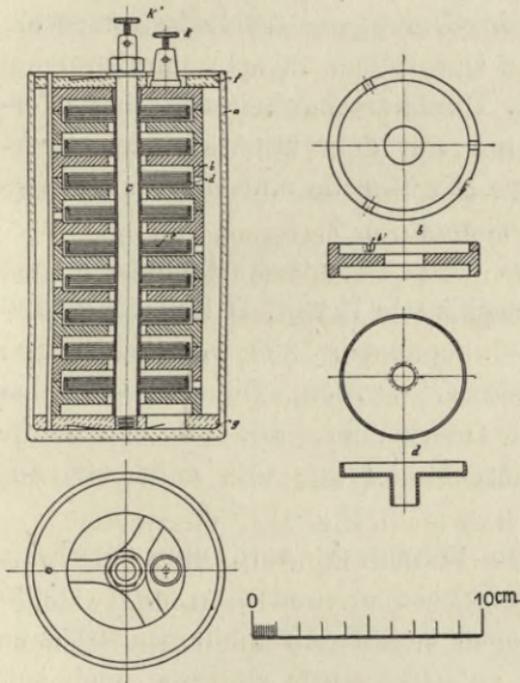


Fig. 173.

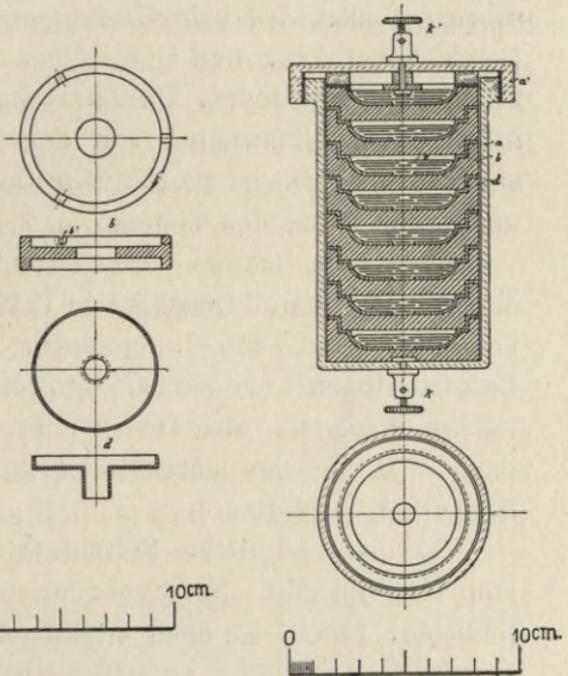


Fig. 174.

bei der Entladung auf, so dass eine nivellirende Wirkung hier stattfindet.

(Zu dieser Darstellung kann eingewendet werden, dass die horizontale Lagerung der Zinksulfatlösung über dem Zink das Zudringen von frischer Schwefelsäure zu demselben sehr erschweren muss und demzufolge nicht nur der Widerstand des Elements ungünstig beeinflusst wird, sondern in Folge der an den Zinkplatte auftretenden Sauerstoffpolarisation die Klemmenspannung und Capacität des Elements leiden muss.)

In Nr. 401 291 wird specieller die Herstellungsart der Zinkelectrode beschrieben. Auf eine leitende Unterlage „aus irgend einem Material, das vom Electrolyten nicht angegriffen wird“, werden Zinkgranalien ausgebreitet und mit so viel Quecksilber versetzt, dass selbe gründlich amalgamirt werden. Aus dem Electrolyten, welcher Zinksulfat und Quecksilbersulfat neben freier Schwefelsäure enthält, wird beim Durchgang des Ladestromes ein Gemisch von Zink und Quecksilber in schwammförmigem Zustand ausgeschieden. Durch mechanisches Mischen (Verarbeiten) des Schwamms mit dem unterliegenden Zinkamalgam soll die ganze Mischung in eine cohärente Masse umgewandelt werden können.

187. Zum Schluss dieser Patentbetrachtungen mögen die von **Häfner** und **Langhans** in Berlin, D. R. P. Nr. 40 628 vom 26. August 1886/1. September 1887, vorgeschlagenen **Constructions** kurz skizzirt werden. Die Electroden bestehen einerseits aus Quecksilber, das als horizontale Schicht in Schalen ausgebreitet ist, und anderseits aus Bleisuperoxydplatten.

Als electrolytische Flüssigkeit wird eine Mischung von Kaliumsulfat, Natriumsulfat und Zinksulfat vorgeschlagen, indem in einer gesättigten Kaliumsulfatlösung so viel Natriumsulfat aufgelöst wird, als diese noch aufzunehmen vermag und der so erhaltenen Lösung noch Zinksulfat bis zur Sättigung zugefügt wird.

Beim Laden sollen sich die Metalle Kalium, Natrium und Zink am Quecksilber ausscheiden und von diesem absorbirt und dadurch vor dem Auflösen in der Flüssigkeit bewahrt werden. An der Gegenelectrode entsteht Bleisuperoxyd.

In Fig. 173 ist die centrale Metallstange *c* der eine Pol, mit welchem alle Quecksilberschichten in den Isolirschalen *d* in Contact sind. Ueber dem Quecksilber ist der Electrolyt geschichtet, der bis an die obere Begren-

zung reicht. Die mit *b* bezeichnete Masse besteht aus einem Gemisch von Bleioxyd mit Kohle.

In Fig. 174 sind die einzelnen Zellen in Serie miteinander verbunden, etwa wie die Metalle in der Voltaschen Säule. Demgemäss besteht das unterste Teilstück aus Bleioxyd-Kohle-Mischung und ist schalenförmig geformt. Eine isolirende Belegung trennt dieses Stück von dem darauf ruhenden. Die Schale ist mit Quecksilber

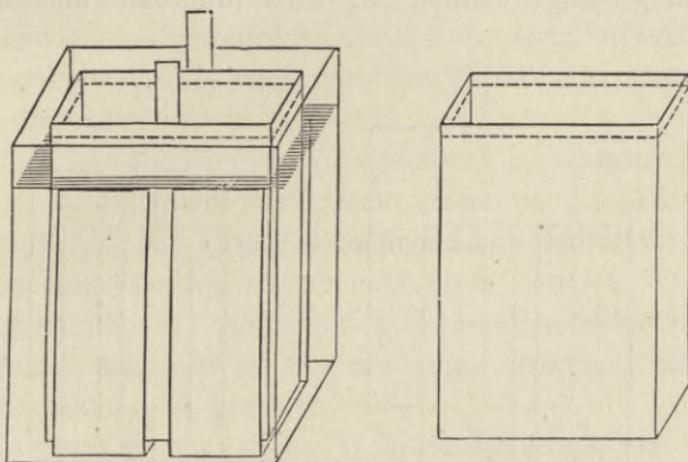


Fig. 175.

und über diesem mit dem Electrolyt angefüllt, welcher an das nächste Bleioxyd-Kohle-Stück heranreicht.

(Bei diesen Constructionen musste der Erfinder die Annahme gemacht haben, dass beim Stromdurchgang keine Gase entwickelt würden, was wohl nicht ganz zutreffend sein dürfte.)

188. Beim Ueberblick über alle angeführten Patente kann man sich der Ansicht kaum verschliessen, dass die von Reynier ganz anfänglich benutzte Form der Zink-Blei-Zelle die beste Lösung des Problems bis jetzt darstellt. Dieselbe ist sehr gut geeignet, zur näheren Untersuchung der Vorgänge an den einzelnen Electroden zu dienen. In einem Glasgefäss (s. Fig. 175) steht eine Bleiblech-

electrode von der skizzirten Form Fig. 176, deren Pol auf einfachste Weise durch Herausschneiden und Umbiegen eines Streifens aus der Mitte der Tafel erhalten wird. Zwischen dieses Bleiblech wird ein Diaphragma aus Pergamentpapier gestellt und in dieses die Zinkelectrode, die ganz analog der Bleielectrode durch entsprechendes Biegen von Zinkblech erhalten wird. Verdünnte Schwefelsäure von 1,05 specifischem Gewicht, welche vollkommen mit Zinkvitriol gesättigt worden ist, wird innerhalb und ausser-

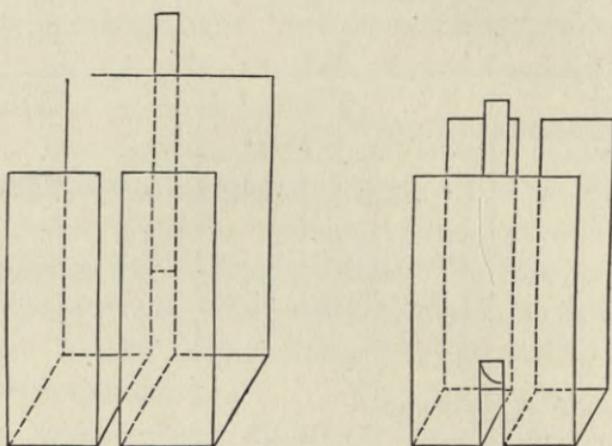


Fig. 176.

halb des Diaphragmas eingefüllt. Entweder amalgamirt man das Zinkblech vor dem Zusammenstellen des Elements gründlich oder man fügt zur Flüssigkeit innerhalb des Diaphragmas eine gesättigte Lösung von saurem Quecksilbersulfat hinzu. Schwache Circulation der Flüssigkeit innerhalb des Diaphragmas ist zur Erlangung eines regelmässigen, krystallinischen Zinkabsatzes sehr förderlich.

189. Uebersicht der Literatur über die electrolytische Fällung von Zink:

Die Angaben beziehen sich durchgehends auf die Erzielung eines metallischen, compacten Zinkniederschlags aus neutralen oder schwach sauren Lösungen.

Classenelectrolysirt eine heisse Lösung von saurem Zinkoxalat und erhält dabei einen glänzenden dichten Zinküberzug.

Zur Erzeugung eines guten Zinkniederschlags ist ein hoher Gehalt an Zink im Electrolyt günstig. (Vogel und Rössing, S. 66.)

Nach Kiliani ist der Zinkabsatz bei der Electrolyse einer ammoniakalischen Zinklösung (bei Gegenwart von Ammoncarbonat) von der Stromdichte abhängig. Bei geringer Stromdichte setzt sich das Zink nicht metallisch-glänzend ab; bei zu hoher Stromdichte aber in schwammigem Zustand.

Nach einem Patent von Siemens & Halske wird der neutralen Zinklösung (Zinksulfat) ein Körper, wie Chlor, Brom, Jod, unterchlorige Säure, Jodsäure oder Salze dieser Säuren, Glycerinchlorhydrin u. s. w. zugesetzt, wodurch die, in Folge gleichzeitiger Wasserstoffentwicklung auftretende Bildung von schwammförmigem Zink vermieden werden soll.

Swan fügt der Lösung eines Kupfersalzes ein Colloid wie Gummi, Dextrin u. s. w. zu und erhält, selbst bei grossen Stromdichten, einen zusammenhängenden Kupferüberzug.

Von beträchtlichem Einfluss auf die Zinkabscheidungen sind Verunreinigungen des Electrolyts mit fremden Metallen, wesshalb in erster Linie auch dafür gesorgt werden muss, dass der Electrolyt ganz rein sei.

Die Beifügung von Salzen, welche mit dem vorhandenen Zinksalz Doppelsalze bilden, kann von günstigem Einfluss auf die Qualität des abgeschiedenen Zinks sein. Eine Lösung von Zinksulfat, welche zugleich etwas Ammonsulfat enthält, ist leichter zu electrolysiren, als nur reine Zinksulfatlösung.

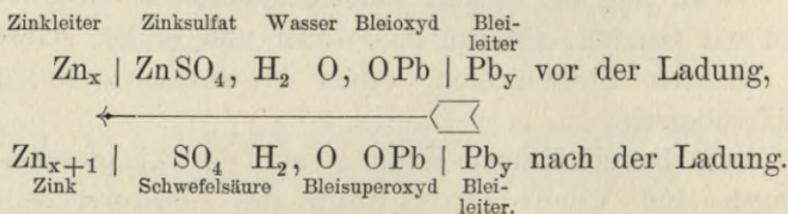
Chemisch reines Zink wird erhalten, wenn in eine Lösung von Chlorzink in Ammoniak ein Zinkblech

als Anode aufgehängt und als Kathode ein Blech von reinem Zink benutzt wird.

Ganz unentbehrlich ist eine genügende und während der ganzen Dauer anhaltende Mischung resp. Circulation des Electrolyts für das gleichmässige Niederschlagen des Zinks. Folgende Punkte sind daher zu berücksichtigen:

1. Höchster Zinkgehalt des Electrolyts.
2. Metallisch blanke Oberfläche der Kathode.
3. Circulation des Electrolyts.
4. Geeignete Stromdichte (bei der betreffenden Temperatur und Concentration des Electrolyts).
5. Geeignete Temperatur des Electrolyts.
6. Abwesenheit von Unreinigkeiten des Electrolyts.
7. Geeignete Zusätze zum Electrolyten.

190. Bei der **Ladung** eines Zink-Blei-Accumulators häuft sich in dem Maasse, als die Ladung fortschreitet, freie Schwefelsäure im Electrolyt an, entsprechend folgender Reactionsformel:



Die Menge des Zinksulfats nimmt ab, so dass am Schluss der Ladung der Electrolyt ungefähr gleiche Teile Schwefelsäure und Zinksulfat enthalten kann. Das Potential an der Bleisuperoxydelectrode wird wahrscheinlich etwas verschieden sein von dem Potential, das dieselbe in reiner verdünnter Schwefelsäure derselben Concentration und bei Abwesenheit des Zinksulfats zeigen würde, also bei offenem Stromkreis etwas niedriger als 1,4 Volt sein. Doch dürfte das Verhalten der Superoxydplatte während der Ladung und Entladung ungefähr mit dem-

jenigen der Superoxydelectrode im Bleisammler übereinstimmen. (Nach Streintz ist die electromotorische Kraft von Zink | Bleisuperoxyd in verdünnter Schwefelsäure 2,47 Volts.) Anders ist es bei der Gegenelectrode, dem Zink. Hier ist bereits die Natur des Leiters, auf welchem das Zink abgeschieden wird, maassgebend auf das herrschende Potential. Je nachdem die Unterlage Quecksilber oder Cadmium oder selbst Zink ist, wird das Potential etwas verschieden sein. Geringe Spuren fremder Metalle, wie Blei z. B., können in Folge der statthabenden Lokalaction die effective electromotorische Kraft an der Zinkelectrode beeinflussen. Die verschiedenen physikalischen Zustände des Zinks sind ebenfalls von besonderen Werten der zugehörigen Potentiale begleitet. Eine massiv-metallische, glänzende Zinkschichte, auch Zinkamalgam, das sich glänzend abscheidet, zeigt ein grösseres Potential als schwammförmig abgeschiedenes Zink oder überhaupt matt aussehende, graue Zinkabscheidungen. Man kann sogar, ohne den electrolytischen Zinkabsatz zu inspiciren, aus der gemessenen Potentialdifferenz derselben gegenüber einem Cadmiumblech voraussagen, in welcher Form das Zink sich abscheidet.

Die regelmässige, unfehlbar sichere und geeignete Zinkabscheidung ist nicht nur im Zink-Blei-Accumulator, sondern sogar bei der blossen Electrolyse von Zinksalzlösungen behufs Gewinnung des Metalls ein so schwieriges Problem, dass nur vielseitige und lange Erfahrung im letzteren Fall zu ermutigenden Resultaten geführt hat, während beim Zink-Blei-Sammler selbst diese noch der Zukunft amheimgestellt bleiben.

191. Es ist versucht worden, an Stelle des Zinks **Cadmium** zu verwenden, wobei wieder eine Bleisuperoxydplatte als Gegenelectrode, als Electrolyt aber eine Lösung von Cadmiumsulfat mit etwas freier Schwefelsäure diente. Das Cadmium löst sich nicht so leicht in

verdünnter Schwefelsäure auf, wie das Zink. Es scheint indessen, dass auch hier die Erfahrungen nicht ermutigend gewesen sind.

Einen grossen Vorteil hätten alle derartigen Electroden, bei welchen sich das „active Material“ während der Entladung auflöst und jedesmal frisch wieder absetzt bei der darauffolgenden Ladung, vor Bleischwammplatten voraus, nämlich die Constanz der Capacität. Die bis jetzt noch nicht recht erklärte Verminderung der Capacität des Bleischwamms beim Gebrauch desselben, welche das früher erwähnte Zusammenschrumpfen desselben im Gefolge oder als Ursache hat, kann bei Zinkelectroden nicht vorkommen. — Auch die ungemein grosse Capacität, auf das Gewicht des activen Materials bezogen, ist zu Gunsten der Zinkelectroden anzuführen.





Capitel XXVI.

Gas-Accumulatoren.

192. Das Absorptionsvermögen von Platinschwamm bei steigenden Drucken ist von Cailletet und Collardeau näher betrachtet worden (Comptes Rendues Nr. 20 1894). — Die Grove'sche Gasbatterie, bestehend aus zwei mit Platinschwarz überzogenen Platinblechen als Electroden in verdünnter Schwefelsäure als Electrolyt, stellt eine Art von Accumulator vor. Die Einrichtung ist bei dieser bekanntlich derart getroffen, dass die bei der electrolytischen Zersetzung abgeschiedenen Gase, Wasserstoff und Sauerstoff, sich getrennt über der Kathode bezw. Anode ansammeln. Wenn dann der Strom unterbrochen und die beiden Platinbleche des Gaselements unter sich leitend verbunden werden, verschwinden allmählich die Gase wieder, indem sie sich zu Wasser verbinden, und hierbei tritt ein electricischer Strom auf. Die Intensität und Stärke dieses Stromes ist aber ungemein gering, da die Wiedervereinigung der Gase nur dadurch zu Stande kommt, dass die Platinbleche dieselben erst absorbiren und darauf in activirtem Zustande wieder an den Electrolyt abgeben.

Das Absorptionsvermögen von blanken Platinblechen ist gering im Vergleich mit demjenigen von Platin in feinvertheiltem Zustande, von Platinschwamm und von Platinschwarz. Aber auch dann, wenn an Stelle des massiven

Platinmetalls im Grove'schen Gaselement Electroden aus Platinschwamm verwendet werden, ist die „Capacität“ desselben noch sehr gering im Vergleich zu den bei den gebräuchlichen galvanischen Elementen gewohnten Energievorräten. Wollte man z. B. einem solchen Gaselement nur die Capacität eines kleinen Daniells geben, dann würden schon ganz ansehnliche Gasvolumina aufgespeichert werden und der Apparat eine ansehnliche Grösse erhalten müssen. Nicht so, wenn die Gase durch grossen Druck auf ein geringes Volumen gebracht werden; je weiter die Compression der Gase betrieben wird, desto kleiner wird das Gaselement ausfallen oder, was dasselbe bedeutet, desto grösser wird, bei derselben Grösse des Apparates, die Capacität desselben.

Diese von vornherein sichere Annahme ist durch die Versuche der beiden französischen Forscher bestätigt worden. Daneben sind aber noch einige interessante That-sachen festgestellt worden, die nicht sowohl ihrer Neu-artigkeit, als der Uebereinstimmung mit bereits bekannten Erscheinungen wegen auffallen. „Wir sind am meisten erstaunt, wenn etwas so eintrifft, wie wir es erwartet haben,“ soll einmal ein Mediciner gesagt haben, ohne dabei an Electrochemie gedacht zu haben. Man hätte erwarten können, dass Sauerstoff und Wasserstoff unter den beträchtlichen Drucken, die angewendet wurden, einige Abweichung in Bezug auf deren electromotorisches Ver-halten von demjenigen bei gewöhnlichem Atmosphären-druck zeigen würden; dass die Absorptionsfähigkeit des Platinschwammes für diese Gase nicht einfach linear mit dem Druck sich änderte und noch anderes. Wie die kurze Beschreibung der Versuche zeigt, ist nichts hier-von zu bemerken. Technisch von Belang sind die vor-liegenden Experimente, weil dieselben unzweideutig eine Frage erledigen, die schon seit manchem Jahre in der Patentliteratur der alten und neuen Welt immer wieder

auftaucht, nämlich, ob der Platinschwamm jemals zum Aufbau eines technisch brauchbaren Accumulators Verwendung finden könne.

Die Versuche wurden in ziemlich kleinem Maasstab ausgeführt. Zur Herstellung der Electroden, welche beide auf dieselbe Weise präparirt sind, wurden 3 Gramm Platinschwamm in ein seidenes Beutelchen gepackt und ein Platindraht als Stromzuleitung hineingesteckt. Zwei sol-

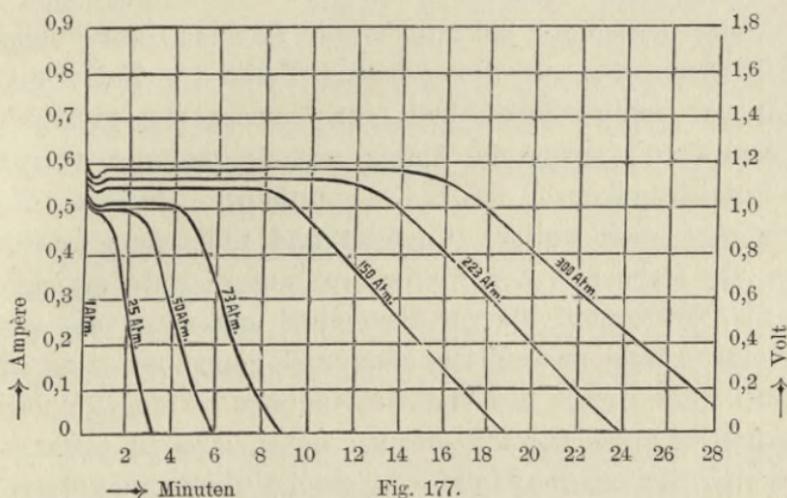


Fig. 177.

Entladungen der Platinzelle (Cailletet und Collardeau).

cher Beutelchen wurden in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 10 Wasser) gestellt und diese electrolytische Zelle selbst in einen massiven Behälter aus Stahl. Der Druck wurde durch eine hydraulische Presse erzeugt und bis auf 600 Atmosphären gesteigert. Der Bericht von Cailletet und Collardeau giebt nur Aufschluss über die „Entladung“ der Zelle bei den verschiedenen Drucken. Die anfängliche electromotorische Kraft des kleinen Platinaccumulators beträgt 1,80 Volt. Bei dem Gesamtwiderstand des Stromkreises von 2 Ohm sinkt die Klemmenspannung während der ersten Sekunden rasch auf ungefähr 1 Volt und bleibt nun einigermaassen stationär. Bei dieser

„Arbeitsspannung“, welche bemerkenswert constant sich erhält, dauert die Stromabgabe bis zu 20 Minuten (bei 300 Atmosphären). Der Verlauf der Stromstärke und der Klemmenspannung sind aus den Kurven in vorstehender Fig. 177 ersichtlich.

Der Verlauf dieser Kurven hat eine frappante Aehnlichkeit mit den bei der Entladung von Bleiaccumulatoren beobachteten Verhältnissen. Die anfängliche Erniedrigung der Klemmenspannung und darauffolgende Erholung derselben; die annähernde Constanz der Potentialdifferenz während des grössten Theils der Entladung, sogar der schliessliche Abfall der Kurven mit asymptotischem Verlauf gegen die Abscissenachse, das alles zeigen die Entladungskurven des Bleiaccumulators. Ja, die Analogie geht noch weiter. Cailletet und Collardeau finden, dass die Capacität der Platinschwammelectrode geringer ist für Wasserstoff als für Sauerstoff und dass, um den von der Anode absorbirten Sauerstoff ganz ausnutzen zu können, die Menge des Platinschwammes an der Kathode dreimal so gross gewählt werden muss. (Es ist bekannt, dass eine Bleisuperoxydplatte durchschnittlich eine grössere Capacität besitzt, als die aus derselben durch Reduction hergestellte Bleischwammplatte.) — Auch der „Nutzeffect“ des Platinsammlers ist bestimmt und zu 95—98% gefunden worden, d. h. von dem in die Zelle hineingesandten Stromquantum (Ampèreminuten) konnten bis 98% wieder bei der Entladung erhalten werden.

Wie gross der Nutzeffect, bezogen auf die elektrische Energie, ist, wird nicht angegeben; vermutlich wird sich dieser nicht so günstig stellen. Es wäre ungemein wünschenswert, auch über die bei der „Ladung“ statthabenden electromotorischen Kräfte der Zelle etwas Näheres zu erfahren. Nach den neueren Arbeiten über die Gaspolarisation an Platinelectroden (Streintz u. A.) könnte man annehmen, dass, falls die Ladung des Platin-

schwammelements ebenfalls unter den bei der Entladung herrschenden Drucken vorgenommen wird, die gegen-electromotorische Kraft des Elements einen beträchtlichen Wert annehmen müsste. Vermuthlich wird sich aber doch ein Polarisationsmaximum für jeden bestimmten Druck einstellen, und dasselbe nicht proportional mit dem Druck ansteigen, sondern eher in abnehmendem Maasse. — Ein Palladiumschwammelement liefert eine 3—4 Mal so grosse Capacität als die Platinzelle; da aber das Palladium nicht sehr widerstandsfähig als Anode in verdünnter Schwefelsäure ist, hat diese Combination nur theoretisches Interesse.

Ausser Platin, Palladium und Gold, welche ein übereinstimmendes Verhalten zeigen, wurden noch die Metallschwämme von Silber, Zinn, Nickel und Kobalt auf gleiche Weise geprüft. Bei diesen letzten Metallen bildet sich an der Anode ein Superoxyd, und die Beobachtung konnte nur das voraussichtliche Resultat, dass hier der Druck keinerlei Einfluss auf die Capacität solcher Anoden hat, bestätigen.

Berthelot discutirte die eben angeführten Versuche und hält dafür, dass man es nicht mit condensirten oder absorbirten Gasen bei der Platinzelle zu thun habe, sondern mit chemischen Verbindungen. Insbesondere nimmt dieser Forscher an, dass an der Kathode sich zwei Platinhydrüre bilden, wovon das eine bis gegen 200° Celsius stabil sei, während das andere sich schon in der Kälte zersetze. Gerade dieses letztere sei bei höherem Drucke beständiger und als die eigentliche Electricitätsquelle im Platinschwammelement zu betrachten. In diesem Falle wäre also dasselbe kein Gaselement, sondern ein gewöhnliches primäres Element, in welchem das Zink durch Platinwasserstoff ersetzt ist. Ueber die Platin-Sauerstoff-Verbindung sagt Berthelot nichts Näheres aus.

Es ist wohl anzunehmen, dass diese interessanten Versuche noch eingehender wiederholt und besonders über

den bereits bemerkten Punkt, nämlich die Polarisationskräfte bei der Ladung, sowie auch über das Verhalten jeder einzelnen Electrode für sich noch Näheres zu Tage gefördert werde. Wenn der Verfasser sich zum Schluss noch einen Zweifel auszusprechen erlaubt, hofft er, dass ihm dies von den verdienstvollen Forschern nicht übel vermerkt werden möge.

Cailletet und Collardeau betonen, dass ihre Platinzelle an Capacität pro Gewichtseinheit dem Bleiaccumulator beträchtlich überlegen sei. „Wenn man die Capacität des solchergestalt behandelten Accumulators berechnet und sie auf 1 Kilogramm Platinschwamm bezieht, findet man, dass dieselbe bei 580 Atmosphären 56 Ampèrestunden beträgt. (Man weiss, dass die Capacität der technischen Bleiaccumulatoren zwischen 10—20 Ampèrestunden per Kilogramm schwankt.)“

In einer Randbemerkung geben die Autoren, auf einen Einspruch von M. Mascart, zu, dass die letztere Zahl allerdings nicht auf das active Material allein, sondern auf das Gesamtgewicht des Bleiaccumulators Bezug habe; doch glauben sie, dass Bleisammler mit solcher Capacität nicht sehr dauerhaft wären.

Nun giebt es allerdings Bleiaccumulatoren, welche pro Kilogramm Gesamtgewicht 10 Ampèrestunden Capacität haben und dabei nicht zu den unsoliden Fabrikaten gerechnet werden dürfen. Doch kann man sagen, dass das Gewicht des activen Materials in einer solchen Bleizelle etwa ein Fünftel des Totalgewichts betrage; es ist sofort ersichtlich, dass auf das Kilogramm actives Material im Bleisammler 50 Ampèrestunden entfallen, also ungefähr das, was der Platinschwamm bei 580 Atmosphären Druck hat.

Wollte man den Vergleich noch genauer durchführen, so müsste derselbe wahrscheinlich zu Ungunsten des neuen Accumulators ausfallen, denn bei der Unerlässlichkeit einer

stromzuführenden Unterlage für den Platinschwamm, die doch wieder nur Platin sein könnte (wenn schon einmal das Blei nicht haltbar sein soll), und bei der weiteren Notwendigkeit, dieser Unterlage genügende Oberfläche, Leitfähigkeit und mechanische Festigkeit zu geben, wird klar, dass ein Platinträger eher schwerer ausfallen muss als ein Bleiträger (Platin leitet doppelt so gut als Blei, ist aber doppelt so schwer). Die Kosten des Platins, sowie das Gewicht des Druckgefässes kommen ebenfalls in Betracht; desgleichen die Widerstandsfähigkeit des Platins. Es ist eine Erfahrungssache, dass die Platinbleche in den Grove'schen Gaselementen mit der Zeit eigentümlich brüchig und spröde werden; sollte dieser Uebelstand nicht auch beim Platinaccumulator auftreten? Vor der Hand dürften also die Accumulatorenfabrikanten noch in keinen zu grossen Schrecken vor der neuen Concurrenz verfallen.





Capitel XXVII.

Verschiedene Sekundär-Elemente.

193. Die Anzahl der jährlich auftauchenden Vorschläge über Neuerungen oder Verbesserungen an Accumulatoren ist, in den letzten Jahren, ganz beträchtlich angewachsen. Den besten Begriff gewährt ein Einblick in die vom nord-amerikanischen Patentamt veröffentlichten einschlägigen Patentbeschreibungen. In Nachfolgendem ist eine vollständige Zusammenstellung aller, im Jahr 1890 über galvanische Batterien erschienenen amerikanischen Patente gegeben. Der grösste Teil der betreffenden „Verbesserungen“ ist auf den ersten Blick entweder als bekannt oder als fragwürdig zu erkennen. Trotzdem kann sich der vorwärtsstrebende Fabrikant oder Techniker bei der allerdings zeitraubenden und mühsamen Durchsicht der zur Ausgabe gelangenden Patente, besonders der amerikanischen und deutschen, manche Anregung holen.

418 748. Distribution of El., Prescott, 7. Januar 1890.

418 703. Sec. Bat. forming, Dey, 7. Januar 1890.

418 702. Cut out for Sec. Bat., Dey, 7. Januar 1890.

418 701. " " " " " " " " " "

418 700. Sec. Bat., Dey, 7. Januar 1890.

419 728. Electrode for Plates, Sorley, 21. Januar 1890.

419 727. Sec. Bat. Plates, Sorley, 21. Januar 1890.

- 419 862. Sec. Bat., Mehren, 21. Januar 1890.
 420 234. Plate for Sec. Bat., Johnson, 28. Januar 1890.
 420 975. Storage Bat., Sorley, 11. Februar 1890.
 421 666. Elect. for Sec. Bat., Carpenter, 18. Februar 1890.
 421 916. Sec. Bat. Plate, Entz & Phillips, 25. Februar 1890.
 422 308. El. for Sec. Bat., Lyte, 25. Februar 1890.
 422 301. El. for Sec. Bat., Hartmann, 25. Februar 1890.
 422 300. " " " " " " " " "
 422 216. Sec. Bat., Hollingshead, 25. Februar 1890.
 422 457. Sec. Bat. Plate, Sorley, 4. März 1890.
 422 534. Galv. Bat., Linville, 4. März 1890.
 422 533. Sec. Bat. Plate, Kookogey, 4. März 1890.
 422 505. Sec. Bat., S. Currie, 4. März 1890.
 422 504. " " " " " " " "
 423 310. Connecting Sec. Bat., Chamberlain, 11. März 1890.
 423 324. Sec. Bat., Johnson & Smith, 11. März 1890.
 424 152. Sec. Bat., Wardwell, 25. März 1890.
 424 810. El. Locomotor, Mc. Laughlin, 1. April 1890.
 424 809. Sec. Bat. El., Mc. Laughlin, 1. April 1890.
 425 335. Electrod., Marx, 8. April 1890.
 425 135. Electrod. for Galv. Bat., Kookogey, 8. April 1890.
 425 818. Sec. Bat., Mc. Laughlin, 15. April 1890.
 425 493. Transferring Bat., Cleveland, 15. April 1890.
 425 959. Galv. Bat., Renard, 15. April 1890.
 425 957. Sec. Bat., Phillipart, 15. April 1890.
 425 902. " " " " " " "
 425 819. Sec. Bat., Mc. Laughlin, 15. April 1890.
 425 999. Electrode for Sec. Bat., Epstein, 22. April 1890.
 426 932. Galv. Bat., Gendron, 29. April 1890.
 427 785. Sec. Bat. El., Mc. Laughlin, 13. Mai 1890.
 427 789. Sec. Bat., Nevius, 13. Mai 1890.
 429 049. Electrodes, Mc. Laughlin, 27. Mai 1890.
 428 781. Galv. Bat., Nowatny, 27. Mai 1890.
 429 274. } Electrode for Sec. Bat., C. Hering, 3. Juni 1890.
 429 273. }

- 429 272. Electrode for Sec. Bat., C. Hering, 3. Juni 1890.
 429 898. Solution for Galv. Bat., G. Felt, 10. Juni 1890.
 429 879. Porous cell., G. Felt, 10 Juni 1890.
 429 892. Process for Copper annealing, Cummins,
 10. Juni 1890.
 429 896. Electrode for Galv. Bat., G. Felt, 10. Juni 1890.
 429 895. Galv. Bat., G. Felt, 10. Juni 1890.
 429 596. Galv. Bat., J. Beattie, 10. Juni 1890.
 429 914. }
 429 913. } Sec. Bat., Carl Hering, 10. Juni 1890.
 429 912. }
 430 274. Voltaic-Bat., A. Edison, 17. Juni 1890. (Cop-
 peroxyd.)
 431 341. Sec. Bat., Foote, 1. Juli 1890.
 431 447. Sec. Bat., Dixon, 1. Juli 1890.
 431 061. Porous carbon-pot., Goodwin, 8. Juli 1890.
 432 202. Electrode for Sec. Bat., McLaughlin, 15. Juli 1890.
 432 672. Battery plate, Kookogey, 22. Juli 1890.
 432 834. Battery plate, Morris, 22. Juli 1890.
 433 174. Separator for Bat, Kookogey, 29. Juli 1890.
 438 851. Unloading Sec. Bat., Chamberlain, 5. Aug. 1890.
 433 738. Galv. Bat., Maquai, 5. Aug. 1890. (Circulating.)
 434 301. Sec. Bat., Schoop, 12. August 1890.
 434 093. " " " " " "
 434 376. Sec. Bat., Cochran, 12. August 1890.
 434 224. Sec. Bat., Woodward, 12. August 1890.
 434 869. Sec. Bat. Plate, Hollingshead, 19. August 1890.
 434 863. Electric - car. - batt. transferring, Corning,
 19. August.
 434 581. }
 434 580. } Electric-car.-batt. transferring, Corning, 19. Au-
 434 579. } gust 1890.
 434 458. Bat. Plates., Pepper, 19. August 1890.
 434 457. Galv. Bat., Fink, 19. August 1890. (Chlor-
 silber bat. Primär.)

- 434 593. Galv. Bat., Fink, 19. August 1890. (Chlor-silber bat. Primär.)
- 434 447. Sec. Bat., Hicks, 19. August 1890. Plate.
- 435 421. Battery Compound, Hewett, 2. September 1890. (Chromoxyd, Salzsäure, Salmiak (Schwefel-säure.)
- 436 275. Pulsating-Current batt. system., Van Depoele, 9. September 1890.
- 436 050. Sec. Bat. plate, Whittier, 9. Sept. 1890. (Plate.
- 436 001. Electrolyte for Galv. Bat., Irving & Hill, 9. September 1890. (Primärbat., Eisenperoxyd mit H_2SO_4 und HNO_3 .)
- 436 602. Storage-Bat., Hollingshead, 16. September 1890.
- 437 265. Copper-manufacturing, Vivian, 30. Sept 1890.
- 437 469. Galv. Bat., Liebig & Willms, 30. September 1890. (Chlorsilber-Primärzelle).
- 437 393. Galv. Bat., Crosby, 30. September 1890.
- 438 116. Electrode for Sec. Bat., W. Shapleigh, 7. Oc-tober 1890.
- 437 848. Sec. Bat., H. Lampert, 7. October 1890.
- 438 827. Sec. Bat., E. N. Reynier, 21. Oct. 1890. (Elastic).
- 439 416. Method of making plates, Morrison & Schmidt, 28. October 1890.
- 439 240. Sec. Bat., C. B. Gibson, 28. October 1890.
- 439 301. Sec. Bat., F. J. Mehren, 28. October 1890.
- 439 324. Sec. Bat., E. S. Mason, 28. October 1890.
- 439 594. Sec. Bat., W. B. Hollingshead, 28. October 1890.
- 439 850. Sec. Bat. Plate, A. E. Woolf, 4. Nov. 1890.
- 44 024. Electrode for Sec. Bat., Entz & Phillips, 4. No-vember 1890.
- 44 023. Electrode for Sec. Bat., Entz & Phillips, 4. No-vember 1890.
- 440 277. Process of Produc. plates, C. Payen, 11. Nov. 1890.
- 440 276. " " " " " " " " " "
- 440 275. " " " " " " " " " "

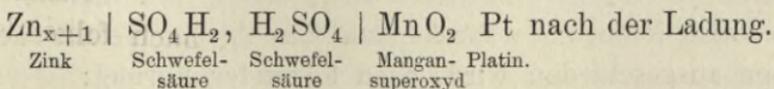
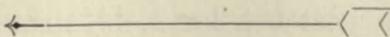
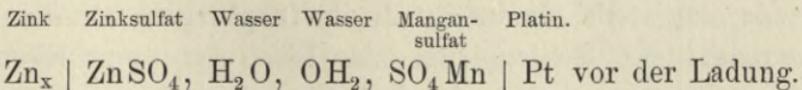
- 440 274. Process of Produc. plates, C. Payen, 11. Nov. 1890.
 440 273. " " " " " " " " "
 440 272. " " " " " " " " "
 440 271. " " " " " " " " "
 440 270. " " " " " " " " "
 440 269. " " " " " " " " "
 440 268. " " " " " " " " "
 440 267. " " " " " " " " "
 440 575. " " " " " " " " "
 440 216. Sec. Bat. plate, A. E. Woolf, 11. November
 1890. (Circ.)
 440 505. Electrolyte for Sec. Bat., B. Renault & M. Des-
 vernay, 11. November 1890.
 440 210. Electrolyte for Sec. Bat., B. Weed, 11. No-
 vember 1890. (Plate.)
 440 420. Galv. Bat., W. Cohlmann, 11. November 1890.
 440 175. Sec. Bat., F. Marx, 11. November 1890.
 441 413. Sec. Bat., G. E. Hatch, 25. November 1890.
 441 958. Electrode for Sec. Bat., C. W. Kennedy, 2. De-
 zember 1890.
 441 818. Electrode for Sec. Bat., J. Bradbury & F. Stone,
 2. Dezember 1890.
 441 843. Galv. Bat., A. H. Hoy, 2. Dezember 1890.
 441 958. Sec. Bat., W. Kennedy & H. Groswith, 2. De-
 zember 1890.
 442 204. Diaphragma, J. L. Roberts, 9. Dezember 1890.
 442 203. " " " " " " " "
 442 594. Electrolytic App., J. L. Roberts, 9. Dez. 1890.
 442 396. " " " " " " " "
 442 187. Methode of manuf. Electrode, J. G. Johnston,
 9. Dezember 1890.
 442 336. Carbon-Electrode, J. L. Roberts, 9. Dez. 1890.
 442 335. Process of treating asbestos, J. L. Roberts,
 9. Dezember 1890.
 442 334. Electrolytic App., J. L. Roberts, 9. Dez. 1890.

- 442 333. Electrolytic App., J. L. Roberts, 9. Dez. 1890.
 442 332. " " " " " " " "
 442 516. Galv. Bat., C. F. Dutton, 9. Dezember 1890.
 442 391. Sec. Bat., J. K. Pumpelli, 9. Dezember 1890.
 442 390. " " " " " " " "
 443 455. Electrode for Sec. Bat., J. Kitsee, 23. De-
 zember 1890. (Plate.)
 443 454. Electrode for Sec. Bat., J. Kitsee, 23. De-
 zember 1890. (Plate.)
 443 457. Sec. Bat., J. Kitsee, 23. Dezember 1890.
 (Cell-constr.)
 443 456. Sec. Bat., J. Kitsee, 23. Dezember 1890. (Plate.)
 443 556. Sec. Bat., H. H. Wardwell, 30. Dezember 1890.
 (Plate.)

194. Mit Zink als die eine Electrode sind folgende Combinationen vorgeschlagen worden:

Zink, Schwefelsäure, Mangansuperoxyd. Von Dr. E. Boettcher, Leipzig. (D. R.-P. Nr. 32821, 4. Februar 1885/12. August 1885.

Eine wässrige Lösung von Zinksulfat und Mangansulfat wird electrolysirt, wobei sich an der Anode Mangansuperoxyd, an der Kathode Zink abscheidet; dabei reichert sich die Flüssigkeit mit freier Schwefelsäure an. Als Anodenträger soll Kohle oder Platin dienen. Ueber das Material des Kathodenträgers ist nichts angegeben. Die Reaction wird durch folgende Formel veranschaulicht:



Zink, Borsäure, Bleisuperoxyd. Von O. Lugo, amerik. Patent Nr. 458424, 26. Mai 1891/25. August 1891.

In einer Lösung von borsauerm Ammoniak sollen durch Einleiten eines electrischen Stromes in die Bleiplatte und Ableiten desselben an der Zinkelectrode die Electroden so „formirt“ werden, dass die „Capacität und Spannung des so erhaltenen Accumulators sehr hoch, der Widerstand klein“ werde.

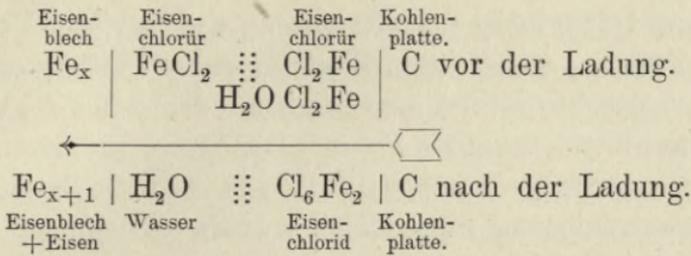
Blei, borsaures Ammoniak, Bleisuperoxyd. Von O. Lugo, amerik. Patent Nr. 458425, 26. Mai 1891/25. August 1891.

Zwei, mit Bleioxyd überzogene Bleibleche sollen, nachdem wieder ein „formirender“ Strom durch die, mit gelöstem borsaueren Ammoniak gefüllte Zelle hindurchgelassen wurde, einen Sammler darstellen, welcher mit sehr grossen Stromstärken geladen und entladen werden könne.

(Es ist schwierig, sich den electrolytischen Vorgang analog dem, beim gewöhnlichen Blei-Accumulator mit Schwefelsäure zutreffenden zu denken. Wahrscheinlich ist, dass ein solches Element einen grossen Widerstand, geringe Spannung und sehr wenig Capacität hat.)

195. Eisen, Salzsäure, Eisenchlorid, Kohle. Die Combination wird von J. Roberts, Brooklyn, vorgeschlagen und im amerikanischen Patent Nr. 464665, 31. Dezember 1890/8. Dezember 1891 beschrieben.

In ein Gefäss wird ein Eisenblech als die eine Electrode eingestellt; darauf durch ein Diaphragma von dieser getrennt, eine Kohlenplatte. Als Electrolyt dient Eisenchlorürlösung (erhalten durch Auflösen von Eisen in verdünnter Salzsäure). Wenn jetzt bei der Kohlenplatte ein electrischer Strom eingeleitet wird, bildet sich an dieser Eisensesquichlorid, während am Eisenblech metallisches Eisen ausgeschieden wird, nach folgender Formel:



(über die Darstellung derselben siehe das Capitel: Ueber einige Zusätze, welche zum Electrolyten in Blei-Accumulatoren gemacht worden sind) eignen oder das als „Vulkanisirte Fiber“ bekannte Product (Cellulose, die in einen eigentümlichen, pergamentartigen Zustand durch Digeriren mit Chlorzinklösung übergeführt wurde).

Ueber electromotorische Kraft, sowie sonstiges Verhalten dieses „Eisen-Accumulators“ wird nichts Näheres angegeben, dagegen sollen geeignete Kohlenplatten, die nicht durch die an denselben sich ausscheidenden Anionen angegriffen werden sollen, dadurch erhalten werden, dass pulverisirter Retortengraphit mit geschmolzenem Paraffin bei höherer Temperatur zu einem Brei angemacht und darauf in geeigneten Formen hohem Druck unterworfen wird. Dabei soll das Paraffin grösstenteils wieder ausgepresst werden und die Masse nach dem Erkalten eine gut leitende, dauerhafte Kohlenelectrode darstellen.

(Kohlenelectroden für Accumulatoren sind, abgesehen von der zu geringen Haltbarkeit, schon wegen des grossen Widerstandes untauglich. Es könnten höchstens Platinbleche als Gegenelectroden zu den Eisenblechen Verwendung finden; dem stellt sich aber wieder der hohe Preis des Materials hindernd in den Weg.)

Wahrscheinlich verfolgt eine, von F. Marx, Berlin, im Amerik. Patent Nr. 440175, 18. April 1890/11. Nov. 1890 beschriebene „Erfindung“ ähnliche Zwecke, wie die eben angeführten Vorschläge von Roberts. Aus der äusserst unklar gehaltenen Beschreibung geht hervor, dass in einem Gefäss mit zwei Kohlenelectroden eine Lösung von Eisenchlorür und Salzsäure electrolysirt werden soll. Es sollen z. B. 450 Gramm Eisenprotochlorid in 500 Gramm verdünnter Salzsäure (25prozent.) und 900 Gramm Wasser aufgelöst werden. Beim Durchleiten von Strom bildet sich „Electrolin“, und das Ende der Operation soll daran erkannt werden, dass die Flüssigkeit warm und braun wird.

Besonders geeignete Kohlenelectroden sollen durch Vermischen gleicher Gewichtsteile Eisenfeilspähne und Kohle und Glühen des mit Theer angemachten Teiges erhalten werden.

(Ob das „Electrolin“ eine Lösung von Eisensesquichlorid sein soll oder vielleicht eine noch höhere Chlorirungsstufe des Eisens, lässt sich aus der Beschreibung nicht ersehen. Immerhin sollte man denken, dass bei Abwesenheit jeglicher Diaphragmen bei der Bereitung des „Electrolins“ ein guter Teil des gebildeten Eisenchlorids an der Kathode wieder reducirt werde, also diese Darstellung höchst unöconomisch sein müsse.)

Nach dem Am. Patent Nr. 439594, 29. Mai 1890/28. October 1890, von B. Hollingshead, soll eine „Storage-Battery“ dadurch erhalten werden, dass in „einer alcalischen Flüssigkeit“ auf der einen Seite ein Stahlblech, auf der andern Seite eine mit Eisenoxyd bedeckte Stahlplatte aufgehängt wird. (Diese Vorrichtung zur Aufspeicherung von electr. Strom zu benutzen, scheint allerdings nur „amerikanisch“ möglich zu sein.)

Nur von theoretischem Interesse ist eine von Fichet und Nodon versuchte Combination. Wenn Zinkchlorid electrolysirt wird, soll sich einerseits Zink, anderseits Chlor abscheiden. In Anbetracht der grossen Flüchtigkeit des Chlors wird dasselbe in einer Flüssigkeit, die Brom enthält, aufgefangen, z. B. in einer wässrigen Lösung von Chlormangan, Eisenchlorid, wobei sich Chlorbrom bilden soll. Die Combination nach beendigter Ladung ist dann

Zink | Salzsäure | Chlorbrom | Kohle.

196. Schlussbemerkung. Bei sämtlichen Vorschlägen für Sekundär-Elemente ist immer der Grundgedanke aufrecht erhalten worden, dass die electrolytische Regeneration der entladenen Combination durch blosses Zuleiten von electr. Energie zur betreffenden Zelle erfolgen könne. Weder die Electroden noch der Electrolyt werden dabei mechanisch irgendwie beeinflusst, sondern die Zelle bleibt als unan-

tastbares Ganzes beisammen. Dies trifft auch bei den Bleisammlern zu und es lässt sich nicht verkennen, dass sich keine einfachere „Ladung“ denken lässt.

Nun ist anderseits nicht in Abrede zu stellen, dass die bis jetzt bekannten Sekundär-Elemente und allen voran der practisch allein in Betracht kommende Bleisammler nicht allen Ansprüchen genügen. Namentlich stellt sich die zu geringe Lebensdauer oder Haltbarkeit der Electroden einer allgemeinen Verwendung des sonst ausserordentlich bequemen Electricitätssammlers hindernd in den Weg. Abgesehen von den Betriebsstörungen, welche dadurch herbeigerufen werden, ist die Auswechslung der Electroden mit beträchtlichen Kosten verbunden, so dass nach Verfluss mehrerer Jahre meistens die Arbeitsleistung einer Sammlerbatterie sich als ziemlich viel kostspieliger herausstellt als man dies bei den übrigen, in der Electro-technik verwendeten Apparaten gewohnt ist. Nun darf man anderseits behaupten, dass der Blei-Sammler keine grossen Vervollkommnungen mehr zulassen dürfte, und da fragt es sich: Wie wird der zukünftige, einwurfsfreie Accumulator wohl aussehen und nach welcher Richtung werden sich die kommenden Verbesserungen erstrecken?

Beim Blei-Accumulator werden mit der Zeit die Electroden ausgewechselt; der Electrolyt erleidet keine Veränderung, ist daher das Stabilste an dieser Combination.

Nun könnte man sich umgekehrt eine Batterie denken, bei welcher der Electrolyt Veränderungen erleidet und ersetzt werden muss, dagegen die Electroden ungewein beständig wären. — Nur um diesen Fall zu illustriren, soll ein Beispiel gegeben werden. Die geladene Zelle enthalte als negative Electrode Zink-Quecksilber als flüssiges Amalgam, das auf dem Boden des Zellgefässes horizontal ausgebreitet sei. In einer durch ein gutes Diaphragma abgeschlossenen Abteilung sei die positive Electrode enthalten, welche aus Platinblech bestehe und von einer con-

centrirten Lösung, z. B. von Chromsäure, umgeben sei. Ein Fortsatz des Platinblechs rage immer in das Quecksilber der nächstfolgenden Zelle ein und ermögliche so die Verkettung der einzelnen Zellen zur Batterie. Beim Schliessen des Stromkreises löst sich das Zink in der das Amalgam bedeckenden Flüssigkeit auf und die Chromsäure um das Platin wird reducirt. Ist der Vorrat an electrischer Energie, welcher sich hier genau wie beim Blei-Sammler als angehäuften chemische Energie vorfindet, erschöpft, dann können die Flüssigkeiten, also das Quecksilber, die darüber befindliche Zinklösung und die Chromlösung abgelassen und durch frische Substanz ersetzt werden.

Die Regeneration der Combination erfolgt nun ausserhalb der Elemente in grossen electrolytischen Apparaten, und die aus denselben erhaltene Chromsäurelösung resp. das Zinkamalgam dient wieder zur Füllung der entladenen Batterie.

Die electrische Ladung wird also nicht in den Zellen selbst durchgeführt, sondern für sich in besonderen Electrolyseuren, welche eine schärfere Controlle und leichtere Durchführung der Electrolyse zulassen. — Bei derartigem Vorgehen denkt Verfasser speciell an die für die Betreibung von Trämwagen und electrischen Schiffen erforderlichen Bedingungen. Vielleicht neigt der Zug zu fernern Vervollkommnung der Sammelbatterien sich zur Verwendung von Primärbatterien, deren „actives Material“ allerdings nicht, wie bis heute, aus der chemischen Technik bezogen, sondern durch elektrochemische Regeneration immer wieder nutzbar gemacht würde. Deshalb scheint zur Erreichung des vorgesteckten Ziels eine genaue Berücksichtigung und Kenntniss der „Primär-Elemente“ ebenso wichtig wie diejenige der heutigen „Sekundär-Elemente“.



Capitel XXVIII.

Electrische Beleuchtung von Eisenbahnwagen.

Die hauptsächlichsten Systeme, nach welchen die electrische Waggonbeleuchtung ausgeführt werden kann, lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen, nämlich:

1. Beleuchtung ohne Accumulatoren und
2. Beleuchtung mit Zuhülfenahme von galvanischen Elementen.

Obschon die unter 1. fallenden Einrichtungen streng genommen nicht in den Bereich dieses Buches gehören, möge doch der Vollständigkeit wegen eine Uebersicht derselben hier angeführt werden.

197. Zugbeleuchtung ohne Batterien. Hier werden die in den einzelnen Wagen installirten Glühlampen direct von einer im Zuge befindlichen Dynamomaschine mit dem nötigen Strom versorgt. Die Dynamo befindet sich dabei in einem besondern Beleuchtungswaggon, der an beliebiger Stelle im Zuge eingeschaltet ist, vorzugsweise ganz vorne, in der Nähe des Locomotiv-Tenders. Als treibende Kraft dient entweder

- a) eine besondere Dampfmaschine oder
- b) eine resp. mehrere Wagenachsen des Beleuchtungswagens.

Wenn die Dynamo durch eine Dampfmaschine betrieben wird, kann letztere den Dampf

- α) direct vom Locomotivkessel durch eine Leitung oder
- β) von einem eigens für dieselbe aufgestellten Dampfkessel erhalten.

Dieser letztere Fall stellt weiter nichts als eine auf Räder gestellte electriche Beleuchtungsanlage, die im übrigen genau dem bei stationären Anlagen befolgten Schema entspricht, vor. — Die Wagen des Zugs werden durch geeignete Kupplungs-Contacte mit einander in electriche Kommunikation gebracht. Während der Beleuchtungszeit hat ein besonderer Wärter den Dampfkessel, die Dampfmaschine und Dynamo zu warten und für die Aufrechterhaltung der richtigen Spannung und Function besorgt zu sein. Diese Beleuchtungsart ist ungemein einfach, aber vielleicht die am meisten kostspielige, was die Betriebskosten betrifft. Sie eignet sich nur für den Fall, dass die Zusammensetzung des Zugs unverändert bleibt und letzterer sehr lange Fahrzeiten (mehrere Tage) hat.

Etwas einfacher gestaltet sich sowohl die Anlage als die Bedienung des Beleuchtungswagens, wenn die Dampfmaschine vom Locomotivkessel aus gespeist wird. Die Anlage besteht dann nur noch aus der Dampfmaschine, welche zweckmässig direct mit der Dynamo verkuppelt wird, nebst einer Schalttafel, an welcher die nötigen Messinstrumente, Bleisicherungen und Schalter befestigt sind. Verschiedene Züge auf der Chicago-Milwaukee and St. Paul R. R. Cy. wurden im Jahre 1890 auf diese Art beleuchtet. Als Nachteile sind anzuführen der verhältnissmässig kostspielige Betrieb, indem auch hier ein Wärter nicht gut entbehrt werden kann und dass der Locomotivkessel, der gewöhnlich schon sehr angestrengt werden muss, noch höher belastet wird. Auch lässt sich diese Methode ebenfalls nur bei ganz bleibenden oder selten zu rangirenden Zügen (Club-trains) gut verwenden.

198. Zugbeleuchtung mit Zuhülfenahme von Sekundär-Batterien. Diese kann auf recht verschiedenen Wegen durchgeführt werden; die in jedem speciellen Fall am besten zutreffende Methode richtet sich ganz nach den Betriebsverhältnissen des betreffenden Zuges, örtlichen Vorteilen u. s. w.

Jedenfalls lassen sich hier zwei Gruppen unterscheiden, nämlich:

1. Die Accumulatoren werden auf dem Zug selbst geladen.
2. Die Elemente werden in besondern Ladestationen gefüllt.

Jede dieser Gruppen erlaubt mehrere Modifikationen. Es kann, wenn die Batterien stationär im Zug angebracht sind und bleiben:

- a) Die Batterie in einem besondern Wagen (Beleuchtungswagen) oder
- b) auf die einzelnen Waggons verteilt sein, wobei jeder Wagen unabhängig von dem übrigen Teil des Zugs sein eigenes Lichtreservoir besitzt.

Dabei kann die Ladung auf dreierlei Art erfolgen:

- a) Durch eine im Zug (resp. Beleuchtungswagen) befindliche Dynamo, welche
 - $\alpha\alpha$) entweder als Dampfdynamo functionirt oder
 - $\beta\beta$) von Wagenachsen angetrieben wird;
- β) durch eine ausserhalb des Zugs liegende Strom- resp. Kraftquelle.

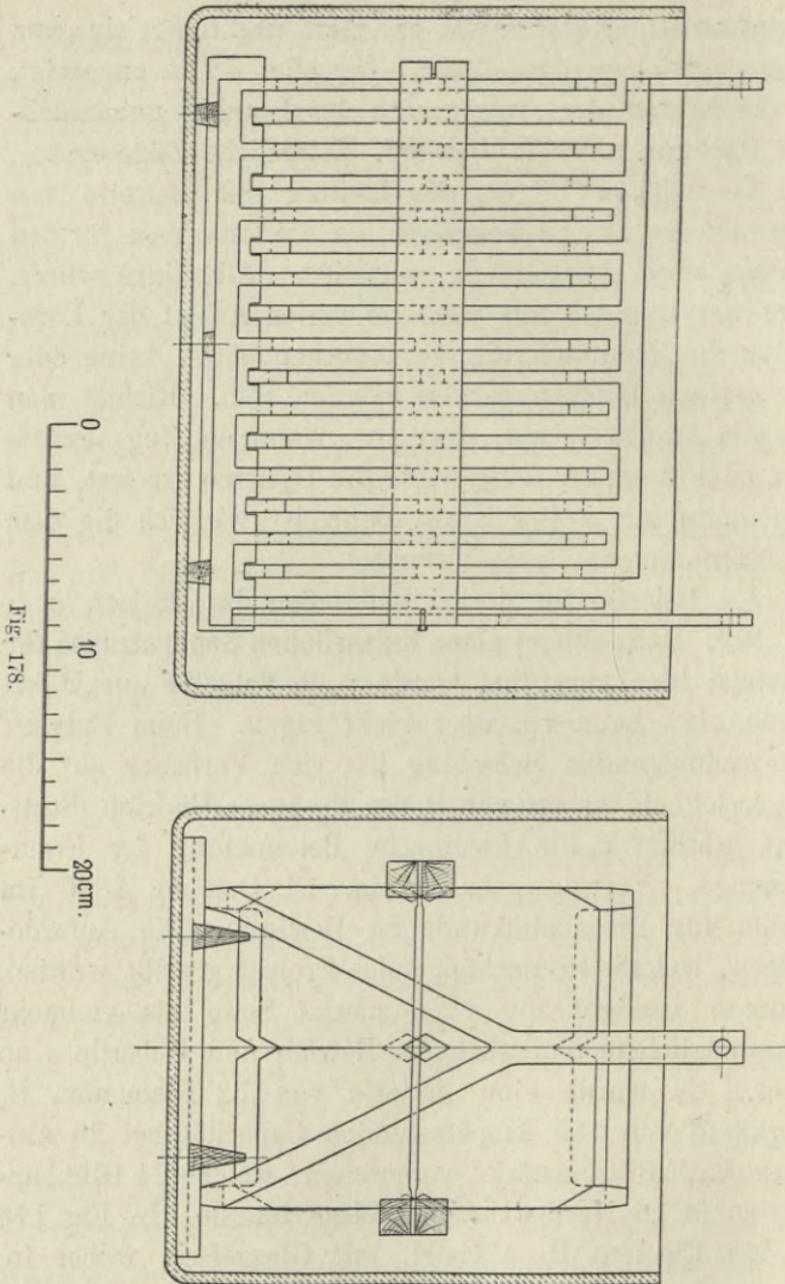
Der Fall, wo die Sammelbatterie sich nur in einem Wagen, dem Beleuchtungswagen des Zugs, befindet und durch eine Dampfdynamo gespeist wird, stellt eine Verfeinerung des zu allererst besprochenen Modus dar und ist also eine fahrbare Beleuchtungsstation, die im übrigen mit einer stationären combinirten Beleuchtungsanlage mit Accumulatoren identisch ist. Der Betrieb ist hier noch teurer, als bei Weglassung der Batterie, dagegen vor

plötzlichen Unterbrechungen gesichert und liefert ein ganz ruhiges, gleichmässiges Licht. Derselbe ist da angezeigt, wo die Kosten der Anlage und des Betriebs nebensächliche Factoren sind (Luxuszüge, Kaiserliche Züge etc.).

Vorzuziehen ist es, die Ladung der Batterie von Wagenachsen aus zu betreiben, da die Ausgaben für den Betriebsdampf grösstenteils wegfallen. Allerdings würde, wenn die Dynamo nur während voller Arbeit der Locomotive die Stromlieferung zu besorgen hätte, keine oder sehr geringe Dampfersparniss möglich sein. Richtet man aber die Anlage so ein, dass nur, wenn der Zug abwärts fährt oder Bremsen nötig wird, die Dynamo arbeitet, und zwar dann mit voller Kraft, dann ist wirklich die dem Zug entnommene Kraft kostenfrei.

Als Beispiel für diesen Fall möge das Project,

199. Beleuchtung eines Kaiserlichen Separatzuges für Russland hier angeführt werden; ob dasselbe ausgeführt worden ist, kann Verfasser nicht sagen. Beim Entwurf der nachfolgenden Schaltung hat sich Verfasser auf die ausgezeichnete Arbeit von Herrn Professor Dietrich (Stuttgart) gestützt („Die Electriche Beleuchtung der Eisenbahnzüge. Vortrag gehalten am 12. October 1886 im Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin.“) Die Anforderungen, welche an nachfolgendes Project gestellt wurden, betonten weniger die ökonomische Seite als vielmehr grösstmögliche Sicherheit im Betrieb und Ueberfluss an Licht. Es wurde eine Batterie von 32 Elementen B_3 (Oerlikon) von 125 Ampèrestunden Capacität bei 20 Ampères Entladestromstärke vorgesehen, welche 24 Glühlampen zu je 16 Normalkerzen speisen musste. In Fig. 178 ist ein Element B_3 skizzirt, mit Glasgefäss, wobei indessen für transportable Zwecke das Element in eine mit Deckel versehene Ebonitzelle gestellt wird. Das Gesamtgewicht desselben beträgt (mit Ebonitkasten und Electrolyt) 24,5 Kilogramm, der Preis 60 Frcs.



Als Dynamo zum Laden der Batterie war eine Maschine mit separater Erregung der Magnete vorgesehen, mit einer Leistung von 30 Ampères und 110 Volts. Die

Schaltungsweise ist in nachstehendem Schema gegeben. (Siehe Fig. 179). Darin bedeutet:

<i>D</i> Dynamomaschine,	<i>W</i> Regulirwiderstand,
<i>S</i> Stromrichtungsanzeiger,	<i>E</i> Accumulatorenatterie,
<i>R</i> Automatischer Schalter,	<i>V</i> Voltmeter,
<i>A, A,, A,,,</i> Ampèremeter,	<i>G</i> Glühlampen,
<i>US</i> Umschalter,	<i>CC</i> Ausschalter,
<i>M</i> Magnetbewicklung der Dynamo,	<i>BBB</i> Bleisicherungen.

Die Dynamo sendet bei einer gewissen Umdrehungsgeschwindigkeit der Armatur zunächst einen Strom durch die Schenkelbewicklung *M* und den Zusatzwiderstand *W* durch das Solenoid mit dünnem Draht des automatischen Schalters *R* und über den Stromrichtungsanzeiger *S* nach der linksseitigen Bürste der Dynamo zurück. Sobald dieser Magnetisierungsstrom eine gewisse Stärke erreicht hat, wird der Magnet von *R* nach unten gezogen und die am untern Ende desselben befestigte Gabel taucht in die beiden Quecksilbernäpfe ein und schliesst den Hauptstromkreis. Es geht jetzt ein entsprechender Strom von der linken Bürste der Dynamo durch den Richtungsanzeiger *S*, das Solenoid von *R* mit dem dicken Draht, das Ampèremeter *A₃* zum Umschalter *US*. Dieser ist vollkommen analog dem unter dem Capitel „Beleuchtung eines Privathauses“ beschriebenen Oerlikon-Schalter. In der aus der Skizze ersichtlichen Stellung des Schalterhebels fliesst der Strom gleichzeitig in die Glühlampen und in die Accumulatorenatterie und gelangt nach Passirung derselben zur rechtsseitigen Bürste der Dynamo zurück.

Wird der Hebelknopf nach links bewegt, dann werden die Lampen nur von der Batterie gespeist; nach rechts geführt, wird die Dynamo zur Ladung auf die Batterie geschaltet; die symmetrische Stellung ist für combinirten Betrieb.

Sowohl das Gegengewicht des Automaten *R*, als der Widerstand *W* erlauben eine ziemlich weitgehende Regu-

lirung der Spannung wie der Stromstärke bei variabler Tourenzahl der Dynamo.

Das Ampèremeter A_1 zeigt den in die Lampen fließenden Strom, das Ampèremeter A_2 die im Accumatoren-

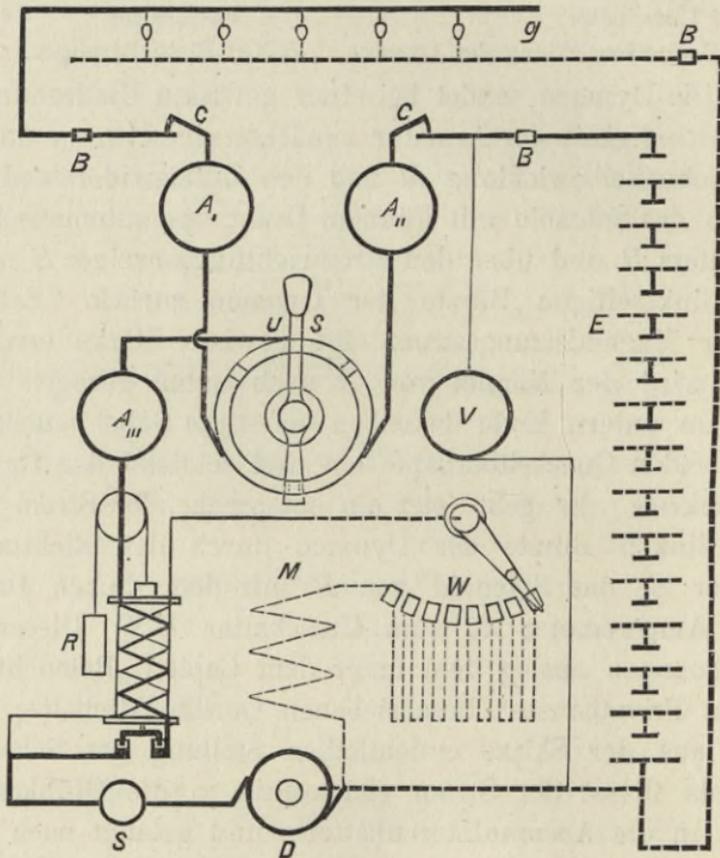


Fig. 179.

stromkreis vorhandene Stromstärke an; das Voltmeter V die Spannung. — In Fig. 180 ist ein Aufriss einer ähnlichen Einrichtung gegeben, dessen nähere Erläuterung hier übergangen werden kann.

Bei der in Fig. 179 skizzierten Veranlagung der Schaltung ist allerdings Voraussetzung, dass die Triebkraft für die Dynamo während der Fahrt, wenn die Geschwindig-

keit des Zugs einen gewissen Wert überschritten hat, der Wagenachse entnommen werde. Es liesse sich indessen wohl eine Vorkehrung treffen, bei welcher beim Abwärtsfahren des Zugs oder beim Bremsen desselben die Dynamo eingeschaltet und gleichzeitig als electricische Bremse und zum Laden benutzt würde. In diesem Fall würde ein Gruppenschalter für die Batterie, ähnlich dem

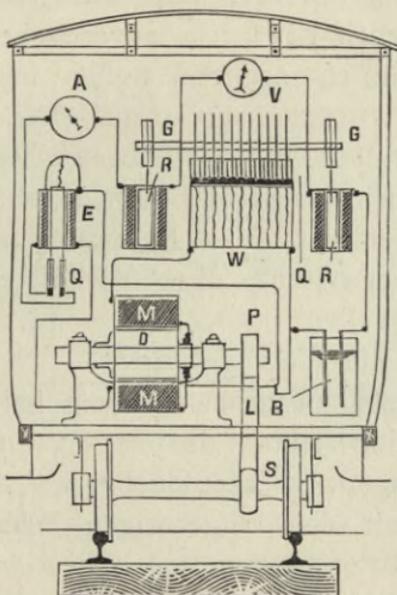


Fig. 180.

bei electricischen Tramwagen gebrauchten, mit einem selbstthätigen Centrifugal-Regulator, wie solche bei Turbinenanlagen benutzt werden, Verwendung finden können, so dass z. B. bei nur 3 Meter Zugsgeschwindigkeit die Batterie in vier parallel zu einander geschalteten Gruppen, bei 6 Meter in zwei parallelen Reihen, bei 12 Meter Geschwindigkeit in einer Reihe (Serie) geladen würde.

Natürlich sind dann zwei Batterien erforderlich anstatt nur einer; während die eine Batterie geladen wird, liefert die andere Strom für die Beleuchtung und sobald letztere erschöpft ist, wird umgeschaltet und dieselbe in

Ladung gegeben und dafür die frisch geladene Batterie zur Beleuchtung verwendet. Die Ausgaben für die Batterieanlage bleiben dieselben, da bei zwei Batterien jede nur halb so gross zu sein braucht wie im Fall nur einer einzigen Batterie. — Nun hängt dieser Beleuchtungsmethode immer noch der Nachteil der Bedienung derselben an, welcher natürlich die Betriebskosten erhöht. Es ist nun wenig Zweifel, dass beim jetzigen Stand der Technik es möglich ist, solche zuverlässig functionirende automatische Einrichtungen zu treffen und die Beleuchtungsanlage so zweckmässig einzurichten, dass auch die Bedienung derselben keine grösseren Ansprüche an das Personal stellt als die gegenwärtige Beleuchtungsmethode mit Petroleum oder Gas. — Es müsste nur einmal eine grössere Bahnverwaltung diese Sache ernsthaft in die Hand nehmen wollen.

Auf rationelle Weise ist die

200. Eisenbahnwagenbeleuchtung bei den dänischen Staatsbahnen eingerichtet. In der Mitte des Zugs ist ein Beleuchtungswagen, welcher nichts als eine Accumulatorenbatterie mit dem zugehörigen Schaltbrett enthält. Von diesem Batteriewagen aus gehen in beiden Richtungen die electricischen Leitungen, welche durch sehr sinnreich construirte Stöpselcontacte mit dem Beleuchtungsnetz der Personenwagen in Connection gebracht werden. Die Batterie ist derartig dimensionirt, dass die Capacität derselben ausreichend ist, bis der betreffende Batteriewagen wieder an die Ausgangsstation zurückkehrt. Dort befindet sich (in Kopenhagen) die Ladeeinrichtung, welche aus einer Dynamomaschine, die in der Reparaturwerkstätte angetrieben wird, besteht. Eine gut isolirte Leitung geht von dort in die Halle, wo die Züge eintreffen, so dass der Batteriewagen nur an eine gewisse Stelle gebracht werden muss, um sofort nach dem Einstecken zweier Stöpselcontacte Ladestrom zu empfangen.

Das ist also ganz analog der Füllung der Gasbehälter in den Hauptstationen, nur mit dem Unterschied, dass die Ladung wenigstens fünf Stunden beansprucht. Wo schon die Geleis- oder Bahnhofanlage electricisch beleuchtet wird, namentlich mit Gleichstrom und nach dem Zweileitersystem, steht der Ladestrom fortwährend zur Verfügung und stellt sich ausserordentlich billig, wenn entsprechende Wasserkräfte zum Antrieb der electricischen Generatoren benutzt werden. —

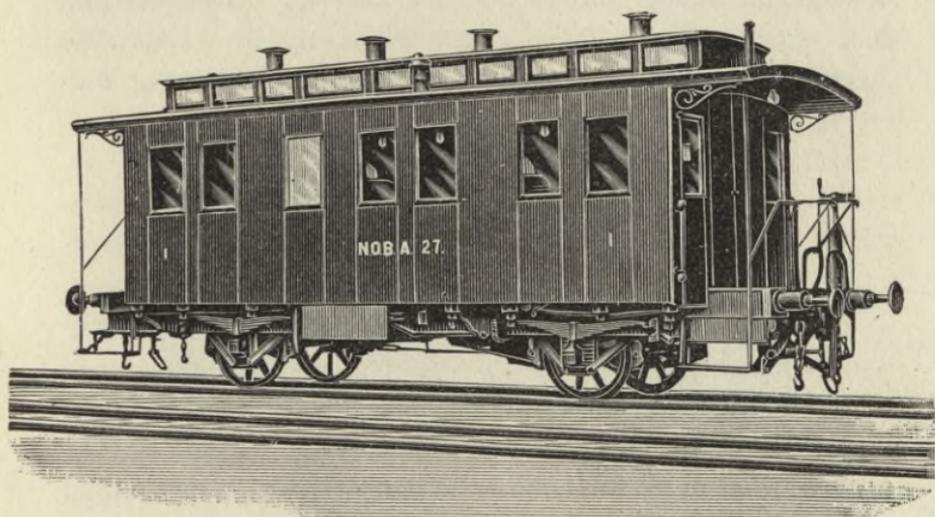


Fig. 181.

Die Züge werden nur einmal während der Fahrt geteilt und der Beleuchtungswagen kann dann entweder bei der ursprünglichen Zusammenstellung verbleiben oder mit dem hintern oder vordern Zugteil abgestossen werden. In letzterm Fall muss unter dem neu hinzukommenden Zugteil wieder ein anderer Batteriewagen sein. Bedienung erfordert der Batteriewagen nicht, mit Ausnahme der Verbindung der electricischen Kupplungen zwischen demselben und den anstossenden Wagen, welche indessen in einigen Sekunden erledigt werden kann. — Die Batterie ist auf dem Boden des Batteriewagens in einer Ebene aufgestellt, weil die Erschütterungen so am

wenigsten zur Wirkung kommen. Die Plattenebenen der Electroden sollen in der Längsrichtung des Zugs liegen. Die Zellen sind in Ebonitkästen mit gut schliessenden Deckeln untergebracht und die Verbindungen unter denselben bestehen aus elastischen, mit Guttaperchaüberzug versehenen Kupferlitzen, welche an den, an den positiven Polen anliegenden Enden verplatinirt sind.

201. Die **Beleuchtung einzelner Waggon**s, wobei jeder Wagen unabhängig vom übrigen Teil des Zugs ist und sein eigenes Lichtreservoir hat, wird erreicht, wenn die Accumulatoren auf sämtliche Wagen gleichmässig ver-

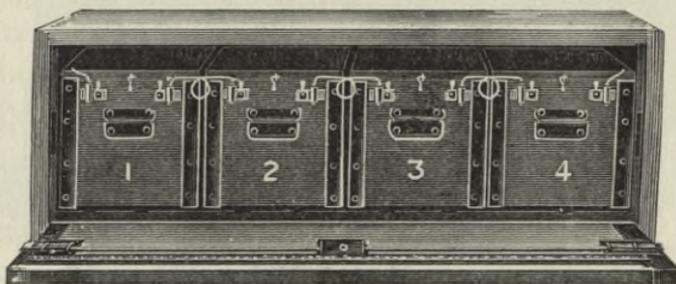


Fig. 182.

teilt werden, gerade so, wie gegenwärtig die Gasbehälter an jedem Vehikel angebracht sind.

Die Batterie wird in diesem Fall zweckmässig am Wagengestell befestigt und in einem gut schliessenden Kasten untergebracht. In Fig. 181 und 182 ist die Einrichtung veranschaulicht. Je nach der Construction des Wagengestells und der Lage der vorhandenen Brems-einrichtung richtet sich die Lage und Form des Batterie-behälters.

202. Fall, wo die Batterien nicht ausgewechselt werden. Dieser ist wohl weitaus vor der Auswechslung der Batterien vorzuziehen. Die Batterie jedes Wagens besteht, je nach der Anzahl, Stärke und Brenndauer der in demselben befindlichen Glühlampen aus 8 oder 16 Elementen von 100 bis 200 Ampèrestunden Capacität. In

Fig. 181 ist der Batteriebehälter auf der einen Längsseite des Wagens angebracht. Fig. 182 zeigt die Anordnung des Kastens und der Elementbehälter. Jede Kiste enthält hier zwei Elemente, die unter einander in Serie verbunden sind; die einzelnen Kisten sind durch elastische Stöpselcontacte mit einander in Serie verbunden. Der nach unten aufklappende Deckel ist an den Rändern mit Filz ausgeschlagen, um möglichst staubdichten Verschluss zu erzielen. Das Holz des Behälters und ebenso der Kisten ist in der Luftleere mit Paraffin imprägnirt worden, um das Schwinden und Rissigwerden desselben zu verhindern und es gegen Säuredämpfe widerstandsfähiger zu machen. In dem in Fig. 183 gezeigten Kessel werden die Holztheile (bis zum Zusammenfügen gerichtete Bretter) eingebracht, zusammen mit der nötigen Menge festen Paraffins. Nach dem Anschrauben des Deckels wird durch eine Luftpumpe oder Injector die Luft so weit als möglich ausgepumpt und dann der Kessel langsam erhitzt bis das Paraffin geschmolzen ist und die Wasserdämpfe entwichen sind. Darauf wird der Luftdruck zugelassen und die Bretter im Paraffin belassen, bis dasselbe dickflüssig wird.

Bei der Erhitzung des Kessels durch Dampf (wobei derselbe mit einem Doppelmantel ausgerüstet sein müsste) würde die Imprägnirung noch rascher und besser bewerkstelligt werden. — Die Holzwaaren müssen beschwert werden, damit nicht beim Zufließen des Paraffins dieselben schwimmen.

Behufs Nachfüllung des verdunsteten Wassers in den Zellen und der vielleicht monatlich einmal vorzunehmenden Visitation der Batterie sollte die Lage des Batteriebehälters nicht an zu unzugänglichem Ort sein; die Form des Batteriekastens dagegen kann ganz beliebig sein, so lange nur der Elementtypus darin placirt werden kann.

Die Glühlampen, welche in diesem Fall nicht 65 oder 100 Voltlampen, sondern für 16 Volt Spannung ein-

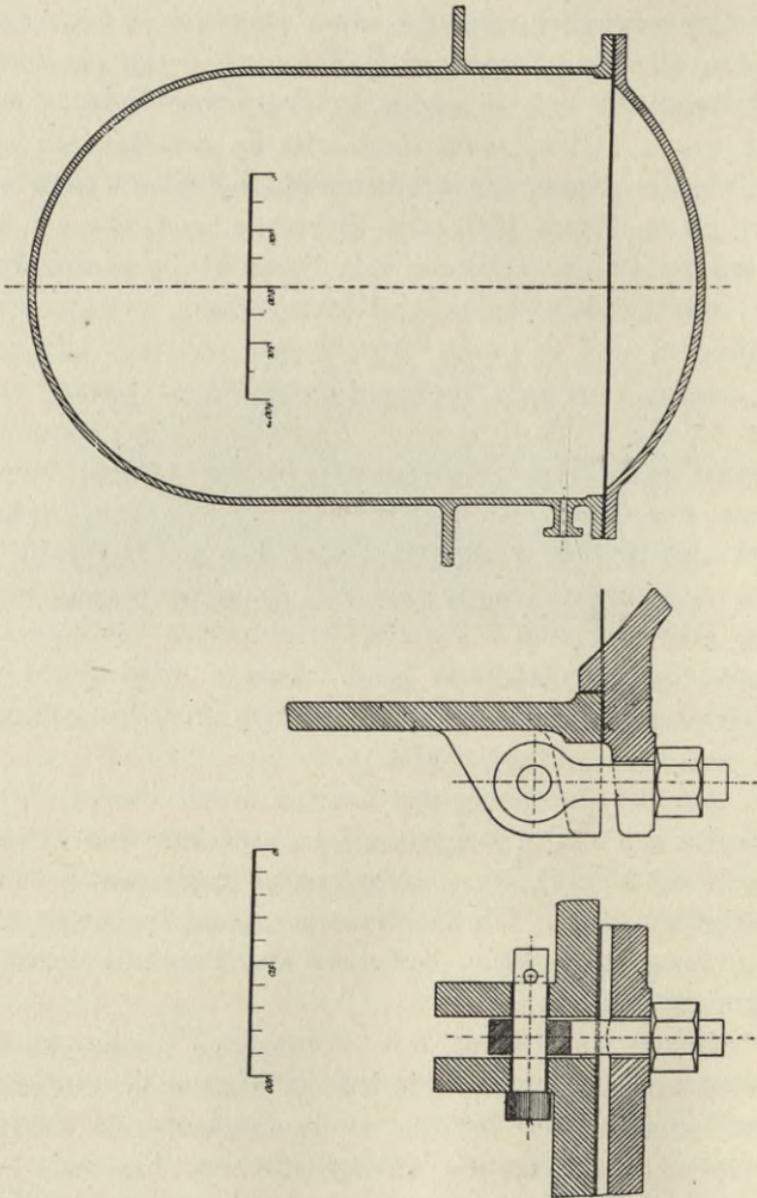


Fig. 183.

gerichtet sind, sind parallel zu den beiden Batteriepolen gelegt und können durch einen Schalter ein- oder aus-

geschaltet werden. Behufs Ladung der Batterien müssen die einzelnen Wagen ebenfalls durch electricische Kuppung mit einander verbunden werden und zwar ist hier der einfachste Fall der, dass der Zug über eine Nacht oder einen Zeitraum von 6—10 Stunden auf einem Nebengeleise liegen kann und die Ladung der Batterien während dieser Zeit von einer Stromleitung aus vorgenommen wird.

Es werden dann alle Batterien in Serie zu einander geschaltet vermittels der Kupplungen und der Strom von

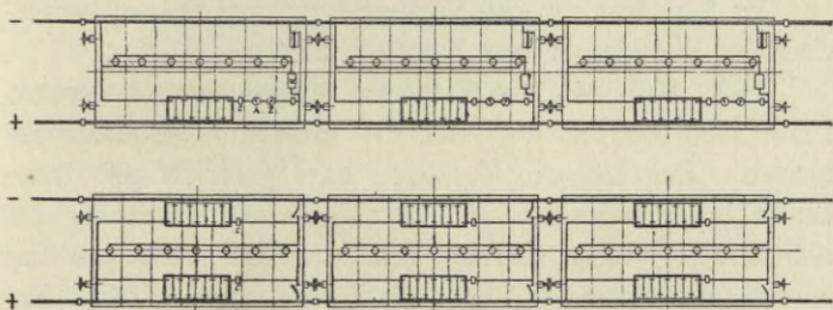


Fig. 184.

entsprechender Stärke und Spannung durchgeleitet. Wenn z. B. jede Batterie 16—20 Volt gegen electromotorische Kraft hat und die zur Ladung verfügbare Lichtleitung 100—110 Volt Spannung hat, können 5 Batterien in Serie mit einander geladen werden. Alles, was der die Ladung besorgende Mann zu thun hat, ist, zuerst die Stromstärke auf den vorgeschriebenen Stand einzustellen und darauf jede Stunde einmal bei jeder Batterie die Klemmenspannung zu beobachten. Erst wenn die Klemmenspannung jeder Batterie auf $8 \times 2,45 =$ rund 20 Volt gestiegen ist, sind die Zellen vollgeladen bis zur Gasentwicklung. Die genaue Vorschrift zum Laden muss immer von der die Accumulatoren liefernden Fabrik gegeben werden.

Die Ladung der Waggonbatterien kann auch während der Fahrt zur Tageszeit geschehen, wo kein Licht gebraucht wird. Dabei kann die Dynamo, die sich auf dem Zuge befinden muss, von Wagenachsen oder durch Dampfmaschine angetrieben werden. Die einzelnen Wagen müssen dann ebenfalls mit einander electricisch verkuppelt sein und jeder Wagen kann eine oder zwei Batterien enthalten. — Die Beschreibung einer Anlage, wobei jeder Waggon zwei Batterien hatte und diese während der Fahrt von Wagenachsen aus geladen werden, findet sich in der bereits erwähnten Arbeit von Prof. Dietrich.

In Fig. 184 ist die Verkupplung der Wagen untereinander angedeutet (für Parallelbetrieb).

203. Fall, wo die Batterien ausgewechselt werden.

Diese Methode hat bis jetzt die grösste Verbreitung gefunden. Sie hat die Vorzüge, dass jeder Wagen seine unabhängige Beleuchtung besitzt, dass die Rangirung der betreffenden Wagen beliebig geschehen kann, also der Zug so oft geteilt werden kann, als nötig ist, dass keine Bedienung im Zug für die Beleuchtung nötig ist; dass die Ladung sämtlicher Batterien ausserhalb des Zugs oder Bahnhofs von einer Stelle aus geschehen kann.

Als Nachteile dieser Methode sind anzuführen: in erster Linie die starke Abnutzung der Accumulatoren, welche durch das häufige Aus- und Einpacken in die Wagen leiden; die Handarbeit bei der Auswechslung der Batterie; die grössern Anlagekosten, da für jeden Wagen wenigstens zwei Batterien nötig sind, indem die eine geladen wird, während die andere auf der Fahrt ist.

Als Beispiel sei eine Calculation angeführt, welche Verfasser für eine schweizerische Bahngesellschaft lieferte. Schon im October 1888 wurde eine Probeeinrichtung mit einem Wagen der Schweizerischen Nordostbahn-Gesellschaft ausgeführt. Derselbe enthält ein Coupé I. Classe, zwei Coupés II. Classe und eine Toilette. In jedem Coupé

ist in der Mitte der Decke eine Glühlampe angebracht, ebenso eine Glühlampe auf jeder Plattform an den beiden Enden des Wagens. Diese beiden letzteren Lampen werden nur benutzt, wenn Passagiere in den Wagen hinein oder aus demselben heraus treten. Die Batterie ist in einer Kiste unter dem Boden des Wagens angebracht und wiegt 180 Kilogramm. Sie besteht aus 8 Zellen und enthält genügend Capacität, um die Lampen für 18 Stunden zu speisen. Ein Resultat dieses Experiments war, dass eine 6kerzige Glühlampe ungefähr einer Oellampe an Beleuchtungskraft gleichkommt, welche bekanntlich eine ungenügende Beleuchtung vorstellt. Eine 10kerzige Glühlampe hingegen ermöglichte, dass im ganzen Wagen mit Leichtigkeit Zeitungsdruck gelesen werden konnte, vorausgesetzt, dass ein guter Reflector über den Lampen angebracht worden war.

Die verwendeten Zellen stammten von der Maschinenfabrik Oerlikon und hatten das aus Fig. 185 hervorgehende Aussehen. Das Gewicht der 7 positiven und 8 negativen Platten (von der in Fig. 178 gegebenen Construction) betrug 12 Kilogramm, das Gewicht der Ebonitzelle mit Deckel 1 Kilogramm und des Electrolyts 7—8 Kilogramm. Ladestromstärke 10 Ampères; Entladestromstärke bis 16 Ampères. Die Capacität, bei 10 Ampères Ladestrom und 7 Ampères Entladestrom, betrug im Sommer 140 Ampèrestunden, im Winter 110—120 Ampèrestunden. Nun sind im Wagen 3 Glühlampen von je 10 N. K. und 3 Glühlampen von je 5 N. K. angebracht, welche letztere aber nur gelegentlich und während kurzer Zeit brennen. Man darf bei diesen niedrig voltigen Lampen pro Normalkerze Leuchtkraft 3 Watt rechnen, so dass die Energie zur Beleuchtung der 3 10kerzigen Lampen $3 \times 10 \times 3 = 90$ Watt beträgt.

Bei 8 Zellen, jede zu rund 2 Volt Spannung, ist die Batteriespannung $8 \times 2 = 16$ Volt und der Strombedarf

$\frac{90}{16} = \text{rund } 6 \text{ Ampères.}$ Die Lampen werden daher 18 bis 20 Stunden hintereinander mit Strom versorgt.

In dem Behälter, welcher ebenfalls auf einer Seite des Wagens angebracht war, wurden zwei Kisten, jede zu 4 Elementen (siehe Fig. 186) untergebracht. Den Verschluss des Behälters mit nach oben klappendem Deckel giebt Fig. 187. (Bei einem Wagen der Gotthardbahn war in der Mitte des Untergestells ein vollkommen freier Raum

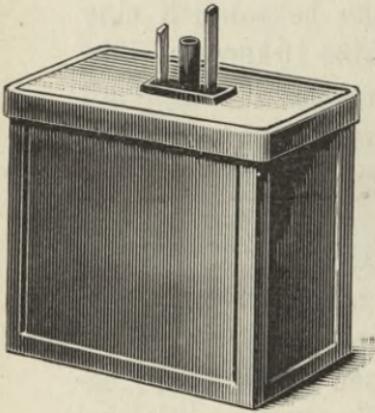


Fig. 185.

Ebonitzelle (mittleres Format).

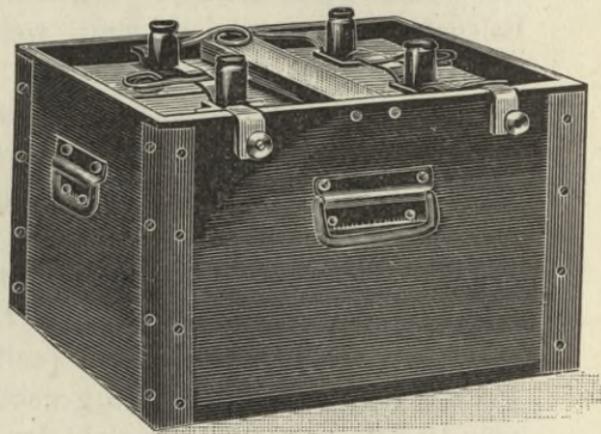


Fig. 186.

Tragkasten für Bahnwagenbeleuchtung.

disponibel, so dass die Kasten von der einen Längsseite des Wagens zur andern senkrecht zur Längsrichtung des Waggons angebracht werden konnten. Diese Anordnung ist deshalb vorzüglich, weil stets die Batterie auf der Perronseite ausgewechselt werden kann, wie auch der Wagen stehen möge.) Die Beleuchtung hatte während der Fahrt Zürich — Genf und zurück zu geschehen. Beim Wiedereintreffen der Wagen wurden die Kisten aus dem Behälter genommen und frisch geladene Kisten hineingestellt. Die Ladung der Batterien erfolgte in Oerlikon.

Aus nachstehender Zusammenstellung erhellt zugleich die ungefähre Einrichtung der Ladestation.

Als Norm wurde angenommen, dass ein Wagen mit einer Lichtmenge von 66 Kerzenstärken 10 Stunden lang versorgt werden müsse, oder dass die Batterie eine Capacität von 660 Kerzenstunden besitzen solle.

Für grössere Wagen, welche längere Strecken zurückzulegen haben, würden zwei solcher Batterien in Verwendung kommen.

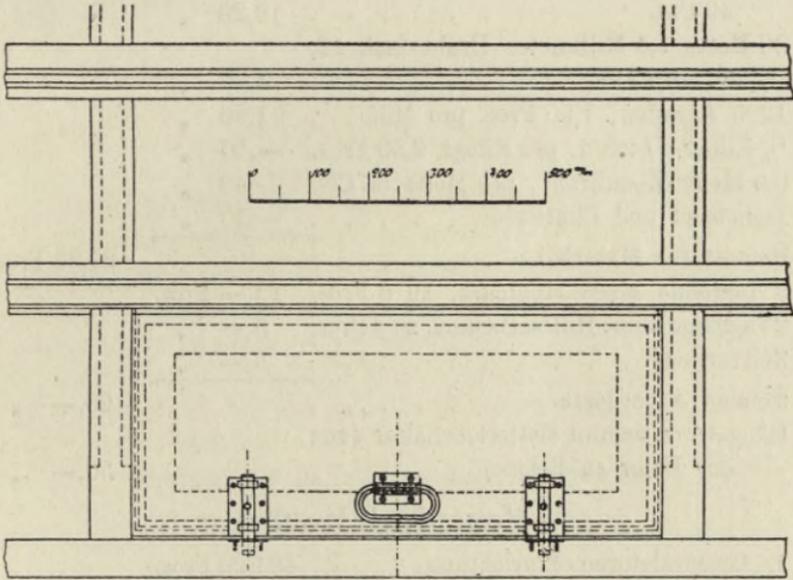


Fig. 187.

Diese Lichtcapacität von 2 Batterien entspricht der Lichtcapacität der grössten Schnellzugs-Bahnwagen mit 2 Oelgasreservoirien.

204. Einrichtungskosten eines Bahnwagens für electriche Beleuchtung.

8 Accumulatoren-Zellen (B ₂), zu 52 Fres.	
netto	416,— Fres.
1 Kasten für dieselben	48,20 „
3 Waggon-Deckenlampen, einfach, ohne Klappvorrichtung, zu 10 Fres.	30,— Fres.
2 Plattform-Deckenlampen, einfach, ohne Klappvorrichtung, zu 6 Fres.	12,— „

5 Spiral-Halter, zu 1,20 Fres.	6,— Fres.	
5 Glühlampen, 3 zu 16 und 2 zu 6 Kerzen, zu 1,50 Fres.	7,50 "	
1 Hauptausschalter mit abnehmbarem Coupéschlüssel	5,— "	
1 Hauptsicherung für 15 Ampère mit Bleisicherung	1,50 "	
5 kleine Sicherungen, zu 1 Fres.	5,— "	
33 Meter 3 Millimeter Draht Isol. 9, zu 40 Cts.	13,20 "	
30 Meter 1,5 Millimeter Draht Isol. 12, zu 16,1 Cts.	4,85 "	
1200 Agraffen, 1,50 Fres. pro Mille	1,80 "	
$\frac{1}{5}$ Kilogr. Lötzinn, pro Kilogr. 2,50 Fres.	—,50 "	
0,6 Meter Ebonitrohr, pro Meter 60 Cts.	—,40 "	
Isolirband und Chatterton	—,10 "	
Summa für Materialien		87,85 Fres.
2 Tagelöhne eines Monteurs, zu 6 Fres.	12,— Fres.	
2 Tagelöhne eines Hilfsarbeiters, zu 4 Fres.	8,— "	
Zeitverlust	5,— "	
Summa Accordsatz		25,— "
Hängewerk sammt Batteriebehälter (von der Bahn zu liefern)		50,— "

Recapitulation.

1. Accumulatoren-Einrichtung.	464,20 Fres.	
2. Montage und Abrundung	50,— "	
		514,20 "
Installation (Selbstkosten an Waaren)	87,50 Fres.	
Installation, Arbeitslohn	25,— "	
		112,85 "
Auf die Materialien 40 % Geschäftsunkosten	35,14 Fres.	
Auf die Arbeit 300 % Geschäftsunkosten	75,— "	
		110,15 "
		737,20 Fres.
Unvorhergesehenes.		12,80 "
		750,— Fres.
Hängewerk sammt Batteriebehälter (von der Bahn zu liefern)		50,— "
Gesamt-Wageneinrichtung ganz complet		800,— Fres.

205. Berechnung der Reserve-Batterien und Ladestation.

Voraussetzungen:

1. Es sollen 200 Wagen electricch beleuchtet werden.
2. 100 Wagen sollen täglich geladen werden.

Eine Batterie braucht 13 Ampère bei 20 Volt während 10 Stunden, mithin 2600 Wattstunden (4 H. P.-Stunden) zur Ladung.

Die Ladestation besteht aus:

1 Nebenschluss-Dynamo von 1300 Ampères und 20 Volt (26 000 Watt)	3 960,— Frcs.
Spannschienen für diese Dynamo	70,— "
2 Ampèremeter von je 800 Ampères, zu 187,50 Frcs.	375,— "
2 Voltmeter von je 22 Volt, zu 62,50 Frcs.	125,— "
2 Voltmeter von je 3 Volt, zu 62,50 Frcs.	125,— "
2 aut. Ausschalter für 800 Ampères, zu 375 Frcs.	750,— "
2 Bleisicherungen für 800 Ampères, zu 50 Frcs.	100,— "
2 Einschalter für 800 Ampères, zu 156 Frcs.	312,— "
Das Ladegestell besteht aus den Transportwagen für die Batterien.	
1 Transportwagen für je 7 Batterien ist 1,6 Meter lang und 2,1 Meter breit.	
15 Wagen, zu 150 Frcs.	2 250,— "
15 Reservewagen, zu 150 Frcs.	2 250,— "
Kupferleitungen	683,— "
Summa	11 000,— Frcs.
100 Reservebatterien sammt Kästen, zu 464,20 Frcs.	46 420,— "
Summa	57 420,— Frcs.

Anlagekosten.

200 Wagen, complet, zu 750 Frcs.	150 000,— Frcs.
100 Reservebatterien, zu 464,20 Frcs.	46 420,— "
Ladestation für 100 Batterien gleichzeitig	11 000,— "
Summa	207 420,— Frcs.

206. Betriebskosten-Berechnung.

Es wird angenommen, dass bei Vorhandensein einer Wasserkraft die Pferdekraftstunde 3 Cts. kostet.

Die Ladung einer Batterie erfordert 2600 Wattstunden oder $\frac{2600 \times 3}{736} = 10,6$ Cts., also täglich pro Batterie und Ladung 10,6 Cts. (15% Verlust bei der Ladung berücksichtigt).

Bei Dampfbetrieb kann die Pferdekraftstunde zu 10 Cts. berechnet werden. Die Ladung einer Batterie kostet in diesem Falle 33 Cts.

Betriebskosten (mit Auslassung der Arbeitslöhne):

Ladung von 100 Batterien, zu 10,6 Cts. (täglich 10,60 Frcs.)	
300 volle Beleuchtungstage angenommen . . .	3 000,— Frcs.
4½% Verzinsung von 207 420 Frcs.	9 334,— „
10% jährliche Prämie (für 10jährige Garantie der Platten) vom Batteriepreise: 300 Batterien · 464,20 = 139 260 Frcs.	13 926,— „
	<hr/>
Summa	26 260,— Frcs.

207. Vergleichung zwischen electricischer Beleuchtung und Oelgasbeleuchtung.

Bei der Ermangelung genauer Betriebsangaben über

1. die Anzahl der Wagen,
2. die Anzahl und Kerzenstärke der Flammen
3. die Brenndauer in Stunden pro Jahr

lässt sich ein Vergleich nur unter Beibehaltung derselben Voraussetzungen für beide Fälle ziehen.

Es ergibt sich aus dem Vorhergehenden, dass die Einrichtungskosten eines Bahnwagens im Mittel genommen sich ziemlich auf denselben Betrag belaufen bei Oelgas wie bei electricischer Beleuchtung, nämlich zwischen 700—800 Frcs.

A. Die Einrichtungskosten für 200 Wagen (Oelgasbeleuchtung) sind:

200 Wagen (innere Installation und Reservoir unter dem Wagen) zu 800 Frcs.	160 000,— Frcs.
Oelgasanstalt für diese 200 Wagen . . . ca.	47 000,— „
	<hr/>
Summa	207 000,— Frcs.

Die Betriebskosten stellen sich vielleicht wie folgt:

Eine Accumulatoren-batterie von 8 Zellen Z 515 hat eine Capacität von 1800 Wattstunden; die Glühlampen (für geringen Stromverbrauch) werden für 500 Stunden Brennzeit garantirt mit einem Stromconsum von 2,7 Watt pro Kerze. Die Lichtcapacität der Batterie beträgt $\frac{1800}{2,7} = 660$ Kerzenstunden.

Diese Capacität werde in 300 Tagen (voll) ausgenutzt; dies entspricht pro Jahr einer Gesamtlichtmenge von $660 \times 300 = 198\,000$ Kerzenstunden pro Batterie und für 100 Batterien 19 800 000 Kerzenstunden.

19 800 000 Kerzenstunden kosten an Kraft (Laden der Batterie die Pferdekraftstunde 3 Cts. gerechnet)	3 000,— Frcs.
Die Kerzenstunde (Oelgas) kostet 0,3 Cts. (resp. 0,5 Cts. Gotthardbahn)	
19 800 000 Kerzenstunden zu 0,3 Cts.	59 400,— „

Die Betriebsrechnung bei Oelgasbeleuchtung stellt sich deshalb etwa wie folgt:

1. für 19 800 000 Kerzenstunden Oelgas.	59 400,— Frcs.
2. $4\frac{1}{2}\%$ ige Verzinsung der Anlage zu (200 Wageninstallationen und Oelgasanstalt 207 000 Frcs.)	9 315,— „
	<hr/>
	68 715,— Frcs.

Nun ist noch Folgendes zu berücksichtigen:

Bei grösserem Maassstabe der Einführung des electrischen Lichtes in die Bahnwagen kann die Garantie der Batterie zu $7,5\%$ statt 10% übernommen werden. Es ist ferner gewiss, dass, wenn die Bahnverwaltung auf eine fixe Garantie auf 10 Jahre verzichtet und die Erhaltung der Batterie von sich aus besorgt oder auf eigene Verantwortung in Auftrag giebt, der jährlich auszulegende Betrag sich auf 5% des Batteriewertes höchstens beliefe.

Die Rechnung stellte sich dann wie folgt:

Ladung von 100 Batterien zu 10,6 Cts. (täglich 10 Frcs.)	3 000,— Frcs.
4½ %ige Verzinsung von 207 420 Frcs.	9 334,— „
10 %iger Erhaltungssatz der Batterie von 139 260 Frcs.	13 926,— „
Arbeit	8 000,— „
	<hr/>
	34 260,— Frcs.

Es zeigt sich, dass bei electricischer Beleuchtung der Betrieb nur auf die Hälfte kommt wie bei Gasbeleuchtung (1 Fr. pro Cubikmeter Gas oder 0,3 Cts. pro Kerzenstärke als Grundlage). Wird aber (wie bei der Gotthardbahn) 0,50 Cts. (entsprechend 1,80 Frcs. pro Cubikmeter Gas) als Grundlage gelegt, dann stellt sich der Gasverbrauch auf 99 000 Frcs., oder es stehen sich 108 315 Frcs. für Oelgasbeleuchtung und 34 260 Frcs. für electricische Beleuchtung gegenüber.

Bedenkt man nun, welche sonstigen Vorteile das electricische Licht noch bietet gegenüber dem Gaslicht, wie

- vollkommene Ruhe,
- absolute Betriebssicherheit,
- Abwesenheit von Feuergefahr,
- von Geruch, von Erhitzung,
- angenehmeres Licht,
- weniger Bedienung im Gebrauch (kein Anzünden und Auslöschen wie bei Gas, sondern blosser Druck für beide Fälle),
- grössere Billigkeit,

dann dürfte doch die Einführung electricischen Lichtes derjenigen von Oelgaslicht vorzuziehen sein.

208. Zugbeleuchtung in Amerika. Die gegenwärtig verwendeten Accumulatoren sind ausschliesslich von der Electrical Accumulator Comp. in New-York. 12 Zellen sind unter jedem Wagen angebracht und in Schachteln einmontirt. Für jeden Pullman-Wagen sind 10 Glühlampen vorgesehen: 2 zu 24 Volt Spannung, 3 zu 23 Volt Spannung und 5 zu 22 Volt Spannung. Die Batterien unterhalten diese Lampen für die erforderliche Zeit von 10 Stunden.

den. Die Beanspruchung ist eine sehr heftige und hat sich herausgestellt, dass es schwierig ist, eine Batterie zu finden, welche so grosser Beanspruchung bei genügender Dauerhaftigkeit gerecht wird. Die gegenwärtigen Batterien sind darauf berechnet, ungefähr ein Jahr zu halten. Das grosse Gewicht derselben ist natürlich eine Unbequemlichkeit.

Die soeben beschriebene Einrichtung ist für die Beleuchtung einzelner Pullman-Wagen bestimmt. Auf den Expresszügen, welche ausschliesslich aus Salonwagen zusammengesetzt sind, hat sich eine andere Einrichtung als angenehmer herausgestellt. Auf diesen Zügen werden auch Accumulatoren-Batterien benutzt, aber dieselben werden von einer Dynamo- und Dampfmaschine, welche in einem Güterwagen untergebracht sind, geladen. Die Batterien und Zellen sind von demselben Typus wie die eben erwähnten, aber es sind für jeden Wagen mehr vorgesehen, da dieselben nicht hin und her transportirt zu werden brauchen und das Gewicht derselben keine grosse Rolle spielt. 32 Zellen (eine Batterie) sind unter jedem Wagen angebracht; die im Wagen verwendeten Glühlampen sind für 60 Volts. Die Batterie ist natürlich unumgänglich notwendig auf diesem Zuge, indem sie dazu dient, das Licht ruhig zu erhalten und den Wagen, im Fall derselbe vom Zugverbande losgelöst wird, unter Licht zu halten. Sobald der Zug von der Station abfährt, wird die Dynamo in Gang gesetzt und während der ganzen Reise im Laufen erhalten, um die Batterie so viel als möglich unter voller Ladung zu erhalten.

Der Dynamoraum ist im Gepäckwagen und durch ein Gitter von dem übrigen Teile des letztern abgetrennt. Diese Miniaturanlage besteht aus einer Eickemeyer-Dynamomaschine, welche mit der Geschwindigkeit von 900 Umdrehungen pro Minute geht und direkt mit einer 10 pferdigen Brotherhood-Maschine gekuppelt ist. Ferner ist ein regel-

rechtes Schaltbrett mit den nötigen Messapparaten und Regulatoren angebracht.

Die grösste Schwierigkeit im Anfangsstadium dieser Versuche war, die richtige Dampfmaschine zu finden. Es wäre leicht gewesen, eine Maschine zu finden, welche durch Riemenantrieb mit der Dynamomaschine gekuppelt zu arbeiten gehabt hätte, aber die Riemenübersetzung musste in Anbetracht der unaufhörlichen Erschütterungen fallen gelassen werden; andererseits sind langsam gehende Dynamomaschinen von zu grossem Gewicht und Umfang. Der Dampf für die Brotherhood-Maschine wird von der Locomotive zum vollen Druck von 12—14 Atmosphären geliefert.

Um die electriche Zugbeleuchtung allgemein und durchaus praktisch zu gestalten, wäre ein billigerer und dauerhafterer Accumulator sehr wünschenswert. (Die amerikanischen Accumulatoren sind nicht so gut als die englischen oder deutschen Fabrikate.)

209. Electriche Zugbeleuchtung ist von folgenden amerikanischen Bahngesellschaften versucht worden:

Boston-Albany-Railroad zwischen New-York und Boston.

Jeder Wagen mit eigener Batterie, welche an der Anfangs- und Endstation ausgewechselt wird.

Pennsylvania R.-R.-Cy. zwischen Philadelphia und Chicago; dito und Ladung der Batterien durch Dynamos und Dampfmaschinen auf dem Zug.

Intercolonial Railway of Canada zwischen Halifax und Quebec; jeder Wagen mit Separat-Beleuchtung, welche an gewissen Stationen ausgewechselt wird.

Chesapeake and Ohio R.-R.-Cy. zwischen New-York und Cincinaty; die Batterien werden auf dem Zuge geladen mit Dynamo- und Dampfmaschinen, welche von der Locomotive gespeist werden.

Chicago-Milwaukee and St. Paul R.-R.-Cy. Dynamo-Dampfmaschine und Dampfkessel mit oder ohne Batterie.

Von folgenden englischen Bahngesellschaften:

London-Brighton and Southcoast Ry.

mit Dynamo im Gepäckwagen, welche von der Wagenachse direkt angetrieben wird.

Midland Ry.

mit Dynamo im Gepäckwagen und ebenfalls von der Wagenachse angetrieben, mit denselben electrischen Zuthaten wie bei der London-Brighton-Bahn.

Connecticut-River-Road

Dynamo von der Achse des Wagens angetrieben mit Accumulatoren im Gepäckwagen.

Von continentalen Bahngesellschaften, welche Versuche mit electrischer Wagenbeleuchtung gemacht haben, sind dem Verfasser bekannt:

Eisenbahndirektion Berlin, Russische Staatsbahn Moskau, Bahnstrecke Paris-Orléans, Eisenbahndirektion Strassburg, *Württembergische Staatsbahn, Bayerische Staatsbahn, *Dänische Staatsbahnen (Kopenhagen), Schwedische Staatsbahnen (Stockholm), *Schweizerische Nordostbahn, Schweizerische Centralbahn, Jura-Simplon-Bahn, Gotthardbahn, Oberitalienische Linien (Mailand), Oesterreichische Staatsbahnen (Wien), Oesterreichische Südbahn.



Capitel XXIX.

Schiffe mit Accumulatorenbetrieb.

210. Schon vor 15 Jahren hat A. Reckenzaun mit einem elektrischen Boot den Kanal befahren und seither hat sich auf der Themse eine kleine Flotille solcher Schiffchen gebildet. Auf der Ausstellung in Chicago wurde ein Teil des Personentransportes innerhalb des Jacksonparks und bis zur Stadt selbst durch etwa 50 Accumulatoren Schiffchen besorgt.

In Nachfolgendem soll eine Beschreibung eines circa fünfpferdigen Vergnügungsbootes mit Accumulatoren sammt einigen Versuchsergebnissen mit demselben gegeben werden, welche aus eigenen Beobachtungen des Verfassers entnommen sind. Ein Teil der zugehörigen Angaben ist dem, von den an diesen Versuchen beteiligten Firmen, Maschinenfabrik Oerlikon, Escher, Wyss & Co., Zürich und Accumulatorenfabrik - Actiengesellschaft Berlin, herausgegebenen Prospect entnommen. Das Vorwort giebt bereits eine passende Darstellung der Zukunftsaussichten solcher Boote.

„Seitdem die electriche Energie schon seit Jahren zu den verschiedensten Verwendungen für mechanische Betriebe, wie electriche Eisenbahnen, Tramwagen, Antrieben von Fabriken und einzelnen Arbeitsmaschinen, mit dem grössten Erfolg herangezogen worden ist, haben wir durch umfassende Versuche ein neues Gebiet für die prac-

tische Anwendung vorbereitet, nämlich dasjenige der electricen Schiffe. Wir sind uns bewusst, dass dieses neue Verkehrsmittel durchaus nicht umwälzend auftreten wird, denn die Fälle, in welchen wir dasselbe als zweckentsprechend empfehlen möchten, bilden die Minderzahl. — Da, wo eine ausgiebige und womöglich schon gefasste Wasserkraft zur Verfügung steht, wie dies oft während der Nacht bei bereits bestehenden Kraftanlagen der Fall ist, und wo die Entfernungen vom Gewässer, welches durch Schiffe befahren werden soll, nicht zu grosse sind, halten wir die Gelegenheit für angezeigt, electricen Schiffsbetrieb einzuführen. Die Ersparniss an Kohlen, Wartung und Bedienungsmannschaft auf dem Schiffe selbst bewirken da eine solche Oeconomie des Betriebes, dass der Entscheid zwischen Dampfbooten und Accumulatorenbooten nicht schwer fallen kann.

Etwas weniger günstig, aber oft doch noch öconomisch, wird der electriche Bootsbetrieb, wenn die Kraft zu demselben von Dampfmaschinen geleistet werden muss. Hier kommt noch hauptsächlich die Ersparniss an Bedienungsmannschaft auf dem Boote selbst in Betracht und der elegante, sichere electriche Betrieb.

Das Gebiet, auf dem Accumulatorenboote schon weitgehende Verwendung gefunden haben, ist dasjenige der Luxus- und Vergnügungsfahrzeuge. Der Wegfall einer Dampf- oder Petrolmotorenanlage auf dem Schiffe sammt der dazu erforderlichen Bedienungsmannschaft und dem Schmutz, Rauch und Geruch, sowie die beispiellos einfache Handhabung eines electricen Bootes, welche nach einigen Minuten von jeder Dame geführt werden kann, sind Vorteile, die kein anderes Schiffssystem aufweist. Dabei ist der Gang solcher Boote absolut geräuschlos und die Sicherheit und Geschwindigkeit im Anhalten, Vor- oder Rückwärtsfahren sehr viel grösser als bei Dampfbooten. Die Sicherheit, mit welcher sowohl der Electromotor als

auch der Accumulator den Betrieb gewährleisten, macht Stockungen während der Fahrt fast unmöglich. Bei richtiger Wartung der Accumulatoren während des Ladens und Innehaltens der gegebenen Vorschriften wird auch der Betrieb solcher Luxusboote nicht teurer als derjenige anderer Systeme. —“

Die Hauptfrage bei der Beurteilung der Practibilität electricer Schiffe bildet, wie überall, wo Accumulatoren in Frage kommen, die Amortisationsquote für die Batterie. Die Anlagekosten von Accumulatorschiffen, wenn dieselben bei grössern Kräften auch teurer kommen als bei Dampfschiffen, werden durch die billige Kraft (bei Verwendung von Wasserkraften zur Ladung) compensirt. Auch die zweifellos höhere Amortisation bei electricen Booten wird zum Teil durch die Reduction des Betriebspersonals aufgewogen. Es fragt sich eben nur, wie hoch die Amortisationsquote sein darf und ob dieselbe für den Unterhalt der electricen Einrichtung genügt.

Also diese Unsicherheit in der Aufstellung der Betriebsrechnung bildet den einen Grund für das langsame Ausbreiten electricer Schiffe. Ein anderer Grund liegt daran, dass die electriche Beleuchtung noch zu wenig allgemein eingeführt ist, um die Aufstellung besonderer Ladestationen für die electricen Boote entbehrlich zu machen. Diese letztern sind aber kostspielig und umständlich in der Anlage und im Betrieb und oft die Ursache, dass auf electriche Fahrzeuge verzichtet wird. Wenn einmal an jedem Gewässer electriche Leitungen und Gleichstrom (oder Wechselstrom) verfügbar sind, dann dürfte es auch unschwierig sein, die Schiffchen an günstig gelegenen Orten aufzuladen, was dann von jedem Laien selbst besorgt werden kann.

Als letztes Haupthinderniss ist endlich ein principieller Umstand zu erwähnen. Vorderhand wird die Haltung von electricen Booten noch hauptsächlich Sport-

sache bleiben und da ist die mässige Geschwindigkeit, welche mit solchen Schiffen erreicht wird, hindernd für solche Zwecke. Das grosse Eigengewicht des Blei-Accumulators macht sich geltend und es würde z. B. ganz unmöglich sein, dass ein electricisches Boot mit Dampfschiffen, Naphtabooten u. s. w. ein erfolgreiches Wettfahren absolviren könnte. Allerdings wird der Nachteil der grossen Belastung des Boots zum Teil durch den gleichmässigen Antrieb der Schiffsschraube aufgehoben und bei kleinen Schiffchen könnte dieser Umstand im Verein

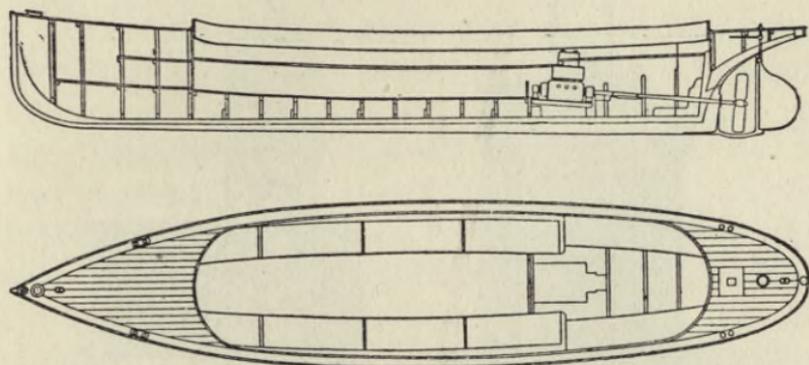


Fig. 188.

mit schmalem, langgestrecktem Bau des Schiffskörpers zur Concurrentzfähigkeit führen. — Sobald natürlich der Bleisammler durch einen ebenso einfach zu bedienenden, aber doppelt so leistungsfähigen Accumulator ersetzt werden kann, wird sich der Sport mit Leidenschaft auf dieses Gebiet der electricischen Navigation werfen.

Nachstehende Angaben werden das Gesagte näher begründen.

Das in Fig. 188 abgebildete Boot hat folgende Ausmessungen:

Länge zwischen den Perpendikeln . . .	10,00 Meter.
Grösste Breite	1,80 „
Höhe an den Seiten im Mittelpunkt . .	0,85 „
Tiefgang	0,65 „

Die Accumulatoren sind unter den beiden an den Längsseiten des Schiffes laufenden Sitzbänken untergebracht, und zwar besteht die Batterie aus 72 Elementen von derselben Grösse und Construction, wie am Schluss des Capitels über Eisenbahnwagenbeleuchtung beschrieben wurden. Gewicht einer complete Zelle 18 Kilogramm, Höhe 25 Centimeter, Länge 22 Centimeter, Breite 17 Centimeter. Capacität bei 16 Ampères Ladestromstärke und 25 Ampères

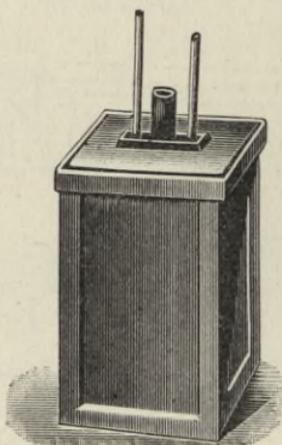


Fig. 189.

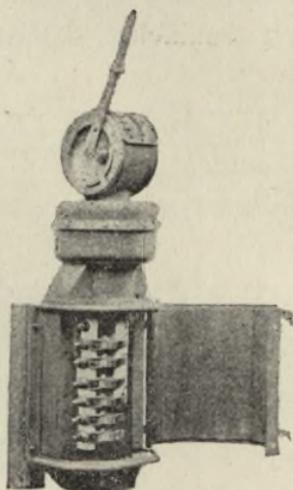


Fig. 190.

Entladestromstärke 100 Ampèrestunden. Die Batterie ist in 4 Gruppen von je 18 Elementen angeordnet, welche Gruppen entweder

- a) sämtlich parallel geschaltet (Spannung 36 Volts) oder
- b) paarweise parallel und die beiden Paare in Serie geschaltet (Spannung 72 Volts) oder
- c) zwei Gruppen parallel und die andern zwei Gruppen dazu in Serie geschaltet (Spannung 108 Volts) oder
- d) sämtlich in Serie geschaltet werden können (Spannung 144 Volts).

Unter Berücksichtigung des Widerstandes der Verbindungsleitungen dieser Gruppen mit dem Gruppenschalter

und des Umstandes, dass die Elemente mit gelatinirtem Electrolyt gefüllt waren, betrug die Klemmenspannung bei der Entladung am Anfang nur 130 Volts.

Das Gewicht der ganzen Batterie beträgt $18 \times 72 = 1300$ Kilogramm.

Die Kraftabgabe bei 25 Ampères Entladestromstärke und 130 Volts ist 3250 Watt = 4,4 HP. Bei einem Nutzeffect des Motors von 90% ist die treibende Kraft rund 4 Pferdekkräfte. Diese kann 4 Stunden lang andauern, nach welcher Zeit die Batterie erschöpft ist und wieder aufgeladen werden muss.

Das Gewicht des Schiffskörpers, der aus Eichenholzplanken aufgebaut ist, kann zu 400 Kilogramm geschätzt werden, das Gewicht des Motors (für 30 Ampères und 130 Volts) betrug ebenfalls 400 Kilogramm, so dass die Last ohne Mannschaft 2100 Kilogramm betrug. Bei den Probefahrten waren 4 Mann vorhanden, welche bei dem mittlern Gewicht von 70 Kilogramm die Last auf 2380 Kilogramm erhöhten. — Vom Gruppenschalter ist in Fig. 190 eine Ansicht gegeben, eine nähere Beschreibung desselben ist im Capitel über die Tramwagen gegeben. Wenn der Hebel ganz senkrecht steht, ist der Stromkreis unterbrochen; bei der Drehung desselben nach rechts bedeutet Contact I (alle Gruppen parallel), Contact II halbe Spannung, Contact III $\frac{3}{4}$ Spannung und Contact IV ganze Spannung (reine Serienschaltung).

Ausser dem Gruppenschalter ist, unmittelbar auf dem Motor befestigt, noch ein Commutator vorhanden, welcher die Stromrichtung in der Armatur des Motors umkehren lässt und dadurch Vorwärts- und Rückwärtsfahren ermöglicht.

211. Schiffsmotor. Der von der Batterie gelieferte Strom wird zum Zwecke der Fortbewegung des Fahrzeuges durch einen Electromotor in mechanische bewegliche Kraft verwandelt. Dieser Electromotor unterscheidet

sich von Electromotoren für andere Zwecke nicht wesentlich; es wurde ihm nur eine dem Schiffsraum möglichst angepasste Form gegeben.

Der 5pferdige Motor besitzt ein hufeisenförmiges Magnetgestell mit zwei Magnetspulen und einem tiefliegenden rotirenden Anker. Derselbe ist als Trommel gewickelt. Sein Communtator gleitet unter einem Paar von einander gegenüberstehenden Kohlenbürsten, welche keine Verstellung bei verschiedener Fahrriichtung erfordern. Die Lager sind mit automatischer Schmierung versehen. Das Ganze ist nach unten durch eine Schale gegen eindringendes Wasser geschützt.

(Die grösseren Typen von Motoren sind von der bei der Maschinenfabrik Oerlikon für Strassenmotorenwagen angewendeten Bauart. Dieselben gleichen in ihrer äusseren Form einem auf eine Kante gestellten Würfel und passen deshalb sehr gut in die Schiffsform hinein. Das Magnetgestell bildet an sich ein geschlossenes Gehäuse, in welches von unten kein Wasser eindringen kann. Im Innern befinden sich den 4 Polen entsprechend 4 magnetisirende Spulen. Der Anker ist im Gegensatz zu den kleineren Typen als Gramming gewickelt. Die Armaturdrähte sind in tiefe Nuten des Ankers verlegt und auf seriöse Weise gegen Beschädigung geschützt. Auch bei diesen Motoren ist bei verschiedener Belastung oder Umkehrung der Bewegung keine Verschiebung der Bürsten nötig. Die Lager sind ebenfalls automatisch geschmiert.)

Bei beiden Modellen von Motoren wird die Achse des Motors flexibel oder fest, aber immer direct, ohne irgend ein Zwischengetriebe, mit der Schraubenwelle des Schiffes verkuppelt. Auf diese Weise wird Geräusch und Reibungsverlust vermieden und die Bedienung vereinfacht.

Bei den Motoren ist viel Gewicht darauf gelegt worden, dass die einzelnen, der Abnützung ausgesetzten Teile leicht zugänglich und auswechselbar sind.

212. Ladestation. Die Versorgung der Accumulatoren-schiffe mit electricischem Strom kann auf verschiedene Weise erfolgen. Am bequemsten gestaltet sich dieselbe, falls von einer bereits vorhandenen Electricitätsquelle einfach der Strom entnommen werden kann. Ein Accumulatoren-schiff kann an jeder Gleichstromanlage, sei es für Licht- oder Kraftzwecke, geladen werden. Zu dem Ende wird ein kleines Schaltbrett an einem geschützten Ort angebracht und durch zwei biegsame, abnehmbare Kabel die Verbindung des Schaltbrettes mit der Schiffsbatterie hergestellt, während die Stromleitung der Licht- oder Kraftanlage fest an das Schaltbrett angelegt wird. Die gewöhnlichen Spannungen bei solchen Lichtanlagen sind 65 und 110 Volt und die Schaltung der Batterie muss für jeden Fall besonders berücksichtigt werden.

Ist aber keine Gelegenheit zum Anschluss an eine bereits vorhandene electricische Anlage vorhanden, dann muss eine eigene Ladestation errichtet werden. Bei Booten von nicht über 10 Pferdestärken besteht die Einrichtung einer solchen aus einem Petroleummotor, welcher mittelst Riemenübersetzung eine Dynamomaschine (Nebenschlusstypus) treibt, welche ihrerseits einen Strom der erforderlichen Stärke und von genügender Spannung liefert, um sämtliche Elemente der Batterie hintereinandergeschaltet zu laden. Der Strom geht dann vom negativen Pol der Dynamo durch die Bleisicherung, den Strommesser und einen Stromrichtungsanzeiger nach dem negativen Pol der Batterie und, nachdem er dieselbe durchlaufen hat, tritt er vom positiven Pol des Accumulators aus, um durch den automatischen Ausschalter und den Handausschalter zum positiven Pol der Dynamomaschine zurückzukehren. — Der automatische Ausschalter dient dazu, im Falle eines unvorhergesehenen langsamen Ganges oder von Stocken des Petroleummotors den Rückfluss des Stroms aus der Batterie in die Dynamo zu verhindern.

An dessen Stelle kann auch ein automatischer Ein- und Ausschalter benutzt werden, welcher den Stromkreis unterbricht, sobald die Dynamospannung tiefer als die Batteriespannung sinkt und die Ladung wieder herstellt, sobald die Spannung des Dynamostroms höher als diejenige des Accumulators ist.

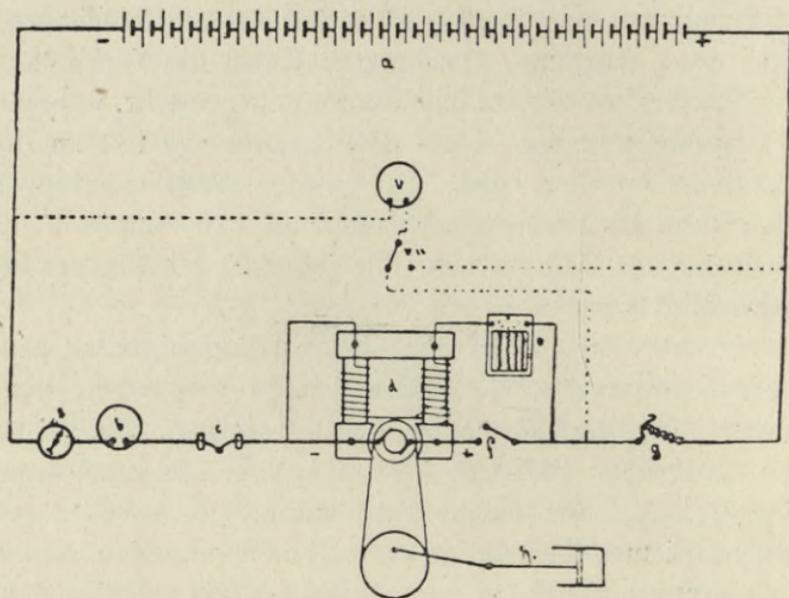


Fig. 191.

Schema einer Ladestation für electrische Schiffe.

In vorstehender Fig. 191 ist ein Schema der Ladestation gegeben.

- | | |
|---|------------------------------------|
| <i>a</i> ist die Accumulatorenatterie | <i>g</i> Automatischer Ausschalter |
| <i>d</i> die Lade-Dynamomaschine | <i>e</i> Bleisicherung |
| <i>h</i> der dieselbe antreibende Motor | <i>b</i> Ampèremeter |
| <i>e</i> ein Regulirwiderstand | <i>V</i> Voltmeter |
| <i>f</i> Ausschalter | <i>s</i> Stromrichtungsanzeiger. |

Bei Fig. 192 sind die Apparate wie oben bezeichnet. Auf den beiden, auf der rechten Seite des Brettes liegenden, mit — und + bezeichneten Punkten werden

die, von den beiden Batteriepolen kommenden Leitungen angeschlossen, und auf den beiden, am oberen Rande des Brettes markirten Punkten die entsprechenden Leitungen von der Dynamomaschine befestigt.

Da, wo die Ladung des electrischen Bootes einfach von einer bestehenden Stromleitung aus erfolgen kann,

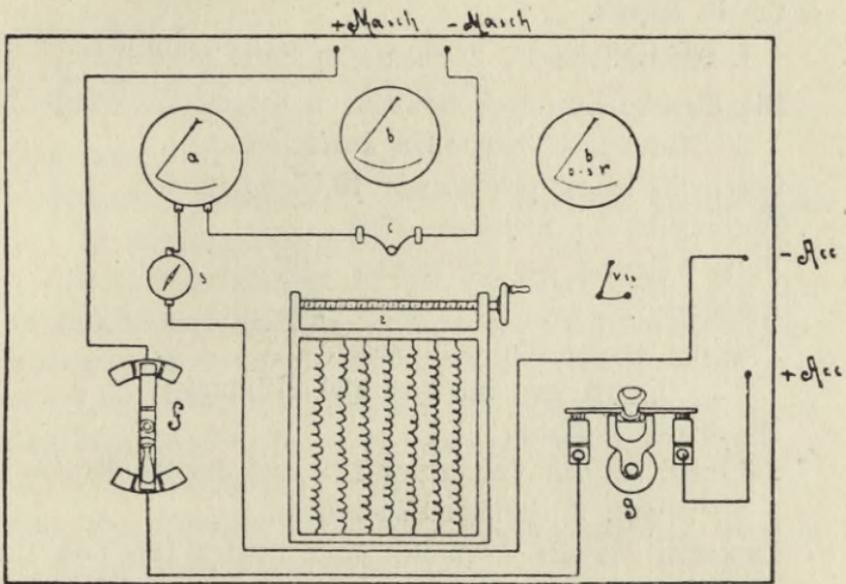


Fig. 192.

Schema des Schaltbretts der Ladestation.

wird das Schaltbrett im Boot selbst befestigt, und es ist nur erforderlich, die Stromzuführungen von der Leitung an das Brett anzuklemmen. In solchem Falle prüft man mit Polreagenspapier oder dem Berghaus'schen Polindicator, welches der positive Pol an der Leitung ist, und verbindet denselben mit der + Klemme (oben) am Schaltbrett. Ohne vorherige Prüfung der Leitungspolarität sollte man nie zur Ladung anschliessen, da die Maschinen in den betreffenden Stationen sich umpolarisiren können, was auf die Beleuchtung von keinem Einfluss, wohl aber von ruinöser Wirkung für die Batterie sein kann, indem dann

letztere verkehrt gerichteten Strom erhält. In solchen Anlagen empfiehlt sich an Stelle des automatischen Ausschalters *g* am Schaltbrett ein automatischer Aus- und Einschalter, welcher erst einschaltet, wenn die Stromrichtung die richtige ist.

213. Probefahrten mit einem Boot von Escher, Wyss & Co. in Zürich.

I. Sämtliche 72 Elemente in Serie geschaltet:

Die Strecke Zürich-Bendlikon, 5 Kilometer, wurde in
28 Minuten 15 Sekunden durchfahren,
Geschwindigkeit pro Stunde 10,75 Kilometer,
Tourenzahl der Schraube 330;
Volts während der Probefahrt 129,
Ampères „ „ „ 29,
Tiefgang achter 850 Millimeter,
„ vorn und im Bug 630 Millimeter,
Besatzung 4 Mann,
Fahrzeit, bis das Voltmeter 122 und das Ampèremeter
25 zeigte, 3 Stunden 11 Minuten,
Ladezeit, bis die Accumulatoren wieder 160 Volt (bei
20 Ampères) hatten, 5½ Stunden.

II. Zwei Gruppen parallel und die zwei anderen Gruppen dazu in Serie geschaltet:

Die Strecke Zürich-Bendlikon, 5 Kilometer, wurde in
32 Minuten 40 Sekunden durchlaufen,
Geschwindigkeit pro Stunde 9,3 Kilometer,
Tourenzahl der Schraube 296,
Volts während der Probefahrt 102,
Ampères „ „ „ 22,
Tiefgang achter 850 Millimeter,
„ vorn 630 „
Besatzung 4 Mann,
Fahrzeit, bis das Voltmeter 95 und das Ampèremeter
18,5 zeigte, 4 Stunden 39 Minuten.

III. Je zwei Gruppen parallel und diese Paare in Serie zu einander geschaltet:

Die Strecke Zürich-Bendlikon, 5 Kilometer, wurde in $46\frac{3}{4}$ Minuten durchlaufen,
Fahrgeschwindigkeit 6,44 Kilometer,
Tourenzahl der Schraube 230,
Volt während der Fahrt 70,
Ampères „ „ „ 16,
Tiefgang achter 850 Millimeter,
„ vorn 630 „
Besatzung 4 Mann,
Fahrzeit. bis das Voltmeter 65 und das Ampèremeter 15 zeigte, 12 Stunden.

214. Probefahrten mit einem kleinern Boot. Nur zum Vergleich, und um den Einfluss der Umdrehungszahl der Schraube auf den Nutzeffect der Kraftäusserung annähernd zu zeigen, seien vier Fahrten mit einem kleinern Schiffchen angeführt, welches 36 Elemente B_2 (also genau die halb so grosse Batterie wie im vorigen Fall) enthielt. Gewicht der Batterie $36 \times 18 = 650$ Kilogramm, Gewicht des Motors 100 Kilogramm.

Gewicht des Bootes, das äusserst leicht (aus Pappelholz) gebaut ist, ca. 200 Kilogramm.

Es hat sich bei beiden Booten gezeigt, dass die Form der Schrauben, die Umdrehungszahl derselben und die Länge des Schiffes von Einfluss auf die resultirende Geschwindigkeit des letztern waren.

Die Besatzung betrug stets 4 Mann.

1. Probefahrt mit dem Treichler'schen Boote ($\frac{1}{4}$); 18 Volt Spannung.

Abfahrt 3,39 (Dampfschiffsteg in Bendlikon),

Ampère 11,

Volt 18,

Tourenzahl 450,

Ankunft 4,46 (Enge Schloss).

Die Strecke von Bendlikon Dampfschiffsteg, welche 5,0 Kilometer beträgt, wurde somit in 1 Stunde 5 Minuten zurückgelegt.

2. Probefahrt ($\frac{1}{2}$); 35 Volt.
Abfahrt 4,50 (Enge Schloss),
Ampère 19,5,
Volt 32—33,
Tourenzahl 840,
Ankunft in Bendlikon Dampfschiffsteg 5,27,
Fahrtdauer 37 Minuten.
Ampère und Volt blieben constant.
Fahrtgeschwindigkeit mit $\frac{1}{2}$ Stellung 7,8 Kilometer pro Stunde.
3. Probefahrt ($\frac{3}{4}$); 54 Volt.
Abfahrt 6,40 (Enge Schloss),
Ampère 27—28,
Volt 47—48,
Tourenzahl 1100,
Ankunft in Bendlikon 7,13,
Fahrtdauer 33 Minuten; Geschwindigkeit 9,1 Kilometer pro Stunde.
4. Probefahrt ($\frac{4}{4}$); 70 Volt.
Abfahrt 6,6 (Bendlikon Dampfschiffsteg),
Ampère 39—40,
Volt zuerst 68, nachher 65,
Tourenzahl 1300,
Ankunft in Enge Schloss 6,36,
Fahrtdauer 30 Minuten; Geschwindigkeit 10,0 Kilometer pro Stunde.



Capitel XXX.

Strassenbahnwagen mit Accumulatorenbetrieb.

215. Wenn zum Schluss der Betrachtungen über die Anwendungsarten von electricen Accumulatoren noch die Traction von Wagen an einem Beispiel hier erläutert wird, geschieht dies nicht so sehr deshalb, weil sich der electriche Sammler auf diesem Feld eine Position erobert hat, sondern mehr, um die Möglichkeit der Verwendung von Accumulatoren für solche Zwecke zu discutiren. Es hat während der letzten 10 Jahre an zahlreichen, in kleinerem oder grösserem Maassstabe durchgeführten Versuchen, Accumulatorwagen auf Strassenbahnnetzen zu betreiben, nicht gefehlt und eine gründliche Uebersicht und Kritik der besonders in den Vereinigten Staaten Nordamerikas, aber auch in Deutschland, Frankreich und England stattgehabten Ergebnisse solcher Versuchsbetriebe wäre verlockend genug und würde den vollen Beweis für die kurzen, nachstehenden Ausführungen erbringen. Der Verfasser muss sich indessen hier darauf beschränken, nur das Resultat aller dieser Erfahrungen anzuführen. — Gegenwärtig sind besonders zwei Städte, auf deren Strassenbahnnetz noch Accumulatorwagen betrieben werden, zu nennen, nämlich Paris und Birmingham.

In Paris functioniren auf drei Strecken — St. Denis-Madeleine, St. Denis-Opera und einer ausserhalb der

Stadt gelegenen Strecke — im Ganzen 24 Wagen. Es scheint, dass die Gesellschaft, welche die Accumulatoren für diese Wagen fabricirt und geliefert hat — La Société anonyme pour le travail électrique des métaux, 13 Rue Lafayette, Paris — in der Weise eine Abkunft mit einer Pariser Trambahngesellschaft getroffen hat, dass der Accumulatorenfabrik pro Wagenkilometer ein bestimmter Betrag ausbezahlt wird und diese die Ladung und den Unterhalt der Batterie selbst zu besorgen hat. Wenn den Versicherungen der Organe dieser Accumulatorenfabrik Glauben geschenkt werden darf, wären die Accumulatorenwagen ein profitables Unternehmen, das jährlich einen guten Gewinn abwerfe. Natürlich entzieht sich dem ausserhalb stehenden Beobachter jegliche Controlle dieser Behauptung, und da die Société anonyme etc. bis jetzt noch keine so ausführlichen Betriebsrechnungen bekannt gegeben hat, dass mit etwelcher Sicherheit daraus die Betriebskosten pro Wagenkilometer berechnet werden könnten, hat es auch kein grösseres Interesse, diese Anlage hier näher zu betrachten. (Eine von der Gesellschaft stammende Beschreibung der Anlage findet sich in „La lumière électrique“, 1892/93.)

Es möge nur erwähnt sein, dass die in den Pariser Wagen verwendeten Accumulatoren nach dem System von Laurent-Cély gebaut sind (s. Sekundär-Elemente, II. Teil) und sonach sowohl die positiven als die negativen Platten aus Bleigittern bestehen, die mit Bleischwamm resp. Bleisuperoxyd ausgefüllt sind. Die Construction der Gitter, welche bei der Umgiessung der tafelförmigen Chlorbleipastillen resultiren, ist beinahe identisch mit den bekannten Gittern, welche auch die Electroden der Elemente der Electrical-Power-Storage-Co. zeigen; das Gitter wird durch sich rechtwinklig kreuzende Stäbe gebildet, die in einem Abstand von ca. 10 Millimetern voneinander stehen, deren Querschnitt aber nicht nach aussen hin konisch

zuläuft, sondern nach der Mitte der Platte, also \times förmig ist. — Es hat sich gezeigt, dass nach einer gewissen Arbeitsleistung das Superoxyd in den positiven Platten weich und zuletzt breiartig und dann von der Säure aus dem Gitter herausgespült und auf den Boden des Zellgefässes abgesetzt wird. Die dadurch notwendig gewordene häufige Reinigung der Elemente führte zur Adoptirung der in Fig. 193 dargestellten Construction. Die Verbesserung resp. Neuerung bei dieser Zelle gegenüber der früher

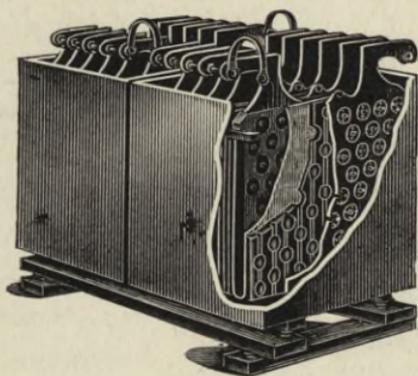


Fig. 193.
Traktionszelle.

gebrauchten besteht darin, dass jede Superoxydplatte mit einem Asbesttuch bedeckt (das Stecken der positiven Platte in einen Asbestsack wäre noch gründlicher) und der Raum zwischen je zwei Platten durch ein Holzbrett ausgefüllt wird. Dadurch wird die Asbestlage fest an die Oberfläche der Superoxydplatte gedrückt und, das ist der Zweck dieser Construction, das Superoxyd kann jetzt nicht mehr aus dem Gitter herausfallen. Um für die nötige Menge Säure Raum zu schaffen, sind die zwischen den Platten sitzenden Holzbretter nicht massiv, sondern mit zahlreichen Bohrungen versehen, welche, damit die Säure einigermaassen circuliren kann und um auch den sich an den Platten entwickelnden Gasblasen Auslass zu

verschaffen, durch Rinnen untereinander in Communication stehen.

In Fig. 193 ist die erste Platte (von vorn betrachtet), deren Verbindungslappen links steht, eine solche Superoxydplatte; die heller gehaltene Fläche bedeutet das Asbesttuch; an diesem liegt das mit den Bohrungen und

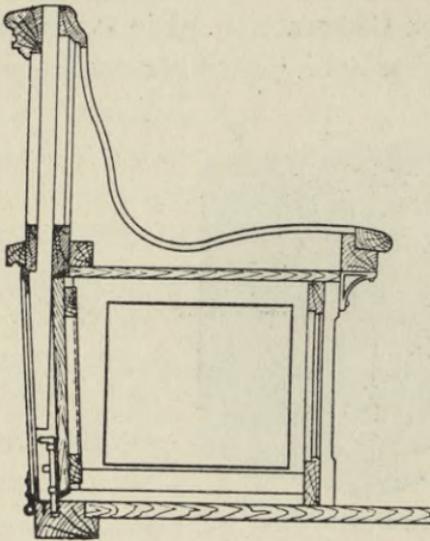


Fig. 194.

Querschnitt einer Sitzbank.

Rinnen versehene Holzbrett an und jetzt kommt die erste negative Platte (von vorn gerechnet). Die gleichnamigen Platten sind durch Messingschrauben an eine Kupferstange befestigt. — Die Elemente, welche sich in offenen Ebonitkasten (ohne Deckel) befinden, sind in den Wagen unter den Sitzbänken, die parallel mit der Längsachse des Wagens auf beiden Seiten laufen, untergebracht und werden seitlich heraus-

genommen, um auf Ladestelle gebracht und wieder geladen zu werden.

Fig. 194 giebt einen Querschnitt einer Sitzbank; die durch das Quadrat angedeutete Fläche stellt den Aufriss einer Zelle vor. — Die Batterie für einen Wagen ist in vier Gruppen geteilt, welche ähnlich wie unter Capitel „Electrische Boote“ auf vier verschiedene Arten geschaltet werden können. Beim Laden wird jede Wagenbatterie für sich aufgeladen, wobei sämtliche Elemente in Serie miteinander verbunden sind.

216. Die Accumulatorenwagen in Birmingham sind eine Zeit lang mit Accumulatoren von Epstein-London be-

trieben worden. Die Electroden in diesen haben als leitenden Träger eine Seelenplatte, welche beinahe identisch mit der Tudorplatte ist (s. Sekundär-Elemente, II. Teil). Dagegen ist das active Material auf diesen Platten nicht durch Pasten angebracht, sondern durch electrochemische Formation (Behandlung mit verdünnter Salpetersäure) erzeugt worden. Ausführlichere Angaben über diese Anlage finden sich in „The Electrician“, 1893).

Mit Recht darf gesagt werden, dass zur Zeit kein System electricer Traction so einfach, sicher und elegant erscheint, als gerade das mit electricen Sammlern. Ueber die technische Ausführbarkeit von Accumulatorbahnen, solange die Linien nicht erhebliche Steigungen (über 5—7%) aufweisen, kann nicht der geringste Zweifel bestehen. Die zahlreichen Demonstrationen, die in dieser Hinsicht gemacht worden sind, haben dies zur Genüge dargethan. Der einzige Zweifel, der allerdings bedeutend genug ist, um die Verbreitung der Accumulatoretraction vollkommen zu hindern, liegt im Kostenpunkt des Systems. Nun ist der Nutzeffect der Accumulatoren so gross, dass derselbe schwerlich von irgend welchen andern Tractionssystemen mit oberirdischer oder unterirdischer Stromzuführung übertroffen wird und die Anlagekosten beim Accumulatorensystem übersteigen diejenigen für das Oberleitungssystem kaum und sind im Vergleich mit Unterführungssystemen sogar noch bedeutend geringer.

217. Es ist also allein die **Amortisationsquote**, welche bisher durch deren hohen Betrag die erfolgreiche kommerzielle Ausbeutung des Accumulatorensystems verhindert hat. — Man darf vielleicht sagen, dass bis jetzt noch keine Construction von Accumulatoren die practische Dauerprobe im Tractionsbetrieb so über allen Zweifel bestanden hat, dass auf Grund derselben eine sichere Rentabilität und Concurrenzfähigkeit der Accumulatorwagen

abgeleitet werden konnte. Andererseits könnte es verfrüht erscheinen, wenn daraus die Unmöglichkeit, Strassenwagen mit Bleiaccumulatoren mit Erfolg zu betreiben, gefolgert würde. Die ganze Frage gipfelt doch offenbar darin, dass die Platten der Sammlerelemente unter den betreffenden Betriebsbedingungen eine genügend grosse electricische Arbeit leisten können, bis der Ersatz derselben durch neue Platten ohne Verlust vorgenommen werden kann. Nun ist das zu erreichende Ziel nicht in unabsehbar weiter Ferne, indem bei gewissen Linien bereits bei dem doppelten der Betriebsdauer, welche die Platten wirklich gezeigt hatten, die practische Verwendbarkeit derselben sicher gestellt wäre. Es ist daher vorauszu- sehen, dass die Anstrengungen, Bleisammler so weit auszubilden, dass dieselben für Strassenbahnwagen als Kraft- quelle nützlich verwendet werden können, noch nicht so bald zum Stillstand kommen werden und ein Beweis dafür, dass diese Bemühungen mit oder ohne Erfolg abschliessen werden, dürfte heute schwerlich erbracht werden können. — Jedenfalls scheint dem Verfasser wahrscheinlich, dass wenn innerhalb der nächsten 5 oder 10 Jahre die Accumulatoretraction erfolgreich in Concurrenz mit den jetzt noch gebräuchlichen Transportmitteln treten sollte, dies auf Grundlage des Bleiaccumulators eher als auf der irgend einer andern, heute bekannten galvanischen Combination sein dürfte. — Die Lösung des Problems ist rein electro- chemischer Natur und wird im wissenschaftlichen Labora- torium weit eher als auf dem Gebiete der Praxis gefun- den werden.

218. Als **Beispiel für die Berechnung von Anlagen** mit Accumulatorwagen möge ein Project Raum finden, das Verfasser für die beabsichtigte electricische Bahn der Stadt Basel 1893 entworfen hatte. (Inzwischen ist der electricische Tram in Basel nach dem Oberleitungssystem der Firma Siemens & Halske ausgeführt worden.)

Auf der 2,746 Kilometer langen Strecke Centralbahnhof Basel bis Badischer Bahnhof Basel sollen die Wagen in Intervallen von 6 Minuten verkehren. Jeder Wagen ist für 30 Personen Fassung vorgesehen; die zulässige maximale Geschwindigkeit, welche nicht überschritten werden darf, wurde zu ca. 11 Kilometer, die minimale Geschwindigkeit zu 6,1 Kilometer pro Stunde festgesetzt; die tägliche Betriebszeit endlich beträgt 14 Stunden.

Auf Grundlage des in Fig. 195 gegebenen Profils der Strecke lässt sich die mittlere Arbeit folgendermaassen berechnen: Das Gewicht des Wagens für sich beträgt 2600 Kilogramm, das Gewicht des Motors mit Uebersetzung 1300 Kilogramm, das Gewicht von 30 Personen 2100 Kilogramm, das Gewicht der Batterie (angeneherte Annahme) 2000 Kilogramm, zusammen 8000 Kilogramm.

Nun stellte sich die Berechnung der mittleren Arbeit unter Annahme des Oberleitungssystems und 500 Volts Betriebsspannung der Linie mit Berücksichtigung der in

Schoop, Sekundär-Elemente. III. Teil.

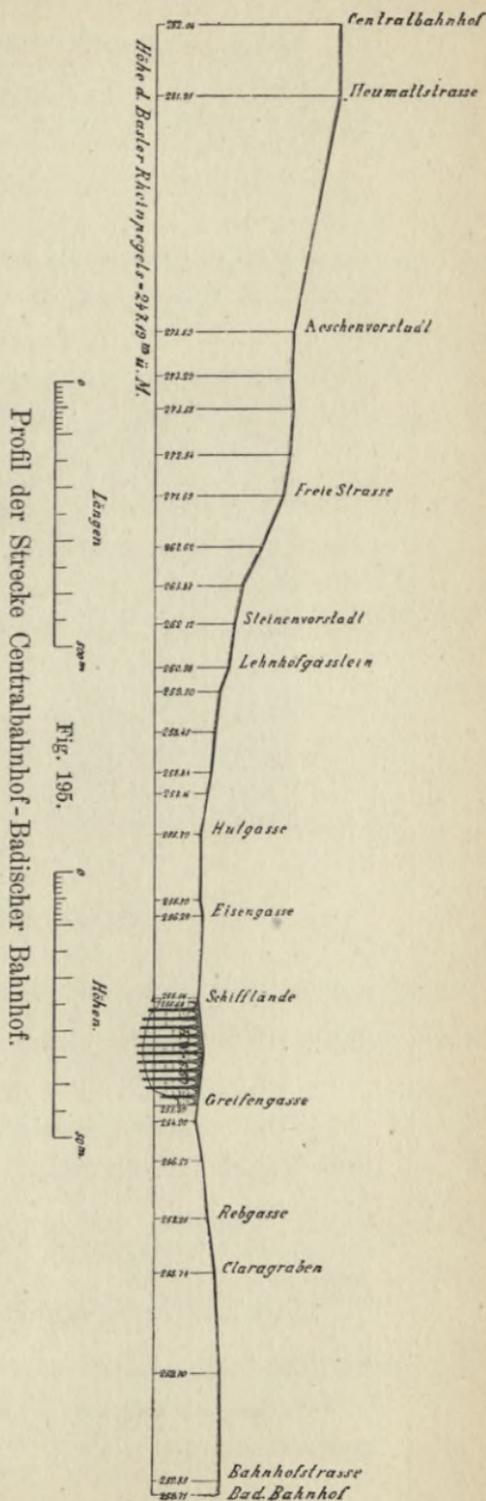


Fig. 196 gegebenen Motor-Characteristik bei einem Brutto-Wagengewicht von 5,8 Tonnen, wie in nebenstehender Tabelle angeführt ist.

$$\text{Formel: Stromstärke} = \frac{5,8 \times 9,81}{500 \times 0,82} (\alpha + \beta) v.$$

Nimmt man den Aufenthalt während der Hin- und Rückfahrt unterwegs zu 4 Minuten an und rechnet dazu

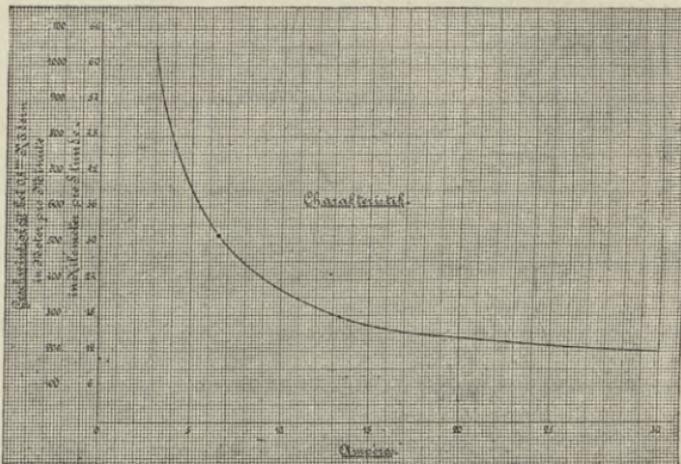


Fig. 196.

Oerlikon-Motor-Characteristik.

auf jeder Endstation je einen Aufenthalt von 1 Minute, dann stellt sich die Fahrdauer auf

$$16,13 + 18,64 + 4 + 2 = \text{rund } 42 \text{ Minuten.}$$

Die mittlere Stromstärke während einer Hin- und Rückfahrt ist dann:

$$\frac{55,44 + 131,68 \times 1,25^*)}{42} = 5,6 \text{ Ampère.}$$

Die mittlere Kraft aber $5,6 \times 500 = 2800$ Watt.

*) Hierbei sind 25% Zuschlag für das Anfahren der Wagen gemacht worden.

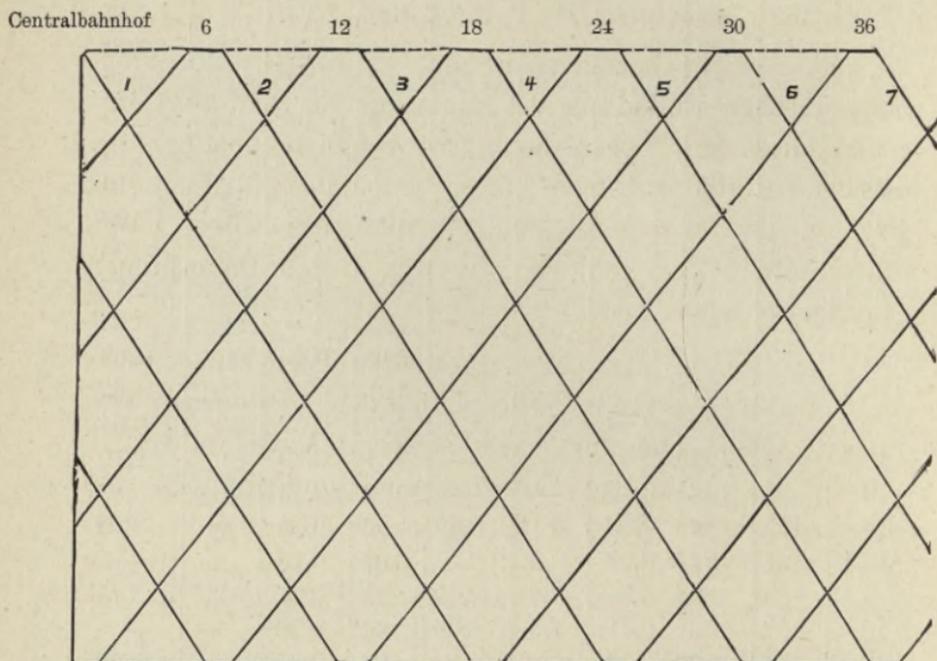
219. Berechnung der mittleren Arbeit.

Steigung in ‰	auf Meter	Fahrt Central- bahnhof → Bad. Bahnhof				Fahrt Bad. Bahn- hof → Centralbahnhof			
		Fahrge- schwind. in M. per Min.	Fahrdauer in Minut.	Ampères bei 500 V.	Ampères × Minut.	Fahrge- schwind. in M. per Min.	Fahrdauer in Minut.	Ampères bei 500 V.	Ampères × Minut.
Eben	135	182	0,74	5	3,70	182	0,74	5	3,70
- 19	444	182	2,44	—	—	124	3,58	9,3	33,30
- 3,7	83	182	0,45	4	1,80	162	0,51	6	3,06
+ 4,7	62	160	0,39	6,2	2,40	182	0,34	3,5	1,19
- 8,5	87	182	0,48	2,5	1,20	143	0,61	7,3	4,45
- 16,6	75	182	0,41	—	—	130	0,58	8,9	5,16
- 40	98	182	0,54	—	—	108	0,91	12,8	11,60
- 51	73	182	0,40	—	—	102	0,71	14,3	10,20
- 24,6	71	182	0,39	—	—	120	0,59	10,3	6,07
- 14	81	182	0,44	—	—	132	0,61	8,3	5,06
- 33	45	182	0,25	—	—	113	0,40	11,7	4,68
- 13,6	77	182	0,42	—	—	137	0,56	8,3	4,65
- 7,8	78	182	0,48	2,7	1,30	150	0,52	7	3,64
- 17,4	39	182	0,21	—	—	131	0,30	9	2,70
- 18	76	182	0,42	—	—	128	0,59	9,2	5,43
- Eben	125	182	0,69	5	3,45	182	0,69	5	3,45
+ 18,5	27	124	0,22	9,5	2,10	182	0,15	—	—
- 5,4	135	182	0,74	3,3	2,44	155	0,87	6,6	5,74
+ 10	102	143	0,71	7,5	5,30	182	0,56	—	—
- 12,8	98	182	0,54	—	—	136	0,72	8,2	5,90
- 12,5	38	182	0,21	—	—	136	0,28	8,2	2,30
+ 17,2	72	130	0,55	9	4,95	182	0,40	—	—
+ 10	108	143	0,75	7,5	5,62	182	0,59	—	—
+ 14,6	102	132	0,77	8,4	6,46	182	0,56	—	—
+ 5,1	186	155	1,20	6,6	7,92	182	1,02	3,3	3,37
+ 0,7	203	176	1,15	5,3	6,10	182	1,11	4,8	5,33
Eben	26	182	0,14	5	0,70	182	0,14	5	0,70
	<u>2746</u>		<u>16,13</u>		<u>55,44</u>		<u>18,64</u>		<u>131,68</u>

NB. Die fettgedruckten Zahlen (**182**) bedeuten die maximal zulässige Geschwindigkeit, die in allen Gefällen durch Vorschalten von Widerstand erzielt werden muss — 102 gleich minimal zulässige Geschwindigkeit.

Es müssen, wie aus dem in Fig. 197 skizzirten Fahrplan hervorgeht, 7 Wagen in Circulation gesetzt werden, um den vorgeschriebenen 6-Minutenbetrieb zu erfüllen.

Nun ist es am vorteilhaftesten, wenigstens so weit dies nach der Natur des Accumulators zulässig ist, die Batterie möglichst rasch zu entladen, oder mit andern



Badischer Bahnhof

Fig. 197.

Fahrplan.

Worten, dieselbe so stark als nur erlaubt ist, zu beanspruchen. Es geht sofort hervor, dass von zwei Batterien von derselben Capacität, bei welchen die eine nur so entladen wird, dass bei der betreffenden Stärke des Entladestroms die Capacität erst in 5 Stunden erschöpft wird, wogegen die Capacität der andern Batterie, bei annähernd der doppelten Stärke des Entladestroms schon in $2\frac{1}{2}$ Stunden erschöpft werden darf, diese letztere Batterie (gleiche Gewichte beider Batterien vorausgesetzt) viel vorteilhafter

ist für Traktionszwecke. Denn um die maximale oder auch mittlere Kraftleistung, die der Wagen erfordert, zu produciren, braucht es von der Batterie mit der kurzen Entladungszeit bloss halb so viel Gewicht als von der andern; es muss daher auch weniger Arbeit geleistet werden, um das Batteriegewicht zu transportiren, wodurch sich die Triebkraft für den gesammten Wagen reducirt und der Nutzeffect der aufgewendeten Arbeit, auf das Personengewicht bezogen, erhöht. Nun steht der möglichst raschen Entladung des Sammlers der Umstand entgegen, dass die Lebensdauer der Superoxydplatten bei mässigen Entladungsstromstärken bedeutend günstiger sich gestaltet als bei hohen. Für jede bestimmte Construction muss deshalb der goldene Mittelweg durch Dauerproben ermittelt werden.

Bei dem in Fig. 198 dargestellten Element, welches als Superoxydelectrode Seelenplatten mit ausserordentlich grosser Oberfläche und viel activem Material enthält, wurde eine 3stündige Entladungszeit angenommen und die Ladezeit zu 6—7 Stunden. — Wenn während der Nacht die Batterien so geladen werden, dass am Morgen dieselben betriebsbereit zur Verfügung stehen, stellt sich die Benutzung folgendermassen:

Vormittags 6—9	Batterie A in Fahrt,
	Batterie A in Ladung 9—3 Nachm.,
„ 9—12	Batterie B in Fahrt,
	Batterie B in Ladung 12—6 Nachm.,
Nachm. 12—3	Batterie C in Fahrt,
	Batterie C in Ladung 3—9 Abends,
„ 3—6	Batterie A in Fahrt,
	Batterie A in Ladung 6—12 Nachts,
„ 6—9	Batterie B in Fahrt,
	Batterie B in Ladung 9—12 Nachts und 6—9 Vormittags.

Endlich ist pro Wagen noch eine Reservebatterie D vorgesehen, so dass jede Batterie pro Tag $1\frac{1}{2}$ mal entladen wird im Durchschnitt. — Nun handelt es sich um das Gewicht der erforderlichen Batterien. Dasselbe wurde zu 2 Tonnen pro Wagenbatterie angenommen.

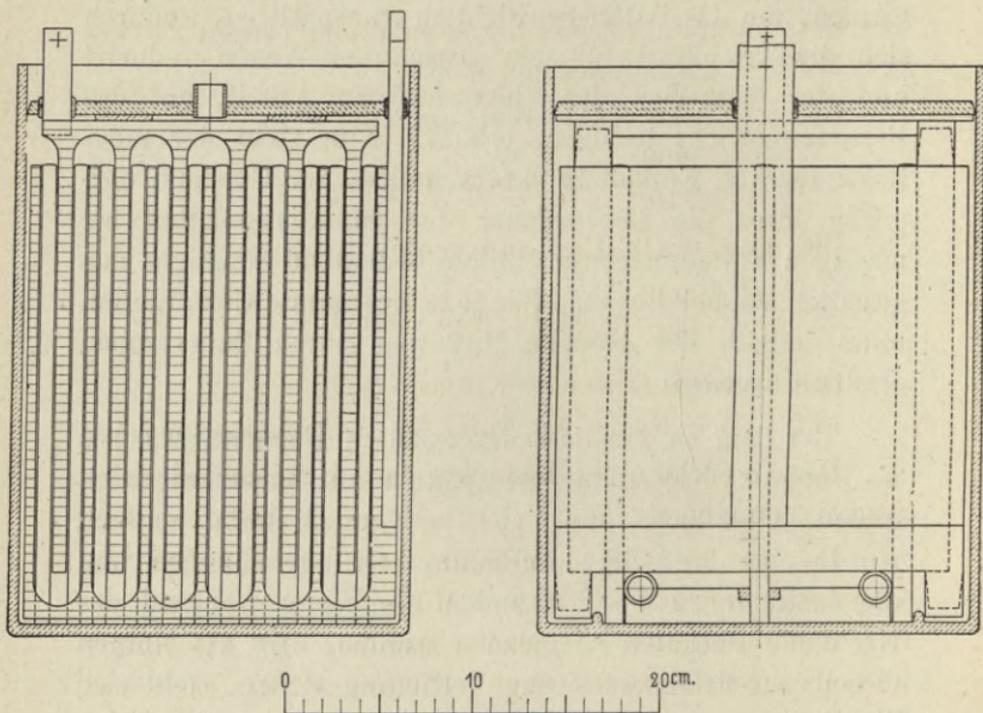


Fig. 198.

Oerlikon-Tramaccumulator.

Die mittlere Kraft ist dann

$$\frac{2800 \times 8}{5,8} = 3860 \text{ Watt.}$$

Die Arbeit (bei 3stündiger Entladung)

$$3860 \times 3 = 11580 \text{ Wattstunden.}$$

Die maximale Kraft, welche die Batterie zu leisten hat, ist bei 51‰ Steigung (am Steinenberg) und bei 6,2 Kilometer Fahrgeschwindigkeit pro Stunde:

$$\text{Max. Kraft} = \frac{8(10 + 51) \times 1,7}{75 \times 0,82} = 13,5 \text{ HP oder } 9936 \text{ Watt.}$$

Hierbei ist der Tractionscoefficient zu 10 Kilogramm pro Tonne und der Nutzeffect des Motors (incl. Uebersetzung) zu 82% angenommen worden.

Die Batterie eines Wagens besteht aus 120 Zellen, welche in 4 Gruppen von je 30 Zellen abgeteilt ist. Die Batteriespannung (in reiner Serienschaltung) beträgt 240 bis 220 Volts; danach berechnet sich

Die mittlere Entladestromstärke zu

$$\frac{3860}{240} = 16—17,5 \text{ Ampères.}$$

Die maximale Entladestromstärke zu

$$\frac{9936}{240} = 41,4—45,1 \text{ Ampères.}$$

Die Capacität eines Elements zu

$$17,5 \times 3 = 52,5—48, \text{ rund } 50 \text{ Ampèrestunden.}$$

Das Gewicht eines Elements darf maximal 16 Kilogramm betragen.

Das in Fig. 198 dargestellte Oerlikon-Element hat 13 Platten von $140 \times 140 \times 5$ Millimeter Format, 6 positive und 7 negative, welche zusammen 10 Kilogramm wiegen; die Ebonitzelle wiegt 1 Kilogramm, der Electrolyt 5 Kilogramm.

Die Capacität beträgt bei

16 Ampère Entladestromstärke 75 Ampèrestunden

41,4 „ „ 40 „ „

Das Element wird somit im Betrieb nur auf etwa $\frac{2}{3}$ seiner Capacität entladen und dies ist ungemein vorteilhaft für eine gute Betriebsdauer der Platten.

Die ganze Batterieanlage besteht also aus 7×4 Batterien = 28 oder $28 \times 120 = 3360$ Elementen.

220. Nun ist der Verkaufspreis pro Element etwa 50 Frcs., so dass eine Wagenbatterie auf $50 \times 120 = 6000$ Frcs. und der Betriebssatz pro Wagen auf $6000 \times 4 = 24000$ Frcs.

zu stehen kommt. Die totale Batterie-Anlage beträgt
 $24000 \times 7 = 168000$ Frs.

Die Ebonitzellgefäße repräsentiren etwa 20% des Verkaufswerts oder	33 600,— Frs.
Die Bleiplatten für sich allein repräsentiren etwa 20% des Verkaufswerts oder	33 600,— „
Die Isolation und Armaturen repräsentiren etwa 5% des Verkaufswerts oder	8 400,— „
	<hr/>
	75 600,— Frs.

Diese Summe stellt ungefähr den Materialwert der Anlage dar und dürfte mit 10%iger Amortisation annähernd eingesetzt werden. Der Rest der Anlagekosten, der die Handarbeit, Verwaltungskosten etc. vorstellt, muss innerhalb derjenigen Zeit getilgt werden, welche verfließt bis die Elemente wieder mit frischen Platten montirt werden müssen.

Es ist hier nicht der Ort, eine detaillirte Verrechnung der Erstellungskosten von solchen Elementen zu geben, noch auch die, für die einzelnen Teile jeden Elements gültigen Amortisationsquoten zu discutiren. Wenn es sich um grössere Batterieanlagen handelt, deren Wert z. B. eine Viertelmillion erreicht oder übersteigt, besteht der billigste Weg, die Batterien in betriebsfähigem Zustand zu erhalten, darin, dass die betreffende Strassenbahngesellschaft die Herstellung der Elemente selbst übernimmt. Bei solchen grösseren Aufträgen dürften, wenn eine Accumulatorenfabrik die Lieferung und Garantie für die Sammler übernimmt, in der Regel auch Ausnahmepreise Platz greifen, so dass ein gewisser Procentsatz von der oben angeführten Preisberechnung in Abzug gebracht werden müsste.

Wenn, um diesen sehr günstigen Fall zu setzen, eine Tramgesellschaft die Sammler selbst fabrizirte und dadurch die Erstellungskosten pro Element, inclusive der auf die Fabrikation derselben entfallenden Verwaltungskosten auf

33,— Frs. reducirte, und wenn ferner für die negativen Platten eine durchschnittliche Betriebsdauer von zwei Jahren, für die positiven Platten eine solche von einem Jahre massgebend ist (unter den vorliegenden Betriebsverhältnissen), dann stellte sich die Rechnung folgendermassen:

Hälfte der Bleischwammplatten	2,50 Frs.
Alle Superoxydplatten	5,— „
Demontage und Montage des Elements	2,50 „
	10,— Frs.
10% Amortisation des Ebonitkastens	1,— „
20% Amortisation der Isolation und Armatur	—,50 „
Verwaltungskosten	1,— „
	12,50 Frs.
Bleiwert (netto) aus den eingeschmolzenen alten Platten	2,50 „
	Summa 10,— Frs.

Die jährliche Amortisationsquote würde somit

pro Batterie	1 200,— Frs.
„ Wagen	4 800,— „
„ ganze Anlage	33 600,— „

betragen.

Was nun die eigentlichen Betriebsspesen anbetrifft, geht man nicht sehr fehl, wenn dieselben denen beim Oberleitungsbetrieb gleich gesetzt werden. Es existiren schon so viele Angaben über diese, dass hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht. Man setze an Stelle der Abnutzung des oberirdischen Drahtes und der Schienenverbindungen die Batterieamortisationsquote ein, um einen rohen Vergleich der Betriebskosten beider Systeme durchführen zu können. (Die oft angeführte Amortisation von 5% oder gar weniger für den Oberleitungsdraht ist natürlich viel zu gering gegriffen, indem wohl selten auch nur die 10jährige Betriebsdauer solcher Drähte nachgewiesen worden ist.)

221. Die Stärke der Ladestation stellt sich bei einem durchschnittlichen Nutzeffect der Accumulatoren von 75% auf:

$$\frac{3860 \times 2}{0,75} \times 7 = 10\,300 \times 7 = 72\,100 \text{ Watt oder ca. } 100 \text{ HP.}$$

Die Stromstärke der Ladedynamos, wenn zwei Dynamos zu je 250 Volt normaler Spannung angenommen werden, stellt sich auf:

$$\frac{72\,100}{500} = 145 \text{ Ampère für jede Dynamo.}$$

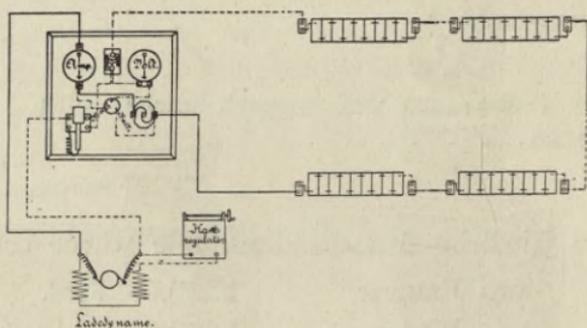


Fig. 199.

Schema der Ladeeinrichtung für die Batterien eines Wagens.

Hierzu ist zu bemerken, dass, um auch Unregelmässigkeiten im Betrieb zu berücksichtigen, die Ladestation für 14 gleichzeitig in Ladung stehende Batterien ausreichend ist.

Die beiden Dynamos werden durch je einen 60pferdigen Crossley-Gasmotor angetrieben, wobei der Antrieb durch Lederriemen erfolgen kann.

Disposition der Ladestation. Das Gebäude ist ebenerdig mit Oberlicht auszuführen. Maschinenanlage, Reparaturwerkstätte und Reinigungsräume finden im hintern Ende ihre Aufstellung, während der Laderaum mit den Ladegestellen im vordern, gegen die Strassenausfahrt liegenden Raum angenommen wird. Die Ladebänke wer-

den derart disponirt, dass die zur Messung des Ladestroms nötigen Apparate (Ampèremeter, Ausschalter, Voltmeter und Sicherungen etc.) direct an den Ladegestellen angebracht sind. Dadurch entfällt eine Apparatentafel mit den Leitungen zu dieser. — Die Batterien werden nicht seitlich, sondern in der Richtung der Längsachse des Wagens, über die Plattformen vermittelt Seil und Welle herausgezogen.

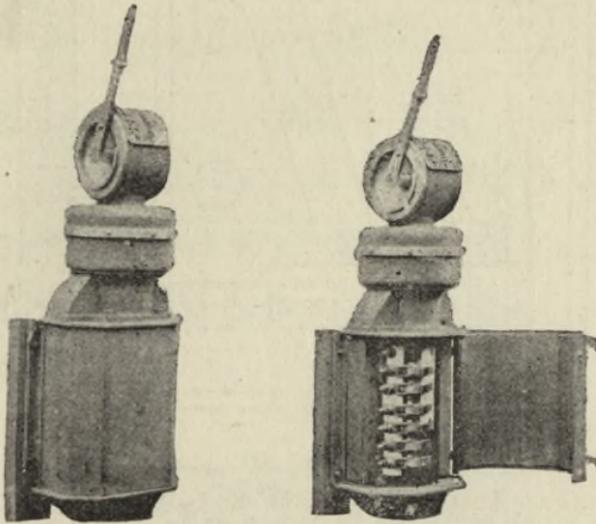


Fig. 200.

Oerlikon - Gruppenschalter.

In Fig. 199 ist ein Schema für die electriche Einrichtung des pro Wagen erforderlichen Ladegestelles gegeben. Der Strom von der Ladedynamo, welcher von der im Laderaum hinlaufenden Hauptleitung abgenommen wird, tritt beim Ampèremeter ein und passirt den Handausschalter, um durch die in Serie miteinander verknüpften Batterien zu gehen und nach Passiren einer Bleisicherung und eines automatischen Ausschalters zur negativen Ladeleitung zurückzukehren. Sowie eine Batterie zum Laden auf das Gestell gebracht wird, notirt der Beamte Zeit, Spannung und Bezeichnung der Batterie und schaltet diese in den

Stromkreis ein. Die Erfahrung lässt die zur Aufladung erforderliche Zeit bald auf einige Minuten schätzen und das Ansteigen der Klemmenspannung in Verbindung mit der eintretenden Gasentwicklung zeigen die herannahende Beendigung der Ladung an. Zweckmässig wird die Strommenge der Ladung durch ein einfaches registrirendes Am-

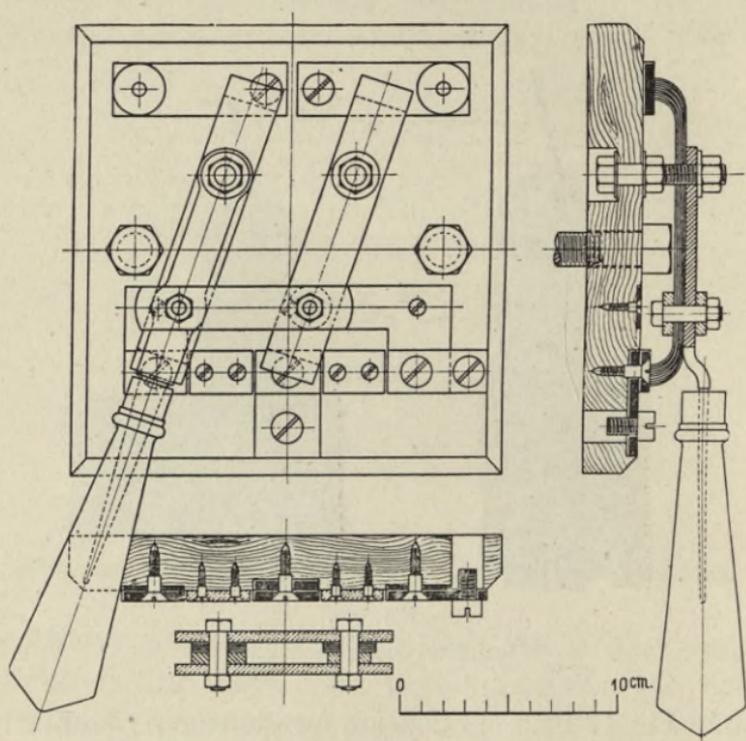


Fig. 201.

Strom- bzw. Richtungswender.

pèremeter gemessen, so dass beim Ausschalten der geladenen Batterie aus dem Ladestromkreis der Beamte nur wieder Zeit, Spannung und Meterangabe zu notiren hat.

222. Bei der **Entladung der Wagenbatterien** findet, wie schon unter „Electrischen Booten“ beschrieben, ein Gruppenschalter Anwendung, welcher die beim Anfahren der Wagen erforderliche niedrigere Spannung und

höhere Stromstärke auf einfache Weise erzielen lässt. Durch Schaltung der 120 Elemente in vier parallel liegende Gruppen von je 30 hintereinandergeschalteten Elementen wird die Batteriespannung auf 60 — 55 Volts reducirt und die Stromstärke vervierfacht. Hat die Armatur des Motors eine gewisse Umdrehungsgeschwindigkeit erreicht, dann wird die Batterie durch Drehung des Gruppenschalters zum nächsten Punkt in zwei parallel liegende

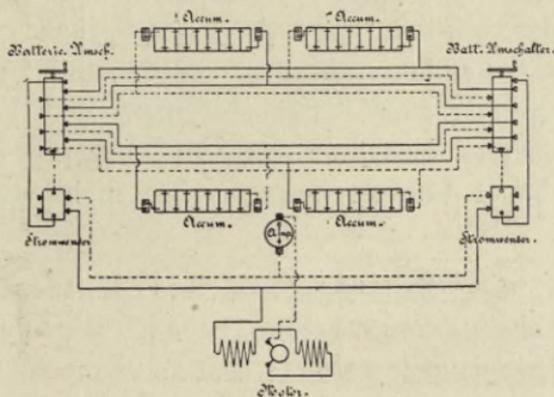


Fig. 202.

Entladung der Batterie in 4 parallel geschalteten Gruppen.

Gruppen von je 60 hintereinandergeschalteten Elementen geteilt und die Spannung auf 120 — 110 Volts erhöht. Die dritte Stellung des Schalters entspricht 180 — 165 Volts Batteriespannung, die vierte Stellung reiner Serienschaltung (wie in Fig. 199). Es ist ferner neben jedem Gruppenschalter ein Richtungswender placirt, welcher das Vor- und Rückwärtsfahren des Wagens ermöglicht (s. Fig. 201).

In Fig. 202 ist die Entladung der Batterie in vier parallelen Gruppen skizzirt. Beim Abwärtsfahren, wenn der Motor die zulässige maximale Geschwindigkeit erreicht hat, kann der Motor als elektrische Bremse benutzt und der dabei erzeugte Strom zur Ladung der Batterie verwendet werden.

Es empfiehlt sich, auf jedem Wagen, wie in der Fig. 202 angedeutet ist, ein registrirendes Ampèremeter anzubringen, so dass am Schluss jeder Entladung das entnommene Stromquantum abgelesen werden kann. Diese Angabe bestimmt die Zeitdauer der darauffolgenden Ladung und dient dazu, die Gesamtarbeit, welche die Platten bis zu deren Verfall leisten, zu ermitteln. — Es ist dabei die beim Anfahren stattfindende parallele Entladung durch Schätzung in Rechnung zu ziehen; als Regel muss befolgt werden, dass die Parallelschaltung nur je für einige Sekunden gebraucht werde und nicht etwa gleichwertig mit der Serienschaltung, der Hebel des Gruppenschalters also nur langsam über die Zwischencontacte zum 4. Contact bewegt, aber nicht stehen bleiben dürfe.

Ueber die Construction des Motors, welcher nur als Nebenschlussmaschine gebaut sein darf, kann hier hinweggegangen werden; ebenso über die Frage, ob pro Wagen ein oder zwei Motoren empfehlenswert seien. Bei dem höhern Eigengewicht der Accumulatorwagen im Vergleich mit den übrigen electrischen Wagen dürfte der Vorteil eines zweiten Motors nicht sehr gross sein. Die Art der Uebersetzung des Motors auf die Wagenachsen ist ebenfalls ein nicht hierher gehörendes Thema. Es scheint, dass die einfache Zahnradübersetzung den grössten Nutzeffect gewährleistet. In Fig. 203 (siehe Anlage am Schluss) ist ein schnelllaufender Motor mit Schraubenübertragung vorgesehen, welche Uebersetzungsart vielleicht zuerst von A. Reckenzaun (s. dessen Buch „Electric Traction“, London) angewendet und seiner Zeit auch in Marseille eine Zeit lang versucht worden ist.

223. Schlussbemerkung. Vorstehende Berechnungsweise sowie übrigen Ausführungen finden auch Anwendung, wenn anstatt Blei-Accumulatoren andere elec-

trische Sammler, wie z. B. Zink-Kupfer-Accumulatoren in Betracht kommen.

Allerdings scheint dem Verfasser, dass zur jetzigen Zeit der Bleisammler noch so weit im Vorsprung ist gegenüber allen übrigen derzeit bekannten Combinationen, den Kupfer-Accumulator inbegriffen, speciell was Zuverlässigkeit, Sicherheit und Einfachheit des Betriebs betrifft, dass nur dieser hier in Betracht fallen kann. Das vielverheissende Gebiet der Accumulatorwagen lässt den Wunsch nach einem billigeren, leichteren und leistungsfähigeren electrischen Sammler nicht so bald verschwinden; möge die Zukunft die Erfüllung desselben bringen.



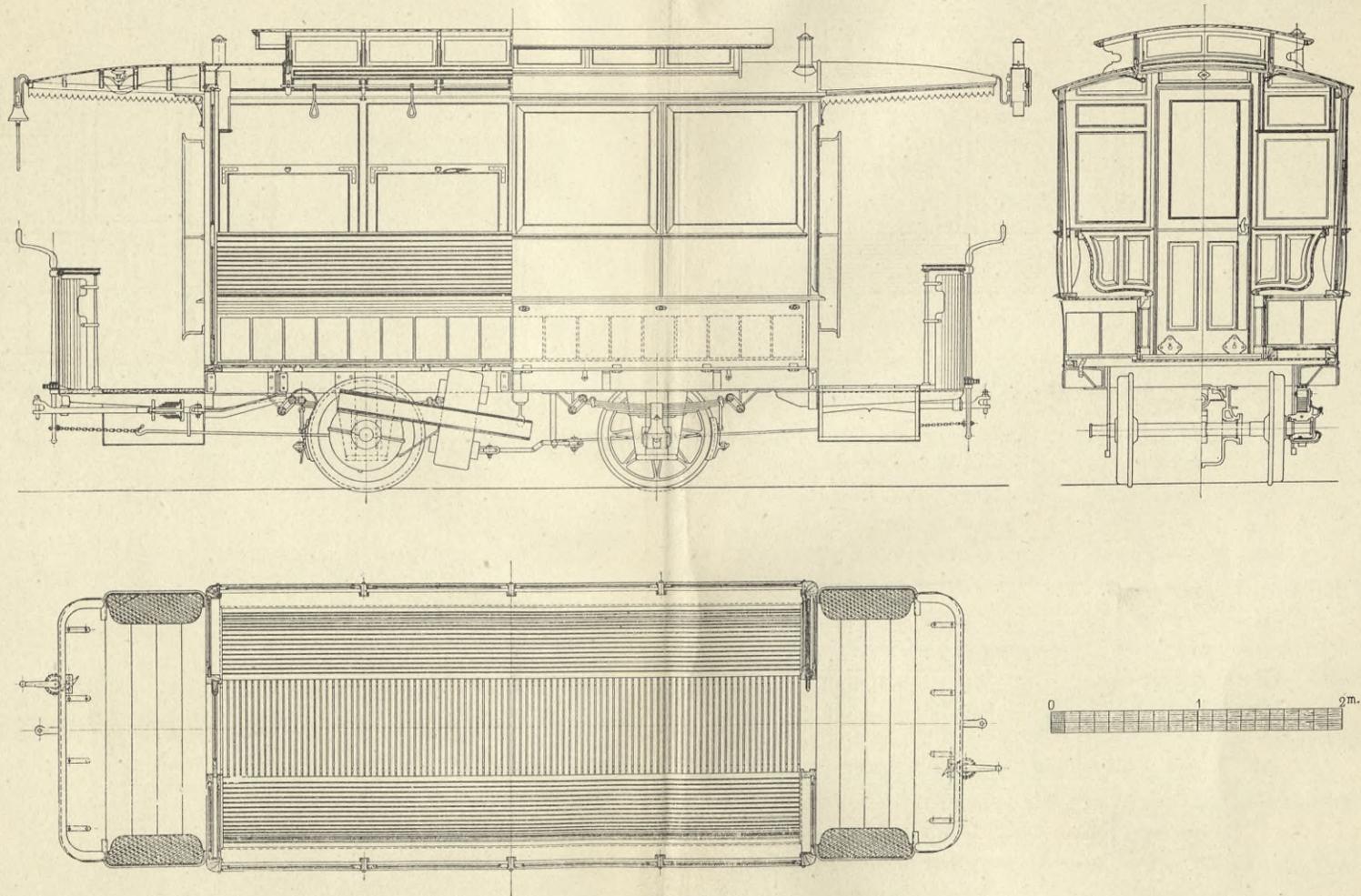


Fig. 208.

Accumulator - Tramwagen.



BIBLIOTEKA

KRAKÓW

*
politechniczna



A n h a n g.

Tabelle über Maasse und Gewichte.

1 Meter = 3,28 Fuss engl.	1 hundredweight = ca. 50,8 Kilogramm.
0,1 Meter = 3,937 Zoll engl.	1 ton = 2240 Pfund = 1016 Kilogramm.
0,01 Meter = 0,39 Zoll engl.	1 Gallon = 4,54 Liter.
0,001 Meter = 0,039 Zoll engl.	1 Quart = 1,13 Liter.
1 Kilogramm = 2,2 Pfund engl.	1 Pint = 0,565 Liter.
1 Gramm = 15,432 Grains.	1 foot-pound = 0,138 Kilogramm-meter.
1 Milligramm = 0,154 Grain.	1 Horse-power = 746 Watt.
1 Liter = 0,22 Gallon.	1 Cubic-foot of water = 1000 ounces = 62,51 lbs.
1 ccm. = 15,43 Grain.	1 Cubic-inch of water = 252,5 grains.
1 Sekunden-Kilogramm-meter = 9,81 Watt.	1 Square-inch = 6,45 Quadratcentimeter.
1 Pferdekraft = 736 Watt (735,7).	1 Square-foot = 929 Quadratcentimeter.
1 Tonne = 1000 Kilogramm.	
Board of Trade-Unit = 1000 Watt.	
1 Yard = 0,9144 Meter.	
1 foot = 0,3048 Meter.	
1 inch = 0,0254 Meter.	
1 pound = 453,6 Gramm.	
1 grain = 0,0648 Gramm.	

Atomgewichte der Elemente.

N a m e	Symbol des Atoms und Wertigkeit	Atomgewichte	
		nach Loth. Meyer und Seubert	
		O = 1	H = 1
Wasserstoff	H	0,06265	1
Aluminium	Al ^{III} , IV	1,694	27,04
Antimon	Sb ^{III} , V	7,494	119,6
Arsen	As ^{III} , V	4,693	74,9
Barium	Ba ^{II}	8,575	136,86
Beryllium	Be ^{II} od. III	0,569	9,08
Blei	Pb ^{II} , IV	12,932	206,39
Bor	Bo ^{III} , IV	0,683	10,9
Brom	Br ^I , III, V, VII	4,997	79,76
Cadmium	Cd ^{II}	7,00	111,7
Caesium	Cs ^I	8,315	132,7
Calcium	Ca ^{II}	2,501	39,91
Cer	Ce ^{III} , IV	8,847	141,2
Chlor	Cl ^I , III, V, VII	2,2159	35,37
Chrom	Cr ^{IV} , VI	3,284	52,45
Didym	Di ^{IV}	9,09	145,0
Eisen	Fe ^{II} , IV, VI	3,501	55,88
Erbium	Er ^{II}	10,40	166
Fluor	Fl ^I	1,194	19,06
Gallium	Ga ^{IV}	4,38	69,9
Germanium	Ge ^{IV}		
Gold	Au ^I , III	12,29	196,2
Indium	In ^{III}	7,108	113,4
Iridium	Ir ^{II} , IV, VI	12,06	192,5
Jod	J ^I , III, V, VII	7,9284	126,54
Kalium	K ^I	2,446	39,03
Kobalt	Co ^{II} , IV	3,67	58,6
Kohlenstoff	C ^{IV} , II	0,7502	11,97
Kupfer	Cu ^{II}	3,959	63,18
Lanthan	La ^{IV}	8,680	138,5
Lithium	Li ^I	0,439	7,01
Magnesium	Mg ^{II}	1,500	23,94
Mangan	Mn ^{II} , IV, IV, VII	3,43	54,8

N a m e	Symbol des Atoms und Wertigkeit	Atomgewichte	
		nach Loth. Meyer und Seubert	
		O = 1	H = 1
Molybdän	MoVI	6,01	95,9
Natrium	NaI	1,4408	22,995
Nickel	NiII, IV	3,67	58,6
Niobium	NbV	5,87	93,7
Osmium	OsII, IV, VI, VIII	12,2	195
Palladium	PdII, IV, VI	6,66	106,2
Phosphor	PIII, V	1,940	30,96
Platin	PtII, IV, VI	12,177	194,34
Quecksilber	HgII	12,52	199,8
Rhodium	RhII, IV, VI	6,52	104,1
Rubidium	RbI	5,34	85,2
Ruthenium	RuII, IV, VI, VIII	6,49	103,5
Sauerstoff	OII	1,00	15,96
Scandium	Sc	2,755	43,97
Schwefel	SII, IV, VI	2,0037	31,98
Selen	SeII, IV, VI	4,942	78,87
Silber	AgI	6,7456	107,66
Silicium	SiIV	1,754	28,0
Stickstoff	NIII, V	0,8779	14,01
Strontium	SrII	5,47	87,3
Tantal	TaV	11,42	182
Tellur	TeII, IV, VI	8,00	126,7
Thallium	TII, III	12,76	203,7
Thorium	ThIV	14,534	231,96
Titan	TiIV	3,15	50,25
Uran	UVI, IV	15,03	239,8
Vanadin	VIII, V	3,20	51,1
Wasserstoff	HI	0,06265	1,00
Wismut	BiIII, V	13,00	207,5
Wolfram	WIV, VI	11,50	183,6
Ytterbium	Yt	10,81	172,6
Yttrium	YIV	5,61	89,6
Zink	ZnII	4,065	64,88
Zinn	SnIV	7,353	117,35
Zirconium	ZrIV	5,66	90,4

Electrische Leitungsfähigkeit von Lösungen.

(Aus Wiedemann, Electricität.)

Bezogen auf Quecksilber von 18° Cels.

	Procente	Mol. %	bei 18° Cels. Spec. Gewicht	$10^{-8} K_{18}$
NO ₃ H	29,7	5,6	1,185	7330 m*)
HCl	18,3	5,5	1,092	7174 m
HBr	36	5,8	1,31	7170 m
H ₂ SO ₄	30,4	7,6	1,224	6914 m
HF	—	—	—	6100 m ?
KOH	28,1	6,4	1,274	5095 m
NH ₄ J	>50	—	—	>4000
KJ	58,5	6,0	1,700	4100
NH ₄ Cl	27	5,4	1,078	3980
KBr	38,5	4,4	1,374	3480
KHSO ₄	31	2,8	1,240	3440
NH ₄ NO ₃	5,5	8,7	1,250	3430 m ?
NaOH	15,2	4,5	1,172	3276 m
KCl	25,8	4,1	1,175	3210
LiOH	11	5,0	1,120	3000 m
NaJ	64	8,5	2,000	2700
KF	33,7	7,6	1,308	2427 m
(NH ₄) ₂ SO ₄	43	8	1,250	2350 m ?
K ₂ CO ₃	34,3	6,7	1,350	2117 m
AgNO ₃	68	8,7	2,180	2100
NaCl	26,4	5,4	1,201	2016
H ₃ PO ₄	46,8	18,7	1,307	1926 m
SrCl ₂	34,4	6,0	1,380	1770
K ₂ C ₂ O ₄	22,8	3,2	1,170	1700
CaCl ₂	24,0	5,3	1,220	1669 m
NaNO ₃	40	6,2	1,32	1600 m
KNO ₃	22,5	2,6	1,151	1550
LiCl	21,2	5,6	1,122	1533
LiJ	62	8,5	1,830	1500 m ?
BaCl ₂	26,1	3,2	1,284	1490
MgCl ₂	19,4	4,8	1,170	1312 m
KC ₂ H ₃ O ₂	35,6	4,3	1,178	1203 m
MgN ₂ O ₆	28	4,7	1,250	1200 m
CuN ₂ O ₆	—	—	—	1100 m
KHCO ₃	20,8	2,4	1,150	1100

*) m bedeutet das Maximum der Leitfähigkeit des Körpers in der betreffenden wässrigen Lösung. — Die mit den kleinen Ziffern besetzten Stellen sind nicht mehr sicher.

	Procente	Mol. %	Specificsches Gewicht	18—8 K ₁₈
CaN ₂ O ₆	26,7	4,0	1,238	983 m
CuCl ₂	—	—	—	900
Na ₂ SO ₄	16,8	2,7	1,162	880
Na ₂ CO ₃	17,5	3,9	1,187	812
K ₂ SO ₄	10,0	1,25	1,081	806
H ₂ C ₂ O ₄	7	1,60	1,033	734
Li ₂ SO ₄	16	3,30	1,150	640 m
NaC ₂ H ₃ O ₂	21,8	3,0	1,114	610 m
BaO ₂ H ₂	3,1	0,37	1,032	540
MgSO ₄	17,3	3,4	1,187	456 m
ZnSO ₄	23,7	3,8	1,285	452 m
CuSO ₄	18,1	2,7	1,208	440
KClO ₃	6,3	0,53	1,040	432
BaN ₂ O ₆	8,4	0,69	1,076	330
KAl ₂ SO ₄	6,4	0,26	1,061	300
Li ₂ CO ₃	0,77	0,21	1,063	194
C ₄ H ₆ O ₆	22,4	3,3	1,107	94 m
C ₂ H ₄ O ₂	16,6	2,8	1,022	15,2 m
NH ₃	5,3	3,0	0,977	10,4 m
H ₂ O	—	—	—	Spur.

Wiedemann, meistens zwischen Platinelectroden bestimmt.

Geschmolzene Salze (ohne Wasser).

PbCl ₂	580° C. F. P.	15000—32000 K ₅₈₀ · 18°
JK	666°	11500
NaNO ₃	314°	11475
AgNO ₃	—	88688
NaCl	960°	8660
KNO ₃	342°	6500
Na ₂ SO ₄	1280°	3680
K ₂ CO ₃	1150°	2150

Wiedemann, 1882, S. 562, I. Bd. Electroden Ptblech.

Nichtleiter. -

Wasser	Alkohol mit CdCl ₂ leitet auch nicht gut.
Aether	" CuCl ₂ " " " "
Alkohol	" ZnCl ₂ " " " "
Olivenöl	" NH ₄ J
Harz	Gase, wie HCl, Luft, Cl ₂ , leiten nicht.
Guttapercha	
Paraffin.	

Umwandlung von Graden Beaumé in spezifisches Gewicht.

Grade	Beaumé 17,5° Cels.	Rationelle Scala Beaumé 12,5° Cels.	Grade	Beaumé 17,5° Cels.	Rationelle Scala Beaumé 12,5° Cels.
	Vol. Gewicht	Vol. Gewicht		Vol. Gewicht	Vol. Gewicht
0	1,0000	1,0000	37	1,3370	1,3447
1	1,0068	1,0069	38	1,3494	1,3574
2	1,0138	1,0140	39	1,3619	1,3703
3	1,0208	1,0212	40	1,3746	1,3834
4	1,0280	1,0285	41	1,3876	1,3968
5	1,0353	1,0358	42	1,4009	1,4105
6	1,0426	1,0434	43	1,4143	1,4244
7	1,0501	1,0509	44	1,4281	1,4386
8	1,0576	1,0587	45	1,4421	1,4531
9	1,0653	1,0665	46	1,4564	1,4678
10	1,0731	1,0745	47	1,4710	1,4828
11	1,0810	1,0825	48	1,4860	1,4984
12	1,0890	1,0907	49	1,5012	1,5141
13	1,0972	1,0990	50	1,5167	1,5301
14	1,1054	1,1074	51	1,5325	1,5466
15	1,1138	1,1160	52	1,5487	1,5633
16	1,1224	1,1247	53	1,5652	1,5804
17	1,1310	1,1335	54	1,5820	1,5978
18	1,1398	1,1425	55	1,5993	1,6158
19	1,1487	1,1516	56	1,6169	1,6342
20	1,1578	1,1608	57	1,6349	1,6529
21	1,1670	1,1702	58	1,6533	1,6720
22	1,1763	1,1798	59	1,6721	1,6916
23	1,1858	1,1896	60	1,6914	1,7116
24	1,1955	1,1994	61	1,7111	1,7322
25	1,2053	1,2095	62	1,7313	1,7532
26	1,2153	1,2198	63	1,7520	1,7748
27	1,2254	1,2301	64	1,7731	1,7960
28	1,2357	1,2407	65	1,7948	1,8195
29	1,2462	1,2515	66	1,8171	1,8428
30	1,2569	1,2624	67	1,8398	1,839
31	1,2677	1,2736	68	1,8632	1,864
32	1,2788	1,2849	69	1,8871	1,885
33	1,2901	1,2965	70	1,9117	1,909
34	1,3015	1,3082	71	1,9370	1,935
35	1,3131	1,3202	72	1,9629	1,960
36	1,3250	1,3324			

Volumgewicht der Natronlauge und Gehalt an Natriumoxyd bei +15° (Tünnermann).

Proc. Na ₂ O	Vol. Gew.						
0,302	1,0040	7,857	1,1137	15,714	1,2453	22,967	1,3273
0,601	1,0081	8,462	1,1233	16,319	1,2515	23,572	1,3349
1,209	1,0163	9,066	1,1330	16,923	1,2578	24,176	1,3426
1,813	1,0246	9,670	1,1428	17,528	1,2642	24,780	1,3505
2,418	1,0330	10,275	1,1528	18,132	1,2708	25,385	1,3586
3,022	1,0414	10,879	1,1630	18,730	1,2775	25,989	1,3668
3,626	1,0500	11,484	1,1734	19,341	1,2843	26,594	1,3751
4,231	1,0587	12,088	1,1841	19,954	1,2912	27,200	1,3836
4,835	1,0675	12,692	1,1948	20,550	1,2982	27,802	1,3923
5,440	1,0764	13,297	1,2058	21,154	1,3053	28,407	1,4011
6,044	1,0855	13,901	1,2178	21,758	1,3125	29,011	1,4101
6,648	1,0948	14,505	1,2280	21,894	1,3143	29,616	1,4193
7,253	1,1042	15,110	1,2392	22,363	1,3198	30,220	1,4285

Volumgewicht und Gehalt der Natronlauge bei 15° (Gerlach und Schiff).

Proc. Gehalt	Vol. Gew. für Na ₂ O	Vol. Gew. für NaHO	Proc. Gehalt	Vol. Gew. für Na ₂ O	Vol. Gew. für NaHO
1	1,015	1,012	31	1,438	1,343
2	1,020	1,023	32	1,450	1,351
3	1,043	1,035	33	1,462	1,363
4	1,058	1,046	34	1,475	1,374
5	1,074	1,059	35	1,488	1,384
6	1,089	1,070	36	1,500	1,395
7	1,104	1,081	37	1,515	1,405
8	1,119	1,092	38	1,530	1,415
9	1,132	1,103	39	1,543	1,426
10	1,145	1,115	40	1,558	1,437
11	1,160	1,126	41	1,570	1,447
12	1,175	1,137	42	1,583	1,456
13	1,190	1,148	43	1,597	1,468
14	1,203	1,159	44	1,610	1,478
15	1,219	1,170	45	1,623	1,488
16	1,233	1,181	46	1,637	1,499
17	1,245	1,192	47	1,650	1,508
18	1,258	1,202	48	1,663	1,519
19	1,270	1,213	49	1,678	1,529
20	1,285	1,225	50	1,690	1,540
21	1,300	1,236	51	1,705	1,550
22	1,315	1,247	52	1,719	1,560
23	1,329	1,258	53	1,730	1,570
24	1,341	1,269	54	1,745	1,580
25	1,355	1,279	55	1,760	1,591
26	1,369	1,290	56	1,770	1,601
27	1,381	1,300	57	1,785	1,611
28	1,395	1,310	58	1,800	1,622
29	1,410	1,321	59	1,815	1,633
30	1,422	1,332	60	1,830	1,643

Volumgewicht der wässerigen Lösungen von Kaliumoxyd
und Kaliumhydroxyd bei + 15°.

(Tünnermann; der Schluss nach Richter.)

Procent K ₂ O	Procent KHO	Vol. Gew.	Procent K ₂ O	Procent KHO	Vol. Gew.
0,5658	0,738	1,0050	23,764	28,303	1,2648
1,697	2,021	1,0153	24,895	29,650	1,2805
2,829	3,369	1,0260	26,027	30,998	1,2966
3,961	4,717	1,0369	27,158	32,345	1,3131
5,002	5,957	1,0478	28,290	33,693	1,3300
6,224	7,412	1,0589	29,34	34,94	1,30
7,355	8,760	1,0703	30,74	36,91	1,32
8,487	10,108	1,0819	32,14	38,28	1,34
9,619	11,456	1,0938	33,46	39,85	1,36
10,750	12,803	1,1059	34,74	41,37	1,38
11,882	14,151	1,1182	35,99	42,86	1,40
13,013	15,498	1,1308	37,97	45,22	1,42
14,145	16,846	1,1437	40,17	47,84	1,44
15,277	18,195	1,1568	42,31	50,39	1,46
16,408	19,542	1,1702	44,40	52,88	1,48
17,540	20,890	1,1839	46,45	55,32	1,50
18,671	22,237	1,1979	48,46	57,71	1,52
19,803	23,585	1,2122	50,09	59,65	1,54
20,935	24,933	1,2268	51,58	61,43	1,56
21,500	25,606	1,2342	53,06	63,19	1,58
22,632	26,954	1,2493			

Volumgewicht und Gehalt der Lösungen von Kalium-
carbonat bei 15°. (Gerlach.)

Vol. Gew.	Procent K ₂ CO ₃	Vol. Gew.	Procent K ₂ CO ₃	Vol. Gew.	Procent K ₂ CO ₃
1,00914	1	1,18265	19	1,38279	37
1,01829	2	1,19286	20	1,39476	38
1,02743	3	1,20344	21	1,40673	39
1,03658	4	1,21402	22	1,41870	40
1,04572	5	1,22459	23	1,43104	41
1,05513	6	1,23517	24	1,44338	42
1,06454	7	1,24575	25	1,45573	43
1,07396	8	1,25681	26	1,46807	44
1,08337	9	1,25787	27	1,48041	45
1,09278	10	1,27893	28	1,49314	46
1,10258	11	1,28999	29	1,50588	47
1,11238	12	1,30105	30	1,51861	48
1,12219	13	1,31261	31	1,53135	49
1,13199	14	1,32417	32	1,54408	50
1,14179	15	1,33573	33	1,55728	51
1,15200	16	1,34729	34	1,57048	52
1,16222	17	1,35885	35	1,57079	51,024
1,17243	18	1,37082	36		

Dichte und Volumen von Wasser (luftfrei).
(Landolt und Börnstein's Tabellen.)

Grad Celsius	Dichte	Grad Celsius	Dichte
0	0,999874	36	0,99372
1	930	37	337
2	970	38	303
3	993	39	268
4	1,000000	40	233
5	0,999992	41	195
6	970	42	157
7	932	43	117
8	881	44	077
9	815	45	035
10	736	46	0,98993
11	643	47	949
12	537	48	905
13	418	49	860
14	287	50	813
15	143	51	767
16	0,998988	52	721
17	821	53	674
18	642	54	627
19	452	55	579
20	252	56	530
21	042	57	481
22	0,997821	58	432
23	590	59	382
24	349	60	331
25	098	61	280
26	0,996837	62	228
27	567	63	175
28	288	64	121
29	001	65	067
30	0,995705	66	012
31	401	67	0,97957
32	087	68	902
33	0,994765	69	846
34	436	70	790
35	098		

Körper	Spec. Gewicht bei 0° Cels.	Schmelzpunkt in 0° Cels.	Siedepunkt in 0° Cels.	El. Leitfähigkeit (° Cels.) bezogen auf Quecksilber bei 0° Cels.
Aluminium . . .	2,583	ca. 850°	Weissglut nicht über	31,72
Antimon	6,71	432°	1437°	2,46
Blei, gegossen . .	11,35	326°	1450–1600°	4,57
gewalzt . . .	11,38	—	—	—
bei 325° Cels.	11,00	—	—	—
flüssig	10,37	—	—	—
Bleioxydul	9,77	—	—	—
Bleioxyd (Glätte) .	9,25–9,37	starke Rotglut	—	—
Bleisuperoxyd . .	8,90–8,93	—	—	0,000139 (Bleisuperoxyd- hydrat)
Bleisulfat	6,19–6,39	—	—	—
Bleichlorid	5,78–5,80	500°	—	0,003 (bei 530° Cels.)
Bleicarbonat (gefällt)	6,43	—	—	—
Brom	3,18	— 7,3°	63°	—
Cadmium	8,54–8,69	318°	763–772°	13,80
Chlor (flüssig) . .	1,4689	— 102°	— 33,6°	—
Eisen	7,86	1804°	—	8,40
Gaskohle	1,885	—	—	0,29
Graphit	2,17–2,32	—	—	0,82
Kalium	0,87	55,43°	719–731°	11,23
Kobalt	8,60	1800°	—	9,69
Kupfer	8,92	1100°	—	55
Kupferoxydul . . .	5,75–6,09	—	—	—
Kupferoxyd	6,32–6,43	—	—	—
Magnesium	1,74	750°	1100°	18,94
Magnesiumoxyd . .	3,22	—	—	—
Mangan	7,39	1900°	—	—
Manganoxydul . . .	5,09	—	—	—
Manganoxyd- Oxydul	4,61	—	—	—
Manganoxyd (ge- fällt)	4,50	—	—	—
Mangansuperoxyd .	5,026	—	—	—

Körper	Spec. Gewicht bei 0° Cels.	Schmelz- punkt in 0° Cels.	Siede- punkt in 0° Cels.	Electr. Leit- fähigkeit bezogen auf Quecksilber bei 0° Cels.
Mennige	8,94—9,19	—	—	—
Natrium	0,978	97,6°	861—954°	18,34
Nickel	8,90	1600°	—	8,26
Platin	21,50	2200°	—	8,26
Platinschwamm	16,32 (?)	—	—	—
Quecksilber	13,55	— 38,5°	357°	1,00
Sauerstoff (flüssig)	0,58	—	— 184°	—
Schwefel	2,07	117°	448,5°	—
Silber	10,42—10,53	960°	—	63,8
Silberchlorid	5,553	450°	—	0,0044 (bei 650° C.)
Wismut	9,80	260°	1700°	0,87
Zink	6,86—7,24	412°	1035°	15,50
Zinn	6,97—7,37	226,5°	1450—1600°	8,80

Die electrischen Maasseinheiten.

(Aus Landolt und Börnstein's Tabellen.)

1 Ohm ist der electrische Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem Querschnitt 106,3 Centimeter und deren Masse 14,552 Gramm beträgt (= einem spec. Gewicht von 13,5956 bei 0° Cels.), was einem Quadratmillimeter Querschnitt der Säule gleich geachtet werden darf.

1 Ampère ist die Stärke desjenigen Stromes, welcher aus einer wässrigen Lösung von salpetersaurem Silber 0,001118 Gramm Silber in 1 Sekunde M. S. Z. niederschlägt.

1 Volt ist diejenige electrische Potentialdifferenz, welche an den Enden eines Leiters von 1 Ohm Widerstand, durch den ein constanter Strom von 1 Ampère fließt, besteht.

1 Watt ist die in 1 Sekunde M. S. Z. durch einen Strom von 1 Ampère Stärke in einem Leiter, an dessen Enden eine Spannungsdifferenz von 1 Volt besteht, geleistete Arbeit.

1 Pferdekraft = 736 Watt = 75 Meterkilogramm pro 1 Sekunde.

1 Coulomb ist diejenige Electricitätsmenge, welche in 1 Sekunde bei einer Stromstärke von 1 Ampère durch den Querschnitt eines Leiters fließt.

1 **Farad** ist die Capacität eines Condensators, welcher durch die Electricitätsmenge von 1 Coulomb auf die Potentialdifferenz von 1 Volt geladen wird.

Häufig gebrauchte Maasse:

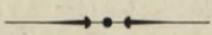
1 **Siemens-Einheit** (S.-E.) ist der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 Quadratmillimeter Querschnitt und 1 Meter Länge bei 0° Cels.

1 **Ampèrestunde** ist diejenige Electricitätsmenge, welche in einer Stunde bei einer Stromstärke von constant 1 Ampère an einer Electrode ein- oder austritt.

1 **Wattstunde** ist gleich der Arbeit, welche die Electricitätsmenge von 1 Ampèrestunde bei einem Gefälle von 1 Volt leisten kann. — 1 Pferdekraftstunde = 736 Wattstunden.

Einige electrochemische Aequivalente.

Körper	Formel	1 Coulomb entspricht	1 Ampèrestunde entspricht
Blei	Pb ^{II}	1,0717 Milligr.	3,858 Gramm
Kupfer	Cu ^{II}	0,3286 „	1,187 „
Sauerstoff	O ^{II}	0,08287 „	0,2983 „
Silber	Ag ^I	1,1181 „	4,025 „
Wasserstoff	H ^I	0,01039 „	0,0374 „
Zink	Zn ^{II}	0,3386 „	1,219 „
Wasser	H ₂ O ^{II}	0,0933 „	0,3357 „
Schwefelsäure	H ₂ SO ₄ ^{II}	—	1,829 „
Sulphion	SO ₄ ^{II}	aus verd. H ₂ SO ₄	1,792 „
Sulphon	SO ₄ H ^I	„	3,621 „
Ueberschwefelsäure	S ₂ O ₈ H ₂ ^{II}	„	3,621 „
Bleioxydul	Pb ₂ O ^{II}	aus Pb	8,017 „
Bleioxyd	PbO ^{II}	aus Pb	4,158 „
Bleisuperoxyd	PbO ₂ ^{II}	aus PbO	4,456 „
Bleisulfat	PbSO ₄ ^{II}	aus Pb	5,653 „
Kupferoxydul	Cu ₂ O ^{II}	—	2,661 „
Kupfervitriol	CuSO ₄ ^{II}	—	2,973 „
Kalihydrat	KOH ^I	—	2,094 „
Zinkoxydkali	ZnO ₂ K ₂ ^{II}	—	3,270 „
Zinkvitriol	ZnSO ₄ ^{II}	—	3,005 „



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351662

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294704