

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294756

Transportable Akkumulatoren.

Anordnung, Verwendung,
Leistung, Behandlung und Prüfung derselben.

Nach praktischen Erfahrungen dargestellt

von

Johannes Zacharias,
Ingenieur.

Mit 69 Abbildungen im Text.

F. Nr. 21800



Berlin G. (1898).

W. & S. Loewenthal.

26. 18

Transportable
Akkuumulatoren.

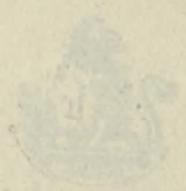
Anordnung, Verwendung,
Leistung, Bedienung und Prüfung derselben.

Nach praktischen Erfahrungen dargestellt

II 5372



Mit 62 Abbildungen im Text.



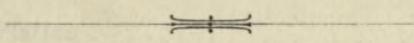
Akc. 141. 5085/50

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	1
Elektrische Bezeichnungen und Maasse	3
Einleitung — Elektrische Gesetze	5
Die Akkumulatoren im Allgemeinen	9
Die transportablen Akkumulatoren	11
Die verschiedenen Systeme der Akkumulatoren	13
I. Anwendung transportabler Akkumulatoren für Starkstrom	25
1. Zur Bewegung von Fahrzeugen	25
A. Strassenbahnwagen	26
Reiner Akkumulatorenbetrieb mit Aufladen	27
Reiner Akkumulatorenbetrieb mit einmaligem Laden	28
Versuche mit reinem Akkumulatorenbetrieb	37
Der gemischte Betrieb	45
Strassenbahn in Hannover	45
Versuch in Berlin	53
Betriebskosten	55
Arbeitsverlust bei elektrischen Strassenbahnwagen	58
Einfluss der Lagerkonstruktion	61
Pullman's Vestibule Car	61
Berechnung einer Batterie für Traktionszwecke	62
Stationäre Pufferbatterien	65
Kombination mit Wechselstrom	70
Probetrieb auf Vollbahnen	71
B. Elektrische Boote	72
C. Elektrische Automobil-Wagen	74
Allgemeines	74
Die London Electrical Cab Company	76
Gepäcktransportwagen	78
Amerikanische Wagen	79
Akkumulatoren-Omnibus	81
Der Riker Electric Trap	82
Vergleich zwischen Pferd, Elektromotor und Akkumulator	85
Motorwagen in England	88
Tabellen über Akkumulatorenbahnen	90
Tabelle über Automobilwagen	91

	Seite
2. Beleuchtung von Fahrzeugen	92
Allgemeines	92
1. Das Einzelwagen-Batteriesystem	94
Die Batterien	94
Die Ladestellen	95
2. Das Zugbatteriesystem	106
3. Uebersicht der Wagenbeleuchtung	110
4. Einrichtungskosten	116
II. Anwendung der Akkumulatoren in der Schwachstromtechnik	122
Telegraphie, Haustelegraphie	122
Treppenbeleuchtung, Telephonie	123
Strombedarf im Mikrophon	125
Betrieb elektrischer Uhren	127
Handlaternen, Wagenlampen	128
Untersuchung von Anlagen, Beseitigung von Fehlern	131
Prüfung und Untersuchungen der Akkumulatoren	154
Allgemeines	154
1. Wissenswerthe Punkte	159
2. Leistung der Akkumulatoren	166
3. Berechnung der Kapazität	168
4. Verluste und Wirkungsgrad	171
5. Graphische Kapazitäts-Tabelle	178
6. Zur Beurtheilung von Akkumulatoren-Gittern	181
7. Säurekurven	188
Behandlung transportabler Akkumulatoren	191
Allgemeines	191
1. Die Säure	194
2. Das Laden	198
3. Sulfatiren der Platten	203
4. Krümmen der Platten	205
5. Schaltungen zum Laden	207
6. Das Entladen	213
Schaltungen zum Entladen	215
Auswahl der Akkumulatoren, verschiedene Tabellen und Angaben	218
Allgemeines	218
Anzahl der Zellen	219
Stromverbrauch der Glühlampen	220
Leitungsquerschnitte	223
Glühlampentabellen	226
Zugkraft für Wagen	227
Betrieb von Induktoren	228
Elektrolyse, Zellenzahl, Stromverbrauch	229
Elektromotoren, Kosten, Stromverbrauch	231

	Seite
Widerstand von Nickelindrähten	232
Spannungsverlust in Drähten	233
Strombelastung von Drähten	234
Bleiblechgewichte	234
Bleisicherungen	235
Aichen eines Zählers	236
Das Löthen	242
Mit: Knallgas, Kolben, Strom	244
Säuretabelle n	247
Spezifisches Gewicht, Prozentgehalt, Mischen mit Wasser, Leitungsfähigkeit	247
Sachregister	255



Verzeichniss der Abbildungen.

	Seite
Akkumulator	9
Rahmen-System Boese, Querschnitt — Längsschnitt	13
Bleirahmen	14
Schnitt durch die Zelle	14
Schnitt durch einen Batteriekasten	15
Positive Planté-Platte	16
Negatives Gitter	16
Pollak's Platte mit Querschnitt	17
Platte, System Gülcher	18
Gülcher's Einbau der Platten	19
Einbau von Gülcher	19
Gitter der Watt-Akkumulatoren-Fabrik	20
Franke's Gitter	23
Charlottenburger Wagen	31
Vestibule Car in Chicago	62
Schaltung der Pufferbatterie	69
Elektrisches Boot	73
Berliner Geschäftswagen	78
Amerikanischer Automobil-Personenwagen	79
Electric „Runabout“ Buggy	80
Riker Electric Trap	83
Deutsche Normal-Batteriezelle	94
Deutscher Normal-Batteriekasten	95
Ansicht einer Ladestelle in Berlin	96
Schaltung zum Laden mit 45 Volt	97
Schaltung zum Laden mit 90—110 Volt	97
Deutsche Beiwagenbatterie	98
Deutsche Glühlampe	98
Oesterreichischer Normal-Batteriekasten	99
Schaltung der Ladestelle in Köln	101
Ladestelle in Köln (innere Ansicht)	102
Zellenschalter in Köln	103
Schaltung der Akkumulatoren-Schalttafel in Köln	105
Dänischer Batteriekasten — Batterieschrank	107
Kosten der Eisenbahnwagen-Beleuchtung	113

	Seite
Grundriss eines Eisenbahn-Personenwagens	116
Boese'sche Mikrophon-Zelle	124
Handlaternen und Wagenlampen	128
Elektrische Deichsel-Laterne	129
Schaltung eines Stadtpostwagens	129
Berechnung der Kapazität eines Bleiakкумуляtors	169
Kapazitäts-Diagramm	173
Graphische Kapazitäts-Tabelle	179
Kurve der Kapazität von Akkumulatoren bei verschiedener Entladezeit	181
Säurekurven	188
Säurekurve	190
Schaltung zum Laden mit Regulirwiderstand	208
Schaltbrett mit Widerstandsspulen	209
Selbstthätiger Ausschalter	209
Vorrichtung zum Laden einzelner Zellen	210
Laden zweier parallel geschalteter Zellen	210
Kerzenzahlen	211
Wandfassung	211
Schaltungsvorrichtung mit verschiedener Stromstärke	211
Dasselbe mit zwei Abzweigungen	212
Zelle	212
Zellen	213
Schaltungen zum Entladen	215
do.	216
do.	216
do.	216
Batteriekasten	217
Schaltungen	217
Energieverbrauch bei Glühlampen	221
Spannungsverlust	224
Graphische Preistabelle	238
Löthapparat	242
do. einfacher Konstruktion	244
Elektrischer Löthkolben	246



Vorwort.

Es ist bekannt, welche ausgedehnte Verwendung die Akkumulatoren in Form der stationären Batterien gefunden haben; neuer und darum auch weniger bekannt ist ihre Verwendung in Form der transportablen Akkumulatoren im Dienste des Verkehrs.

Während der Kampf um Ober- oder Unterleitung des direkten Stromes tobte, trat der immer mehr verbesserte transportable Akkumulator als dritter Bewerber in Konkurrenz und hat vielfach seine Mitbewerber gänzlich geschlagen, vielfach sich neben ihnen eine anerkannte Stellung errungen.

Die Verwendung des transportablen Akkumulators gestaltet sich aber nicht nur zu einer stets ausgedehnteren, sondern auch zu einer stets vielseitigeren, und so darf ich hoffen, dass das vorliegende Buch um so mehr allgemeines Interesse finden wird, als ein derartiges Spezialwerk bisher nicht vorhanden war.

Seit Jahren beschäftige ich mich speziell mit transportablen Akkumulatoren, und war so in der Lage, die nachstehend gemachten Angaben vielfach eigenen Erfahrungen aus meiner Praxis zu entnehmen. Am ausgedehntesten ist natürlich die Verwendung der transportablen Akkumulatoren für Strassenbahnwagen behandelt, aber auch alle anderen Verwendungen sind berücksichtigt wie z. B. für Automobilfahrzeuge, für Schwachstrom, Beleuchtung der Postwagen, Treppen u. s. w.

Ich habe in diesem Werk auch ein reiches Material über die Leistungen der verschiedenen Akkumulatorensysteme etc. zusammengetragen und sage Allen besten Dank, die mich durch Beiträge dabei unterstützten.

Der Verfasser.

Internationale elektrotechnische Bezeichnungen und deren Abkürzungen.

Physikalische Benennung	Zeichen	Bestimmende Gleichung	Praktische Maasse
Länge	L, l	—	Centimeter
Masse	M	—	Gramm
Zeit	T, t	—	Sekunde
Oberfläche	O	$O = L \times L$	Quadratcentimeter
Inhalt	V	$V = L \times L \times L$	Kubikcentimeter
Winkel	α	$\alpha = \frac{\text{Bogen}}{\text{Radius}}$	Kreis von 360 Grad
Elektromotorische Kraft	E	$E = W \times J$	Volt
Stromstärke	J	$J = \frac{E}{W}$	Ampères
Widerstand	W, w	$W = \frac{E}{J}$	Ohm
Elektrizitätsmenge	Q (Cb)	$Q = J \times T$	Coulomb
Elektrische Energie	W	$W = E \times J \times T$	Watt
Elektrische Kraft .	P	$P = E \times J$	Pferdestärke
Leitungsfähigkeit .	G	$G = \frac{1}{W}$	Mho
Spezifische Leitungsfähigkeit . .	γ	$\gamma = \frac{1}{\rho}$	—
Spezifischer Widerstand	ρ	$\rho = \frac{1}{\gamma} = \frac{W \times O}{L}$	Ohm-Centimeter

Bei der Bezeichnung P , PS oder Pferdestärke muss man noch hinzufügen: indizirte (i), gebremste (b) oder elektrische (e) Pferdestärke; in englischer Bezeichnung HP für Pferdestärke.

Elektrische Maasse.

Widerstand (W) ist die Eigenschaft der Leiter, vermöge welcher sie dem Durchgang des Stromes ein Hinderniss bieten, praktische Einheit das Ohm.

Spannung (E) ist der Name derjenigen Ursache, welche die Elektrizität in einem Leiter bewegt, die Einheit ist das Volt, Strom-

stärke (J) ist das Produkt aus elektromotorischer Kraft und Widerstand, die Einheit ist das Ampère.

Coulomb ist die Strommenge, welche in einem Ohm mit einem Volt in einer Sekunde einen Leiter durchfließt, mit Q bezeichnet.

Tabelle zur Umwandlung von Siemens-Einheiten in Ohm und umgekehrt.

S.-E.	Ohm	Ohm	S.-E.
1	0.9434	1	1.06 ^{*)}
2	1.8868	2	2.12
3	2.8303	3	3.18
4	3.7736	4	4.24
5	4.7170	5	5.30
6	5.6604	6	6.36
7	6.6038	7	7.42
8	7.5472	8	8.48
9	8.4906	9	9.54

$$\frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}} = 1 \text{ Amp. oder } \frac{E}{W} = J$$

$J \times W = E$ ist das Ohm'sche Gesetz. Elektrische Arbeit = $J^2 \times W$.

1 Amp. \times 1 Volt = 1 Watt oder Volt-Amp.

Will man die elektrisch geleistete Arbeit nach Pferdestärken (PS) ausdrücken, so hat man

$$ePS = \frac{E \times J}{736}$$

$$J = \frac{Q}{\text{Zeit}} = \frac{Q}{t} \text{ oder } Q = J \times t.$$

Die vom Strom erzeugte Wärme ist $H = 0.0143 J^2 \times W \times t$, wobei H in Wärmeeinheiten, Kilogramm-Kalorien ausgedrückt ist.

Leitungsfähigkeit ist die Eigenschaft der Körper, den elektrischen Strom mehr oder minder leicht fortzuleiten. Einheit ist das Mho. — Das Wort ist die Umkehrung von Ohm. Ein Draht hat 1 Mho Leitungsfähigkeit (oder Leitvermögen), wenn sein Widerstand = 1 Ohm ist, oder Leitungsfähigkeit = $\frac{1}{\text{Widerstand}}$.

Unter Leitungsfähigkeit versteht man gewöhnlich spezifisches Leitungsvermögen.

^{*)} Ohm legal. Das Ohm international = 1.063 S.-E.

Einleitung.

Die Wirkungen des elektrischen Stromes auf die Körper sind je nach deren Eigenschaften und Zuständen sehr verschieden; sie äussern sich z. B. als Erwärmung, Zersetzung der Stoffe u. s. w., je nachdem dieselben gut oder schlecht leitend bzw. feucht oder trocken sind und je nachdem sie den Wirkungen der elektrischen Erhitzung oder der Elektrolyse im engeren Sinne ausgesetzt werden.*)

Die Produkte, welche unter der Einwirkung des elektrischen Stromes entstehen, sind oft sehr verschieden von den auf chemischem Wege erzeugten analogen Körpern. Oft sind die auf chemischem oder elektrochemischem Wege erzeugten Körper vollkommen identisch, mitunter zeigen sie jedoch ein ganz verschiedenes Verhalten, so dass man aus den schon bekannten chemischen Vorgängen nicht ohne Weiteres auf die elektrochemischen Veränderungen schliessen kann. Eine gründliche Kenntniss dieser Veränderungen ist daher nur möglich auf Grundlage der Erfahrung.

Die Wirkungen des elektrischen Stromes in einem elektrolytischen Prozess sind ausser von der Beschaffenheit der Körper, Beimengungen und dem Elektrolyten auch abhängig von der Stromstärke und der Spannung des angewendeten elektrischen Stromes. Jeder Prozess, jeder zu behandelnde Körper verlangt eine gewisse Stromstärke und Spannung zur Erzeugung des gewünschten Produktes, es ist also eine stete Ueberwachung und Messung der als geeignet erprobten Grössen nothwendig.

Die höchsten Stromstärken, bis zu einigen Tausend Ampère und Spannungen bis etwa 65 Volt, verlangt die Darstellung gewisser Metalle auf trockenem Wege, während die Elektrolyse mit viel geringerer Energie auskommt, je nach der Stellung in der Spannungsreihe.

Die zu zersetzende Flüssigkeit nennt man Elektrolyt, die in denselben eintauchenden, Strom führenden Theile, heissen Elektroden, von

*) Ueber die Theorie elektrolytischer Vorgänge findet sich Ausführliches in Bd. 2 der Encyclopädie der Elektrochemie von Professor Dr. Friedrich Vogel. (Wilhelm Knapp, Halle a. S., 1895.)

denen man als Kathode die Eintritts-, als Anode die Austrittsstelle des elektrischen Stromes bezeichnet. Die Bestandtheile, in welche der Elektrolyt zerlegt wird, nennt man die Jonen und zwar diejenigen an der Anode das Anion und an der Kathode das Kathion.

Faraday's Gesetz.

Die in einem elektrolytischen Prozess ausgeschiedenen oder zersetzten Mengen verhalten sich wie die Stromstärke und die Zeitdauer der Einwirkung — d. h. sie sind proportional der Stromstärke J und der Zeit t — und die an beiden Elektroden ausgeschiedenen oder zersetzten Mengen M und M' sind einander äquivalent in chemischer Hinsicht. Man kann hiernach die erhaltenen Mengen eines elektrochemischen Prozesses berechnen. Nennt man a das chemische Aequivalent eines Körpers bezogen auf Wasserstoff = 1, berechnet aus dem Atomgewicht und der Werthigkeit der Körper, ist J die Stromstärke in Ampère, t die Zeit in Sekunden, oder $J.t$ die Elektrizitätsmenge in Coulomb, so kann man das Gesetz mathematisch ausdrücken:

$$M = a . J . t.$$

Nach eingehenden Ermittlungen liefert 1 Cb. = 0.010386 mg Wasserstoff, es wird also von einem anderen beliebigen Körper das Produkt der Elektrolyse sein:

$$M = 0.010386 . a . J . t.$$

Da man gewöhnlich den Strom in Ampère und das Gewicht nach Gramm misst, so hat man für 1 Ampère

für Wasserstoff	in 1 Sekunde	1 Minute	1 Stunde
M in Gramm	0.00001039	0.000623	0.0374
in Milligramm	0.01039	0.623	37.4

Nach anderen Angaben liefert 1 Cb. 0.010384 mg Wasserstoff, mithin 1 Ampère-Stunde (= 3600 Cb.) 37.38 mg, also von irgend einem anderen Körper ist $M = 37.38 a$ mg. Umgekehrt kann man aus dieser Zahl die Stromstärke berechnen, ein Verfahren, das zum Aichen von elektrischen Messapparaten angewendet wird. Nicht minder wichtig ist:

Joule's Gesetz.

Jeder Leiter eines elektrischen Stromes wird von demselben erwärmt im Verhältniss des Widerstandes w des Leiters, der Zeit t und des Quadrats der Stromstärke J , d. h. die Wärmemenge

$$C = c . J^2 . w . t,$$

worin c diejenige Wärmemenge bedeutet, welche ein Strom i in einem Leiter vom Widerstande w in einer Sekunde erzeugt, d. h. von welchem 0.24014 g Wasser in 1 Sekunde von 0° auf 1° C. erwärmt werden, oder 1 Voltampère (Watt) erzeugt in einer Sekunde obige Arbeit; es ist also der Effekt eines elektrischen Stromes

$$\mathcal{E} = J \cdot E \text{ in Watt,}$$

$$\mathcal{E} = \frac{J \cdot E}{9.81} \text{ Sek. met. kg,}$$

$$\mathcal{E} = \frac{J \cdot E}{736} \text{ elektr. PS.}$$

$$\mathcal{E} = 0.24014 \text{ Grammc calorien per Sekunde.}$$

Ohm's Gesetz.

Die Stärke J des Stromes in einem Schliessungskreise ist gleich der Spannung E , getheilt durch den Widerstand W , also

$$J = \frac{E}{W}.$$

Der Widerstand in einem elektrolytischen Schliessungskreise setzt sich zusammen aus dem äusseren Widerstande W der Leitungen und dem inneren Widerstande w der Zersetzungszelle, also ist

$$J = \frac{E}{W + w}.$$

Die Grösse der Spannung E wird beim Einleiten eines elektrischen Stromes in eine Zersetzungszelle beeinträchtigt durch eine Gegenspannung e , es ist also dann

$$J = \frac{\text{Summe } E}{\text{Summe } W} \quad \left(= \frac{E \pm e}{W + w} \right)$$

Die in einem Widerstande w geleistete Wärmearbeit ist

$$C = J^2 \cdot w - J \cdot e \text{ und}$$

$$J^2 \cdot w = J^2 \cdot C + J \cdot e.$$

Hierin giebt $J^2 C$ die Wärmearbeit und $J \cdot e$ die Zersetzungsarbeit eines elektrolytischen Prozesses an, während die im Elektrolyten gebrauchte Spannung ist

$$E = J \cdot C + e.$$

Die Summe der bei einer chemischen Reaktion frei gewordenen Wärmemenge und des thermischen Aequivalents der Volumenänderung nennt man die Wärmetönung; dieselbe ist abhängig von dem Anfangs- und Endzustande der Substanzen, nicht von dem Wege, auf welchem sie sich vollzogen hat. — 1 g Kal. = 0.426 kgm. — Das thermische Aequivalent für die Volumenänderung $v - v'$ ist

$$\frac{(v - v') 10.33}{0.426} \text{ g Kal.}$$

wobei 10.33 der Quecksilberdruck ist in kg auf den qdem.

Für einen elektrolytischen Prozess ist maassgebend:

Die Gegenspannung e .

Der Zellenwiderstand w .

Die Stromdichte Δ , d. h. die Stromstärke in Ampère auf einen Quadratcentimeter der Elektrodenoberfläche. Ist der Widerstand w und Stromdichte Δ bekannt, so ist die erforderliche Spannung

$$E = e + \Delta w.$$

Es lassen sich also aus den vorstehend erläuterten drei Gesetzen alle Grössen eines elektrolytischen Prozesses, wie die dazu erforderliche Arbeit bestimmen. Da diese Prozesse jedoch nicht immer so glatt verlaufen, wie die theoretischen Erklärungen dieselben darstellen, so stimmen die praktischen Ergebnisse mit den Rechnungen nicht immer völlig überein.*)

Nachdem wir kurz die Gesetze kennen gelernt haben, nach welchem jeder elektrolytische Prozess, also auch der Vorgang in den Akkumulatoren sich regelt, wollen wir das Wesen der letzteren selbst kennen lernen.

*) s. a. Dr. Naumann Lehrbuch der Thermochemie.

Die Akkumulatoren im Allgemeinen.

Akkumulatoren oder elektrische Sekundärelemente nennt man Vorrichtungen, welche die Eigenschaft besitzen, zugeleiteten, elektrischen Strom aufzuspeichern und die es ermöglichen, denselben am Erzeugungsorte, auf Entfernungen oder ganz losgelöst vom Ursprung, in all den Anwendungsformen des direkten (primären) Stromes zu verwenden. Diesem letzterwähnten Umstande, der Beweglichkeit der Kraftquelle, verdanken sie ihre ausgedehnte Verwendung in Form der transportablen Akkumulatoren.

Die gebräuchlichen Bleiakkumulatoren bestehen aus den Elektroden, der sie umgebenden Flüssigkeit (dem Elektrolyten) und dem Gefäß. Die Elektroden, in nebenstehender Fig. 1 mit *E* bezeichnet, bestehen wiederum aus einer Anzahl positiver und negativer Platten, welche so neben einander gelagert sind, dass sich stets eine positive zwischen zwei negativen befindet, ohne sich gegenseitig zu berühren.

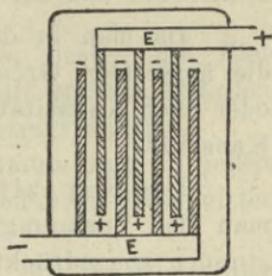


Fig. 1. Akkumulator.

Die präparierten Bleiplatten bestehen aus schmalen Hartblei-rahmen oder Gitterträgern etc., die gewöhnlich durch stärkere Zwischenrippen in mehrere Felder getheilt sind. Die Felder der Platten, Rahmen oder Träger sind bei positiven mit aktiver Masse aus Bleimennige, bei negativen aus einem Gemisch von Mennige und Bleiglätte bedeckt oder ausgefüllt. Sie erhalten durch ein ziemlich umständliches Verfahren und elektrolytische Behandlung (Formation) die Eigenschaft, den elektrischen Strom aufzunehmen und je nach Bedarf wieder abzugeben. Die gleichnamigen Platten innerhalb einer Zelle sind an den freien Enden, den Polen, durch Bleistreifen mit einander verbunden.

Die Vereinigung einer Anzahl solcher Zellen zu einer Schaltung — Reihen- oder Parallelschaltung — bezeichnet man als Batterie. Je nachdem, ob sie an einem Platze feststehen oder nicht, unterscheidet man stationäre oder transportable Akkumulatoren.

Bei der Reihenschaltung bzw. Hintereinanderschaltung von Zellen verbindet man die ungleichen Pole derselben mit einander, so dass an den Enden der Reihe ein positiver bzw. ein negativer Pol entsteht bzw. übrig bleibt.

Bei der Parallelschaltung (Nebeneinanderschaltung) werden die gleichnamigen Pole einzelner Zellen oder ganzer Reihen miteinander verbunden. Eingehende Erläuterungen der Schaltungen sind in einem späteren Abschnitte gegeben.

Der Akkumulator nimmt den ihm zugeführten, elektrischen Strom in Form gewisser chemischer Veränderungen seiner Bestandtheile beim „Laden“ auf. Beim „Entladen“ bilden sich diese Veränderungen wieder zurück, wobei dieser elektrochemische Prozess die ihm vorher zugeführte Energie in derselben Form zum grössten Theil wieder zurückgibt, als welche sie aufgenommen wurde, nämlich als elektrischer Strom (Kraft, Energie).

Die von einem geladenen Elemente abgegebene Elektrizitätsmenge, oder die gesammte Kapazität hängt bei jeder Type hauptsächlich ab von den Dimensionen oder dem Gewicht der Elektroden und der Menge des Elektrolyten.

Da man in der Praxis weder Ladung noch Entladung bis an die äussersten Grenzen treiben darf, so ist die nutzbare Kapazität, oder auch Kapazität schlechtweg, alle Mal geringer, als die gesammte Kapazität.

Die Kapazität wird gewöhnlich in Ampèrestunden, oder wenn man den Spannungsabfall mit in Rücksicht zieht, auch in Wattstunden ausgedrückt.

Die spez. Kapazität ist die Kapazität, bezogen auf das Gewicht, die Oberfläche oder das Volumen. Man unterscheidet spezifische Kapazität pro Kilogramm aktiver Masse, pro Kilogramm pos. Elektroden, pro Kilogramm Elektrodengewicht, pro Kilogramm Zellengewicht, pro Quadratdecimeter der pos. Oberfläche oder pro Kubikdecimeter der Zelle.

Der Nutzeffekt an Kapazität ist das Verhältniss der eingeladenen zur abgegebenen Energiemenge. — Das Element soll nach der Entladung in dem gleichen Zustande sich befinden, in dem es vor der Ladung war. —

Die mittlere Potentialdifferenz an den Klemmen des Elements beim Laden ist grösser als die elektromotorische Kraft (in Folge des inneren Widerstandes). Aus derselben Ursache ist beim Entladen die Potentialdifferenz geringer als die elektromotorische Kraft des Elements.*)

*) Siehe F. Loppé: „Les Accumulateurs Électriques“. Paris 1897. Masson et Cie.

Man stellt im Allgemeinen folgende

Anforderungen an die Akkumulatoren:

1. Das Rohmaterial, aus welchem die Platten hergestellt werden, soll möglichst billig sein.
2. Die nutzbare elektromotorische Kraft soll eine gewisse Grösse haben, im Mittel 1.93—1.95 Volt.
3. Für ein gewisses Gewicht und gegebenen Raum soll die aufgespeicherte Energie so gross als möglich sein.
4. Der Nutzeffekt, d. h. das Verhältniss zwischen aufgenommener und abgegebener Energie soll so gross als möglich sein.
5. Die Unterhaltung soll möglichst leicht und billig sein.
6. Die aufgespeicherte Energiemenge und der Wirkungsgrad soll so lange als möglich anhalten.
7. Die Akkumulatoren dürfen keine belästigenden oder ungesunden Gase entwickeln.

Diesen Bedingungen haben bis jetzt am besten die Bleiakkumulatoren genügt, während Akkumulatoren mit anderen Metallen, Kohle etc., mehr oder weniger grosse Mängel gezeigt haben.

Welche Anforderungen man an die Akkumulatoren in jedem besonderen Falle zu stellen hat, ist in den betreffenden Abschnitten ausführlich angegeben.

Wenden wir uns nun der Einrichtung der transportablen Akkumulatoren zu.

Die transportablen Akkumulatoren.

Die transportablen Akkumulatoren sind im Wesen den stationären gleich, nur muss bei denselben ganz besonders auf ihre Beweglichkeit und darum auf ein geringes Gewicht, auf möglichst hohe Leistung pro Zelle und endlich auf guten Einbau und Verschluss Rücksicht genommen werden. Diese speziellen Anforderungen bedingen verschiedene Modifikationen des Akkumulators auf die wir bei Besprechung der verschiedenen Systeme näher eingehen wollen.

In erster Linie wurde eine Verminderung des Gewichts durch leichtere Gefässe angestrebt und erst allmählich mit den Fortschritten der Technik auch durch leichtere Platten erreicht.

Die Gefässe, in welchen die Bleiplatten befestigt sind, wurden früher aus Hartgummi oder Glas gefertigt. Dieselben haben sich jedoch wenig bewährt. Besonders die Glaszellen sind schwer und leicht zerbrechlich. Auch die Hartgummizellen brechen leicht, besonders bei kalter Witterung, auch sind sie nicht durchsichtig.

Neuerdings fertigt man daher die Zellengefässe für transportable Akkumulatoren vielfach aus dem sehr widerstandsfähigen und zähen Celluloid, welches sehr leicht und durchsichtig ist, oder aus verleiten Holzkästen (aus Pitchpine, Mahagoni oder Hickory). — Das Celluloid gestattet in sehr einfacher Weise, die Platten von einander isolirt aufzuhängen, unbeweglich zu befestigen und im Betriebe zu beobachten. Ferner lassen sich die Zellen leicht und sicher säuredicht verschliessen; kurz das Material entspricht in jeder Weise allen an dasselbe zu stellenden Anforderungen. Reparaturen an den Zellen sind sehr leicht und billig auszuführen.

Die Batteriekästen, in welche man die Zellen einbaut, sind der billigen Preise und der Leichtigkeit und guten Isolirung wegen stets aus Holz gefertigt, das mit säurefestem schwarzem oder farbigem Lack angestrichen ist. Je nach der erforderlichen Festigkeit und Widerstandsfähigkeit nimmt man hierzu entweder harziges Kiefernholz oder das härtere Eichenholz. Andere billige Holzarten eignen sich für diese Zwecke weniger gut. Der Einbau der Zellen in die Batteriekästen erfordert sehr sorgfältige Arbeit, viel Erfahrung und Uebung. Die Zellen einfach lose in einen Holzkasten zu stellen, ist absolut unzulässig. Besondere Sorgfalt erfordert auch die Anbringung der Leitungen und der Polklemmen, damit später, wenn das Holz einmal durchsäuert sein sollte, kein Schluss zwischen den Polen entstehen kann.

Die transportablen Zellen müssen derartig verschlossen sein, dass bei deren Bewegung, beim Tragen oder Fahren, weder die Platten sich bewegen, noch Säure aus den Gefässen ausfliesst. Ein weiterer Unterschied liegt wie bemerkt in dem Gewicht der Platten und der Grösse der Zellen. Die Platten von fahrbaren Akkumulatoren, wie sie z. B. für den Betrieb von Strassenbahnen gebraucht werden, macht man kaum über 30×20 cm gross, während feststehende Batterien Platten bis etwa zur vierfachen Grösse erhalten. Die Schwere der feststehenden Zellen bzw. Platten ist in gewissen Grenzen nicht beschränkt, während bei tragbaren Batterien das Gewicht möglichst eingeschränkt werden muss, sodass man jedem Kasten mit einer oder einigen Zellen ein Gewicht nicht über 50 kg zu geben pflegt. Nur bei fahrbaren Batterien, wie sie z. B. zur Beleuchtung ganzer Züge in den Eisenbahn-Packwagen mitgeführt werden, geht man bis zu 70 kg pro Kasten, falls die Batterien beim Laden in dem Wagen verbleiben.

Betrachten wir nun zunächst die verschiedenen Einrichtungen der Zellen und Platten.

Die verschiedenen Systeme der Akkumulatoren.

Die Masse- oder Rahmenplatten.

Zur Erzielung möglichst leichter Platten, d. h. von Platten, welche im Verhältniss zu ihrem Gewicht eine hohe Kapazität haben, hat man verschiedene Wege eingeschlagen.

Einige Konstrukteure haben das Gerüst zur Anbringung der aktiven Masse aus isolirendem Material hergestellt, wie z. B. aus Porzellan, Hartgummi, Celluloid etc. Natürlich mussten zur Stromleitung, d. h. um der in dem isolirenden Gerüst angebrachten aktiven Masse den elektrischen Strom zuführen bzw. aus derselben ihn ableiten zu können, irgendwelche metallischen Drähte angebracht werden. Alle diese verschiedenen Konstruktionen nach dieser Richtung hin scheinen sich jedoch nicht bewährt zu haben, während ein anderer Weg von grossem Erfolg begleitet war. Man hat nämlich aus aktiver Masse mehr oder weniger grosse Platten hart und doch dabei porös hergestellt, sodass ein nur verhältnissmässig schmaler und leichter Bleirahmen genügt, um den nöthigen Halt und die Strom-Zu- und -Ableitung zu erzielen. Typisch für diese Art Platten ist das Patent Boese. Die Platten dieses Systems bestehen aus 1—4 Feldern, welche von einem schmalen Bleirahmen mit tiefer dreieckiger Nut gebildet werden, Fig. 2. Je nach der Grösse und dem Zweck der Platten sind die Rahmen 4—8 mm stark. Jeder Rahmen hat oben zu beiden Seiten eine vorspringende Nase, um die Platte in den eigenartig hergestellten Zellgefässen aufzuhängen, ausserdem ist auf der einen Seite ein Ableitungstreifen (Fahne) angebracht, der zum Anlöten der Verbindungen der Platten bzw. der Zellen unter sich etc. dient.

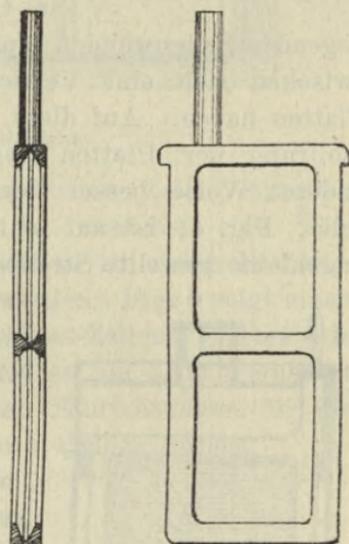


Fig. 2. Rahmen System Boese.
Querschnitt. Längsschnitt.

Die Rahmen dieser Art werden nach der Patentbeschreibung in folgender Weise mit Masse ausgefüllt. Die Mennige bzw. die Bleiglätte werden zu einem steifen Brei mit Hilfe spirituöser Lösungen aus Theerpräparaten zubereitet, welcher in die Bleirahmen fest eingestrichen, die bekannte, harte Platte ergibt. Nachdem die Platten lufttrocken geworden sind, werden sie in einem Ofen unter Erwärmung vollkommen getrocknet und in einem besonderen

Bade einem weiteren Härtingsprozess unterworfen. Alsdann erfolgt die Formirung durch Elektrolyse in verdünnter Schwefelsäure, bis die Masse durchweg zu Superoxyd bzw. Bleischwamm verändert ist.

Die durch dieses eigenartige Verfahren erzeugten Platten haben nicht nur eine grosse Festigkeit, sondern auch eine hinreichende Leitungsfähigkeit der aktiven Masse, so dass ein Bleigitter oder sonstiges Gerüst vollständig unnöthig ist. Je nach dem Zwecke und der Verwendungsart sind die Rahmen in mehr oder weniger grosse Felder getheilt. So eigenartig, wie die Platte, ist auch die Konstruktion des Einbaues derselben, d. h. die Einrichtung der Zellengefässe behufs Aufhängung und Isolirung der Platten im Elektrolyten. Die Gefässe der Zellen bestehen entweder aus Glas oder Celluloid.

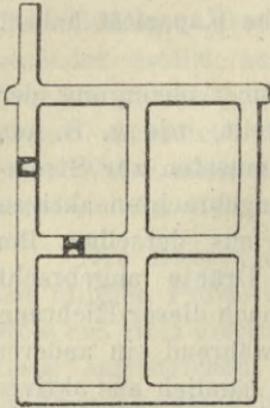


Fig. 3. Bleirahmen.

Die Glaszellen enthalten an zwei gegenüberliegenden Seitenwänden eingepresste Glasrippen, die am oberen Rande zwischen sich eine Vertiefung für die Nasen zum Aufhängen der Platten haben. Auf diese Weise ist eine sehr gute Befestigung und Isolirung der Platten gegeneinander erreicht, wie sie in keiner anderen Weise besser hergestellt werden kann. In der Celluloidzelle, Fig. 4, ist auf sehr einfache Weise der gleiche Zweck durch angeklebte gewellte Streifen erreicht, während die Aufhängung durch

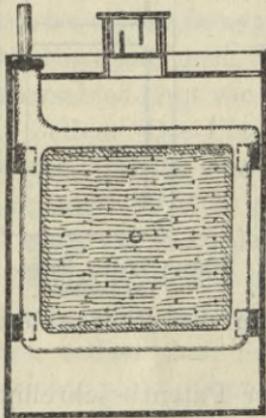


Fig. 4. Schnitt durch die Zelle.

eine Verstärkung am oberen Rande bewirkt wird. Um der aktiven Masse beim etwaigen Abfallen Raum zu gewähren, so dass sie nicht zwischen den Platten einen Kurzschluss erzeugen kann, ist der Einbau derartig bewirkt, dass unten am Boden ein Raum von etwa 20—30 mm vorhanden ist. Je nach Umständen erfolgt die Verlöthung der eingebauten Platten unter oder über dem Deckel, welcher die Zellen nach oben abschliesst. Da der Deckel gleichfalls aus Celluloid besteht, so ist das Zellengefäss in allen seinen Theilen vollkommen durchsichtig und kann das Verhalten der Platten beim Laden

und Entladen jeder Zeit leicht beobachtet werden, wodurch die Wartung ganz erheblich vereinfacht wird. Die Herstellung der Celluloidzellen, der Isolir- und Aufhänge-Vorrichtungen wird nach langjähriger Praxis in vorzüglicher Weise bewirkt, sodass man neuer-

dings fast ausschliesslich dieses neue Material für die Herstellung der Zellen verwendet. Der Deckel ist durch einen besonderen, isolirenden Klebstoff fest mit den Zellenwänden verkittet, so dass beim Transport keine Säure entweichen kann. Die einzige Oeffnung im Deckel, welche mit einem Ventilstöpsel verschlossen ist, dient zur Regulirung des Elektrolyten, zur Kontrolle der Säurekonzentration und für das Entweichen der Gase.

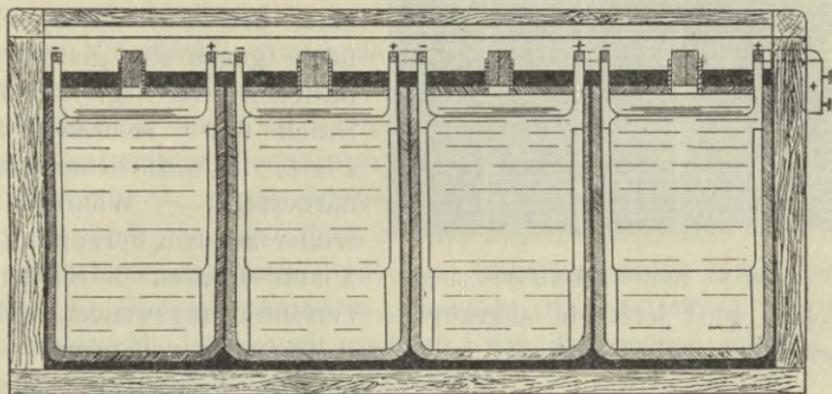


Fig. 5. Schnitt durch einen Batteriekasten.

Die fertig eingebauten und verschlossenen Zellen erhalten zwischen den gleichartigen Elektrodenplatten zunächst eine Verlöthung, vermittelst welcher auch mehrere Zellen zu einem Batteriekasten von vier oder mehr Zellen verbunden werden. Fig. 5 zeigt einen Schnitt durch einen Einbaukasten mit vier Glas-Zellen. Platten wie Zellengefässe sind unbeweglich befestigt, sodass sie beim Transport sich nicht bewegen können. Die speziellen Einrichtungen für die verschiedenen Zwecke werden wir später noch kennen lernen.

Die Planté-Platten.

Die Planté-Platten der Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft Hagen bilden einen vollständigen Gegensatz zu den vorbeschriebenen Masseplatten, da die positiven Platten nicht wie jene eine grosse Menge aktiver Masse und ein Minimum an Metall enthalten, sondern umgekehrt nur aus Metall bestehen, das mit einer ganz dünnen Schicht elektrolytisch erzeugter, aktiver Masse bedeckt ist, die also nicht zuvor mechanisch aufgetragen wurde, sondern durch Anformiren in innigster Weise mit dem darunter liegenden massiven Bleikern verbunden ist. Die Platten verschiedener Grösse sind in geeignete grosse Felder getheilt und jedes Feld enthält sehr feine eng aneinander liegende Rinnen, die von Querwänden in

ca. 1 cm Abstand durchsetzt werden und hierdurch schmale tiefe Fächer bilden. Die Eintheilung und Stärke dieser Platten ist je nach der anzuwendenden Stromdichte bei der Ladung und Entladung verschieden. Die Platten für drei- und mehrstündige Entladung sind 10—12 mm stark und haben etwa 5 mm tiefe Rippen, so dass die 6fache Oberfläche gegen eine glatte Platte erzeugt wird, während

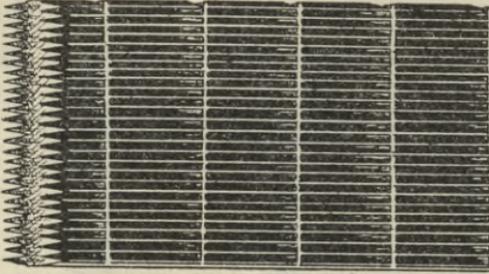


Fig. 6. Positive Planté-Platte.

für 1—3 stündige Entladung die Platten etwa 8 mm stark sind, und eine 8fache Oberfläche gegen eine glatte Platte besitzen. In Fig. 6 ist ein Stück einer solchen Planté-Platte in natürlicher Grösse dargestellt. — Während man früher zu dem Formiren dieser Planté-Platten 6—8 Wochen

brauchte, wird jetzt ein abgekürztes Verfahren angewendet, welches es ermöglicht, die Formirung in einigen Tagen zu vollenden.

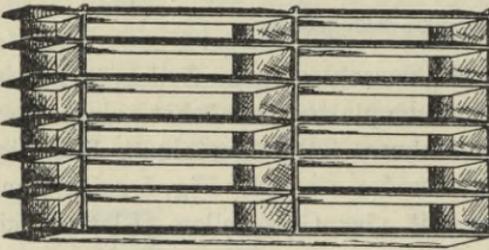


Fig. 7. Negatives Gitter.

Die negativen Platten, Fig. 7, bilden ein Gitter mit engen länglichen Oeffnungen, welche in bekannter Weise mit aktiver Masse ausgefüllt werden.

Die Zelle für Traktionszwecke enthält 6 positive und 7 negative Platten.

Die positiven Platten sind Planté-Platten von $192 \times 159 \times 11$ mm Grösse. Der Kern der Platten ist 1 mm stark, welcher beiderseits 104 vertikale und 18 horizontale Rippen trägt. Die negativen Platten bestehen aus engmaschigen Gittern. Im übrigen entsprechen die Platten genau der in den Figuren 6 und 7 dargestellten Einrichtungen.

Die Kapazität beträgt

bei 60 Amp. Entladung 180 Amp.-Std.

„ 96 „ „ 100 „ „

Der maximale Ladestrom ist 60 Ampère.

Dr. Majert's Planté-Platten.

Eine eigenartige Herstellung von Planté-Platten hat sich Dr. Majert, Berlin, schützen lassen. Derselbe stellt in stark komprimirten Bleiplatten durch einen spitzen Drehstahl schneckenförmige

Rippen her und erzielt damit in analoger Weise eine grössere Oberfläche, als wie bei den gegossenen Rippenplatten. —

Da die schwache Mittelwand, der Kern, bei den Rippen- oder Planté-Platten nur 1.0—1.5 mm stark gemacht wird, um das Gewicht nicht unnöthig zu vergrössern, so ist eine Versteifung der Rippen nothwendig, wie dies Fig. 6 zeigt.

Schmiert man Rippenplatten irgend welcher Art aus, wie dies auch bei den Tudorplatten geschieht, so wird zwar das Formiren ganz bedeutend abgekürzt und die Platten verhalten sich in Bezug auf ihre Oberfläche genau so, wie nicht ausgeschmierte, nur elektrolytisch formirte Planté-Platten; sie vertragen also eine sehr hohe Belastung von 3 bis zu 5 Amp. pro qdem Ansichtfläche, aber im praktischen Betriebe fällt, zufolge der beständigen Erschütterungen beim Fahren, die eingestrichene, aktive Masse ungleich heraus, und damit ist dann das nahe Ende solcher Platten gekommen.

Sobald nämlich keine homogene Oberfläche mehr vorhanden ist, arbeiten die Platten, besonders bei hoher Strombelastung, ungleich, sie dehnen sich daher auch ungleich, wie dies später erwähnt ist, krümmen sich und machen Kurzschluss.

Das System Pollak

verwendet ganz eigenartig hergestellte Platten, welche die Vorzüge der beiden zuvor beschriebenen Systeme gewissermaassen in sich vereinigen. Durch eigenthümlich gestaltete Walzen wird aus massiven Bleiplatten zunächst eine

Art Planté-Platte hergestellt, welche, wie in Fig. 8 gezeichnet, eine massive Mittelwand hat und zu beiden Seiten nach dem Walzen kurze, hervorstehende Stifte zeigt, die wie die Borsten einer Bürste nebeneinander stehen. Die fortlaufend gewalzten Platten werden in angemessen grosse Stücke zerschnitten, mit Aufhängevorrichtungen und Zu-

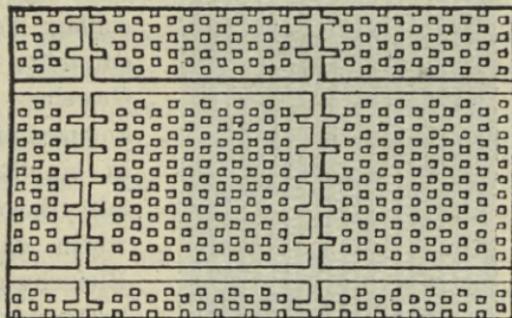


Fig. 8. Pollak's Platte.



Querschnitt.

leitungen versehen und alsdann nach einem eigenartigen Verfahren mit Bleisalzen (kohlen-saurem Blei) bedeckt. Die Formation der Platten erfolgt zunächst in einem alkalischen Bade, so dass die aufgetragenen Salze zu Blei-

schwamm verändert werden. Hierauf werden die Bleischwammplatten welche positiv formirt werden sollen, in einem Säurebade in Bleisuperoxyd umgewandelt. Um die aktive Masse auf der massiven Grundplatte besser zu befestigen werden die Bleischwammplatten vor der weiteren Behandlung noch einmal durch eine glatte Walze gezogen, wodurch die senkrechten Stifte nach einer Seite zu Häkchen umgekrümmt werden, so dass die Masse nicht allein komprimirt, sondern auch sehr gut festgehalten wird.

Das System Gülcher.

Einen ganz eigenartigen Weg, dünne Platten mit aufgetragener Masse herzustellen, hat die Gülcher Akkumulatoren-Fabrik Gesellschaft eingeschlagen, indem dieselbe als Kette ausgespannte Bleidrähte mit Schussfäden aus feiner Glaswolle umwebt. Dieses Gewebe wird in passende Längen abgeschnitten und bildet, mit einem Bleirahmen umgossen, den Träger der Masse.

Das Auftragen der aktiven Masse erfolgt (nach dem D.-R.-P. No. 80 527), nachdem zuvor das Glasgewebe mit schwefelsaurem Bleioxyd imprägnirt war. Herr Dr. E. Müllendorf berichtet hierüber in „Glaser's Annalen“ vom 15. September 1897 wie folgt:

Das Glasgewebe, Fig. 9, wird zunächst mit einer konzentrirten Lösung von essigsäurem Blei getränkt und dann in ein Bad von verdünnter Schwefelsäure gebracht, wodurch ein Niederschlag von schwefelsaurem Bleioxyd entsteht, der zwischen den Fasern des Gewebes festgehalten wird. Hierauf kommen die Gewebe zwischen Zinkplatten in ein Bad aus Kochsalzlösung oder mit Salzsäure angesäuertem Wasser, worin das schwefelsaure Bleioxyd in Bleischwamm verwandelt, dessen Anhaften an den Zinkplatten durch Zwischenlagen von Filtrirpapier verhindert wird. Hiermit sind die negativen Platten

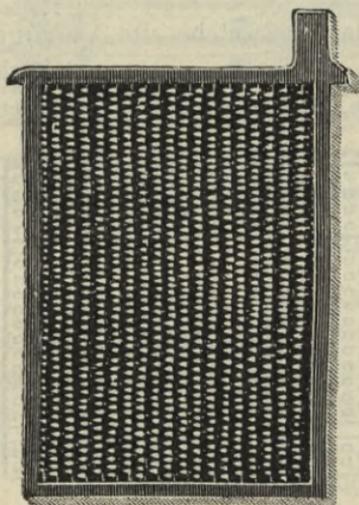


Fig. 9. Platte System Gülcher.

fertig (Fig. 9) und bedürfen nur des guten Auswaschens in Wasser, während die positiven Platten unter der Einwirkung des Ladestromes formirt werden.

Die Platten sind zwischen eigenartig geformten Hartgummiträgern, mittelst hervorstehender Nasen an beiden Seiten aufgehängt, wie dies Fig. 11 zeigt. Die Hartgummiträger werden durch

einen Hartgummibolzen mit Muttern aus gleichem Material zusammengehalten, so dass die Nasen der Platten aus den Oeffnungen der Träger nicht mehr hinaus können. Um zu verhindern, dass bei dem geringen Abstände der Platten eine Berührung zwischen denselben stattfindet, sind die Platten der Länge nach mit Glaswolle derartig bewickelt, dass sie sich in einem Abstände von etwa 5 mm nebeneinander befinden. — Wie dem Verfasser in der Fabrik versichert wurde,

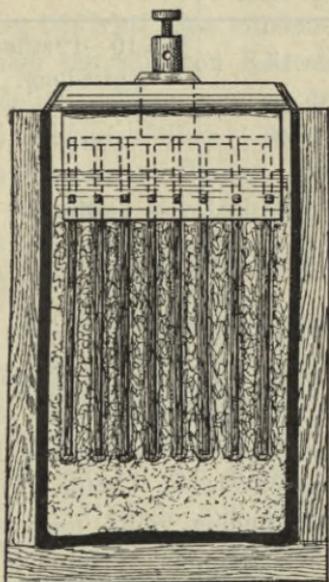


Fig. 10. Gülcher's Einbau der Platten.

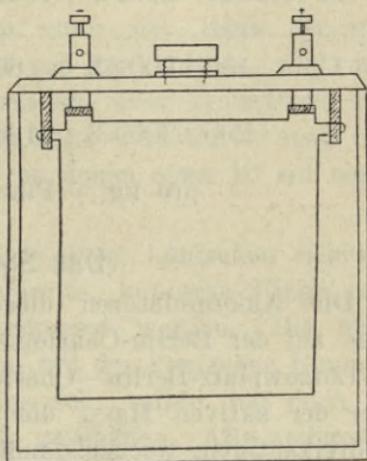


Fig. 11. Einbau von Gülcher.

lagert sich zwischen den Platten innerhalb der Glaswolle keine losgelöste Masse ab, welche etwa zu Kurzschlüssen Veranlassung geben könnte, wie dies früher bei Anwendung von Bimstein oder anderen indifferenten Stoffen zwischen den Platten beobachtet wurde.

Die spez. Kapazität bezogen auf 1 kg Totalgewicht und 10stündige Entladung beträgt bei den transportablen Typen der Gülcher-Akkumulatoren 10—11 Ampère-Stunden. Man war bisher der Ansicht, dass es im Allgemeinen ein unzureichendes Mittel sei, das Abfallen der aktiven Masse der Platten durch irgendwelche Gewebe oder Umhüllungen gegen das Herausfallen zu schützen.

Der Werth einer Platte hängt nicht allein davon ab, ob die Masse schliesslich herausfällt, sondern derselbe wird auch dadurch schon beeinträchtigt, wenn sich die aktive Masse überhaupt lockert und den innigen Kontakt mit ihrem stromleitenden Träger verliert. — Da es bisher bei den zahlreich bekannt gewordenen Konstruktionen thatsächlich noch nicht gelungen ist, dem allmählichen Abfallen der aktiven Masse gründlich abzuhelpen, vielmehr selbst bei Planté-Platten, die eine äusserst festhaftende Superoxydschicht haben, die

Masse beim Gebrauch allmählich in grösseren Mengen zu Boden sinkt, so kann nur längere, praktische Erfahrung lehren, ob es thatsächlich möglich ist, durch diese neue Konstruktion den natürlichen Vorgang zu verzögern, oder ganz zu verhindern.

Gülcher-Platten.

Type	Grösse mm	Gewicht g	Kapazität A.-Std.	Bemerkung
A.	100×150×3	340	15	Bei 10—12 stünd. Entladung.
C.	150×200×3	660	30	dto.
E.	200×300×3	1360	60	dto.

pro kg + Platte 44.1 Amp.-Std. *)

Das System Watt.

Die Akkumulatoren dieses Systems sind in ausgedehntem Maasse auf der Berlin-Charlottenburger Strassenbahn, sowie auf der Linie Lützowplatz-Berlin—Charlottenburg—Westend im Gebrauch. Als Träger der aktiven Masse dient ein engmaschiges Gitter, Fig. 12, (aus dreikantigen, wechselständig mit der flachen Seite nach aussen gekehrten Stäben, die durch kurze, dünnere Rippen verbunden sind), das für die positiven Platten $2\frac{1}{2}$ mm stark ist. Die in die Gitter eingetragene Masse wird nach dem der Fabrik geschützten, bekannten Verfahren formirt und werden alsdann die Platten zu Zellen vereinigt.

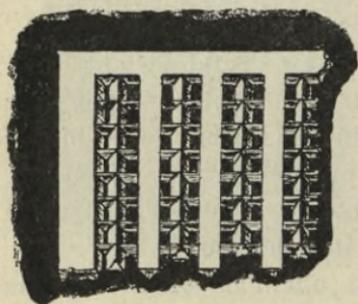


Fig. 12.

Gitter der Watt-Akkumulatoren-Fabrik.

Die Zellen für den Strassenbahnbetrieb sind aus amerikanischem, harzreichem, festem Fichtenholz zusammengefügt und mit 1 mm starkem Blei ausgekleidet. Der Einbau der Platten ist derartig bewirkt, dass sämtliche Platten zugleich herausgehoben werden können. Als Isolirung zwischen den Platten sind 1 cm breite Hartgummistreifen verwendet, welche oben und unten durch runde Querstäbchen verbunden sind. Der Deckel in einer jeden Zelle besteht aus dünnem Hartgummi, derselbe wird durch Umbiegen des oberen Bleirandes festgehalten. Zur Kontrolle der Zellen und zum Nachfüllen der Säure hat der

*) E. T. Z. 1896, S. 676.

Deckel in der Mitte ein etwa 3 cm grosses Loch, das mit einer glatten, etwas grösseren Hartgummischeibe lose zugedeckt ist. Die Feuchtigkeit des Elektrolyten genügt, um den Verschluss an dem Deckel haften zu lassen. Verfasser hatte Gelegenheit, bei der Revision von Zellen zugegen zu sein und zeigten sich dieselben nach dreimonatlichem Betriebe in tadellosem Zustande.

Der Einbau der Kästen unter den Sitzen in den Wagen ist derartig bewirkt, dass zunächst der ganze Hohlraum unter den Bänken zu einem säuredichten Kasten eingerichtet ist, in welchem 2 Reihen von Zellen nebeneinander den Raum unter der Bank der ganzen Länge nach ausfüllen. Jede Zelle ist von der anderen, wie von den Seitenwänden am Wagen, durch Porzellan- oder Holzstücke isolirt. Die Verbindung der Pole von Zelle zu Zelle wird durch etwa $\frac{1}{2}$ mm starke und 30 mm breite Bleistreifen, von denen etwa 10 auf einander gelegt sind, bewirkt.

Der Pol einer jeden Zelle trägt einen konischen Schraubenzapfen, auf welchen entsprechend geformte, konische Ringe passen, die durch achtkantige Muttern festgepresst werden. Die dünnen, aufeinander gelötheten Bleistreifen sind mit den konischen Ringen fest verlöthet und ist auf diese Weise eine sehr solide und doch nachgiebige Verbindung von Zelle zu Zelle geschaffen. Alle anderen Verbindungen, wie z. B. starke aufgelöthete massive Bleistreifen, haben sich nicht bewährt, da sie bei den Erschütterungen des Wagens gelegentlich durchbrechen und auf diese Weise den Betrieb stören.

Von den Akkumulatoren-Platten der Watt-Akkumulatoren-Fabrik für transportable Zellen werden folgende Typen gefertigt:

Type	Abmessungen Millimeter			Quadrat- decimeter		Gewicht Gramm	Kapazität Ampère-Stunden bei Entladung in				
	lang	breit	dick	einer- seits	beider- seits		1	3	5	10	16
							Stunden				
$\frac{A}{2}$	75	33	2.5-3	0.25	0.5	50	1.05	1.25	1.50	1.75	1.875
A	100	55	2.5-3	0.55	1.10	110	2.3	2.75	3.3	3.85	4.125
B	150	88	2.5-3	1.32	2.64	270	5.54	6.6	7.92	9.24	9.90
C	175	152	2.5-3	2.66	5.32	530	11.17	13.3	15.96	18.62	19.95
Stg	280	180	2.5-3	5.04	10.08	1008	21.16	25.2	30.24	35.28	37.8
St	350	200	2.5-3	7.0	14.0	1260	26.46	31.5	37.8	43.1	46.25

Gewichte der Platten und Zellen.

Pro qdm Gitter	117.4 gr.
„ „ Masse	82.6 „
„ „ Elektrode	200.0 „
„ „ eingebaute Zelle	} für Stg 2 0.96 kg
mit Holzkasten und Bleiblech		} „ „ 5 0.46 „

Zellen für Strassenbahnwagen.

Type	Plattenzahl		einerseits qdm + Oberfläche	Kapazität Ampère-Stunden bei Entladung in Stunden	
	+	—		10	16
Stg 2	2	3	10	70.5	75.6
Stg 5	5	6	25	186.14	189.0

und andere Typen.

Leistung pro qdem + Platten-Fläche (einseitig bezogen).

Entladung in Stunden	Ampère-Stunden
1	4.2
3	5
5	6
10	7
16	7.5

Der Watt-Trockenakkumulator.

Ein kleiner, zweiachsiger Wagen der Linie Westend-Charlottenburg und Berlin-Lützowplatz ist seit $\frac{3}{4}$ Jahren mit Zellen ausgerüstet, welche statt der reinen Schwefelsäure, wie sie bisher allgemein üblich ist, eine Füllung von mit Säure angefeuchteter Holzkohle haben. Durch längere Versuche haben die Herren Schaefer & Heinemann ein Verfahren ermittelt, Holzkohlenpulver derartig zu präparieren, dass es weder Leitungsfähigkeit hat noch durch die Elektrolyse im Geringsten verändert wird. Der innere Widerstand und die Kapazität solcher Zellen mit Kohlenfüllung sind nur ganz unwesentlich hierdurch verändert und scheint faktisch hiermit ein idealer Trockenakkumulator geschaffen zu sein. Es macht einen ganz eigenartigen Eindruck, wenn man den Sitz der Bank im Wagen hochklappt und darunter die vollständig

offenen, bis oben mit schwarzer Kohle angefüllten Zellen stehen sieht. Verfasser hat selbst Gelegenheit gehabt, sich von der ausgezeichneten Wirksamkeit dieser Trockenakkumulatoren zu überzeugen. Ein Befühlen mit der Hand ergibt selbst nach langem Betriebe eine kaum fühlbare Erwärmung des Kohlenstaubes.

Anstatt die Zellen zwischen den Platten mit losem Kohlenstaub zu füllen, hat die Gesellschaft Watt auch poröse Kohlenplatten (Diaphragmen) aus diesem eigenthümlich präparirten Kohlenstaub gepresst und zwischen die Bleiplatten eingefügt, während der übrige Raum mit Kohlenstaub ausgefüllt wird.

Durch dieses Verfahren wird nicht allein die Berührung der Platten untereinander absolut verhindert, sondern auch die kostspielige Isolirung aus Hartgummi oder sonstigen Stoffen, welche bei dem bisherigen Einbau notwendig waren, vollkommen erspart.

Die Gesellschaft steht in Begriff, bei sämmtlichen Wagen, etwa 24 Stück, der Berlin-Charlottenburger Strassenbahn die Kohlenstaubfüllung einzuführen, da sich dieselbe in 9 monatlichem Betriebe vorzüglich bewährt hat.

Franke's Gitter.

Ein für viele Zwecke verwendetes Gitter fertigt die Maschinenfabrik von E. Franke, Berlin, welche sich ausschliesslich mit Herstellung von Formen für Akkumulatoren und Giessmaschinen zur Massenerstellung von Bleiträgern beschäftigt. Das Gitter, Fig. 13, ist insofern eigenthümlich, als die Gitterstäbe, welche horizontal laufen, beiderseits auf der Oberfläche der Platten sich befinden und auf beiden Seiten gegeneinander versetzt sind. Jeder Stab ist jedoch mit dem nächstgelegenen auf der anderen Seite durch einen Querstreifen verbunden. Auf diese Weise wird die aktive Masse nicht allein ganz vorzüglich festgehalten, sondern sie bildet vor allen Dingen auch durch die ganze Platte bezw. innerhalb eines Feldes derselben ein zusammenhängendes Ganze, was, nächst einer guten Zuleitung des Stromes, ganz bedeutende Vortheile für die Wirksamkeit der Masse hat.

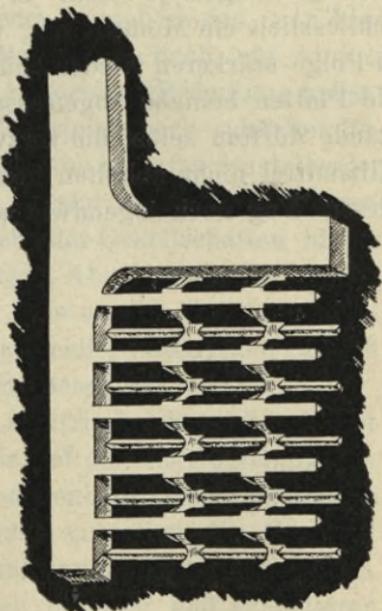


Fig. 13. Franke's Gitter.

Es ist nicht gut möglich, alle bekannt gewordenen Konstruktionen hier wieder zu geben, und sind nur diejenigen, der noch weniger bekannten aufgeführt worden, welche weitere Verbreitung erlangt haben.

Ausser diesen Bleiakkumulatoren ist noch zu erwähnen der

Zink-Blei-Akkumulator.

Seit Erfindung der Akkumulatoren hat es nicht an Bestrebungen gefehlt, durch Anwendung von Metallen, die leichter sind als Blei, das Gewicht der Zellen für eine gewisse Leistung herabzumindern wie dies z. B. im Zink-Kupfer-Akkumulator von Waddel-Eutz versucht wurde. Derselbe zeigte sich jedoch, bei den hohen Ansprüchen, welche der Strassenbahnbetrieb erfordert, nicht widerstandsfähig genug.

Andere wieder haben bis in die neueste Zeit Zink-Blei-Akkumulatoren versucht, doch werden auch diese aus der nachfolgenden Erwägung für stärkere Leistungen nicht geeignet sein.

Eingehende Versuche sowohl mit Zink-Blei-Akkumulatoren als auch mit anderen negativen löslichen Elektroden bringen bei stärkerer Beanspruchung folgenden Uebelstand mit sich: Je länger eine Zelle im Gebrauch ist, desto mehr konzentriert sich das in Lösung gehende Metall als Salzlösung auf dem Boden der Zelle, so dass schliesslich die Zinkelektrode am unteren Ende stärker und stärker wird, während oben je länger je mehr in Lösung geht. Auf diese Weise tritt schliesslich ein Moment ein, wo am unteren Ende der Zinkelektroden in Folge stärkeren Niederschlages Kurzschluss eintritt, während oben die Platten beinahe abgefressen sind. Diesem naturgemässen Uebelstande dürften selbst die verzwicktesten Konstruktionen und sonstigen Hilfsmittel nicht abhelfen können, so dass es aussichtslos erscheint, diesen Weg noch irgendwie weiter zu verfolgen.

I. Anwendung transportabler Akkumulatoren für Starkstrom.

1. Zur Bewegung von Fahrzeugen.

Ein jeder Betrieb ist an gewisse Mittel gebunden. Wächst der Umfang des Betriebes, so müssen diese Mittel entsprechend den höheren Anforderungen erweitert, vergrössert werden, ja es muss schliesslich ein völliger Wechsel der Betriebsmittel eintreten. Die Kraft des Menschen ersetzte man zunächst durch thierische Kraft und wo diese nicht ausreichte, hat man Maschinenbetrieb eingeführt.

In Ostasien und Afrika zieht noch heute der Kuli bezw. Neger den zweirädrigen Karren, in Europa werden Kutschen und Strassenhahnen hauptsächlich von Pferden gezogen. — Da die animalische Kraft jedoch den heutigen Ansprüchen nicht mehr genügen konnte, suchte man seit Jahren Maschinenkraft an deren Stelle zu setzen.

Der Rowan'sche Dampfwagen, Honigmann's Natron-Lokomotive, Petroleummotoren, Gaswagen sahen wir in den letzten zehn Jahren auftauchen und in den meisten Orten wieder verschwinden, nur hier und da fristen einige der genannten Maschinen noch ein kurzes Dasein und bald werden auch sie nur noch historische Bedeutung haben.

Das von Jahr zu Jahr steigende Bedürfniss nach schneller Beförderung von grossen Massen konnten auch sie in zufriedenstellender Weise nicht befriedigen. So lange es irgend möglich war, verschanzten sich die Direktoren der Strassenbahn-Gesellschaften hinter allerlei Ausflüchten und sträubten sich gegen Abschaffung der Pferde. Sie haben vergeblich darauf hingewiesen, dass man noch kein brauchbares Motorsystem habe und der einzig rationelle, elektrische Betrieb noch nicht genügend durchgebildet und zu theuer sei.

Nachdem aber in Nordamerika der elektrische Betrieb auf fast 50% aller Strassenbahnen durchgeführt war und die elektrotechnischen Einrichtungen daselbst zu hoher Vollkommenheit sich entwickelt hatten, nachdem die elektrischen Gesellschaften selbst den Bau von elektrischen Strassenbahnen in die Hand nahmen, fing man in Europa endlich an, dem allgemeinen Drängen nach besserer und schnellerer Beförderung nachzugeben, sodass nun in Kurzem das Pferd von unseren Strassenbahnen verschwinden wird.

Doch nicht allein die gewöhnliche Pferdebahn hat ihr Ende erreicht, auch die Droschke, der Geschäftswagen und sonstiges Fuhrwerk hat sich die elektrische Kraft als höchst dankbares Betriebsobjekt mit Erfolg in unseren grossen Städten schon erobert, nachdem man auch Boote schon seit Jahren damit betrieben hat. — Nur die grossen Eisenbahnen erklären heute noch, wie vor Jahren die Strassenbahntechniker, dass für ihre Zwecke ein elektrischer Betrieb fast unausführbar wäre. Wir werden jedoch später sehen, dass auch hier schon einzelne, wohlgelungene Versuche angestellt werden.

Wenden wir uns zunächst dem elektrischen Betriebe von Strassenbahnen zu, bei welchen heute der Akkumulator die allergrösste Bedeutung gewonnen hat.

A. Strassenbahnwagen.

Strassenbahnwagen mit Akkumulatorenbetrieb sind seit Erfindung der letzteren schon immer das Ideal aller beteiligten Kreise gewesen. Die ersten Strassenbahnwagen, deren Elektromotoren vom Akkumulatoren Strom erhielten*) (die sich unter den Sitzen befanden), liefen 1884/85 von Reckenzaun in London bzw. Berlin und von Julien in Brüssel. Trotzdem seit jener Zeit über 10 Jahre verflossen sind, ist grösserer definitiver Akkumulatoren-Betrieb bis vor ca. 2 Jahren kaum vorhanden gewesen. Es fehlen in Folge dessen noch Erfahrungen für allgemeine Einführung derselben.

Die bis vor wenigen Jahren hergestellten Akkumulatoren erforderten für eine bedeutende Kapazität ein ziemlich hohes Eigengewicht, auch war die Konstruktion nicht dauerhaft genug. Sowohl die starken Erschütterungen beim Fahren als auch die bedeutende Gasentwicklung griffen die aktive Masse in den Bleiträgern sehr stark an, so dass ihre Dauerhaftigkeit in keiner Weise genügte. Da ferner die Platten keine hohe Stromstärke vertrugen, konnte das Laden der Zellen nur langsam und mit mässiger Stromstärke erfolgen. Die Akkumulatoren mussten daher gewöhnlich zum Laden aus dem Wagen entfernt werden, da man sonst Stunden lang die Wagen hätte stehen lassen müssen. Andererseits war es damals auch noch nicht möglich, den Batterien eine derartige Kapazität zu geben, dass sie eventuell für den gesammten Tagesbetrieb Strom mit sich führen konnten.

Man hat daher verschiedene Wege eingeschlagen, um in neuester Zeit nach bedeutenden Verbesserungen in den Schaltungen und Akkumulatoren einen rationellen Betrieb einrichten zu können.

*) Siehe hierüber auch die Werke von Zacharias und Reckenzaun über Akkumulatoren bzw. Elektrik Traktion.

1. Der sogenannte gemischte Betrieb.

Da es zunächst kaum möglich und als nicht rationell erschien, die gesammte zu betreibende Strecke bezw. den gesammten Wagenpark mit Akkumulatoren zu betreiben, haben die Herren J. L. Huber & Maggee als Erste zu folgendem Aushülfsmittel gegriffen, das neuerdings auch in grossem Maassstabe Anwendung gefunden hat. — Die Wagen werden sowohl für den Betrieb mit Oberleitung als auch mit Akkumulatoren eingerichtet. Die Strecken nach den Vororten und in den weniger frequentirten Strassen sind mit Oberleitungen versehen und werden mit direktem Strom betrieben, während diejenigen Strecken im Innern der Stadt, wo starker Wagenverkehr vorhanden ist, keine Oberleitungen erhalten, sondern mit Akkumulatoren betrieben werden.

Da gewöhnlich die mit Akkumulatoren zu betreibenden Strecken im Verhältniss zu den Aussenstrecken nicht sehr lang sind, so können die Akkumulatoren während der Fahrt von der Oberleitung aus geladen werden und braucht infolgedessen die Batterie nicht sehr gross zu sein. In Fällen, wo die mit Akkumulatoren zu befahrende Strecke länger ist, muss man an den Endpunkten, an den Haltestellen, während der Ruhepausen den Wagen bereits anfangen zu laden und während des Betriebes mit Oberleitung das Laden während der Fahrt so lange fortsetzen, bis man an die Akkumulatorenstrecke herankommt. Die Grösse der Batterie wird derartig bemessen, dass nach dem Durchfahren der Akkumulatorenstrecke noch eine genügende Stromreserve für eventuelle Störungen vorhanden ist. Mit dieser Art des Akkumulatorenbetriebes konkurriert in gewissem Sinne die unterirdische, direkte Stromzuführung. Dieselbe ist jedoch, wie wir später sehen werden, in den meisten Fällen sehr kostspielig, und wird man daher mehr dem gemischten Betriebe mit Akkumulatoren den Vorzug geben.

2. Reiner Akkumulatorenbetrieb mit Aufladen.

Um das Gewicht der Batterien nicht bedeutend zu erhöhen, wie es einmaliges Laden für den ganzen Tagesbedarf erfordern würde, hat man an einigen Orten zu folgendem Aushülfsmittel gegriffen. Die sämmtlichen Wagen werden mit Akkumulatoren versehen, deren Kapazität so gross bemessen ist, dass sie in den Betriebspausen auf den Endstationen in 10—20 Minuten von Neuem geladen werden können.

Diese Art des reinen Akkumulatorenbetriebes, sowie der gemischte Betrieb stellen an die Akkumulatoren die allerhöchsten Anforderungen, wie sie die gewöhnlichen, bisher allgemein bekannten Plattenkonstruktionen nicht erfüllen konnten.

Die meist für diese Zwecke angewendeten Gitterplatten vertragen nämlich keine höhere Strombelastung als ein bis zwei Ampère pro Quadratdecimeter positiver Plattenfläche, während für die gedachten Zwecke eine Strombelastung von 2—2,7 Ampère und mehr auf den positiven Quadratdecimeter erforderlich ist. Da man bis vor Kurzem Platten mit aufgetragener aktiver Masse für eine solche Strombelastung nicht herstellen konnte, griff man zu den ersten Akkumulatorenplatten nach Planté wieder zurück, und gab denselben eine derartig grosse Oberfläche, dass sie eine genügende Kapazität bei hoher Strombelastung erhielten.

Zu diesem Zweck werden massive Bleiplatten mit tiefen Rinnen versehen, wie dies schon im Jahre 1890 von L. Epstein in London angewendet worden war*), und wie sie zuvor beschrieben sind.

Auf der in dieser Weise erzielten grossen Oberfläche ist, wie schon erörtert, durch einen eigenartigen, elektrolytischen Prozess eine sehr fest haftende, nur etwa $\frac{1}{4}$ mm tiefgreifende, aktive Schicht von Bleisuperoxyd auf den positiven Platten hervorgebracht. Jedoch hat man von dem Verfahren, das Epstein seiner Zeit anwendete, nämlich die Oberfläche durch Kochen in verdünnter Salpetersäure aufzulockern, Abstand genommen, da auch nur die geringsten, etwa zurückbleibenden Spuren dieser Säure die Platten schnell zerstören. Die heutigen Verfahren zu diesem Zweck sind theilweise durch Patente geschützt, theilweise als Fabrikgeheimnisse streng gehütet.

3. Reiner Akkumulatorenbetrieb mit einmaligem Laden.

Wo es nicht möglich ist, Oberleitungen anzuwenden, oder auf den Endstationen die Akkumulatoren von Neuem zu laden, ist man genötigt, die Kapazität der Zellen so gross zu machen, dass sie mit einmaliger Ladung, die während einiger Nachtstunden bewirkt wird, den vollen Tagesbetrieb leisten können. Natürlich haben derartige Batterien ein viel höheres Gewicht, als die unter No. 1 und 2 aufgeführten, immerhin ist bei unseren modernen Akkumulatoren das Gewicht noch nicht so gross, als dass man unter Umständen nicht einen rationellen Betrieb in dieser Weise einrichten könnte.

Im Nachstehenden sind die Einrichtungen für Strecken mit den verschiedenen Betriebsweisen ausführlicher beschrieben. Verfasser hat sich bemüht, ein möglichst vollständiges und übersichtliches Bild der modernen, verschiedenen Akkumulatorenbetriebe zu geben und ist darin von den verschiedenen Fabriken in zuvorkommendster Weise weitgehend unterstützt worden.

*) S. „Die Akkumulatoren“ von Johannes Zacharias. 1891. Herm. Costenoble, Jena.

Bezüglich der Wahl des Betriebssystems führt Herr L. Epstein, London, in Electr. Review vom 16. April 1897, S. 519 folgendes aus, indem er sich auf einen Vortrag von M. Blanchon in der Société Internationale bezieht: Die Tudor-Akkumulatoren geben bei 1 bzw. 6 Amp. per Kilogramm Electrodengewicht 6—8 bzw. $3\frac{1}{2}$ —4 Ampère-Stunden pro Kilogramm Elektrodengewicht. Nimmt man eine 6stündige Entladung als Basis, so erhält man

bei 2stündiger Entladung	65 %	der Kapazität
„ 1 „ „	45 %	„ „
„ $\frac{1}{2}$ „ „	30 %	„ „

bei zuvorgegangener Ladung mit einer konstanten Spannung von 2.3 V. pro Zelle.

Beim Laden werden aufgenommen

in der 1. Stunde	50 %	der Ladung
bis Ende der 2. „	75 %	„ „
„ „ „ 3. „	83 %	„ „

(beim Laden mit abnehmender Stromstärke bis fast auf 0 Ampère).

Derselbe fragt in Folge dessen: was besser ist, feste Batterien in den Wagen, die schwer sind und schnell geladen werden — oder leichtere, auswechselbare Batterien mit mässiger Ladezeit? Nur die Erfahrung könne hier entscheiden.

Dass es nicht rationell ist, in den meisten Fällen schwere Batterien mit täglich einmaligem Laden zu benutzen, dürfte bereits feststehen. Ebenso wenig wird man solche Batterien in kurzer Zeit von 1—2 Stunden laden, sondern man wird hierfür 4—6 Stunden aufwenden. In sehr seltenen Fällen wird man auch leichte auszuwechselnde Batterien brauchen können, da das Auswechseln auf vielen Endstationen nicht möglich sein wird.

Es bleibt also nur übrig, entweder das gemischte System, wie in Hannover, anzuwenden, oder wie in Paris auf den Endstationen die Batterien aufzuladen. — Das Auswechseln der Batterien erfordert viel Raum und kostspielige, immerhin komplizierte Einrichtungen, die da, wo die Endstation einer Linie z. B. auf einem freien Platze inmitten von Städten sich befindet, kaum zur Anwendung kommen können.

Der reine Akkumulatorenbetrieb.

Es würde zu weit führen, wenn ich hier die Konstruktionen der früheren Wagen aus den 80er Jahren von Reckenzaun, Julien und Huber beschreiben wollte, über welche ich Angaben bereits in einem früheren Werke gemacht habe.*) Es sollen hier nur diejenigen

*) „Die Elektrische Kraftübertragung“ III. Auflage. A. Hartleben, Wien.

Einrichtungen erwähnt werden, welche hauptsächlich heute in grösseren Betrieben verwendet werden.

Ueber den ersten Wagen mit reinem Akkumulatorenbetrieb der Herren Schäfer & Heinemann berichtet der Elektrotechnische Anzeiger 1896, Seite 94, wie folgt:

Der Wagen wiegt leer 9.7 t und besetzt 11.87 t, von denen 3.4 t auf Untergestell, Motor und Steuerapparat und 3 t auf den Wagenkasten entfallen, während die Akkumulatoren 3.3 t und die 31 Personen 2.17 t wiegen. Die komplette Zelle wiegt 26—27 kg, sie enthält 5 positive und 6 negative Platten von 350 mm Höhe, 200 mm Breite und 3—4 mm Dicke. Die positive Oberfläche der 5 Platten ist demnach 70 qdem. Eine Platte wiegt etwa 1.8 kg, wovon die Hälfte auf das Metallgerüst entfällt. Jede Zelle enthält 6—7 kg verdünnte Schwefelsäure von 26° Bé. Die Gefässe bestehen aus 1/2 mm starkem Celluloid, das von einem schwachen Holzkasten umgeben ist. Die Metallträger sind aus Antimonblei von 6 % Antimon-gehalt als Gitterplatten gefertigt.

Die Platten sind durch 6 mm starke quadratische Celluloidstangen von einander getrennt, oberhalb und unterhalb der Platten sind quer durch die quadratischen senkrechten Stangen runde Celluloidstäbe geführt, so dass die Platten 3 cm vom Boden entfernt stehen.

Bei einem durchgängigen Ladestrom von 52 Ampère auf 5 bis 6 Std. bis zu 2.4 Volt Spannung per Zelle und 1.8 Volt Spannungsabfall betrug die Kapazität:

Ampère-Entladestrom	Ampère-Stunden Kapazität	Güteverhältniss in pCt. Ampère-Stunden	Stromdichte pro qdem Ampère	Kapazität pro kg Zellen-gewicht
17.5	420	98.6	0.25	16
35	332	—	0.50	12.6
52	280	—	0.74	10.6
70	210	95	1.00	8

Die maximale, relativ niedrige Stromdichte beträgt 0.55 Ampère pro Quadratdecimeter Oberfläche.

Beim Anfahren des vollbesetzten Wagens mit 12 t Gesamtgewicht in einer Steigung von 1:67 betrug die momentane Stromabgabe 35 Ampère, beim Anfahren in der Ebene wurden 27 Ampère und bei voller Fahrt ca. 17 Ampère gebraucht. Mit der ersten Ladung wurde ein Weg von 170 km durchfahren. Ueber denselben Wagen

berichtet Prof. Dr. Krebs in der Elektrotechnischen Rundschau 1896, Seite 96, wie folgt:

Planté - Akkumulatoren haben jedenfalls, wenn sie sorgfältig formirt worden sind, etwa zuerst nach Planté und dann nach Faure eine grosse Lebensdauer. Bei der Formirung nach Planté setzt sich das Bleisuperoxyd so fest und krystallinisch an die Bleiplatte an, dass beim späteren Laden und Entladen sich kein Bleisulfat zwischen dieses und die Bleiplatte setzen kann. Hat sich einmal eine, wenn auch sehr dünne Schicht Bleisuperoxyd fest an das Blei angelegt, so verbindet sich bei weiterer Formirung nach Faure das entstehende Bleisuperoxyd so fest mit dem ihm gleichartigen schon vorhandenen Bleisuperoxyd, dass auch hier kein Bleisulfat zwischen treten kann. Die Bleiplatte bleibt also Jahre lang brauchbar. Wie schon an anderer Stelle erwähnt, sind solche Platten für hohe Belastung vorzüglich für den sogenannten gemischten Betrieb, für den reinen Akkumulatorenbetrieb sind jedoch Gitterplatten unter Umständen



Fig. 13. Charlottenburger Wagen.

vorzuziehen, da dieselben eine grössere Menge wirksamer Masse in sich aufnehmen und in Folge dessen grössere Kapazität ergeben. Es ist daher möglich, mit einer solchen Batterie bei einer Ladung den ganzen Tagesdienst eines Wagens zu übernehmen.

Natürlich kommt es auch auf die Beschaffenheit des Gitters an und sind hauptsächlich solche Gitter dazu geeignet, bei welchen die aktive Masse mehr oder weniger eine in sich zusammenhängende krystallinische Masse bildet, die nur an einzelnen Stellen durch die

zur mechanischen Festigkeit nothwendige Versteifung von den einzelnen Streifen oder Stiften durchbrochen wird.

Der Wagen kostet komplett 16 000 Mark, während ein gewöhnlicher Wagen der Pferdebahn auf 5—6000 Mark zu stehen kommt, wobei jedoch der Preis für die Pferde, Geschirre etc. nicht inbegriffen ist. Fig. 13 giebt eine Ansicht des Wagens.

Erfahrungen über den reinen Akkumulatorenbetrieb liegen noch nicht vor, während über den gemischten Betrieb bereits verschiedene Berichte veröffentlicht worden sind. So hat z. B. Herr Oskar von Miller ein Gutachten für die Stadt Nürnberg über den gemischten Betrieb in Hannover gefertigt, welcher im Elektrotechnischen Anzeiger 1895 Seite 150 veröffentlicht ist. Die Einrichtung bei dieser Strassenbahn ist in der Weise getroffen, dass die Akkumulatoren an den Endstationen immer wieder aufgeladen und eventuell auch noch unterwegs, da wo Oberleitung vorhanden ist, während des Betriebes mitgeladen werden können. Der Preis einer Akkumulatorenbatterie mit positiven Planté- und negativen Gitterplatten beträgt für einen Wagen mit 20 Sitzplätzen 3500 Mark.

Ueber einen anderen Wagen derselben Fabrik, welcher seiner Zeit zwischen Berlin und Treptow verkehrte, werden folgende Angaben gemacht:

Zellenzahl im Wagen	$2 \times 62 = 124$.
Plattenzahl pro Zelle	5 + und 5 —.
Batterie-Spannung im Mittel	245 Volt.
Kapazität bei 35 Ampère	310 Amp.-Std.
Maximale Entladung	72 Amp.
Stromverbrauch des Motors:	
niedrigster	10 „
beim Anfahren	25 „
in grosser Kurve	53 „
Oberfläche der + Platten	70 qdem.
Höhe der Zellen	420 mm.
Gesammtgewicht der Zellen	3.1 t.
Fahrtlänge mit einer Ladung	200 km.
Durchschnittl. Geschwindigkeit	25 km p. Std.

Die letzten Jahre haben insofern eine Basis für den elektrischen Betrieb von Strassenbahnen geschaffen, als man jetzt ziemlich allgemein das „gemischte System“ zur Anwendung bringt, das heisst, wo es irgend zugänglich ist, fährt man mit direkter, oberirdischer bzw. unterirdischer Stromzuführung, und wo beides nicht zulässig ist, mit Akkumulatoren, die während der Fahrt mit direktem Strom im Wagen geladen werden. Diese Art des Betriebes stellt auf

einzelnen Strecken, wo wenig Zeit zum Laden bleibt, an die Platten der Akkumulatoren sehr hohe Anforderungen, so dass man theilweise wieder auf das bereits verlassene und seiner Zeit allgemein verworfene System der Planté-Platten zurückgegriffen hat.

Seit man allgemein anfang, bei den Strassenbahnen die Pferde durch den Elektromotor zu ersetzen, haben einige physikalische und astronomische Staatsinstitute, deren Messinstrumente durch den in der Nähe vorbeigeführten elektrischen Strom angeblich beeinflusst wurden, gegen diesen Betrieb Einspruch erhoben, so dass man z. B. auf der Linie Charlottenburg-Westend—Berlin-Kupfergraben sich entschieden hat, ausschliesslich Akkumulatorenbetrieb einzuführen und auf das gemischte System ganz zu verzichten.

Die Erfahrung beim Betrieb mit Akkumulatoren hat ergeben, dass ein Akkumulator nach einer gewissen Zeit bzw. Anzahl von Ladungen zu Grunde geht, weil die Oxydation die positiven Platten zum Verfall bringt, und die Masse der negativen Platten, in Folge der Reduktion der Masse, allmählich schwindet und so den Kontakt mit dem Metallgerüst verliert; man war daher bestrebt, sie einestheils widerstandsfähiger, andernteils auch billiger herzustellen.

Man hat je für die Art der Verwendung zwei verschiedene Arten von Akkumulatoren für den Betrieb von Strassenbahnwagen eingeführt u. z.:

Bei „reinem Akkumulatorenbetrieb“ für mässige Belastung verwendet man Gitterplatten, welche zu Zellen von einer solchen Kapazität bzw. Grösse vereinigt werden, dass die Wagen mit einer Ladung, die 5—6 Stunden in Anspruch nimmt, 120—150 km an einem Tage zurücklegen können.

Bei „gemischtem Betriebe“ sind Planté-Platten für hohe Belastung in Gebrauch, welche schnelles Laden und Entladen gestatten, so dass die Entladung in etwa 1 Stunde, die Ladung, wenn nöthig, in etwa $\frac{1}{4}$ Stunde erfolgen kann.

Der reine Akkumulatorenbetrieb ist jetzt, wie oben bemerkt, auf der Berlin-Charlottenburger Strassenbahn eingeführt. Je nach der Grösse der Wagen sind unter den Sitzen ca. 50—180 Zellen untergebracht. Die kleinen, bisher ein- bzw. zweispännig betriebenen Wagen haben einen Elektromotor, während die grossen 7 m langen Wagen für 40 Sitzplätze und 24 Stehplätze zwei Elektromotoren haben, die auf den zwei Drehgestellen zwischen den beiden Achsen untergebracht sind.

Die grösseren zweiachsigen Wagen enthalten 124, die vierachsigen, langen Wagen 180 Zellen von ca. 420 Ampère-Stunden Kapazität, bei ca. 26 Ampère Entladung. Die Platten sind 350 mm hoch, 200 mm breit und 3 mm stark, mit 5 mm Abstand. Das Gewicht einer betriebsfertigen Zelle ist ca. 38 kg.

Die Ladestelle der Berlin-Charlottenburger Strassenbahn.

Für die vorgedachten Strassenbahnwagen ist in der Spreestrasse zu Charlottenburg, hart am Ufer der Spree, auf einem verhältnissmässig nicht grossen Grundstück von ca. 10 000 qm Fläche die Ladestelle nebst Reparaturwerkstatt errichtet. Die Spreekähne, welche die Steinkohlen zur Feuerung heranschaffen, fahren bis hart an das Grundstück und entladen zunächst mit Karren, später mit einem Aufzug, die Kohlen in einen Keller, der ca. 5000 Ctr. aufnehmen kann. Theils neben, theils über dem Keller liegt das Kesselhaus. Dasselbe enthält 4 Kessel à 200 qm Heizfläche, von denen zwei von Simonis & Lanz und zwei von der Fabrik Büttner geliefert sind. Es ist auch noch Raum für die Aufstellung eines fünften Kessels vorhanden. — In einer Ecke des Kesselhauses befindet sich ein Aufzug zur Förderung der Kohlen aus dem Keller nach dem im Erdgeschoss gelegenen Kesselhause, der gleicher Zeit auch als Materialaufzug für die in dem ersten Stockwerk gelegene Werkstätte dienen kann. In einer zweiten Ecke hat man einen provisorischen Ofen für das Trocknen von Streusand angelegt.

Der Maschinenraum enthält drei direkt gekuppelte Dampfmaschinen. Die kleinste von diesen für 50 PS. liefert 210 Ampère bei 110 Volt für die Beleuchtung des Grundstücks, Die nächstgrösste ist eine liegende Dampfmaschine für 350 bis 400 PS. und die dritte Maschine ist eine stehende Zweizylindermaschine von Swiderski für 550 bis 600 PS. Die beiden grösseren Maschinen geben 420 bis 520 Volt zum Laden der Akkumulatoren in den Wagen.

Die beiden grossen Dynamos sind mit einem Hauptschaltbrett derartig verbunden, dass sie einzeln oder beide zusammen den Strom nach einer Sammelschiene abgeben können.

Die neben dem Maschinenraum gelegene Hauptwagenhalle ist zur Aufstellung von 24 vierachsigen Motorwagen eingerichtet, während der kleinere Wagenschuppen, davon getrennt auf dem Hof gelegen, noch Raum für weitere 10 Wagen bietet. Zwischen den beiden Wagenschuppen befindet sich eine Schiebebühne zur Vertheilung der Wagen auf den verschiedenen Geleisen. Jedes Geleis ist für zwei hintereinander stehende Wagen eingerichtet und befindet sich unter jedem Wagen eine Revisionsgrube behufs Revision und Reparatur an Triebwerken Motoren oder Rädern.

In gleicher Flucht mit der Schiebebühne ist über der ersten Etage, zwischen den beiden Wagenhallen, ein grosser fahrbarer Krahn angelegt, vermittelt dessen an zwei untergelegten Gurträgern die

Wagen nach der in der ersten Etage gelegenen Reparaturwerkstatt emporgewunden werden können.

An derselben Wand neben dem Maschinenraum, an welcher einerseits das Maschinenschaltbrett steht, ist auf der anderen Seite in der Wagenhalle ein Vertheilungsschaltbrett zum gleichzeitigen Laden von 14 Wagen aufgestellt. Die negativen Leitungen führen jede einzeln zur Sammelschiene am Hauptschaltbrett, während die positiven Schienen zwischen Hauptschaltbrett und dem Ladeschaltbrett durch eine breite Kupferschiene verbunden sind.

Jeder Ladestromkreis enthält eine Bleisicherung, einen Strommesser, einen Ausschalter und einen Regulirwiderstand zur Regulirung der Stromstärke bezw. der Spannung beim Laden. In der Mitte und an den beiden Enden des Vertheilungsschaltbrettes befindet sich je ein Spannungsmesser, mit denen die Spannung einer jeden Batterie beim Einfahren wie beim Ausfahren der Wagen gemessen wird. Die Ladestromstärke beträgt gewöhnlich 60 Ampère während 5 Stunden; im Bedarfsfalle kann man bis auf 80 Ampère den Ladestrom erhöhen, und dadurch die Ladezeit entsprechend abkürzen. Um die Batterie eines Wagens einzuschalten sind unter jedem Wagenstand zwei biegsame Kupferseile mit grossen Kontaktstüpseln vorhanden, welche in entsprechende Kontaktstücke am Wagen eingesetzt werden. Neben diesen beiden Anschlussstellen für die biegsamen Leitungen wird noch ein isolirter Kupferbügel eingesetzt, welcher die beiden Hälften der Batterie, welche an den beiden Seiten des Wagens untergebracht sind, hintereinanderschaltet. Sind diese Verbindungen hergestellt, so wird der Schalter am Vertheilungsschaltbrett geschlossen und die Stromstärke regulirt. — Damit die Wagen, welche geladen werden sollen oder welche bereits geladen sind, nicht umrangirt zu werden brauchen, ist eine Umschaltung eingerichtet, welche es gestattet, jeden beliebigen Wagenstand mit dem Ladeschaltbrett zu verbinden.

Die Konstruktion der Platten, des Einbaues und der Zellengefässe haben sich derartig gut bewährt, dass vorläufig etwa alle 90 Tage eine Untersuchung der Zellen stattfindet. Gleicher Zeit werden auch die Elektromotoren, Leitungen, Triebwerke und Räder einer Revision unterworfen.

Die Einrichtung der Wagen für die Schaltung der Akkumulatoren und Motoren ist bei den vierachsigen Wagen derartig ausgeführt, dass die beiden Elektromotoren stets parallel zum Stromkreise liegen, während die Batterie mit ganzer oder halber Spannung mit den Motoren verbunden wird, so dass einmal alle Zellen hintereinander und das andere Mal in zwei Abtheilungen parallel geschaltet sind.

Da die Aufsichtsbehörden eine sehr grosse Veränderung der Fahrgeschwindigkeit, nämlich von 12 bis 24 km per Stunde, von 2 zu 2 km abgestuft, verlangten, so wurden Nebenschlussmotoren gewählt. Zum Anlassen ist vor dem Anker jedes Motors im ersten Moment ein Widerstand geschaltet, während im Uebrigen die Veränderung der Geschwindigkeit durch das Abschwächen der Feldmagnete erzeugt wird, indem man in den Nebenschluss der Elektromotoren mehr oder weniger Widerstand einschaltet. Die Widerstände befinden sich in offenen, eisernen Rahmen unterhalb des Wagens. Die Fahrschalter für Veränderung der Geschwindigkeit, Anfahren, Rückwärtsfahren etc. sind an beiden Enden des Wagens angebracht. Man fährt gewöhnlich in belebten Strassen mit 12, auf freier Strecke mit 24 km pro Stunde.

Reiner Akkumulatorenbetrieb mit Aufladen.

Akkumulatorenbahn in Paris.

Zwischen Madelaine-Courbevoie und Neuilly auf 18 km Entfernung mit Steigungen von 13—20% verkehren z. Z. *) 22 Akkumulatoren-Wagen für je 52 Personen. Jeder Wagen hat 2 Elektromotoren von je 25 PS. Der Wagen im Dienst wiegt 14 t und kann noch einen Anhängewagen von 7 t mitnehmen. Unter den Sitzen stehen in 4 Reihen 200 Tudorzellen mit je 2 positiven und 3 negativen Platten, 20 × 21 cm gross. Die + Platten sind 13 mm, die — Platten 7 mm stark. Elektrodengewicht einer Zelle 15 kg. Die Zellen sind 34 cm hoch, 23 cm lang und 8 cm breit. Batteriegewicht 3600 kg. Das Laden erfolgt in 8—12 Minuten bei 540 Volt mit 120 Ampère auf drei Ladestellen nach 12—15 km Fahrt. Eiserne Säulen nach Art der Feuermelder dienen zum Anschluss der Batterien beim Laden, dessen Ende durch ein Glockensignal angezeigt wird. Die beim Laden aus den Zellen aufsteigenden Säuredämpfe werden durch kleine Ventilatoren entfernt.

Energieverbrauch pro Wagenkilometer 860 Wattstunden, zu deren Erzeugung 2.591 kg Kohlen erforderlich sind.

Es ergibt sich hieraus

Wagengewicht leer	6.4 t
„ besetzt	10.0 „
„ besetzt und mit Batterie ca.	14. „
Oberfläche der + Platten	16.8 qdem

*) Siehe Elektrotechnische Zeitschrift 1897, S. 337 und 402, sowie Elektrotechnischer Anzeiger 1896, S. 2102.

Stromdichte Anfangs der Ladung	7.3 Ampère
Fahrgeschwindigkeit in Paris	12 km.

Interessant und wichtig für den reinen Akkumulatorenbetrieb sind die nachstehend beschriebenen Versuche.

Versuche mit reinem Akkumulatorenbetrieb.

Um bezüglich des Strassenbahnbetriebes gewisse Punkte klarzustellen, hat die Akkumulatorenfabrik von Gottfried Hagen zu Kalk bei Köln a. Rh. auf ihrem Fabrikgrundstück eine Versuchsbahn erbaut, auf der sie seit längerer Zeit fortgesetzt ausgedehnte Versuche macht, über welche Herr Dr. E. Sieg in der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Köln am 17. Februar 1897 berichtet hat*). Bei diesen Versuchen handelte es sich hauptsächlich darum, sich über die folgenden Punkte Klarheit zu verschaffen:

1. Kann überhaupt neben dem als billig und betriebssicher anerkannten System mit Oberleitung ein Betrieb mittels Akkumulatoren in Frage kommen, resp. unter welchen Umständen?
2. Welches System von Platten und welche Montage sind am geeignetsten, den Stößen und Ueberanstrengungen des Betriebes Stand zu halten?
3. Ist eine schwere Batterie mit voller Tagesleistung vorzuziehen oder eine leichtere Batterie, die zur Ladung gewechselt oder im Wagen geladen wird?
4. Wie stellen sich die Betriebs- und Unterhaltungskosten?

Ein Wagen mit Oberleitung braucht nach den bisherigen Erfahrungen im Mittel ca. 420 Wattstunden pro Wagenkilometer und läuft durchschnittlich in 300 Arbeitstagen je 130 Kilometer. Von diesen 420 Wattstunden kommen jedoch für den Betrieb des Wagens wirklich nur etwa 250 Wattstunden zur Ausnutzung, während der Rest in den Speise- und Kontaktleitungen, in der Rückleitung durch die Schienen und durch schlechte Kontakte an den Oberleitungen und Schienen verloren geht.

Diese Verluste fallen beim Akkumulatorenbetriebe gänzlich fort. Ein weiterer Verlust bei direktem Betriebe mit Oberleitung liegt in der sehr ungleichen Belastung der Maschinen. Die kolossalen Stromschwankungen während des Betriebes verlangen eine doppelt so grosse Maschinenkraft, wie sie für die mittlere Leistung erforderlich ist, während beim Akkumulatorenbetriebe eine völlig gleichmässige Belastung und Ausnutzung der Maschinenkraft möglich ist.

*) S. Elektrotechnische Zeitschrift 1897, S. 201.

Wenn daher bei Oberleitungsbetrieb die Kilowattstunde 10 Pfg. kostet, kann sie im Akkumulatorenbetriebe für höchstens 8 Pfg. bei gleichem Verdienst erzeugt werden, da eine wesentlich kleinere und billigere Maschinenanlage unter der günstigsten Belastung arbeitet. Bei Maschinen, die nur auf Ladung von Akkumulatoren laufen und mit Kondensation arbeiten, können pro Kilogramm Kohlen sehr leicht 600—650 Wattstunden nutzbar erzielt werden. — In Hannover wurden bei reinem Oberleitungsbetriebe pro Kilogramm Kohlen 425 Wattstunden nutzbar abgegeben, während, nachdem nur ein Theil der Wagen mit Akkumulatoren in gemischtem Betriebe ausgerüstet war, 497 Wattstunden, also etwa 17 % mehr, nutzbar gemacht wurden, obgleich die Akkumulatoren unter erheblichen Spannungsverlusten durch die Oberleitungen geladen wurden. Hieraus folgt, dass selbst wenn die Akkumulatorenwagen ca. das Anderthalbfache an elektrischer Energie gegen die Oberleitungswagen gebrauchen würden, der Kohlenverbrauch durchaus nicht grösser sein würde.

Der letztere spielt überhaupt nicht die grosse Rolle, wie vielfach angenommen wird. In Hannover kostete nämlich der Wagenkilometer (ohne Verzinsung und Amortisation) 17.5 Pfg., wovon nur 1.28 Pfg. auf die Kohlen entfielen. — Da längere Erfahrungen in grösseren Betrieben für Akkumulatorenbetrieb noch nicht vorliegen, so hat man auch für die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten derselben noch keine sicheren Anhaltspunkte.

Der Versuchswagen wiegt 6.5 t, hat 18 Sitzplätze und 20 Stehplätze, fasst also zusammen 38 Personen. Er ist mit 2 Motoren von je 8 PS. ausgerüstet, welche bei 150 Volt Betriebsspannung dem Wagen eine Geschwindigkeit von 18 km per Stunde auf horizontaler Strecke geben.

Die Akkumulatoren befinden sich unter den Sitzen im Innern des Wagens. Zur Abführung der entweichenden Gase dient eine besondere Rohrleitung, an welche jede einzelne Zelle angeschlossen ist und die nach oben über dem Dach ausmündet, so dass die Zellen auch ohne Belästigung der Passagiere während der Fahrt geladen werden können. Die Batterie im Wagen bestand zunächst aus 120 Zellen mit je 5 negativen und 4 positiven Platten, welche mit 40 Ampère normal entladen werden dürfen. Die Plattenstärke ist 5 mm, der Plattenabstand 5.5 mm. Die Zellengefässe bestehen aus Hartbleikästen, von denen je 2 in einen Holzkasten eingebaut sind. Das Gewicht dieser Batterie ist 4.2 t. Der Wagen braucht auf horizontaler Strecke je nach dem Zustande der Schienen ohne Belastung 250—290 Wattstunden pro Kilometer, in 2 % Steigung 925—980 Wattstunden, während bei voller Belastung mit 2500 kg

der Energieverbrauch 300—350 bzw. 1 350—1 400 betrug. Mit einer Ladung konnten 130 km durchfahren werden.

Bei diesen Versuchen waren die Zellen in 2 Reihen parallel geschaltet. Bei Hintereinanderschaltung derselben war die Geschwindigkeit bei erhöhter Spannung mit 172 Volt in der Horizontalen 18 km mit 310 Wattstunden pro Kilometer, und in 2⁰/₀ Steigung bei 13 km 900 Wattstunden. Die Stromstärke beim Anfahren in der Steigung und in einer Kurve von 15 m Radius stieg momentan auf 180 Ampère an. Es zeigte sich hieraus, dass für rationellen Betrieb der Wagen, um Steigungen leichter überwinden zu können, erleichtert werden musste und dass der Akkumulatorenbetrieb für Strecken, die Kurven in 4—5⁰/₀ Steigung haben oder noch stärkere Steigungen enthalten, sich nicht mehr eignet. Um unter solchen Verhältnissen auftretende Stromerhöhungen auf die Dauer aushalten zu können, müssten die Zellen wesentlich grösser werden, doch würde dann ihr Gewicht in demselben Maasse wachsen und dadurch eine fernere Steigerung des Energieverbrauches eintreten.

Später wurde die Zellenzahl auf 84 gebracht, so dass zur Ladung 220 Volt erforderlich wurden. Das Batteriegewicht betrug nun 2.9 t, würde jedoch bei Verwendung von Hartgummikästen anstatt Bleikästen sich auf 2.4 t vermindern.

Mit dieser Batterie kann der Wagen auf der Versuchsbahn bei gleichmässiger Fahrt über 80 km mit einer Ladung laufen, bei mittlerer Geschwindigkeit von über 18 km in der Horizontalen und über 14 km in 2⁰/₀ Steigung.

Der auf dem Wagen gemessene Energieverbrauch ermittelte sich auf 240 Wattstunden in der Horizontalen und 716 Wattstunden in 2⁰/₀ Steigung. Der Stromverbrauch war in der Horizontalen bei voller Fahrt 26—30 Ampère, in der Steigung 56—60 Ampère. Die mittlere Betriebsspannung betrug 162 Volt. — Der Wagen der Fabrik Oerlikon in der Frankfurter Ausstellung 1891 brauchte im Mittel 263.7 Wattstunden pro Kilometer bei 17 km Geschwindigkeit auf der Hinfahrt bei erheblichen Steigungen, auf der Rückfahrt dagegen nur 142.8 Wattstunden, so dass sich im Mittel 203.3 Wattstunden ergaben. Diese Zahlen wurden durch 19 Hin- und Rückfahrten auf 100 km Fahrtränge ermittelt. Alle hier angegebenen Zahlen, auch die für Frankfurt, gelten für Betriebe, in denen verhältnissmässig wenig angehalten wird. Bei häufigem Anhalten auf der Versuchsbahn stieg der Energieverbrauch auf ca. 340 Wattstunden pro Kilometer, bei einer mittleren Geschwindigkeit von 12.6 km pro Stunde und 60 km Fahrt mit einer Ladung.

Die Unterschiede im Energieverbrauch zwischen Dauerfahrt und dauerndem Wechsel, zwischen schnellster Fahrt und Stillstand, machten sich besonders bemerklich, wenn der Wagen stark überlastet war. Fügte man z. B. zu dem um ca. 1200 kg zu schwerem Wagengewicht noch 2500 kg in Bleiblöcken, so erhöhte sich der Energieverbrauch für Dauerfahrt auf unserer Bahn nur auf ca. 340 Wattstunden pro Kilometer; bei einmaligem schnellen Anfahren und Halten in jeder Runde aber auf 550 Wattstunden, während die mittlere Fahrtgeschwindigkeit auf 11 km p. h. sank. Die Fahrtlänge mit einer Ladung betrug dann 48 km.

Auch dies weist darauf hin, dass man für einen rationellen Betrieb Wagen- und Batteriegewicht möglichst klein wählen muss, andererseits aber der Nachtheil des Akkumulatorenbetriebes, der in dem erhöhten Wagengewichte liegt, um so mehr ins Gewicht fällt, je öfter der Wagen halten muss. Dieses ist naturgemäss im Innern jeder Stadt am häufigsten erforderlich, so dass insofern das aus Oberleitung in den Aussenbezirken und Batteriebetrieb im Innern der Stadt bestehende System der Batterie gerade dort ihre Hauptthätigkeit zuweist, wo die Beanspruchung derselben am grössten und unrationellsten sein muss.

Weitere Versuche, wie viel Wattstunden erzeugt werden müssen pro Kilometer Fahrt, ergaben beim Fahren ohne anzuhalten im Mittel 380 Wattstunden für die Ladung; beim einmaligen Halten auf jeder Rundfahrt stieg der Energiebedarf pro Kilometer auf 500 Wattstunden und bei starker Belastung des Wagens waren 680 Wattstunden pro Kilometer erforderlich.

Diese Zahl dürfte das Maximum an Energiebedarf darstellen, welches beim Akkumulatorenbetrieb zu erwarten wäre, da so ungünstige Verhältnisse, wie auf der Versuchsbahn, praktisch wohl kaum vorkommen dürften; der mittlere Energieverbrauch liegt also unbedingt unter dieser Zahl.

Die bisherigen Messungen lassen erkennen, dass der Energieverbrauch für den Akkumulatorenwagen auf keinen Fall denjenigen eines Oberleitungswagens so erheblich überschreitet, besonders wenn man die dauernd gleichmässige und günstigste Belastung der kleineren und billigeren Maschinenanlage berücksichtigt, so dass hierdurch erhebliche Mehrkosten nicht zu erwarten sind, die die Rentabilität des Akkumulatorenbetriebes in Frage stellen könnten.

Die Versuche haben zu dem Resultat geführt, dass man Batterien für den Strassenbahnbetrieb besser kleiner und leichter anwendet, als für einen ganzen Tagesbetrieb

erforderlich ist. Natürlich muss in diesem Falle die Batterie während des Tages nachgeladen werden.

Diese Nachladung kann auf verschiedene Weise erfolgen. Die zunächstliegende wäre die in Hannover benutzte Methode der Ladung der Batterien an Oberleitungen in den Aussenbezirken. Dr. Sieg glaubt jedoch dieses nicht empfehlen zu können. Abgesehen davon, dass gerade in den Aussenbezirken, mit geringer Verkehrsdichte der Wagen, die Oberleitungen im Verhältniss zu theuer werden, wie später nachgewiesen wird, zwingt dieses Verfahren zur Benutzung hoher Spannungen, die zu Isolationsschwierigkeiten für Batterie und Motoren führen und das unnütze Gewicht von Zellengefässen und Montagematerial erhöhen; vor allem aber wird erforderlich, dass ein Pol des ganzen Systems in die Erde gelegt werden muss, wodurch Störungen an Telephonen, physikalischen Instrumenten, Wasser- und Gasleitungen unvermeidlich sind. Ausserdem werden die Batterien mit schlechten Kontakten und mit Spannungsverlust geladen, der Wirkungsgrad des ganzen Systems also hinabgedrückt. Da das Einfahren der Wagen in die Station behufs Nachladung nur in den seltensten Fällen ausführbar sein dürfte, bleibt nur noch das Nachladen der Batterien auf den Haltestellen übrig, und diese Methode halte ich auch für die geeignetste.

Die meisten Trambahnlinien haben auf beiden Enden Haltestellen, auf denen die Wagen 6—10 Minuten stehen, ehe sie die Rückfahrt antreten. Diese Zeit ist aber vollständig genügend, der Batterie soviel Energie zuzuführen, dass sie in Verbindung mit ihrer eigenen Kapazität den vollen Tagesbetrieb leisten kann, ohne Abends bis an die schädliche Entladungsgrenze gekommen zu sein.

Ich nehme als Beispiel eine Strecke von 7 km, die der Wagen mit 200 m pro Minute in 35 Minuten zurückzulegen hat. Er verbraucht dann während einer Fahrt, 400 Wattstunden pro Kilometer gerechnet, 2 800 Wattstunden. Hiervon kann er sicher ein Drittel aus seiner eigenen Ladung bestreiten, wenn er nicht über 130 km pro Tag laufen soll. Es bleiben also nachzuladen ca. 1 800 Wattstunden. Rechnen wir hierzu ein Drittel als Ladeverlust in der Batterie hinzu, so sind dem Wagen während des Aufenthaltes zuzuführen 2400 Wattstunden oder bei 220 Volt mittlerer Ladespannung 511 Ampère - Stunden. — Ein Ladestrom von 80 Ampère wäre für die Zellen noch zulässig, solange sie nicht in starke Gasentwicklung kommen, es wären daher zur Nachladung $8\frac{1}{2}$ Minuten erforderlich, was einen Aufenthalt von $9-9\frac{1}{2}$ Minuten ergeben würde. Die Ladung liesse sich, wie oben bemerkt, in einer Stadt mit Dreileiterzentrale an jeder beliebigen Stelle des Kabelnetzes ausführen. Ist die

Strecke kürzer, so genügt auch eine entsprechende kürzere Ladezeit oder Ladung auf nur einem Endpunkte.

Herr Dr. Sieg kommt in seinem Vortrage auf die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten zu sprechen und giebt an, dass bei grösseren Bezügen eine Batterie, wie sie im Versuchswagen im Betriebe steht, für 3000 Mk. fertig geliefert werden könnte und bei mindestens 10 Wagen die Unterhaltung und Wartung jährlich etwa 1000 Mk. pro Wagen betragen würde. Ob es möglich sein wird, diese letztere Zahl, die an sich ziemlich hoch ist, herabzusetzen, können erst die ferneren Versuche ergeben. Derselbe führt dann weiter aus, dass bei Linien mit sehr geringer Verkehrsdichte oder bei langen Ueberlandlinien der Akkumulatorenbetrieb sich günstiger stellen wird, als jeder andere, da bei ihm die jährlichen Kosten für Unterhaltung, Verzinsung nicht von der Länge des Weges, sondern von der Zahl der Wagen abhängt, während andererseits bei grosser Verkehrsdichte unbedingt das Oberleitungssystem unter Umständen sogar das Unterleitungssystem sich billiger stellen wird.

Es wird vielfach, als für den Akkumulatorenbetrieb ungünstig, die starke Abnutzung der Schienen und Wagen angeführt. Die Eisenbahnen belasten ihre Wagen ohne Bedenken bis 10 t pro Achse, die Wagen laufen dabei 6—7 mal schneller als Strassenbahnwagen und die Schienen sind leichter als sie heute zu elektrischen Strassenbahnen verwendet werden. Da neuerdings die Schienen mit Halbstoss zur Anwendung kommen, so dürfte die Abnutzung zufolge Schlagens am Schienenstoss noch weit geringer werden, und bei vierachsigen Strassenbahnwagen dürfte derselbe überhaupt nicht mehr in Frage kommen. Derartige Wagen mit Lenkschemmeln von je zwei Achsen haben auch den Vorzug, dass sie die schärfsten Kurven leicht durchfahren und für die Unterbringung der Akkumulatoren reichlicher Raum vorhanden ist.

Wie gross die Verkehrsdichte sein darf, damit unter den folgenden Voraussetzungen der Akkumulatorenbetrieb nicht grössere Kosten für Verzinsung, Amortisation und Unterhaltung giebt, als direkte Stromzuführung, von der $\frac{9}{10}$ oberirdisch, $\frac{1}{10}$ unterirdisch sein soll, zeigt folgende Rechnung:

Für Verzinsung und Amortisation sollen nur 5 % gerechnet werden und ebensoviel für Unterhaltung und Beaufsichtigung von Gestängen, Leitungen und Wagen. Um eine grössere Abnutzung von Schienen und Wagen auszuschliessen, sollen für den Akkumulatorenbetrieb Wagen mit Lenkschemmeln verwendet werden, die pro Stück etwa 1 000 Mk. mehr kosten als andere Wagen. Es sollen ferner in den Betrieben 25 % der nach dem Fahrplan laufenden Wagen stets

als Reserve und zu eventueller Steigerung des Verkehrs auf bestimmten Linien betriebsbereit stehen, ausserdem noch für den Akkumulatorenbetrieb 10 % mehr Wagen in Betrieb zu halten sein, um an den Endstellen genügenden Aufenthalt für die Nachladung zu gewinnen. Der Preis des Wagens für direkte Stromzuführung sei 10 000 Mk.

Es betragen dann die Mehrkosten für jeden Akkumulatorenwagen gegenüber den Oberleitungswagen:

eine Batterie 3 000 Mk.

Mehrkosten des Wagens . . . 1 000 Mk.

Kosten für einen Wagen, der für je 10 Wagen mehr im Betrieb sein muss, um den Ladeaufenthalt zu gewinnen:

10000 Mk., also pro Wagen 1 000 „ 300 „

Kosten für Batterie und Drehgestell für einen Reservewagen 4000 Mk., also für

jeden Wagen $\frac{1}{4}$ davon = 250 „ 750 „

in Sa.: 2 350 Mk. + 4 050 Mk. = 6 400 Mk.

Die ganze Summe ist mit 5 % zu verzinsen und zu

amortisiren, macht jährlich 320.— Mk.

Die Mehrkosten an Wagen mit 5 % zu unterhalten 117.50 „

ausserdem an Kosten für Unterhaltung und Wartung von $1 + \frac{1}{10} + \frac{1}{4}$ Batterie à 1 000 Mk. . . . 1350.— „

in Sa.: 1787.50 Mk.

Bei dem direkten Betriebe kostet die Leitung eingleisig 21 500 Mk., zweigleisig 35 800 Mk.

Diese mit 5 % amortisirt und mit 5 % unterhalten, macht 2 150 Mk. resp. 3 580 Mk. p. a.

Um auf diese Ausgabe zu kommen, können auf je 1 km 1.2 resp. 2 Akkumulatorenwagen verkehren, also 0.6 resp. 1 in jeder Richtung, was bei 12 km mittlerer Geschwindigkeit $8\frac{1}{4}$ - resp. 5-Minutenverkehr ergibt.

Das für die Batterien und die durch sie bedingten Mehrkosten investirte Kapital beträgt hierbei pro Kilometer Bahnlänge 7 680 Mk. resp. 12 800 Mk. gegen 21 500 Mk. resp. 35 800 Mk. bei direktem Betriebe.

Steigen die Einnahmen der Bahn so, dass eine höhere Verzinsung und Amortisation gerechnet werden kann als 5 %, so kann ohnehin die Wagendichte beim Akkumulatorensystem grösser werden. Behält man dieselbe Verkehrsdichte bei, so steigt in Folge des

geringeren investirten Kapitals der Zinssatz etwas mehr als bei dem direkten Betriebe.

Aehnliche Berechnungen lassen sich für jeden anders liegenden Fall leicht in derselben Weise durchführen. An Hand derselben lässt sich dann sagen, ob für ein bestimmtes Projekt sich das eine oder das andere System günstiger stellen wird.

Einen durchschlagenden Erfolg hat für gewisse Verhältnisse der gemischte Betrieb erzielt, den wir im folgenden Abschnitt kennen lernen.

Die Strassenbahn St. Denis—Paris.

Die nachstehenden Angaben über die obige Linie wurden von dem Direktor der Gesellschaft im Bulletin International de l'Electricité, 1895, Heft 23, gemacht (in Uebersetzung wiedergegeben im Elektrotechnischen Anzeiger vom 23. Juni 1895):

Monatsmittel für ältere Wagen	80 000 Wagen-km
Auf allen drei Linien	2 000 000 „ „

Akkumulatoren.

Zellen im Wagen	108 Stück.
Platten pro Zelle (System Cely)	11 „
Maasse der Platten	200×200× ⁶ / ₈ mm
Plattengewicht	18 kg
Kapazität bei 35 Ampère	250 Amp.-Std.
Nutzeffekt	70 %
Maximalstrom (7 Ampère pro Kilogramm)	100—120 Amp.
Batterie-Gewicht, komplet	1 700 kg
Ladung in	5 Stunden
Dauer der negativen Platten	150 000 Wag.-km
„ „ positiven „	14 000 „ „

Verbrauch pro Wagenkilometer.

Aus der Ladestation geliefert	1 016 Watt-Std.
Kohlen	2 465 kg
Oel	3.9 g

Betriebskosten pro Wagen-Kilometer.

Unterhaltung (8 Pfg.) Wartung (4.8 Pfg.)	12.8 Pfg.
--	-----------

Der Akkumulatoren.

Betriebskraft	14.4 Pfg.
Motoren und Wagengestell	4 „
Fahrpersonal	6.4 „
	<hr/>
	37.6 Pfg.

Für neue Wagen.

Akkumulatoren und Wartung	8 Pfg.
Betriebskraft	10.4 „
Wagengestell und Motoren	2.4 „
Fahrpersonal	6.4 „
	<hr/>
	27.2 Pfg.

Wagen.

Wagengewicht älterer Wagen	14000 kg
„ neuerer „	11700 „
Passagiere	50 Personen
Tägliche Fahrtlänge	148—162 km
2 Elektromotoren	à 10 Kw
Spannung	250 Volt
Traktionscoëffizient für Rillenschienen	0.012
„ „ Vignolschienen	0.006.

Die Träger der Masse sind ähnlich der Konstruktion von Pollak. Die positiven Träger werden, nachdem sie 15000 Wagenkilometer gefahren sind, mit neuer Masse versehen, was etwa zehnmal geschehen konnte, sodass sie für ca. 150000 Wagenkilometer brauchbar waren.

Der gemischte Betrieb.

Die elektrische Strassenbahn in Hannover.

Maassgebend für den sogenannten gemischten Betrieb, theils mit Oberleitung, theils mit Akkumulatoren, ist die Einführung desselben auf der Hannoverschen Strassenbahn geworden. Im Jahre 1895 wollte man den bis dahin nur auf einigen Aussenstrecken mit Oberleitung eingeführten elektrischen Betrieb auch auf die innere Stadt ausdehnen. Da jedoch die Stadtverwaltung die Oberleitung nicht zulassen wollte, so entschloss man sich, die Akkumulatoren zu Hülfe zu nehmen.

Mit welchem Erfolge dieser Entschluss durchgeführt wurde, zeigt in klarer und übersichtlicher Weise ein Bericht des Herrn Ingenieur F. Ross (in der Elektrotechnischen Zeitschrift vom 1. April 1897, Seite 178). Das Bahnnetz umfasste damals eine Streckenlänge von 21.4 km Oberleitung und 17.7 km mit Akkumulatorenbetrieb. Das Aufladen der Batterien erfolgt während der Fahrt und sind die Strecken, auf welchen das Laden erfolgen kann, zwischen 2.8 und 8 km lang, während die mit Akkumulatoren zu befahrenden Strecken 5 bzw. 12 km Länge haben.

Die Wagen haben 20 Sitzplätze, unter welchen 208 Zellen mit einem Gesamtgewicht von rund 2 600 kg untergebracht sind.

Der Fahrschalter hat ausser der Nullstellung im ganzen 6 Kontakte, von diesen werden bei der Fahrt an der Oberleitung die Kontakte 1—5 benutzt, wovon 1—4 Schaltungen mit abnehmenden vorgeschalteten Widerständen ergeben, während in Stellung 5 der Motor ohne Vorschaltwiderstand arbeitet.

Beim Akkumulatorenbetriebe ist zunächst die Batterie parallel in zwei Hälften geschaltet, welche in den Stellungen 1—4 mit denselben Vorschaltwiderständen arbeiten, während in Stellung 5 der Motor die halbe Spannung der Batterie ohne Vorschaltwiderstände erhält. In Stellung 6 sind beide Hälften der Batterie hintereinandergeschaltet, wie bei der Ladung, und der Motor erhält die volle Batteriespannung.

Die Untersuchungen im praktischen Betriebe erstreckten sich hauptsächlich auf folgende Punkte.

1. Welchen Arbeitsaufwand erfordern die vorhandenen Motorwagen mit Rücksicht auf ihre Bauart, Einrichtung und die vorhandenen Streckenverhältnisse.

2. Welchen Einfluss auf den Stromverbrauch übt das Gewicht der Batterie aus.

3. Mit welchem Wirkungsgrad arbeitet die Batterie.

4. Welchen Einfluss übt die Wagenbatterie auf die Betriebsverhältnisse in der Zentrale.

5. Welche Auslagen erfordern Bedienung und Instandhaltung der Akkumulatorenbatterie.

Für die Untersuchung des Strombedarfs wurde ein Wagen ausgewählt, dessen Batterie bereits 11 000 Wagenkilometer mit Akkumulatorenbetrieb gelaufen hatte.

Die für die Ermittlung des Strombedarfs ausgewählte Strecke mit Oberleitung war 4 070 m lang, hatte wenige Kurven und an zwei Stellen Steigungen von ca. 20 pro Mille.

Als Mittelwerth bei unbelastetem Wagen ergab sich ein Energieverbrauch von 484 Wattstunden pro Wagenkilometer bei einer mittleren Geschwindigkeit von 4.4 m pro Sekunde, während bei belastetem Wagen die Geschwindigkeit bei gleichem Verbrauch 3.94 m betrug.

Beim Fahren auf derselben Strecke mit unbelastetem Wagen ergab sich ein Mittelwerth von 565 Watt pro Wagenkilometer, wenn alle Haltestellen eingehalten wurden. Der sehr viel höhere Werth des Verbrauchs erklärt sich hauptsächlich daraus, dass beim Anhalten durch Bremsung eine gewisse Energiemenge vernichtet wurde.

Der Einfluss der verschiedenen Widerstände, welche sich der Bewegung des Wagens entgegenstellen, die Reibung der Lager, der Luftwiderstand und der Leerlauf des Motors wurden nach der Formel

$$f = \frac{V_2 - V_1}{20}$$
 durch Versuche festgestellt und pro Tonne Gewicht auf rund

4.8 kg bei einer Geschwindigkeit von 4.5 m pro Sekunde ermittelt. Nimmt man den Aufwand für den Leerlauf des Motors bei diesem Wagen mit ca. 3.7 kg pro Tonne Gewicht an, so beläuft sich der auf die Achse des Motorwagens bezogene Zugwiderstand auf rund 8.5 kg.

Unter Berücksichtigung der dem Motor zugeführten elektrischen Energie bei konstanter Geschwindigkeit, auf nahezu horizontaler Strecke und des Wirkungsgrades des Motors inkl. Zahnradübersetzung bei der gleichen Belastung, wurde der Zugwiderstand auf 11 kg bei 5.25 m Geschwindigkeit pro Sekunde ermittelt.

In ähnlicher Weise, wie für die Oberleitungsstrecke, wurde dann auch der Arbeitsverbrauch auf einer Akkumulatorenstrecke gemessen beim Einhalten sämtlicher Haltestellen. Es ergab sich als Mittelwerth 380 Wattstunden pro Wagenkilometer bei einer mittleren Geschwindigkeit von 2.6 m pro Sekunde inkl. Aufenthalt.

Der hier gefundene wesentlich geringere Energieverbrauch für den Akkumulatorenbetrieb resultirt einerseits aus der geringeren Geschwindigkeit, der Hauptsache nach wohl aus dem wesentlich günstigeren Wirkungsgrad der Schaltung.

Die Ladung der Batterie erfolgte auf einer Strecke von 4070 m Länge, während die Entladestrecken nur 2860 m betrug. Jedes Mal bei Beginn der Ladung trat ein wenige Sekunden dauernder starker Stromstoss auf, während beim weiteren Fortschreiten die Stromstärke wesentlich von der jeweiligen Spannung in der Oberleitung abhängt.

Da die Ladung auf dieser Strecke im Verhältniss zur Entladung zu lange dauerte, wurde der Versuch auf einer anderen Ladestrecke von 1420 m mit einer darauf folgenden Entladestrecke von 3800 m wiederholt. Als Mittelwerth aus 8 Entladefahrten wurde der Wirkungsgrad auf dieser Strecke für die Batterie auf rund 74% gefunden, so dass man im praktischen Betriebe bei entsprechender Wahl der Verhältnisse zwischen Lade- und Entladestrecke wohl auf einen mittleren Wirkungsgrad der Batterie von 70% rechnen kann.

Sehr wichtig erscheint es, dass in diesen Betrieben das Laden nur bis zu Beginn einer stärkeren Gasentwicklung betrieben wird, um grössere Verluste zu vermeiden.

Abends nach Schluss des Betriebes pflegt eine schwache Aufladung der Batterien stattzufinden, da nicht an allen Stellen die nöthige Spannung zur vollständigen Ladung der Batterien vorhanden ist.

Die Kapazität der älteren Batterien wurde von der Fabrik auf 20, die der neueren auf 25 Ampère-Stunden angegeben. Die Kapazitätsproben mit den älteren Batterien erfolgten bei einem Entladestrom von 20—25 Ampère und zeigte es sich, dass die Batterien im regelmässigen Betriebe nur mit etwa 25 % ihrer Kapazität beansprucht wurden, so dass für ungünstige Witterungsverhältnisse, besonders im Winter, für etwa viel stärkere Beanspruchung eine angemessene Reserve im Interesse der Betriebssicherheit vorhanden war. Da nun ausserdem meistens bei parallel geschalteter Batterie und durchschnittlich nur 12 Ampère Entladung gefahren wird, so entspricht an und für sich eine grössere Kapazität in Ampère-Stunden diesen Verhältnissen. Ob beim Betriebe die Kapazität der Batterien sich dauernd auf der ursprünglichen Höhe halten wird, konnte bei diesen Versuchen nicht ermittelt werden.

Die mit dem Elektromotor angestellten Bremsversuche zeigten nur eine geringe Differenz zwischen dem Kraftverbrauch des belasteten und unbelasteten Wagens. Innerhalb der bei der Fahrt obwaltenden Grenzen wächst der Wirkungsgrad des Motors ganz erheblich rascher, wie der Stromverbrauch. Es zeigte sich, dass der Mehrverbrauch an Strom bei einem mit einer Batterie belasteten Wagen sich durchaus nicht proportional dem Mehrgewicht steigert, sondern nur einen verhältnissmässig geringen Mehraufwand bedingt, ganz analog, wie beim Betriebe eines Beiwagens der Stromverbrauch nur um etwa $\frac{1}{3}$ steigt. Da die Versuche zeigten, dass der Wirkungsgrad des Motors bei reduzierter Spannkraft keinesfalls kleiner ist, wie bei der normalen Spannung, so ergibt sich eine erhebliche Reduktion des Energieverbrauches auf den mit Akkumulatoren befahrenen Strecken, da ohne Hilfe von Vorschaltwiderständen nur durch Aenderung der Schaltung die Geschwindigkeit innerhalb weiter Grenzen verändert werden kann. Es ist hiernach anzunehmen, dass der bei der Ladung der Batterie auftretende Verlust zum allergrössten Theil durch den höheren Wirkungsgrad der Schaltung bei der Entladung ausgeglichen wird.

Es zeigte sich ferner, dass die Einführung des gemischten Betriebes auf Stromverbrauch und Spannung in der Centrale einen ähnlichen günstigen Einfluss ausübt, wie die Pufferbatterien. In Folge dessen ist das Verhältniss zwischen Grösse der Kraftstation und der geleisteten Nutzarbeit in Hannover viel günstiger, wie an anderen Orten mit reinem Oberleitungsbetriebe.

Uebersicht der Betriebsresultate 1896.

Monat	Kilowattstunden	Zugkilometer total Anhängerwagen $\frac{1}{2}$ gerechnet	Akkumulatoren-Wagenkilometer	Akkumulatoren-Wagenkilometer in Prozent	Totalverbrauch der Kohle inkl. Beheizung, Beleuchtung und Betrieb der Werkstätte in Kilogramm	Watt pro Kilogramm Kohle	Kohle pro Zugkilometer	Watt pro Zugkilometer
Januar	58 590	111 139	9 618	8.6	182 741	321	1.644	527
Februar	55 337	103 739	8 877	8.5	170 262	325	1.641	533
März	61 633	112 462	9 567	8.5	179 843	348	1.598	548
April	83 326	146 106	27 459	18.8	205 106	406	1.404	570
Mai	106 765	174 241	43 564	25.0	239 537	446	1.375	612
Juni	100 033	166 447	40 947	24.6	211 043	474	1.282	609
Juli	107 970	179 621	50 173	27.9	230 393	469	1.225	601
August	116 856	196 651	58 106	29.5	241 439	484	1.225	594
September	129 989	216 194	65 921	29.2	269 794	482	1.248	601
Oktober	136 821	226 172	75 416	33.3	284 227	481	1.257	605
November	161 941	254 501	106 077	41.7	347 475	460	1.365	632
Dezember	176 949	277 750	123 880	44.6	384 777	459	1.380	637

Die Tabelle zeigt, dass, bei der allmählichen Einführung des Akkumulatorenbetriebes von $8\frac{1}{2}$ auf $44\frac{1}{2}$ % der gesammten Leistung, die erzeugten Wattstunden pro Kilogramm Kohle von 321 auf 480 gestiegen sind.

Die Abnahme in den letzten 2 Monaten ist nur scheinbar, da in dem Kohlenverbrauch auch Heizung und Beleuchtung sowie Werkstättenbetrieb einbegriffen ist, der natürlich im November und Dezember erheblich steigt. Der Energieverbrauch pro Zugkilometer ist allerdings von 527 Watt auf 637 Watt gestiegen.

Während der Energiebedarf pro Zugkilometer in Hannover wohl etwas grösser ist, wie bei einigen Oberleitungsbetrieben mit ähnlichen Terrainverhältnissen, so dürfte der Kohlenverbrauch sich kaum ungünstiger stellen. Die ungünstige Ausnutzung der Akkumulatoren in Hannover sowie der Mangel an geübten Wagenführern bei dem schnellen Wachsen des Verkehrs haben auf den höheren Energieverbrauch natürlich auch eingewirkt.

Es ist bekannt, dass ein ungeübter Wagenführer 25—30 % mehr Energie braucht, als ein anderer, welcher die lebendige Kraft des Wagens vortheilhaft auszunutzen versteht. Wir bringen an anderer Stelle dieses Buches hierüber noch Ermittlungen des Herrn Professors Herring.

Die Kosten der Instandhaltung und Bedienung der Batterien, die periodische Untersuchung derselben, sowie das Auswaschen und Neufüllen der Säure erforderte in der Zeit von 4 Monaten im Winter 1896

nach zurückgelegten 371294 Wagenkilometern mit Akkumulatoren einen Materialaufwand von 1840.22 Mk., worunter 18 Platten auszuwechseln waren. Für Löhne wurden in diesem Zeitraum für das Bedienungspersonal 3031.62 Mk. ausgegeben, sodass der Gesamtaufwand für Bedienung und Instandhaltung der Batterien 1.31 Pfg. pro Akkumulatorenkilometer oder in diesem Zeitraum 0.5 Pfg. pro Zugkilometer Gesamtleistung betrug. Die ältesten in Betrieb befindlichen Batterien hatten am Ende des Jahres rund je 24 000 km Entladung geleistet.

Aus den vorstehend nur kurz wiedergegebenen Resultaten hat Herr Ingenieur F. Ross die nachstehenden Schlussfolgerungen gezogen: Nimmt man die durchschnittliche Leistung der Batterien mit Berücksichtigung der in Reserve stehenden Wagen auf rund 20 000 km Akkumulatorenstrecken in einem Jahr an, und rechnet man auf Verzinsung und Amortisation 10% des Anlagekapitals von rund 5000 Mk. pro Wagen, so sind zu den oben ermittelten 1.31 Pfg. für Bedienung und Instandhaltung der Batterie noch 2 $\frac{1}{2}$ Pfg. pro Wagenkilometer hinzuzuzählen. Wird noch ein entsprechender Zuschlag für eventuell später höheren Verbrauch an Erneuerungsmaterial und Mehrverbrauch an Strom gemacht, soweit solcher nicht durch die bessere Ausnützung der Centrale und den günstigeren Wirkungsgrad bei der Entladung ausgeglichen wird, so dürfte die durch den Betrieb der Akkumulatoren bedingte Mehrausgabe pro Wagenkilometer zur Zeit rund 5 Pfg. nicht übersteigen.

Mit der Zeit wird voraussichtlich der Aufwand an Material für die Instandhaltung der Batterien steigen, dagegen wird bei wachsendem Betriebe und besserer Schulung des Personals der Preis der Bedienung, welcher jetzt 0.84 Pfg. pro Wagenkilometer beträgt, entsprechend sinken.]

Wird aber der Aufwand auf die gesammte Jahresleistung der Bahn bezogen, wie dies bei Strassenbahnen üblich ist, so betragen die thatsächlichen Mehrauslagen in Hannover in 1896 per Zugkilometer nur ca. 2 Pfg. wobei aber ein Abzug für Verzinsung und Amortisation der entfallenden Streckenausrüstung nicht erfolgt ist.

Vergleicht man hiergegen, welche Kosten entstanden wären bei eventueller Anwendung der unterirdischen Stromzuführung auf rund 20 km Doppelgeleis, und zwar bei isolirter Hin- und Rückleitung und der nothwendigen Aufstellung besonderer Maschinen für die Stromerzeugung in der Centrale, so sind die gesammten Kosten der Unterleitung mit mindestens 200 000 Mk. pro Kilometer Doppelgeleis zu veranschlagen.

Wenn man demnach für Verzinsung und Amortisation und Instandhaltung wieder 10% rechnet, so werden hierfür 20000 Mk. pro Jahr entfallen. Da der stärkste Verkehr auf den Akkumulatorenstrecken in Hannover im Monat Dezember einer Jahresleistung von 84000 Wagenkilometern pro Kilometer Doppelgeleis entspricht, so würde der für Verzinsung und Amortisation des Schlitzkanals erforderliche Betrag 22 Pfg. pro Wagenkilometer betragen, eine Zahl, die natürlich den elektrischen Betrieb vollkommen unmöglich gemacht hätte.

Bei einem Betrieb mit alleiniger Oberleitung, wobei die Kosten der Strecke mit Speiseleitungen und Schienenverbindungen pro Kilometer Doppelgeleis mindestens 25000 Mk. betragen, würde, in analoger Weise gerechnet, die Verzinsung und Amortisation pro Wagenkilometer immerhin 3 Pfg. betragen. Bringt man diesen Betrag von den vorstehend ermittelten Mehrkosten des Akkumulatorenbetriebes in Abzug, so ergeben sich die effektiven Mehrkosten pro geleisteten Wagenkilometer in Hannover zu 2 Pfg. und bleibt dieser Mehraufwand bezogen auf die insgesamt geleisteten Wagenkilometer unter 1 Pfg.

Man könnte annehmen, dass das grössere Gewicht der Wagen eine stärkere Abnutzung der Schienen verursachen würde, und dass dieselbe sich zunächst an den Schienenstössen bemerkbar machen müsste, an denen bisher jedoch noch nichts wahrzunehmen war, was besonders bei den in Hannover verwendeten Blattstössen auch kaum eintreten dürfte.

Vergleicht man den Akkumulatorenbetrieb gegen den Betrieb mit Unterleitung, so muss man vom betriebstechnischen Standpunkte aus dem ersteren entschieden den Vorzug geben. Ein etwa steckenbleibender Akkumulatorenwagen kann einfach durch den nächstfolgenden Wagen weiter geschoben werden, während dies beim Steckenbleiben der in den Kanal eingesenkten Kontaktarme eventuell unmöglich ist.

Ein fernerer Vortheil liegt auch beim Akkumulatorenbetrieb darin, dass bei etwaigen baulichen Veränderungen, wie z. B. Verschiebung des Geleises, der Akkumulatorenbetrieb dies ohne Weiteres gestattet, während der Schlitzkanal hier viele Umstände machen würde.

Auch bei sonstigen Unfällen bieten die Akkumulatoren eine gewisse Kraftreserve, sodass z. B. bei Störungen der Speiseleitungen auf einer betreffenden Strecke der Betrieb mit Akkumulatoren so lange aufrecht erhalten werden konnte, bis die Störung beseitigt war. Bei einer anderen Gelegenheit war der automatische Ausschalter auf der

Centrale herausgefallen, was unbemerkt geblieben war und konnten die Akkumulatorenwagen mit verminderter Geschwindigkeit ihre Fahrt fortsetzen.

Es kann aus diesen in Hannover gewonnenen Erfahrungen natürlich nicht gefolgert werden, dass die Resultate allgemein giltig seien und sind immerhin Fälle denkbar, wo bei starker Frequenz der Schlitzkanal auf kurze Strecken billiger wäre, andererseits dürfte bei gemischtem Betriebe für wenig frequente, entlegenere Strecken der Akkumulatorenbetrieb sich billiger stellen, selbst gegen die Verwendung der Oberleitung.

Bei den Verhältnissen in Hannover und in ähnlichen Fällen ist jedoch entschieden der Akkumulatorenbetrieb nach jeder Richtung hin dem Unterleitungsbetriebe vorzuziehen, namentlich auch in ökonomischer Beziehung.

In gleich günstiger Weise, wie Herr Ingenieur Ross, spricht sich auch der Geschäftsbericht der Hannoverschen Strassenbahn-Aktiengesellschaft aus (welcher Seite 236 der Elektrotechnischen Zeitschrift von 22. April 1897 wiedergegeben ist). Derselbe hebt gleichfalls hervor, welcher günstigen Einfluss die Einführung des elektrischen Betriebes trotz mannigfacher Störungen auf das Reinerträgniss des Unternehmens gehabt hat.

Die Erfahrungen, welche der Akkumulatorenbetrieb ergeben hat, genügten, um einerseits die Vorzüge des letzteren genügend zu würdigen, andererseits die demselben noch anhaftenden kleinen Fehler zu erkennen und zu beseitigen. Die Unterhaltungskosten der Akkumulatoren sind seit 1. März 1896 für eigene Rechnung der Gesellschaft ausgeführt worden und haben durchschnittlich pro Wagen und pro Monat 40.— Mk. betragen, was pro gemischtem Wagenkilometer des Hannoverschen Systems 0.75 Pfg. ausmacht. Diese Kosten werden sich in Zukunft zwar etwas vergrössern, keinesfalls aber 60.— Mk. pro Wagen und Monat überschreiten, selbst dann nicht, wenn eine raschere Abnutzung der Platten eintreten wird. In diesen Unterhaltungskosten sind nämlich auch diejenigen für die Erneuerung der Platten mit einbegriffen, so dass für die Akkumulatoren lediglich die für andere mechanische Installationen erforderlichen Abschreibungen in Frage kommen können, welche nach hiesigen Erfahrungen mit 6% anzunehmen sind.

Nimmt man weiter an, dass ein Akkumulatorenwagen des gemischten Systems der Strassenbahn in Hannover etwa 50—55 km im Jahre durchläuft, so kann man behaupten, dass die Kosten, welche der Akkumulatorenbetrieb mehr erfordert wie jeder andere Traktionsbetrieb, 2 Pfg. pro durchfahrenen Kilometer betragen.

Hätte für die Strecke von 26.5 km in Hannover eine Oberleitung hergestellt werden müssen, so wären hierfür, ganz abgesehen von der Unterleitung, 650 000 Mk. Anlagekosten nothwendig gewesen.

Berücksichtigt man ferner, dass die Unterhaltung der Oberleitung pro durchfahrenen Wagenkilometer zwischen 0.3 und 0.5 Pfg. kostet, und auch die Stromabnehmer auf den Akkumulatorenstrecken nicht abgenutzt werden, so kann kein Zweifel darüber sein, dass die Mehrkosten des gemischten Systems selbst unter den ungünstigsten Annahmen, gegenüber dem reinen Oberleitungsbetriebe, in Hannover nicht mehr pro durchlaufenen Kilometer betragen, als 1 Pfg., wohingegen das Unterleitungssystem in Hannover mindestens pro Wagenkilometer 6—7 Pfg. mehr kosten würde. Dieses günstige Resultat wird der Errichtung einer eigenen Kraftstation zugeschoben.

Die Betriebslänge der Strassenbahnen in Hannover beträgt 78.708 km, wovon 51.536 km elektrisch und 27.172 km mit Pferden betrieben werden.

Als das zweckmässigste Schienenprofil und als das geeignetste Material zu dem dortigen Betriebe hat sich das Haarmann'sche System mit Blattstoss erwiesen.

Am Schluss des Jahres 1896 waren vorhanden: 29 Motorwagen für Oberleitungsbetrieb, 63 Motorwagen für gemischten Betrieb, eine Schneefegemaschine mit Oberleitungsbetrieb, ein Wasserwagen mit Oberleitungsbetrieb. Weitere 110 Motor- bzw. Akkumulatorenwagen sind im Bau und in der Lieferung begriffen.

Mit 1 kg Kohle wurden 531 Wattstunden erzeugt, so dass die Kilowattstunde in den ersten 6 Monaten von 1896 5.478 Pfg. und nach Einführung des Akkumulatorenbetriebes im grösseren Umfange im zweiten Halbjahr 4.903 Pfg. und in den Monaten November und Dezember nur 4.5 Pfg. kostet.

Die reinen Traktionskosten des elektrischen Betriebes einschliesslich der Wagenführer belaufen sich auf 11.5 Pfg. pro Wagenkilometer, Pferdebetrieb dagegen auf 13.87 Pfg.; mithin ist eine Ersparniss von 2.37 Pfg. pro Wagenkilometer erreicht, obgleich zufolge billigerer Futterpreise in 1896 der Kilometer Pferdebetrieb 1.6 Pfg. niedriger zu stehen kommt, als in 1895. Bei Einführung des elektrischen Betriebes auf allen Linien dürfte sich auch noch eine weitere Ersparniss ergeben.

Versuch in Berlin.

Ein neuer, vier-achsiger Strassenbahnwagen der Grossen Berliner Pferde-Eisenbahn-Gesellschaft, welcher mit einer Akkumulatoren-Batterie von der Gülcher Akkumulatoren-

Fabrik ausgestattet ist, verkehrt jetzt auf der Strecke Zoologischer Garten—Schlesisches Thor. Derselbe ist für gemischten Betrieb eingerichtet und enthält 198 Zellen der transportablen Type A_4 mit 30 bis 40 Ampère - Stunden Kapazität. Das Gesamtgewicht der Zellen beträgt 1.1 t, mit Kontaktbrettern und sonstigen Nebenbestandtheilen 1.2 t. Die Gase werden durch Gummischläuche aus den dicht abgeschlossenen Zellen in einen besonderen Kanal und von diesem in's Freie abgeleitet, so dass das Innere dieses Wagens niemals mit Gasen erfüllt werden kann, und hierdurch jede Explosionsgefahr vollkommen ausgeschlossen ist. Die Entladestromstärke im praktischen Betriebe beträgt 10—30 Ampère. Mit der ersten Ladung konnte eine Probefahrt von 16 km mit Akkumulatoren allein zurückgelegt werden. *) Der Wagen wiegt ohne die Batterie 12.5 t, mit der Batterie und mit 39 Personen besetzt 16.5 t. Derselbe enthält 28 Sitzplätze und 11 Stehplätze. Die beiden Motoren leisten zusammen 32 PS., so dass noch ein Anhängewagen für die gleiche Personenzahl mitgeführt werden kann. Die Beleuchtung wird durch 10 Lampen à 16 Kerzen bewirkt. Die Zellen enthalten vier Platten: zwei positive von zusammen 1.4 und zwei negative von zusammen 1.2 kg. Gefäss, Elektrolyt und Platten wiegen zusammen 4 kg, die komplette Zelle mit Kasten 5.5 kg. Die Grösse der Platten ist $100 \times 150 \times 3$ mm. Nach den mir freundlichst von der Fabrik gemachten Mittheilungen beträgt das Gewicht von Batterien anderen Ursprungs für dieselbe Leistung 2.5 bis 2.7 t.

Nach weiteren Angaben der Fabrik kann eine Batterie von 200 Elementen der Type C_5 von 2.8 t für 17stündigen Betrieb verwendet werden. Eine solche Batterie ist im Stande, nach einer 5—6stündigen Ladung eine Arbeit von 70 000 Wattstunden zu leisten, so dass ein vierachsiger Motorwagen für 40 Personen pro Tag mindestens 150 km zurücklegen kann.

180 Elemente der Type A_6 wiegen 1.5 t und können einen Motorwagen mit zwei Anhängewagen mit einer Ladung 16 km weit befördern. Durch jedesmaliges Aufladen der Batterie an den Endstationen innerhalb 20 Minuten kann der Betrieb auf der genannten Strecke von 16 km dauernd aufrecht erhalten werden.

Die Trambahn in München.

Die Münchener Trambahngesellschaft wird auf ihrer neuen Linie nach Schwabing theilweise Akkumulatorenbetrieb, im Uebrigen Oberleitung verwenden. **)

*) Die Batterie musste entfernt werden, weil sie sich beim Laden erhitzte.

**) Elektrotechnischer Anzeiger vom 7. November 1897, S. 2023.

Man ist jedoch nach Berücksichtigung aller Verhältnisse zu dem Entschlusse gekommen, die Akkumulatoren nicht unter den Sitzen in den Wagen selbst unterzubringen, sondern besondere Akkumulatoren-Lokomotiven anzuwenden, sodass die Wagen nicht das todte Gewicht der Zellen mit sich führen, wie dies bei dem gemischten Betriebe in Hannover der Fall ist.

Der Preis eines Wagens für Oberleitung ist um 10 000 Mk. geringer als eines solchen für gemischten Betrieb. Da 70 Wagen auf gewissen Strecken mit Akkumulatoren fahren sollen, so ist die Anschaffung derselben um 700 000 Mk. billiger. Dagegen sind etwa 10 Akkumulatoren-Lokomotiven erforderlich, welche etwa 200 000 Mk. kosten. Da ferner durch Fortfall der Oberleitung auf den bezüglichen Strecken von 3 km Länge rund 75 000 Mk. weniger Kosten entstehen, so werden bei der ersten Einrichtung an 425 000 Mk. erspart.

Es müsste ausserdem bei gemischtem Betriebe zum Salzstreuen und Schienenkehren im Winter sowieso eine Anzahl Lokomotiven mit Akkumulatoren vorhanden sein.

Während bei gemischtem Betriebe 70 Batterien zu unterhalten wären, erfordert der Lokomotivbetrieb die Unterhaltung von nur 10 Batterien, sodass die Vortheile des letzteren ganz bedeutend sind, auch bezüglich etwaiger Erweiterungen und Ergänzungen der Betriebsmittel.

Im Vorstehenden haben wir die hauptsächlichsten grösseren Anlagen von Strassenbahnen mit Akkumulatorenbetrieb kennen gelernt und wollen nun sehen, unter welchen Bedingungen derselbe rationell durchführbar erscheint.

Die Betriebskosten.

Dass der Akkumulatorenbetrieb nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen sich empfiehlt, haben die in Budapest und Berlin von der Aktiengesellschaft Siemens & Halske ausgeführten elektrischen Bahnen dargethan. *) Nach den daselbst gemachten Erfahrungen kostet der Kilometer eingleisiger Strecke mit unterirdischer Stromzuführung 60 000 Mark und der Kilometer zweigleisiger Strecke 120 000 Mark, sodass in vielen Fällen, wo eine gewisse Strecke mit oberirdischer Stromzuführung nicht angelegt werden darf, es rationeller ist, unterirdische Stromzuführung an Stelle des theilweisen Akkumulatorenbetriebes anzuwenden.

*) Siehe Elektrotechnische Zeitschrift 1897, S. 531. Vortrag des Herrn Reg.-Baumeister Braun in Hamburg.

Herr Regierungs - Baumeister Braun stellt hierüber folgende kleine Vergleichsrechnung an:

Bei einer 5 km langen, zweigeleisigen Strecke seien 4 km mit oberirdischer und 1 km mit unterirdischer Stromzuführung zu versehen, und andererseits sei dieselbe Strecke auf 1 km statt mit unterirdischer Stromzuführung mit Akkumulatoren zu betreiben.

Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit soll 10 km betragen, sodass bei Fünfminutenbetrieb 12 Wagen erforderlich sind; ausserdem sollen für den Akkumulatorenbetrieb 5 Wagen, für den Betrieb mit Unterleitung drei Wagen als Ersatz angenommen werden. Es ergeben sich aus diesen Annahmen folgende Kosten:

Kosten der Unterleitung:

1 km	120000 Mk.
Stromabnahme für 15 Wagen à 650 Mk. rund	10000 „
	<u>Sa. 130000 Mk.</u>

Kosten bei Akkumulatorenbetrieb:

Geleisanlage 1 km	45000 Mk.
Batterien für 17 Wagen zu je 5000 Mk. .	85000 „
	<u>Sa. 130000 Mk.</u>

Die Anlagekosten sind also für beide Betriebsarten die gleichen.

Die Betriebskosten sind bei der unterirdischen Stromzuführung gemäss den gemachten Erfahrungen für Erneuerung, Tilgung, Unterhaltung, einschliesslich Kanalreinigung und Beaufsichtigung der Strecke, jährlich $4\frac{1}{2}\%$ des Anlagekapitals, also

von 120000 Mk. $4\frac{1}{2}\%$	5400 Mk.
für 15 Stromabnehmer à 150 Mk. jährlich .	2250 „
	<u>Sa. 7650 Mk.</u>

Jeder Akkumulatorenwagen leistet jährlich rund 40000 Wagenkilometer, derselbe ist etwa $2\frac{1}{2}$ t schwerer als ein sonstiger Motorwagen. Ein Tonnenkilometer braucht 45 Wattstunden, wir brauchen also für einen Akkumulatorenwagen, gegenüber den sonstigen elektrischen Motorwagen, jährlich rund 4500 Kilowattstunden mehr Energie.

Von den jährlich von einem mit Akkumulatoren versehenen Wagen gelaufenen 40000 km werden 8000 km mit Akkumulatoren (ohne Stromzuführung) befahren. Nimmt man pro Wagenkilometer 450 Wattstunden Energieverbrauch, bei einem Wirkungsgrad von 0.7 der Akkumulatoren, an, so erhalten wir für den mit Akkumulatoren befahrenen Wagenkilometer rund 200 Wattstunden Mehrverbrauch. Dies ergibt für die 8000 Wagenkilometer einen Mehrverbrauch von rund 1600 Kilowattstunden.

Der Mehrverbrauch an Energie beträgt also für Akkumulatorenwagen $4500 + 1600 = 6100$ Kilowattstunden.

Bei gemischtem Betriebe stellt sich jedoch der gesammte Verlust zufolge besserer Ausnutzung des Kraftwerkes und dessen gleichmässigerer Belastung mit Akkumulatoren und Oberleitung nicht so hoch als eben berechnet. Rechnen wir daher den jährlichen Mehrverbrauch an Kraft für einen Wagen nur auf 5000 Kilowattstunden an, so ergibt dies für 17 Wagen zusammen 85000 Kilowattstunden. Nimmt man die Selbstkosten der Kilowattstunde zu 5 Pfg. an, so betragen die Mehrkosten des Stromes jährlich 4250 Mk. — In diesem Preise von 5 Pfg. pro Kilowattstunde sind die Kosten für Oel, Kohlen und Abnutzung der Maschinen mit einbegriffen. (Beim Bezuge des Stromes aus Elektrizitätswerken stellt sich der Preis des Stromes jedoch bedeutend höher, derselbe beträgt dann 9—10 Pfg. für die Kilowattstunde.)

Zu den obigen Mehrkosten kommen nun noch die Kosten für die Unterhaltung der Akkumulatoren, die sich wie folgt stellen: Für jeden Wagen verlangen die Akkumulatoren-Fabriken pro Jahr 300 Mk., also für 17 Wagen 5100 Mk., und ferner für jeden gefahrenen Wagenkilometer 2.5 Pfg., für 8000 Wagenkilometer also 200 Mk. und für 17 Wagen 3400 Mk.

Die Kosten des gemischten Betriebes mit Akkumulatoren stellen sich also wie folgt:

Mehrkosten des Stromes	4 250 Mk.
pro Wagen 300 Mk. jährlich $\times 17$	5 100 „
pro Wagen 200 Mk. Wagenkilometer- gelder $\times 17$	<u>3 400 „</u>
	Sa. 12 750 Mk.

Hierzu kommt noch die Unterhaltung der Geleisanlage mit 6% des Anlagekapitals mit 2700 Mk., sodass die gesammten Betriebskosten 15450 Mk. betragen. — Hiergegen stellen sich die Betriebskosten bei gemischtem Betriebe mit Ober- und Unterleitung auf 7650 Mk.

Es ist ja ganz natürlich, dass je nach dem Standpunkte der verschiedenen Unternehmer und je nach Ansichten, Einzelne dem Akkumulatorenbetriebe weniger geneigt sind und die Zahlen mehr zu Gunsten des direkten Betriebes gruppieren. Die vorstehenden Ausführungen zeigen jedoch, dass man in jedem Falle sehr eingehend prüfen muss, welche Betriebsweise am vortheilhaftesten ist. — Welchen Einfluss aber auf die praktische Handhabung des Betriebes eine rationelle Fahrtechnik hat, zeigen die im nächsten Abschnitt beschriebenen Versuche.

Arbeitsverlust bei elektrischen Strassenbahnwagen.

Herr Professor Hermann S. Herring hat eingehende Versuche beim Fahren angestellt, worüber derselbe in der Elektrotechnischen Zeitschrift vom 9. September 1897, Seite 565, ausführlich berichtet.

Bei einem gewöhnlichen Wagen von 7.5 t beträgt bei mittlerer Belastung die pro Wagenkilometer erforderliche Energie, wie aus zahlreichen Versuchen festgestellt ist, im Mittel 875 Wattstunden, wenn auf jedem Streckenkilometer im Mittel 5 Mal angehalten wird und die mittlere Geschwindigkeit 60 km pro Stunde beträgt. Bei einer 8 km langen Strecke ergeben sich somit bei 16 km stündlicher Geschwindigkeit und 60 maligem Anhalten 8.7 Kilowattstunden erforderliche elektrische Arbeit. Bei nur 30 maligem Anhalten des Wagens würden $30 \times 85 = 2550$ Wattstunden gespart werden, sodass für die ganze Strecke nur $8.7 - 2.55 = 6.15$ Kilowattstunden erforderlich werden, was einer Ersparniss von ca. 29 % entspricht.

Im Interesse des Verkehrs muss natürlich eine grosse Anzahl von Haltestellen vorhanden sein, jedoch ist unnöthiges Anhalten jedenfalls zu vermeiden.

Unachtsame Handhabung des Fahrschalters von Seiten des Wagenführers kann auch erhebliche Verluste herbeiführen. Wenn es ein Wagenführer versteht, die lebendige Kraft des Wagens möglichst auszunutzen und die Bremse beim Halten so wenig als möglich zu gebrauchen, so kann derselbe gegen einen unachtsamen Wagenführer um 20 % weniger Kraft gebrauchen, jedenfalls aber ist es möglich, bei sorgsamer Handhabung des Fahrschalters mindestens eine Ersparniss von 10 % zu erreichen.

Wenn 15 Wagen eine 10 km lange Strecke je 15 Mal täglich mit 16 km stündlicher Geschwindigkeit durchfahren und hierbei, sagen wir, 875 Wattstunden pro Wagenkilometer verbrauchen und die Kilowattstunde 4 Pfg. kostet, so würde die Ersparniss von 10 %, 3.5 Pfg. pro Wagen und Fahrt, oder 52.5 Pfg. pro Wagen täglich, gleich rund 190 Mk. jährlich oder bei 15 Wagen 2850 Mk. betragen, was bei 4 % Verzinsung einem Kapital von mehr als 70 000 Mk. entspräche. Hieraus geht unzweifelhaft hervor, wie wichtig ein gut geschultes Personal bei elektrischen Strassenbahnen ist: Wenn ein Wagenführer mit voller Geschwindigkeit bis nahe an die Haltestelle fährt und dann plötzlich die Bremse anzieht, so geht diesem Wagen die innewohnende kinetische Energie nutzlos verloren. Ebenso wenn beim Abwärtsfahren nicht rechtzeitig der Strom abgestellt, oder wenn der Strom wieder eingeschaltet wird, ehe die Bremse losgelassen ist, finden Verluste statt.

Dieser Uebelstand scheint allerdings bei den neuen Wagen der Berlin-Charlottenburger Strassenbahn dadurch vermieden zu sein, dass entweder nur eine Kurbel für Schalter und Bremse vorhanden, oder da, wo 2 Kurbeln eingerichtet sind, beide von einander abhängen, so dass beim Bremsen der Strom ausgeschaltet, und umgekehrt beim Einschalten die Bremse zuvor gelöst ist. Eine wie wichtige Rolle die in dem Wagen aufgespeicherte kinetische Energie spielt, zeigt folgendes Beispiel:

Ein gewöhnlicher amerikanischer, für eingleisige Strecken benutzter Strassenbahnwagen, welcher voll besetzt etwa 8.6 t wiegt und einen Traktionskoeffizienten von 5.44 kg pro Tonne besitzt, würde zur Fortbewegung einen Horizontalzug von 46.7 kg erfordern. Bei 16 km Geschwindigkeit pro Stunde würde die kinetische Energie 7 955 mkg betragen, und würde dieselbe den Wagen theoretisch 170 m, in Wirklichkeit aber ca. 90—100 m auf horizontaler Strecke weiter bewegen können. Auf einer 150 m langen Steigung von 3 % beträgt am höchsten Punkte derselben die im Wagen aufgespeicherte potentielle Energie ca. 35 695 mkg. Beim Abwärtsfahren auf derselben Strecke wird auf den Wagen eine Kraft von 234 kg ausgeübt, welche gleich der Componente des Gewichts des Wagens längs des Abhanges ist. Zieht man hiervon die zur Ueberwindung der Reibung erforderliche Zugkraft von 46.7 kg ab, so bleibt eine Kraft von ca. 187 kg übrig, welche entweder eine beschleunigte Bewegung des Wagens hervorbringt, oder in den Bremsen vergeudet wird. Die zur Abwärtsbewegung des Wagens erforderliche Energie ist das Produkt Reibung \times Länge der geneigten Bahn = $46.7 \times 150 = 7\,005$ mkg und diese, von der am höchsten Punkte erreichten potentiellen Energie von 35 695 mkg subtrahirt, ergibt als Betrag der kinetischen Energie, welche der am Fusse des Abhanges angelangte Wagen aufgespeichert hat, 28 690 mkg. Dabei würde der Wagen eine Geschwindigkeit von ca. 44.5 km erreicht haben und diese würde genügen, um den Wagen auf horizontaler Bahn noch ca. 600 m weiter zu treiben. Diese Zahl ist in der Praxis in der Folge vermehrten Winddruckes und anderer Umstände kleiner, rechnet man aber nur 50 % derselben, so würde die Strecke, welche der Wagen in Folge der beim Aufwärtsfahren in sich aufgenommenen potentiellen Energie durchlaufen könnte, doch dreimal so gross sein, als die Länge der Steigung, d. h. 450 m. Obwohl es in Wirklichkeit unmöglich ist, unter solchen idealen Verhältnissen zu fahren, so ergibt sich aus diesen Erwägungen doch, wie ausserordentlich wichtig es ist, bei rationellem Bahnbetriebe das dem Wagen innewohnende Bewegungsmoment thunlichst auszunutzen.

Nach The Electrical World No. 11, 1897, S. 308 findet nicht nur beim Anhalten, sondern auch beim Anfahren, je nach Handhabung des Fahrschalters, eine bedeutende Kraftvergeudung statt.

Versuche auf der Chicago City Railway haben gezeigt, dass beim Anfahren bis zur vollen Geschwindigkeit der Wagen, auf

25.25 m in 9.5 Sekunden 307.176 Wattsekunden

45.75 m „ 12 „ 221.676 „ „

Energie gebraucht werden. Bei zu schnellem Anfahren ist die Kraftvergeudung zufolge Gleitens der Räder ziemlich bedeutend. (Knox. Street Railway Journal). Cravath hat nach derselben Zeitschrift Folgendes festgestellt.

1. Wenn von der Reihenschaltung zur Parallelschaltung vermittelst des Fahrschalters übergegangen wird, bevor eine grössere Geschwindigkeit erreicht ist, so wird der Nutzeffekt zeitweise bis zur Hälfte verringert, da die horizontale Schubkraft pro Ampère bei Reihenschaltung der Motoren doppelt so gross ist, als bei Parallelschaltung.

2. Der Verlust in der Oberleitung ist proportional dem Quadrat der Stromstärke. Es ist in Folge dessen beim schnellen Anfahren mit der maximalen Stromstärke ein grösserer Verlust vorhanden, als mit kleinerem Strommaximum bei langsamer Beschleunigung des Wagens.

3. Bei Nebenschlussmotoren wird durch zu schnelles Einschalten der Abtheilungen im Nebenschluss das Feld geschwächt und folglich auch der horizontale Schub pro Ampère.

4. Der Verlust in Erwärmung des Motors ist stärker beim Anfahren mit maximaler Stromstärke und somit auch dessen Nutzeffekt geringer.

5. Es findet stärkeres Gleiten der Räder statt.

6. Es werden stärkere Generatoren benöthigt und der Nutzeffekt der Kraftanlage dadurch verringert.

Wie schon erwähnt, werden durch ungeschickte oder unaufmerksame Wagenführung rund 20 % der zum Betriebe eines Wagens erforderlichen Energie vergeudet. Es wäre daher von hohem Werth für die Kontrolle der Wagenführer zur Erzielung ökonomischer Verwendung des elektrischen Stromes, wenn man einen Messapparat besässe, der es gestattete, die von jedem Wagen eventuell auf jeder Fahrt verbrauchte Energie zu messen und abzulesen.

Man hat sich bei Fahrversuchen bisher in der Weise geholfen, dass man an genauen Strom- und Spannungsmessern möglichst zahlreiche Ablesungen notirte und die so gewonnenen Mittelwerthe mit der Zeit multiplizierte. Dieses Verfahren ist natürlich für den prak-

tischen Betrieb nicht anwendbar und können verlässliche Ziffern nur durch einen Elektrizitätszähler erzielt werden.

Unsere bisherigen Zähler sind jedoch bei den heftigen Erschütterungen der Wagen hierfür nicht geeignet. Ein Zähler für diese Zwecke soll unter den denkbar ungünstigsten Verhältnissen genau sein, er soll dauerhaft sein und doch trotz der Erschütterungen dauernd richtige Angaben machen.

Die Benutzung eines solchen Zählers würde sicher die Hälfte der jetzt vergeudeten Kraft, also 10 % der aufgewendeten Energie ersparen, und es wäre wohl der Mühe werth, die geeignete Konstruktion eines allen Anforderungen entsprechenden Zählers zu ermitteln. —

Nicht nur die Fahrtechnik allein hat einen bedeutenden Einfluss auf den Kraftverbrauch, sondern auch die Konstruktion der Wagen, insbesondere die Reibung der Achsen.

Einfluss der Lagerkonstruktion.

Welchen Einfluss die Konstruktion der Lager für Fahrzeuge hat, zeigen nach Electrical Review vom 4. Juni 1897 Versuche der Roller Bearings Company in London. Es waren zwei Wagenuntergestelle hergestellt, das eine mit gewöhnlichen Lagern, das andere mit Kugellagern, welche mit der Belastung je ca. $5\frac{1}{2}$ t Gewicht hatten. Für 1000 kg Last war die Zugkraft für gewöhnliche Lager 18.9 kg, für Kugel-Lager 2.9 kg.

Der Reibungswiderstand war für 1000 kg Last bei gewöhnlichen Lagern 14 kg, bei Kugellagern 4 kg.

Bei drei Strassenbahnwagen in Blackpool wurde durch Kugellager in zweijährigem Betriebe eine Ersparniss von mindestens 30% der Energie für deren Betrieb erzielt.

Bei sechs Wagen zwischen Brighton und Kemptown wurde mit Kugellagern eine Ersparniss von 12—15% des Feuerungsmaterials erreicht. —

Wie weit man in Amerika mit der eleganten Einrichtung von Strassenbahnwagen geht, zeigt uns die Konstruktion von Pullman.

Pullman's Vestibule Car.

Die grössten und elegantesten Wagen, welche bis jetzt wohl für Strassenbahnen gebaut wurden, hat die C. L. Pullman Car Co. in Chicago Ill. hergestellt. Wie die Fig. 15 zeigt, ist es ein vierachsiger Wagen mit Decksitzen. In der Mitte befinden sich zwei Eingänge zu den unteren Räumen, sowie eine zweitheilige Treppe zu den Decksitzen. Die Fabrik behauptet, dass der Wagen mehr

Passagiere aufnehmen kann, als zwei gewöhnliche Wagen, dabei aber das Wagengewicht pro Person geringer ist.

Die Wagen sind 38 Fuss lang und von den Schienen bis zum Dache 13 Fuss hoch; das Gewicht des Fahrzeugs beträgt 15 Tonnen ohne Batterie. Vier Westinghouse-Motoren von je 34 PS. geben dem Wagen eine bedeutende Geschwindigkeit. Der untere Theil des Wagens ist in zwei abgeschlossene, hübsch ausgestattete Coupées getheilt. Dagegen bildet der obere Stock einen einzigen Raum mit Bänken in der Mitte auf der ganzen Länge des Wagens. Im Sommer vollständig offen, kann dieses Stockwerk im Winter ebenfalls in einen geschlossenen Raum verwandelt werden. Sitzplätze wird der Wagen für 90 Personen bieten, während 150 wohl im Ganzen darin Aufnahme finden können.

Auf dem Dach des Wagens sind für verschiedene Fahrrichtungen zwei Kontaktarme angebracht. Der Wagenführer steht oben auf dem Deck. Weitere Angaben konnte ich leider bis zur Drucklegung des Buches nicht erhalten.

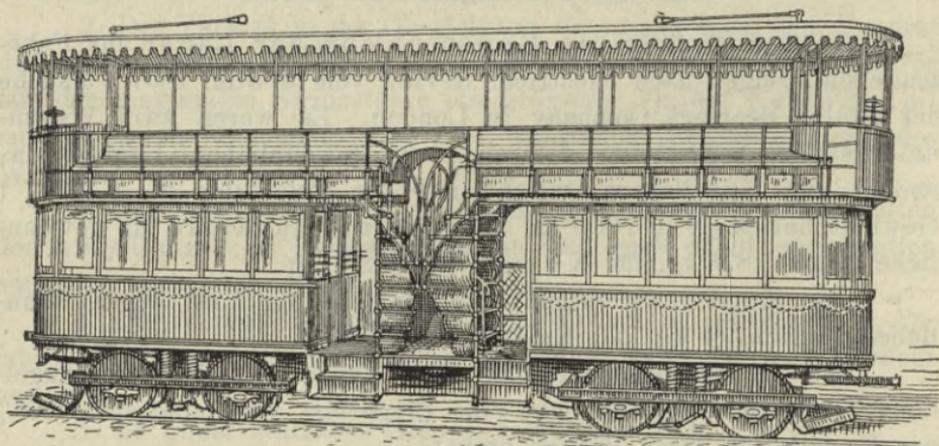


Fig. 15. Vestibule Car in Chicago.

Die in den vorstehenden Abschnitten aufgeführten Thatsachen zeigen, auf welche Umstände man bei Einrichtung eines elektrischen Betriebes, insbesondere mit Akkumulatoren, Rücksicht zu nehmen hat.

Oft handelt es sich auch darum, bei Voranschlägen die ungefähre Grösse der Batterien im Voraus zu ermitteln, und können hierfür die nachstehenden, einfachen Formeln benutzt werden.

Berechnung einer Batterie für Traktionszwecke.

Bezeichnet man mit A die gesammte zu bewegende Last, mit A' das Gewicht des besetzten Wagens und mit A'' das Gewicht der Akkumulatoren, so ist in tons

$$A = A' + A''.$$

Bezeichnet man ferner mit r die Steigung auf 1000 m, mit v die Geschwindigkeit pro Sekunde in Metern, 15 = Zugkraft pro ton in der Horizontalen und ist $r +$ in der Steigung, $r -$ im Gefälle, so sind pro Sekunde PKgm. erforderlich:

$$P = A (15 \pm r) v.$$

Das Produkt aus Länge des Gefälles mal dem Traktionskoeffizienten, getheilt durch die doppelte Gesamtlänge giebt

$$k = \frac{\sum (15 \pm r) t}{2 L} \text{ und es ist dann } P = A \cdot k \cdot v.*$$

Entladet man die Akkumulatoren bis 1.85 Volt pro Zelle und bezeichnet man mit i die Stromstärke pro Kilogramm Akkumulatoren (Nettogewicht) so ist

$$(A' + A'') k v = A'' \times 1.85 \frac{1000}{9.81} \times i$$

und hieraus

$$A' = \frac{A'' 1.85 \times 1000 \times i}{9.81 \times k v} - 1 A''.$$

Der Nutzeffekt der Motoren inklusive Vorgelege sei 75 % und der Verlust durch Kurven und Anhalten ca. 10 %, so können wir vorstehende Gleichung schreiben:

$$A' = \left(\frac{1.85 \times 1000 \times i \times 0.75 \times 0.9}{9.81 k v} - 1 \right) A''$$

$$A'' = \frac{A'}{1.85 \times 1000 \times i \times 0.75 \times 0.9 - 9.81 k v} - 1;$$

da aber $\frac{1.85 \times 1000 \times 0.75 \times 0.9}{9.81} = 124.87$, so wird

$$A'' = \frac{A'}{124.87 \frac{i}{k v} - 1}.$$

In analoger Weise berechnet sich die Bremskraft in Neigungen über 15 auf 1000 in Watt

$$P = \frac{v F}{75} 736 = 9.81 v F,$$

worin $F = A (\sin a - f \cos a)$ und an

$$\sin a = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}; \cos a = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad F = \frac{A}{\sqrt{a^2 + b^2}} (a - f b),$$

wobei A das Gewicht in Kilogramm, a die Höhendifferenz, b die Länge in der Horizontalen als Projektion der Neigung, f der Traktions-

*) Electrical Review vom 30. August 1895, S. 256, sowie L'Industrie Electrique nach Chenet und Boy de la tour.

koëfficient, der vorhin mit 15 kg angenommen war, in der Neigung jedoch 0.015 ist.

Ist die Neigung geringer als 15 auf 1000, so wird die Formel noch einfacher, da die algebraische Summe der Werthe $\pm r$ Null ist. Wir haben dann

$$P = 15 A v = A'' \frac{1.85 \times 1000}{9.81} i$$

$$A' = \left(\frac{1.85 \times 1000 i \times 0.75 \times 0.9}{9.81 \times 15 v} - 1 \right) A''$$

$$A'' = \frac{A'}{\frac{1.85 \times 1000 i \times 0.75 \times 0.9}{9.81 \times 15 v} - 1}$$

da aber $\frac{1.85 \times 1000 \times 0.75 \times 0.9}{9.81 \times 15} = 8.485$ so haben

$$\text{wir} \quad A'' = \frac{A'}{8.485 \frac{i}{v} - 1.}$$

Oft hat man Angaben über die Kapazität von Zellen bei drei verschiedenen Entladestromstärken; es kommt jedoch vor, da die Entladestromstärke eine Funktion der Fahrgeschwindigkeit und des Geleises ist, dass man mit anderen als den gegebenen Stromstärken zu rechnen hat und man für diese die Kapazität zu wissen wünscht. Eine einfache Formel gestattet die Entladestromstärke pro Kilogramm-Akkumulatoren für irgend eine Entladezeit zu berechnen.

Trägt man die Entladezeiten t in Stunden als Abscissen und die Stromstärken i als Ordinaten in Ampère auf, so erhält man eine Kurve von der Form

$$a + b t + \frac{c}{t} = i.$$

Die Konstanten a , b und c können leicht berechnet werden aus den Stromstärken für n , n' und n'' Entladungsverhältnissen einer bestimmten Zellentype, nämlich

$$a + n b + \frac{c}{n} = x \quad a + n' b + \frac{c}{n'} = y$$

$$a + n'' b + \frac{c}{n''} = z.$$

Setzt man die so erhaltenen Werthe von a , b , c in obige Formel ein, so erhält man i für eine bestimmte Entladezeit.

Die zum Anfahren erforderliche Kraft ergibt sich wie folgt in Kilogrammmeter

$$w = \frac{A v^2}{2g} \text{ und Wattstunden } w = \frac{A v^2}{2},$$

worin A das Totalgewicht in Kilogramm und v die Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde.

Um an Hand vorstehender Formeln eine Berechnung der erforderlichen Akkumulatoren für jeden gegebenen Fall ausführen zu können, ist vor allen Dingen eine genaue Kenntniss der zu befahrenden Strecke nöthig. Steigungen bezw. Gefälle, Haltestellen und Kurven nebst deren Radius sind festzustellen, sowie die Grösse, das Gewicht und die Konstruktion der Wagen, sodass die Berechnung allen Verhältnissen möglichst Rechnung trägt. Der praktische Versuch kann ja in allen Fällen genauere Aufschlüsse nur geben, immerhin wird die vorherige Berechnung Anhaltspunkte bieten.

Die transportablen Akkumulatoren zum Betriebe von Strassenbahnen hätten wir hiermit ausführlich kennen gelernt. Da diese Betriebe jedoch öfter durch stationäre Batterien unterstützt werden, so mögen auch hierüber noch einige Angaben folgen.

Stationäre Pufferbatterien.

Ausser für die Bewegung der Strassenbahnwagen durch direkt aus den Akkumulatoren entnommenen Strom können dieselben auch bei Strecken mit Oberleitung als stationäre Batterien Verwendung finden, worüber der Elektrotechnische Anzeiger 1897 Seite 450 und 479 nach einem Vortrage des Herrn Dr. Paul Schop Folgendes berichtet.

Derselbe führt aus, dass die Akkumulatoren nicht allein wie bei den Elektrizitätswerken als Stromreserve und Ergänzung der Maschinenanlage dienen, sondern dass sie auch vor allen Dingen geeignet sind, die überaus grossen Schwankungen des Strombedarfs, welche oft plötzlich und sehr häufig eintreten, auszugleichen.

Es ist möglich, unter Anwendung von Akkumulatoren mit ziemlich kleinen Kraftmaschinen eine elektrische Bahn in Betrieb zu erhalten, wenn diese mit konstanter Kraft während der ganzen Betriebszeit arbeiten und jene durch eine Akkumulatorenbatterie in entsprechender Weise vertheilt werden kann. Um das Gesagte zu erläutern wird folgendes Beispiel angenommen.

Es ist eine Strassenbahnlinie mit 7 Wagen zu betreiben, von denen jeder 16 Sitz- und 14 Stehplätze hat, mit einer Wasserkraft von 50 PS. Diese Kraft würde für den maximalen Strombedarf zu klein sein, während die kompl. Arbeit während 24 Stunden mehr als hinreichend wäre, um die am Tage erforderliche Gesamtarbeit zu leisten.

Nimmt man an, dass jeder Wagen täglich 150 km fährt, und pro Wagenkilometer ein Kraftaufwand von $\frac{2}{3}$ PS.-Stunden erforderlich

sei, so stellt sich die täglich pro Wagen zu leistende Arbeit auf 100 PS.-Stunden und für alle 7 Wagen auf 700 PS.-Stunden pro Tag. Unter Berücksichtigung des Nutzeffekts der Dynamomaschinen und der Uebersetzung zwischen Turbine und Dynamo sind etwa 40 PS. an den Polklemmen der Maschine verfügbar. Man kann also in 24 Stunden etwa 1000 PS.-Stunden ausnützen, während der Arbeitstag täglich nur 700 PS.-Stunden beansprucht.

Der mittlere Kraftaufwand pro Wagen stellt sich, wenn die Betriebszeit 10 Stunden beträgt, und wieder unter der Annahme von 150 km Weg sowie $\frac{2}{3}$ PS.-Stunden Arbeitsaufwand pro Wagenkilometer, auf $6\frac{1}{4}$ und für sieben Wagen auf ca. 44 PS.

Indessen ist es eine Erfahrungssache, dass dieser mittlere Kraftbedarf auf das fünf- bis sechsfache ansteigen kann und die Centralen auf diese mehrfache Leistung eingerichtet werden müssen.

Es würde daher die Centrale immerhin 200 PS. für den äussersten Fall zu liefern haben, und nachdem die Wasserkraft nur 40 PS. für das Leitungsnetz verfügbar macht, sind die übrigen 160 PS. durch den Akkumulator aufzubringen.

Diese Zahl von 160 PS. entspricht der maximalen Entladung des Akkumulators, entsprechend ca. 120 000 Watt oder bei 500 Volt Betriebsspannung 240 Ampère Entladestromstärke.

Andererseits muss der Akkumulator eine genügende Aufnahme-fähigkeit besitzen, um die ausserhalb der Betriebszeit fallende Arbeitsleistung der Wasserkraft, also 40 PS. während 8 Stunden, in sich aufzunehmen; der Akkumulator muss mit anderen Worten eine Kapazität von 320 PS.-Stunden haben.

Es ergibt sich hieraus bereits, dass der Akkumulator so gross wird, dass derselbe das gesammte Netz während der Hälfte der Betriebszeit, oder 7 Stunden hintereinander ganz allein betreiben kann, also eine genügende Reserve für alle Arbeiten bei etwa vorkommenden Betriebsstörungen bildet, und dadurch ein zeitweiliges Einstellen des Betriebes beinahe zur Unmöglichkeit macht.

Eine Akkumulatorenbatterie von dieser Dimension übernimmt ohne Weiteres auch die erforderliche Regulirthätigkeit, nämlich sie nimmt, falls der Kraftbedarf im Tramnetze sich unterhalb der mittleren Beanspruchung von 44 PS. bewegt, den vom Generator gelieferten Ueberschuss an Elektrizität in sich auf und giebt, im Fall der Kraftbedarf im Netze den mittleren Betrag übersteigt, ebenso automatisch das erforderliche Mehr aus sich ab.

Von technischem Interesse ist auch die Art und Weise des Anschlusses der Akkumulatoren an die Generator-Dynamo und an das Betriebsnetz oder die Schaltung zwischen Akkumulator, Generator

und Oberleitungsnetz. Dieselbe kann nach denselben Prinzipien, wie sie bei der Schaltung von Akkumulatoren in Beleuchtungs-Anlagen befolgt werden müssen, geschehen, immerhin aber unter Berücksichtigung des Umstandes, dass hier die Spannung doppelt resp. viermal grösser, als beim Beleuchtungsbetriebe ist.

Die Akkumulatorenatterie muss parallel an das Tramnetz angelegt werden, denn nur dann ist bei irgend einer Störung oder Unterbrechung der Stromlieferung in der Centrale der automatische Stromzufluss vom Akkumulator in das Netz gewährleistet. Ferner muss zwischen dem einen Pol der Batterie und dem gleichnamigen Pol des Stromgenerators eine Vorrichtung den Rückstrom aus dem Akkumulator in die Dynamo verhindern, denn es ist bei der angegebenen Parallelschaltung ersichtlich, dass, sobald aus irgend einem Grunde die Spannung der Dynamomaschine unterhalb derjenigen des Akkumulators sinkt, sofort Strom vom Akkumulator in die Dynamo fliessen und diese als Motor in Gang setzen müsste.

Ein weiteres Beispiel bietet die elektrische Nebeneisenbahn Meckenbeuren-Tettnang. Herr H. Heimpel, in München, berichtet über diese Anlage in der Zeitschrift des „Vereins deutscher Ingenieure“ vom 4. bzw. 11. September 1897. Es ist eine normalspurige Nebenbahn für Personen- und Güterverkehr, welche zunächst mit Oberleitung betrieben wurde. Der dienstfähige Motorwagen wiegt 14 t, ein Beiwagen 9,3 t.

Eine Turbinenanlage, welche gleichzeitig auch noch durch eine Dampfanlage ergänzt wird, liefert ausser dem Betriebsstrom für die Bahn auch das elektrische Licht für die Umgebung der Ortschaft. Da die Kraft nicht vollkommen hinreicht, um abends während des Lichtbetriebes auch den erforderlichen Kraftstrom zu liefern, so traten bedeutende Schwankungen beim Fahren in den Steigungen sowohl als beim Anfahren ein, so dass die Betriebsspannung von 650 Volt mitunter bis auf 400 Volt sank, da der Betriebswärter selbst bei grösster Aufmerksamkeit nicht in der Lage war, im Moment des Anfahrens die Turbine genügend zu reguliren.

Ebenso stieg beim Anhalten des Zuges die Spannung aussergewöhnlich hoch, bis durch Nachreguliren wieder ein Ausgleich stattgefunden hatte. — Beim Verschieben der Wagen auf den Bahnhöfen war es ausserdem fast unmöglich, durch Reguliren die Spannung einigermaassen konstant zu erhalten, so dass die Lichtschwankungen unvermeidlich wurden. Um diese Störungen einigermaassen zu beschränken, versuchte man, durch einen Belastungswiderstand mit Quecksilberkontakten bei plötzlicher Entlastung, die Tourbine in möglichst gleichmässigem Gange zu erhalten. Da jedoch dieser

unnöthige Kraftverbrauch immer unwirtschaftlich war, und der sich hebende Lichtverbrauch eine Ergänzung der Kraft wünschenswerth machte, so entschloss man sich, die Kraftanlage durch eine Akkumulatorenbatterie zu ergänzen.

Die Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft Hagen erbot sich, unter Anwendung von 330 Zellen bei Entnahme von 40 Ampère-Stunden mit einer Spannung von 700 Volt, einen Spannungsabfall nicht unter 610 Volt zu garantiren, unter der Voraussetzung, dass im Laufe eines jeden Tages einmal vollständig aufgeladen werde, so dass für das Volladen bis zu 2.7 Volt pro Element 890 Volt für die ganze Batterie erforderlich wären. Da die Maschine jedoch eine solche Spannung nicht hergeben konnte, so wurde die Batterie in drei Abtheilungen zerlegt und immer je 220 Elemente mit 594 Volt vollgeladen.

Es dürfte dies der erste Fall sein, dass beim Akkumulatorenbetrieb eine Spannung von über 800 Volt angewendet wird und waren in Folge dessen besondere Vorkehrungen für die Isolirungen und Funkenlöschvorrichtungen erforderlich. Auch bei den Wagenmotoren machte sich die hohe Betriebsspannung anfangs durch Kurzschlüsse öfter bemerkbar, und waren aussergewöhnliche Isolirungen erforderlich, um Störungen zu vermeiden.

Zu Folge der bei der elektrischen Strassenbahn Zürich—Hirslanden gemachten Erfahrungen wurde von der Anwendung eines Zellschalters abgesehen, so dass die Akkumulatoren ohne jede weitere Regulirung Strom liefern. Die Schaltung wurde hierdurch sehr vereinfacht und hat sich der Betrieb sehr regelmässig gestaltet.

Bei normalem Tagesbetriebe sind Maschine und Batterie parallel geschaltet, während Abends in den Zeiten des stärksten Lichtverbrauchs die Batterie allein Strom für die Bahn liefert. Die Schaltung bei diesem Betriebe ist aus der Fig. 16 zu ersehen. Bei Parallelschaltung der beiden Stromquellen wird der Nebenschluss der Dynamo von der Batterie erregt, um eine Polumkehr der Maschine zu verhüten. Beim Laden der Batterie mit den Turbinen in Brochenzell war genügende Spannung vorhanden, während beim Betriebe mit der Reserveanlage in Tettngang mit einem Leitungsverlust von 50 Volt zu rechnen ist. Für diesen Fall ist eine Abschaltung von 25 Zellen vorgesehen.

Uebersteigt der Strombedarf der Wagenmotoren die Leistung der Gleichstrommaschine, so giebt die Akkumulatorenbatterie den Mehrbedarf an Strom her; ist der Strombedarf dagegen geringer, so findet eine Ladung der Batterie statt. — Die Strommesser haben den Nullpunkt in der Mitte, so dass sie anzeigen, ob Ladung oder Entladung stattfindet. Die durchschnittliche Geschwindigkeit auf der

Bergfahrt beträgt beim Motorwagen allein 25 Kilometerstunden, mit Motorwagen und einem Beiwagen 19 Kilometerstunden, mit Motorwagen und zwei beladenen Güterwagen 13 Kilometerstunden, dabei sinken die Geschwindigkeiten in der Steigung 1:50 auf 21, 17 und 11.5 km.

Bei der Thalfahrt wird nur zum Anfahren Strom gebraucht und läuft der Wagen dann von Tettngang bis Meckenbeuren, in Folge des vorhandenen Gefälles, ohne Triebkraft. Die Geschwindigkeit wird

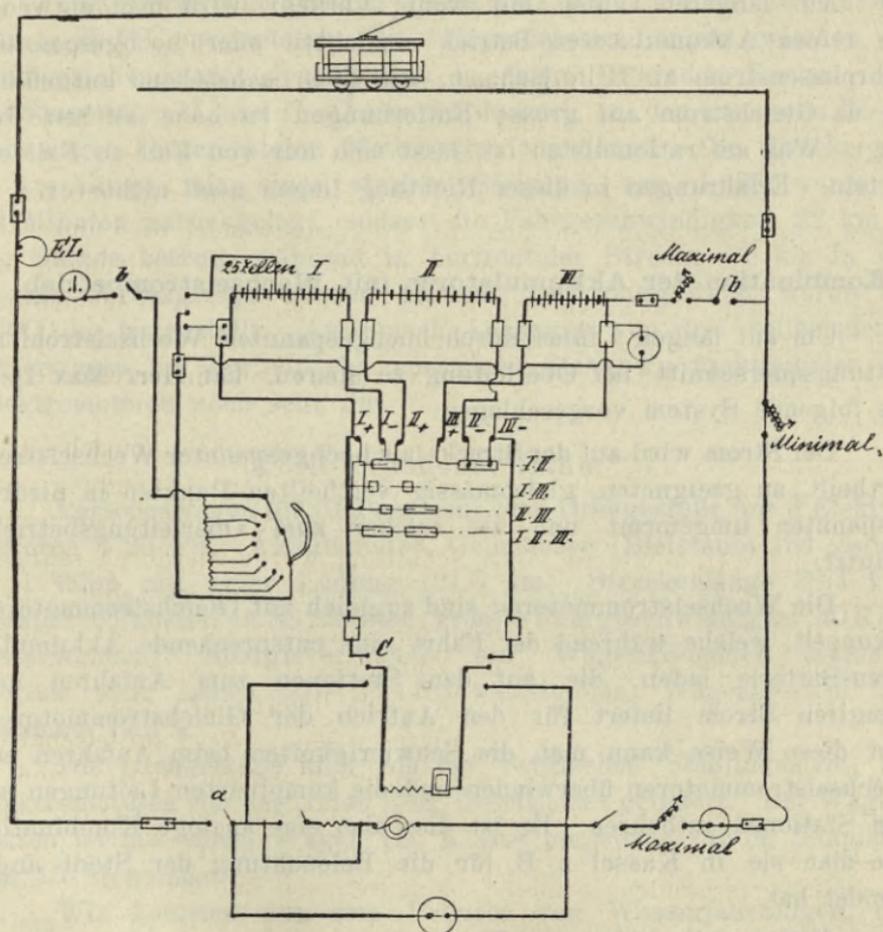


Fig. 16. Schaltung der Pufferbatterie.

durch Bremsen innerhalb der zulässigen höchsten Grenze von 30 km gehalten. Der Personenverkehr hat sich innerhalb eines Jahres gegen den früheren Postverkehr vervielfacht. — Die Anlage zeigt, dass bei Lokalbahnen mit nicht sehr dichtem Verkehr der elektrische Betrieb

nur da am Platze ist, wo eine Beleuchtungsanlage damit in Verbindung steht, da die Einnahmen aus der Beleuchtung helfen das Anlagekapital zu verzinsen, ohne dass durch die Beleuchtungsanlage die Betriebskosten der Bahn nennenswerth erhöht werden. Die Anzahl der verkehrenden Züge auf der Lokalbahn müssen sich nach den auf den Anschlussstationen haltenden Zügen naturgemäss richten, es hat also keinen Zweck eine weitere Verkehrstheilung vorzunehmen, so dass es nicht möglich ist, die Verkehrseinheit und damit auch die Centralanlage klein zu halten.

Auf längeren Linien mit wenig Verkehr wird man entweder den reinen Akkumulatoren-Betrieb einrichten oder hochgespannten Mehrphasenstrom zu Hilfe nehmen, wie dies nachstehend ausgeführt ist, da Gleichstrom auf grosse Entfernungen zu hohe Verluste bedingt. Was am rationellsten ist, lässt sich nur von Fall zu Fall ermitteln. Erfahrungen in dieser Richtung liegen noch nicht vor.

Kombination der Akkumulatoren mit Wechselstrombetrieb.

Um auf langen Linien durch hochgespannten Wechselstrom an Leitungsquerschnitt bei Oberleitung zu sparen, hat Herr Max Déré das folgende System vorgeschlagen:

Der Strom wird auf der Strecke als hochgespannter Wechselstrom vertheilt, an geeigneten, gleichmässig vertheilten Punkten in niedrig gespannten umgeformt und als solcher zum Oberleitungsbetriebe benutzt.

Die Wechselstrommotoren sind zugleich mit Gleichstrommotoren gekuppelt, welche während der Fahrt eine entsprechende Akkumulatoren-Batterie laden, die auf den Stationen zum Anfahren und Rangiren Strom liefert für den Antrieb der Gleichstrommotoren. Auf diese Weise kann man die Schwierigkeiten beim Anfahren mit Wechselstrommotoren überwinden und die komplizirten Leitungen auf den Stationen entbehren. Es ist dies also eine analoge Kombination wie man sie in Kassel z. B. für die Beleuchtung der Stadt angewendet hat.

Während Praktiker und Theoretiker noch darum heftig streiten*), ob der elektrische Betrieb sich auch für Vollbahnen bezw. den Fernverkehr eignet, werden bereits einige kleinere Versuche nach dieser

*) Siehe Abhandlung des Professor Fr. Vogel: „Die Zukunft des elektrischen Betriebes.“ S. 1—5 der „Zeitschrift für das gesammte Lokal- und Strassenbahn-Wesen.“ Wiesbaden, J. F. Bergmann. 1896.

Richtung hin angestellt, von denen wir nachstehend einige kurze Angaben bringen.*)

Probetrieb auf der Sächsischen Staatsbahn.**)

Im Auftrage der Württembergischen Staatsbahn hat die Aktiengesellschaft Elektrizitätswerke vormals O. L. Kummer & Co. zu Niedersedlitz einen Akkumulatorenwagen für Volksbahnen hergestellt, mit welchem am 9. Juli 1897 eine Probefahrt zwischen Dresden und N.-Klotsche ausgeführt wurde.

Der vierachsige Wagen III. Klasse ist mit 2 Elektromotoren von je 35 PS. ausgerüstet. Die Akkumulatoren hängen zwischen den Drehgestellen unter dem Wagen in einem federnden Kasten. Ein Personenwagen I. und II. Klasse wurde noch an den aus einem Eisenbahnwagen hergerichteten Motorwagen angehängt. Die Strecke von 7 km Länge mit einer starken Steigung von 1:55 wurde in 19 Minuten zurückgelegt, sodass die Fahrgeschwindigkeit 22 km in der Stunde betrug, während in horizontaler Strecke 35 km in der Stunde zurückgelegt werden können. Das Zuggewicht wurde auf 40000 kg festgestellt. Auch nach Anhängen von drei vollbeladenen Güterwagen im Gewicht von zusammen 51000 kg funktionirten die Elektromotoren noch sehr gut.

Köln-Frecheher Bahn.***)

Personenwagen für 51 Personen; zwei Drehgestelle mit 2 Elektromotoren à 25 PS.; Akkumulator, Gelnhausen (Bleistaub) 184 Zellen, 5 t; fährt mit einer Ladung 121.6 km; Streckenlänge 30.4 km; gesammte Fahrzeit ca. 30 Minuten; grösste Fahrgeschwindigkeit 40 Kilometerstunden; Energieverbrauch pro Wagenkilometer inklusive Verlust beim Laden 0.6—0.7 Kilowattstunden; Wagengewicht insgesamt 17.3 t.

Die Drehgestelle sind von der Bergischen Stahlindustrie, die Elektromotoren von der Union Elek. Gesellschaft geliefert. Der Wagenkasten ist aus einem Wagen III. Klasse umgebaut für 36 Sitzplätze und 15 Stehplätze. —

Wir kommen nun zum Betriebe von Wasserfahrzeugen, der allerdings bis heute noch keine Bedeutung erlangt hat.

*) Auf der Wannseebahn zwischen Berlin und Zehlendorf wird in einigen Monaten ein elektrisch betriebener Vorortzug verkehren, zunächst mit direkter Stromzuführung.

***) Siehe Glasers Annalen 1897, Heft 5, Bd. 41, Seite 95.

***) Elektrotechnischer Anzeiger 1897, Seite 1951 und 2022.

B. Elektrische Boote.

Schon ganz frühzeitig, ehe man Akkumulatoren kannte, hat man den elektrischen Strom bekanntlich zum Betriebe eines Bootes bei dem Versuche des Professors Jakobi 1837 in Petersburg benutzt.

Mit Akkumulatoren wurden die ersten Boote 1881 von Trouvé in Paris und 1882 von Anthony Reckenzaun in London betrieben. Auch für diese Zwecke hat die Technik gewisse Versuchsstadien durchzumachen gehabt, bis man zu gewissen erprobten Prinzipien gelangt ist. Je nach Grösse und Bauart des Bootes sind die Akkumulatoren entweder unter den Sitzen beiderseits oder auch theilweise im Hintertheil, bei grösseren Booten jedoch, wenn möglich, im Kielraum unter dem Fussboden angebracht, um die Stabilität des Bootes nach Möglichkeit zu erhöhen. Je nach der Grösse des Bootes und der verlangten Geschwindigkeit schaltet man 36 bis 56 Zellen hintereinander und lässt den Strom auf den Elektromotor wirken, mit dessen Welle die Schiffsschraube direkt gekuppelt ist.

Zur Veränderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Schraube, und damit der Geschwindigkeit des Bootes, hat man die Batterie in vier Abtheilungen getheilt, welche verschiedenartig mit dem Elektromotor verbunden werden. Eine andere Einrichtung ist die, dass ein Duplexmotor mit zwei Armaturen auf gemeinsamer Welle mit verschiedenen Gruppen der Batterie combinirt wird. Neuerdings verändert man die Geschwindigkeit dadurch, dass man die Wickelung des Elektromagneten in vier Abtheilungen theilt und die Batterie mit voller Spannung in der Weise mit diesen Abtheilungen verbindet, dass man dieselben einzeln, hintereinander oder in Gruppen parallel mit den Polen der Batterie zusammenschaltet. Die letzte Methode ist für die gute Wirksamkeit und Erhaltung der Akkumulatoren jedenfalls die beste, da bei einer gruppenweisen Parallelschaltung der Zellen leicht eine ungleiche Entladung stattfindet, während dies bei ständigem Gebrauch der Zellen in einer Reihe unmöglich ist, sodass alle Zellen gleichmässig entladen und alle auch gleichmässig geladen werden.

Gewicht und Grösse der Zellen kommen beim Betriebe von Booten weniger in Betracht als bei elektrischen Strassenbahnwagen; ebenso werden die Zellen in Bezug auf die Höhe der Stromstärke beim Anfahren nicht so stark beansprucht als im Strassenbahnverkehr.

Die Aktiengesellschaft Akkumulatoren-Fabrik zu Hagen i. W. macht bezüglich der erforderlichen Leistung der Akkumulatoren für elektrische Boote folgende Angaben:

Elektrische Boote.

Personenzahl	6	8	11	15	20	25	30	50	80
Kraftverbrauch PS. à 900 Watt	1	2	3 ¹ / ₃	5	5.5	6 ² / ₃	7	11 ² / ₃	18
Geschwindigkeit Kilo- meter pro Stunde . . .	7.5	8.5	10	11	11.3	11.5	12	13	14.5
Fahrtdauer mit einer Ladung, Stunden	4	4	5	5	5.5	5	5	5	3
Zellenzahl	40	40	40	40	40	80	80	80	80
Entladestrom, Ampère	12	24	40	60	70	40	50	70	80
Kapazität, Ampère- stunden	48	96	200	300	350	200	250	350	400

Bei verminderter Geschwindigkeit ist die Fahrzeit entsprechend grösser, so dass dieselbe bei den Booten für 11—80 Personen bis auf 10 Stunden ausgedehnt werden kann. Die nachstehende Fig. 17 giebt eine Ansicht über die Vertheilung der Zellen in einem Boote.

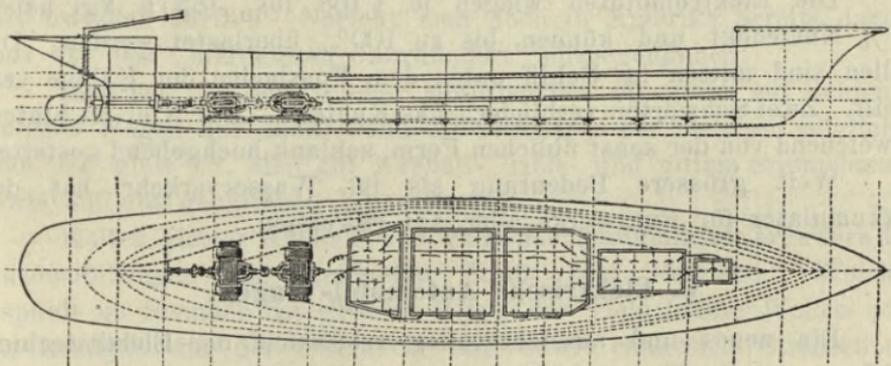


Fig. 17. Elektrisches Boot.

Die Gestalt des Schiffskörpers und der Propellerschraube sind für elektrische Boote die Hauptsache, der elektrische Theil macht kaum irgend welche Schwierigkeiten.*) Je nach Form und Zweck des Bootes bringt man die Zellen und den Motor im Boote an, jedoch so, dass der hintere Theil mehr belastet ist als der vordere. In den meisten Fällen lassen sich die Zellen unter den Sitzen anbringen. Der Motor liegt gewöhnlich hinten oder in der Mitte des Bootes, mit dessen Welle die Schiffsschraube direkt gekuppelt ist. Ein Umschalter

*) Siehe die elektrische Kraftübertragung von Joh. Zacharias (Japing), Hartleben, Wien; sowie Electric Traction von A. Reckenzaun, London.

dient als Stromwender des Armaturstromes zum Vorwärts- und Rückwärtsfahren, ein Anlasswiderstand mit Ausschalter zum Anfahren. Gewöhnlich ist auch noch ein Ampèremeter zum Ablesen der Stromstärke vorhanden.

Elektrische Yacht „Utopian“.

Mr. John Jacob Astor hat sich nach Entwürfen von Mr. Charles D. Mosher eine Yacht von der Samuels Dynamic Accumulator Company in New-York bauen lassen, welche das bis jetzt grösste elektrisch betriebene Schiff sein dürfte.*)

Grösste Länge 72' (22 m), grösster Tiefgang 4' (1.22 m), grösste Breite 12' (3.66 m), Zellenzahl 408 (6×32), Kapazität 300 Ampère-Stunden, Motoren 2 à 25 PS., Doppelschrauben 34" (dreiflügelig), Zellengewicht 50 lbs. (11 Platten), Geschwindigkeit 16 miles (25.6 km) pro Stunde (bei 1 200 T), 8 verschiedene Geschwindigkeiten mit 38, 68, 102, 204 Volt.

Am Vordersteven trägt das Schiff einen Scheinwerfer von 10" (25 cm) Durchmesser mit einer Bogenlampe für 50 Volt 6—10 Ampère. Ein besonderer kleiner Elektromotor liefert mit 150 lbs. (67.5 kg) komprimierte Luft zum Betriebe einer Signalpfeife.

Die Elektromotoren wiegen je 1 168 lbs., (525.6 kg) haben 85% Nutzeffekt und können bis zu 100% überlastet werden. Die Zellen sind mitten im Schiff unter dem Fussboden der Kabine verteilt. Zwei Schwerter verhindern das Kentern. Der Kiel ist hinten, abweichend von der sonst üblichen Form, schlank hochgehend gestaltet.

Weit grössere Bedeutung als im Wasserverkehr hat der Akkumulator für Fuhrwerke aller Art gewonnen.

C. Elektrische Automobil-Wagen.

Ein neues und aussichtsvolles Arbeitsfeld der Elektrotechnik eröffnet uns die Konstruktion von Automobil-Wagen, welche in den letzten Jahren mit der Verbesserung der Akkumulatoren einen grossen Fortschritt gemacht haben. — Es scheint, dass ein grosser Bedarf an elektrischen Fuhrwerken aller Art demnächst eintreten wird, sowohl für Vergnügungszwecke als auch für Geschäftsfuhrwerke und andere Bedürfnisse. — Erscheint doch gerade für Vergnügungszwecke kein Fuhrwerk so angenehm, wie ein elektrischer Automobil-Wagen. — Alle diese Fuhrwerke haben das gemeinsam, dass die Räder des Wagens, von einem Elektromotor angetrieben, durch den Strom von Akkumulatoren bewegt werden. — Nachdem die Akkumulatorenfrage

*) Electrical Review London vom 2. April 1897, S. 446/447, sowie Electrical World und American Electrician.

bereits in befriedigender Weise gelöst worden ist, sind die Schwierigkeiten bei der Konstruktion von Automobil-Wagen lediglich mechanischer Natur. Je leichter man die Akkumulatoren machen kann, je mehr man unsere Strassen und Wege verbessern wird, um so mehr werden sich elektrische Wagen für die verschiedensten Zwecke einführen. Es herrscht darüber wohl kein Zweifel, dass die mit Dampf, Gas oder Benzin betriebenen Wagen mit den elektrischen Fuhrwerken in Zukunft nicht werden konkurriren können, da alle Vorzüge, bezüglich Reinlichkeit, Bequemlichkeit und Sicherheit dem elektrischen Wagen allein eigen sind. — Während die Anwendung von Dampf, Gas oder Benzin zum Betriebe von Fahrzeugen ziemlich beschränkt ist, lässt sich die Elektrizität für Automobil-Wagen in vielseitigster Weise verwenden. Verfasser hat daher besonders Werth darauf gelegt, im vorliegenden Werke möglichst ausführlich alles das zusammen zu stellen, was auf diesem Gebiete bisher schon geleistet worden ist.

Nachdem man mit Erfolg die Strassenbahnwagen durch Akkumulatoren und Elektromotoren betreibt, hat man, wie gesagt, auch angefangen, allerlei sonstiges Fuhrwerk, wie Droschken, Omnibus-, Geschäfts- und Kutschwagen damit zu bewegen, so dass in absehbarer Zeit die Pferde in den Strassen unserer Grosstädte mehr und mehr verschwinden dürften. Spricht man doch in Amerika bereits davon, dass wir dem „pferdelosen Jahrhundert“ entgegengehen!

Rationell ist ein solcher Motorbetrieb für nicht auf Schienen laufende Wagen nur dann, wenn die Oberfläche der Strassen möglichst eben und glatt ist, also auf Asphalt-, Holz- und gutem Steinpflaster, sowie auf gut gehaltenen Kunststrassen.

Kalter glatter Asphalt und gutes Kopfsteinpflaster erfordern bei Automobilwagen am wenigsten Kraft zum Betriebe. Weicher Asphalt im Sommer bei grosser Hitze, der viele kleine Wellen oder Vertiefungen auf der Oberfläche hat, sowie chaussirte Strassen erfordern ganz bedeutend mehr Kraft. Schlecht gepflasterte Strassen oder Landwege kann man rationell mit Automobilwagen nicht befahren. *) An zahlreichen Beispielen wollen wir nun die besonderen Einrichtungen kennen lernen.

Wagen für drei Personen.

Ueber einen solchen Wagen für 3 Personen, der als Coupé gebaut ist, und dessen Kutscher hinten sitzt, macht L'Energie Electrique folgende Angaben:

*) W. Worby, Beaumont, bringt eine Abhandlung in Engineering Magazine, welche in Glaser's Annalen vom 1. Oktober 1897, S. 120 wiedergegeben ist: „Ueber den derzeitigen Stand der Motorwagen-Industrie.“

Akkumulator 40 Zellen, Gesamtgewicht der Batterie 400 kg. Fahrt mit einer Ladung 60 km. Jede Zelle hat 15 Platten 10×20 cm, 4 mm stark. Entladestrom bis 60 Ampère, normale Geschwindigkeit 15 km pro Stunde, maximale Geschwindigkeit 18—20 km pro Stunde. Wagengewicht leer 1000 kg, Wagengewicht mit 3 Personen 1 200 kg. Kapazität der Batterie bei 25 Ampère 125 Ampère-Stunden. Fahrdauer etwa 5 Stunden mit einer Ladung. Ladung erfordert 9.7 Kilowattstunden. Preis des Ladestromes 1.55 Mk. bei 16 Pfg. pro Kilowatt oder pro Kilometer 31 Pfg.

Die Zellen sind vorn und hinten am Wagen auf die beiden Achsen vertheilt. Nutzeffekt des Triebwerkes 90 %, des Elektromotors 85 %, erforderliche Triebkraft mithin 1 755 Watt.

Ein anderer Wagen für 2 Personen ist nach Electrical Engineer wie folgt ausgerüstet: Akkumulator $4 \times 11 = 44$ Zellen, im hinteren Theil des Wagens untergebracht. Batteriegewicht 385 kg. Jede Zelle enthält 3 Platten. Kapazität bei 25 Ampère 70 Ampère-Stunden. Fahrt mit einer Ladung 48 km. Fahrgeschwindigkeit normal 19.5 km pro Stunde. Veränderliche Geschwindigkeit 5, 6.5, 19.5, 24 km. Wagengewicht komplett 860 kg. Bei 19.5 km Geschwindigkeit sind 18 Ampère 80 Volt erforderlich. Der Elektromotor leistet dabei 1.93 PS. mit ca. 80 % Nutzeffekt. Zeitweise grösste Leistung ca. 4 PS.

Die Wagen der

„London Electrical Cab Company“

haben ein Gesamtgewicht (besetzt) von 1 500 kg, wovon 700 kg etwa auf Akkumulatoren entfallen.

Es sind 40 Zellen von 170 Ampère-Stunden bei 30 Ampère Entladung in Gebrauch. Bei voller Fahrt werden 24 Ampère durchschnittlich gebraucht. Stärkere Steigungen erfordern 30—35 Ampère. Bei 100 Ampère Maximalstrom unterbricht ein selbstthätiger Ausschalter den Stromkreis. Im Inneren des Wagens sind zwei Sitzplätze vorhanden.*) Eine Ladung genügt für eine tägliche Fahrt von 80 km, sodass die Batterie nicht gewechselt zu werden braucht.

Die Elektromotoren sind speziell für diesen Zweck gebaut. Die Feldmagnete besitzen zwei gleichartige Wickelungen, ebenso die Armaturen, welche mit zwei Kollektoren versehen sind. Der Elektromotor mit doppelter Wickelung ist mit dem Fahrschalter für Reihen- und Parallelschaltung genau in derselben Weise verbunden, wie bei den Strassenbahnwagen. Derselbe ist so angeordnet,

*) Siehe Elektrotechnischer Anzeiger vom 5. September 1897, S. 1569.

dass bei der Ingangsetzung des Wagens zunächst die beiden Armatur- und Feldmagnetwindungen mit den Akkumulatorenzellen nebst einem kleinen Widerstand in Reihen geschaltet werden. Diese Schaltung bewirkt jedoch noch nicht eine Fortbewegung des Wagens, sondern dient nur dazu, den Motor anlaufen zu lassen. Bei der zweiten Stufe sind die Wickelungen noch in Reihen geschaltet, aber der Widerstand ist ausgeschaltet und der Wagen läuft jetzt mit einer Geschwindigkeit von ca. 4.8 km in der Stunde. Die dritte Stufe bewirkt die Parallelschaltung der Armaturen, die Feldmagnete bleiben aber hintereinander geschaltet, und das Gefährt bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 11 km. Bei der vierten Stufe, bei welcher auch die Feldmagnetwickelungen parallel geschaltet sind, erreicht man eine Geschwindigkeit von 14.5 km. Man ersieht hieraus, dass man bei drei normalen Geschwindigkeiten im Stande ist, die volle, durch den Motor gelieferte Energie, ohne Vergeudung im Widerstand auszunutzen.

Zum Rückwärtsfahren des Wagens während der Fahrt wird zunächst der Motor mittels des Anlasswiderstandes durch Bethätigung des Fahrschalters kurz geschlossen, wodurch eine kleine Bremsung bewirkt wird. Bei der zweiten Stufe wird der Motor vollständig kurz geschlossen, und der Wagen kommt zum Stehen; bei der dritten Stufe werden die Verbindungen zwischen Armatur und Feldmagnet umgekehrt und in Reihe geschaltet, so dass der Wagen mit langsamer Geschwindigkeit in umgekehrter Richtung läuft. Sämtliche Schaltungen werden mit Hilfe eines einzigen Hebels, welcher an der linken Seite des Kutschersitzes angebracht ist, ausgeführt. Die Entfernung eines Stöpsels unter dem Sitz des Wagenführers unterbricht die Verbindung zwischen Schalter und Akkumulatorenbatterie. Der von den Akkumulatoren nach dem Umschalter und Motor geleitete Strom passirt eine Schaltvorrichtung, welche mit einer Fussbremse in Verbindung steht. Mit Hilfe der letzteren kann gleichfalls der Wagen zum Stehen gebracht werden. Die Schaltvorrichtung dient dazu, den Stromkreis zu unterbrechen, sobald die Fussbremse zur Anwendung kommt. Es ist daher unmöglich, dass ein unvorsichtiger Wagenführer etwa die Fussbremse bethätigt, während der Strom noch durch den Motor fließt.

Dieselbe soll auch in verkehrsreichen Strassen bei langsamer Vorwärtsbewegung des Wagens dazu dienen, den letzteren bei Bedarf plötzlich anhalten zu lassen.

Im Nachstehenden wollen wir eine Reihe der verschiedensten Einrichtungen und Konstruktionen kennen lernen, um zu zeigen, wie vielseitigen Bedürfnissen bereits die Motorwagen-Industrie Rechnung trägt.

Gepäcktransportwagen.

Die Konstruktion eines Motorwagens für Gepäcktransport bringt „das Journal für Wagenbaukunst“ im Supplement vom Dezember 1896. In welcher Weise der Antrieb der Räder erfolgen soll, ist völlig offen gelassen, die Beschreibung und Abbildung bezieht sich nur auf die Arbeit des Wagenbauers, auch entsprechen die Räder nicht mehr den heutigen Anforderungen. Fig. 18 zeigt einen Geschäftswagen neuerer Konstruktion der „Watt“-Gesellschaft.



Fig. 18. Berliner Geschäftswagen.

Die neueste Konstruktion der American Electric Vehicle Co. für einen Geschäftswagen zeigt Fig. 19. Nach praktischen Erfahrungen ist von einem maassgebenden, grossen Handlungshause folgende vergleichende Rechnung in Bezug auf die Betriebskosten dieses Wagens aufgestellt:

Früherer Pferdebetrieb.

Anschaffungskosten des Wagens	1 000 Mk.
Zwei Pferde	800 „
Geschirr	200 „
	<hr/>
Sa. 2 000 Mk.	

Stallung, Futter, Putzen von 2 Pferden, 80 Mk. pro	
Woche, macht in 3 Jahren	5 760 Mk.
1 Mann Lohn, 160 Mk. pro Monat, in 3 Jahren	5 760 „
Dazu obige Anschaffungskosten	2 000 „
	<u> </u>
	Total: 13 520 Mk.

Jetziger elektrischer Betrieb.

Anschaffungskosten.	7 000 Mk.
Strom und Abnutzung bei ca. 24 km täglich, oder	
weniger als 24 000 km in 3 Jahren, bei 4 Pfg. pro	
1.6 km, macht	600 „
	<u> </u>
	Sa. 7 600 Mk.

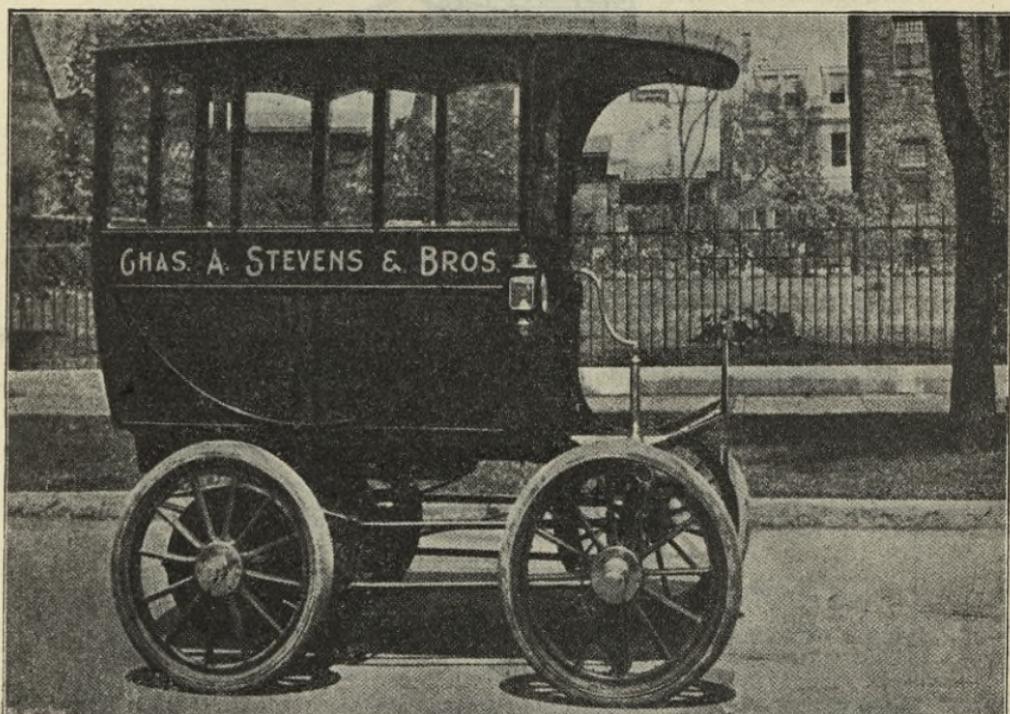


Fig. 19. Amerikanischer Automobil-Personenwagen.

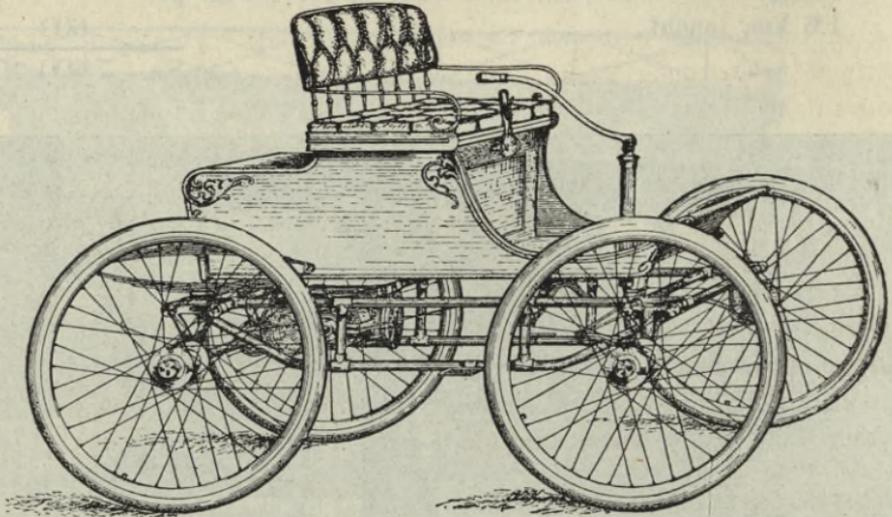
Hieraus ergibt sich eine Ersparnis von beinahe der Hälfte gegen Pferdebetrieb oder rund von 1970 Mk. jährlich. — Bei dem theilweise schlechten Holzpflaster, in den Aussendistrikten schlechten Steinpflaster oder sandigen Wegen Chicagos dürfte allerdings ein solches Fuhrwerk nicht überall verwendbar sein. — Der Preis der Pferde ist in Deutschland sehr viel höher. Ein gutes Zugpferd bei den Strassenbahnen kostet bei uns etwa soviel Mark als es Kilogramm

wiegt, also etwa 700—800 Mk. Selbst wenn man die Kosten pro mile (1.6 km) doppelt so hoch annehmen wollte, als sie hier angegeben sind, wäre die Ersparniss beim elektrischen Betriebe immerhin noch recht bedeutend.

Einen anderen

Wagen für zwei Personen

derselben Fabrik zeigt Fig. 20, aus der deutlich die Konstruktion des Untergestells aus Rohren zu ersehen ist. — Die nachfolgende Tabelle gibt nähere Daten einer anderen amerikanischen Firma.



ELECTRIC "RUNABOUT" BUGGY

Fig. 20.

Amerikanische Wagen.

Type des Wagens	Gesamtgewicht des Wagens kg	Höchstgewicht der Batterie kg	Grösste Fahrstrecke km	Höchstgeschwindigkeit Kw.-Stdn.	Mittlere Geschwindigkeit Km.-Stdn.
Surrey	900	360	56	24	13
Hansom	1 350	540	40	19	10
Brougham	1 485	540	40	19	10
Geschloss.Kutsche	1 575	540	40	16	10
Victoria	900	360	56	24	13
Landauer	1 125	540	40	19	10
Gepäckwagen	1 350	540	40	14.5	10*)

*) Siehe Deutsche Zeitschrift für Elektrotechnik, 1897/98, Heft 6, S. 95. Wilhelm Knopp, Halle a. S.

Die Wagen der Electric Carriage & Waggon Company in New-York sind im Allgemeinen in folgender Weise eingerichtet: Jedes der beiden Vorderräder wird durch einen unabhängigen Elektromotor, System Lundell, angetrieben. Die Hinterräder dienen zum Lenken. Alle Räder laufen in Kugellagern, sie sind nach Art der Fahrräder gebaut und mit Luftreifen versehen.

Einzelheiten eines Hansom.

Zwei Elektromotoren von je 1.5 PS.; Gewicht eines Elektromotors 77.5 kg; Umdrehungen pro Minute 1 350; Spannung 80 Volt; Wagen voll besetzt mit zwei Personen und einem Kutscher 1 350 kg; Maximal pro Stunde 24 km; Fahrt mit einer Ladung bei 12.8 km pro Stunde 40 km; Batterie in 4 Kästen 44 Zellen; Batteriegewicht rund 400 kg; Kapazität 75—80 Ampèrestunden; Plattenzahl pro Zelle 3; Entladestromstärke bei 6—8 km pro Stunde 12.5 Ampère; bei 11—14 km pro Stunde 25 Ampère; bei 30—40 km pro Stunde 40 Ampère.

Grössere Wagen bis 1575 kg Gewicht erhalten zwei Elektromotoren von je 2 PS., welche bei 75 Volt 800 Umdrehungen in der Minute machen.

Ein Wagen von 900 kg Gesamtgewicht braucht auf ebener Strasse bei 16 km Geschwindigkeit pro Stunde 1.25 PS.

Akkumulatoren-Omnibus der Firma C. Wilh. Kayser & Co., Berlin. *)

Geschwindigkeit pro Stunde 12 km; Fahrt mit einer Ladung 60 km; Elektromotor 12 PS.; erforderliche Tagesleistung bei zehn Touren 144 km; Kraftverbrauch pro Tour ca. 6 PS.-Stunden.

Wagen von Kühlstein, Berlin.**)

Gesamtgewicht des Wagens 2000 kg; Zellenzahl 30; Kapazität 250 Ampèrestunden; Lundell-Motor auf Kopfsteinpflaster 35 Ampère, auf Asphalt 42 Ampère, auf Chaussée 60 Ampère; Ladung reicht für 70 km; Batteriegewicht 750 kg; bei 46 Ampère durchschnittlich 14 Kilometerstunden; auf 1 Kilowattstunde 53 kg Batteriegewicht (140 Kilometer Tonnen); mittlere Fahrgeschwindigkeit 14 Kilometerstunden; mit 5 Personen von zusammen ca. 400 kg Gewicht grösste Fahrgeschwindigkeit 18 Kilometerstunden.

*) Nach Angaben des Elektrotechnischen Anzeigers No. 59, Seite 1 265, 1897.

**) Elektrotechnische Zeitschrift vom 14. November 1897, Seite 627.

Das Gewicht dieses Wagens ist nicht viel grösser als das eines Daimler-Motorwagens für vier Personen.

Nach einem Bericht von W. Wörby, Beaumont (in Engineering Magazine bezw. Glasers Annalen vom 1. Oktober 1897), haben Automobilwagen mit Gas, Benzin oder Dampf im Mittel 22.7 Kilometerstunden, als höchste Leistung 25.4 Kilometerstunden Geschwindigkeit, die Diondreiräder und Bolléwagen 40—50 Kilometerstunden.

Zahlreiche Abbildungen und Beschreibungen von Motorwagen bringt „Das Journal für Wagenbaukunst“ in No. 3 1896 gelegentlich einer vom „Engineer“ in London ausgeschriebenen Konkurrenz, wie z. B.:

Das elektrische Fuhrwerk von Morris und Salom's in Philadelphia,

welches beim Wettbewerb in Chicago Theil nahm, wiegt ungefähr 1600 Pfund (720 kg). Die Akkumulatoren bestehen aus einer Chlorid-Batterie. Der Elektrobat No. 2 ist ein äusserst gefälliges Vehikel, das von Ch. Caffrey in Camden, New-Jersey, gebaut wurde. Bei mehrfachen Versuchen machte der Wagen 6 miles in der Stunde.

H. Carpenter's elektrisches Monocycle besitzt nur den Antrieb an einem der beiden Hinterräder. Die Batterie besteht aus zehn Zellen eigener Konstruktion von je 37.5 kg Gewicht. —

Eine ganz eigenartige aber vorzügliche Konstruktion ist die von Riker in New-York.

Der Riker Electric Trap.

Auf der Rhode Island State Ausstellung gewann 1896 der elektrische Wagen des Mr. Andrew L. Riker, der Riker Electric Motor Company in New-York, ein Wettfahren von Automobilwagen, bei welchem das Untergestell in eigenartiger Weise aus Metallrohren bestand, ähnlich wie bei den Fahrrädern. Dieses Fahrzeug ist neuerdings noch bedeutend verbessert worden und wird in The Electrical World*) ausführlich beschrieben. Es ist ein eleganter Wagen der dos-à-dos doppelsitzigen Trap-Type, dessen Oberbau sich in nichts von einem durch Pferde gezogenen Wagen unterscheidet. Der Wagenkasten unter den Sitzen dient als Behälter für die Akkumulatoren, deren Unterbringung bei anderen Wagentypen oft schwierig ist und denselben ein ungeschicktes Aussehen verleiht.

Der Rahmen des Untergestells mit dem Motorentrieb trägt auf doppelten Federn den Wagenkasten, giebt dem Ganzen die nöthige

*) Vom 4. September 1897. S. 273.

Festigkeit bei geringem Gewicht und hält die Räderpaare in Richtung des grössten Zuges, sowohl von einander, als auch in der Fahrtrichtung möglichst in einer Linie hintereinander fest. Der Rahmen besteht aus einzelnen 30 mm starken Stahlrohren, Fig. 21.

Die Räder haben Tangentenspeichen und 75 mm starke Luftreifen. Die treibenden Räder haben 90 cm und die hinteren Steueräder 32 cm Durchmesser. Der Achsenabstand beträgt 180 cm. Die Räder laufen auf zwei Reihen von Kugellagern. Nur ein Elektromotor ist zur Anwendung gekommen, der die Achse bewegt. — Die

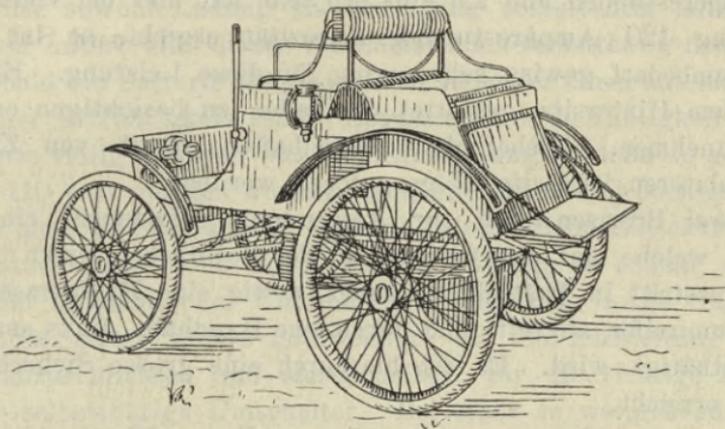


Fig. 21. Riker Electric Trap.

hinteren Enden des Längsrahmens sind durch Kugellager mit dem hinteren Querrohr verbunden, wodurch eine bewegliche Verbindung geschlossen ist, die ohne schädliche Wirkungen transversale Schwingungen gestattet.

Der Elektromotor hat eine rechteckige, mehrpolige Form, zwei Pole sind mit Spulen versehen, dazwischen liegen zwei Folgepole. Auf der einen Seite ist er auf der Achse des Wagens gelagert und auf der anderen doppelfedernd aufgehängt. Der ganze Motor ist von einem Aluminiumgehäuse eingeschlossen. Der normale Stromverbrauch beträgt bei 80 Volt 25 Ampère, es kann jedoch eine bedeutende Ueberlastung noch stattfinden. Das komplette Gewicht desselben beträgt (142 Pfund) 56.25 kg.

Der Wunsch, das Gewicht der Batterie zu verringern bei gleicher oder noch grösserer Entladestromstärke, als die derzeitigen Batterien leisten, führte zur Konstruktion einer neuen Form von Bleizinkzellen, deren Wirkungsgrad nach den gegebenen Zahlen ganz bedeutend erscheint. Die positiven Platten der Batterie bestehen

aus Blei, während die negativen Platten aus auf Kupferblech niedergeschlagenem Zink bestehen, das zickzackförmig gebogen ist und sich zwischen je zwei positiven Platten befindet. Diese Kombination giebt ungefähr im Mittel 2.3 Volt, maximo 2.5 Volt pro Zelle. Jede Zelle befindet sich in einem Hartgummigefäss mit sechs positiven Platten von $6\frac{1}{2} \times 6 \times 3/16''$, während die negativen aus einem einzigen zickzackgebogenen Kupferstreifen bestehen. Die ganze Batterie besteht aus 36 solcher Zellen, von denen je neun in vier Kasten untergebracht sind. Das Gesamtgewicht der Batterie beträgt (760 Pfund) 342 kg. Erwägt man, dass diese Batterie bei 10stündiger Entladung 150 Ampèrestunden und 2.3 Volt pro Zelle hat und bei vierstündiger Entladung 120 Ampèrestunden Kapazität ergibt, so ist Gewicht und Raumbedarf gewiss sehr gering für diese Leistung. Eine Thür unter dem Hintersitz gestattet die Zellen zu besichtigen oder auch herauszunehmen. (Ueber den zweifelhaften Werth von Zink-Blei-Akkumulatoren ist Seite 24 gesprochen worden.)

Zwei Bremsen sind zur Anwendung gekommen; eine Bandbremse, welche auf eine Scheibe an der Motorachse wirkt und durch einen Fusstritt in Thätigkeit kommt, sowie eine Radbremse, die an den Gummireifen angreift und durch eine Handhabe, links am Vordersitz, bethätigt wird. Es ist hierdurch eine grosse Sicherheit beim Fahren erreicht.

Besonders interessant ist der an diesem Wagen angewendete Fahrschalter, zur Wahl der Fahrtrichtung und Regulirung der Fahrgeschwindigkeit.

Auf der linken Seite am Vordersitz ist ein senkrechter Handgriff angebracht, welcher den unter dem Sitz befindlichen Fahrschalter in Thätigkeit setzt, und der zur Ausführung der verschiedenen Schaltungen zwischen Batterie und Motor dient. Es können vorwärts wie rückwärts vier verschiedene Geschwindigkeiten von 3, 6, 12 und 15 miles pro Stunde angewendet werden. Je nachdem man den Fahrschalter nach der einen oder der anderen Seite bewegt, kann man mit den verschiedenen Geschwindigkeiten vorwärts oder rückwärts fahren. Die Grösse der Bewegung des Fahrschalters aus dessen Nullstellung ergibt die Geschwindigkeit. Im Falle durch irgend einen Umstand der Motor überlastet wird, also die Batterie zu hoch beansprucht werden sollte, tritt ein elektromagnetischer Selbstausschalter in Thätigkeit und unterbricht den Hauptstromkreis. Hierbei wird zugleich der Fahrschalter ausgeschaltet und muss derselbe zunächst auf die Nullstellung zurückgebracht werden, damit der Selbstausschalter den Stromkreis wieder herstellt. Die Thätigkeit dieses elektromagnetischen Ausschalters tritt auch dann ein, wenn

die Fussbremse gebraucht wird, so dass also in Folge Bremsens des Wagens gleichfalls der Strom unterbrochen wird. An der linken Seite des Fussbrettes des Vordersitzes ist ein doppeltes Messinstrument angebracht, welches aus einem Weston-Strom- und Spannungsmesser in gemeinsamem Gehäuse besteht, an dem während des Fahrens leicht abgelesen werden kann. Der Strommesser zeigt ausserdem an, ob geladen oder entladen wird. Für das Laden und Entladen ist ein doppelter Umschalter vorhanden, der bei der Ladestellung gleichzeitig einen automatischen Ausschalter in den Stromkreis einschaltet. Ausserdem ist auch noch ein registrierender Wattmeter vorhanden, der sowohl Ladung als Entladung selbstthätig aufzeichnet. Ausserdem unterbricht dieser Wattmeter auch selbstthätig den Stromkreis, sobald die Batterie vollgeladen ist, indem er einen automatischen Ausschalter in Thätigkeit setzt. Ebenso tritt er in Thätigkeit, sobald die Batterie völlig entladen ist. Die Einrichtung ist derartig getroffen, dass mit 110 Volt geladen werden kann, ein Rheostat jedoch gestattet, eventuell auch mit bis zu 500 Volt zu laden. Beim Einschalten zum Laden braucht man nicht einmal auf die Polfolge zu achten, da auch hierfür ein automatischer Umschalter selbstthätig Sorge trägt. Es ist lediglich weiter nichts nothwendig, als die Ladeleitung an die Batterie anzuschliessen und einzuschalten; für die richtige Polfolge sorgt der selbstthätige Umschalter. Bei einer so weitgehenden Vorsorge für alle etwa eintretenden Fälle muss man unwillkürlich an den stereotypen Ausdruck bei dem photographischen Kodak-Apparat denken „you push the button and we do the rest“. Es ist sogar ein Yaleschloss vorhanden, das beim Stehen des Wagens den Ausschalter verschliesst, damit der Wagen nicht von unberufener Seite in Bewegung gesetzt werden kann. Das Fuhrwerk ist für vier Personen bestimmt, kann allenfalls auch fünf Personen aufnehmen und wiegt nicht viel über (1800 lbs.) 810 kg. Bei normaler vierstündiger Entladung kann man auf guter Strasse (40—50 miles) 64—80 km bei etwa (12 miles) 19.2 km Geschwindigkeit zurücklegen.

Welche Erwägungen die Konstruktion von Automobilwagen veranlasst haben, zeigt der nachstehende Vergleich.

Vergleich zwischen Pferd, Elektromotor und Akkumulator.

Ueber die Leistungen der Pferde, der Elektromotoren und Akkumulatoren hat E. Hospitalier in der Société internationale des Electriciens zu Paris einen interessanten Vortrag gehalten. *) Derselbe

*) Elektrotechn. Anzeiger vom 27. u. 30. Mai 1897, Seite 609 u. 929.

weist nach, dass ein Pferd nicht mehr als durchschnittlich 50 kgm in der Sekunde bei sechs Arbeitsstunden und häufigem Anhalten leisten kann, sodass die tägliche Gesamtarbeit 1100000 kgm nicht übersteigt. Diese ist gleich einer 6stündigen Nutzleistung von 500 Watt oder 3 Kilowattstunden täglich. Bei einem mittleren Gewicht von 500 kg des Pferdes leistet dasselbe also nur 1 Watt pro Kilogramm und 6 Wattstunden Energie pro Kilogramm.

Die mittlere auf den Boden ausgeübte Kraft des Pferdes beträgt nicht mehr als 15 kg, die jedoch beim Anziehen auf 80—100 kg steigt, und zwar ohne besondere Ermüdung, während momentan bei grösserer Anstrengung 200—300 und bis 500 kg Zugkraft geleistet werden. Durch diese in weiten Grenzen veränderbaren Leistungen ist das Pferd den Motoren bei weitem überlegen. Der Hippomotor stellt eine vollkommen disponible Leistung und Energie dar, während die mechanischen Motoren auf den Fahrzeugen, welche sie in Bewegung setzen, sich selbst transportiren und also einen Theil der Energie verbrauchen, welcher bei den Akkumulatoren 25—30% der totalen fortbewegten Last ausmacht.

Es ist also sehr wichtig, wie schon an anderer Stelle ausgeführt wurde, das Gewicht der Akkumulatoren möglichst gering zu gestalten.

Fortschritte der Akkumulatoren.

	Gewicht kg	Entladung	Kapazität Ampère- stunden	Ampère pro kg	Watt pro kg	Watt-Std.
Type Faure 1881. . .	43.5	16 Ampère	172	0.33	0.6	7
Faure-Sellon- Volkmar 1883		0.6 Watt p. kg 2 " " "				12 8.5
Fulmen (Tom- masi) 1897	7.6	1.5 Watt p. kg 5 " " " 10 " " "				30 25 20

Bei letzteren können ausnahmsweise 100 Ampère bei 1.8 Volt oder 180 Watt für 7.6 kg Totalgewicht oder 24 Watt pro Kilogramm erzeugt werden.

In 1881 brauchte man 1000 kg Akkumulatoren um 1 Kilowatt zu leisten und 140 kg um 1 Kilowattstunde aufzuspeichern.

Heute erhält man ohne Ueberanstrengung für 200 kg Gewicht 1 Kilowatt und 1 Kilowattstunde mit 40—50 kg Akkumulatoren.

Die für den elektrischen Wagen (Elektrobat No. 2) von Pedro Salom durch Versuche auf ebenem Terrain festgestellten Zahlen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Kilometer- stunden	Volt	Ampère	Watt	Watt pro Tonne	Wattstunden pro Tonnen- kilometer
8	96	6	576	640	83
19	96	15	1 440	1 600	84
32	90	30	2 700	3 000	93

Setzt man den grösseren Kraftverbrauch für Steigungen, den geringeren für Gefälle in Rechnung, so kann man nach obigen Zahlen annehmen, dass ein elektrisches Fahrzeug auf wenig hügeligem Terrain ca. 100 Wattstunden pro Tonnenkilometer braucht.

Ist das Anfahren weder zu häufig noch zu heftig, so werden an elektrischer Energie 8 Kilowattstunden für 60 km Fahrt ohne Neuladung genügen.

Gewichtsverhältnisse.

Kasten, Gestell, Räder	300— 400 kg
Akkumulatoren	330— 350 „
Motor und Triebwerk	120— 150 „
Kuppelungen, Verbindungen, Zubehör	50— 220 „
1 Wagenführer, 2 Personen	200— 220 „

Sa. 1 000—1 340 kg.

Wenn man in der Stunde nicht über 20 km fährt, so genügen 100 Wattstunden pro Tonnenkilometer, wie wir gesehen haben. Mit einer Batterie, welche 25 Wattstunden pro Kilogramm Totalgewicht liefert, würde man mindestens 7 500 Wattstunden erhalten, die also für eine Fahrt von 75 km hinreichen. Fährt man also täglich nicht mehr als 60 km, so wird man stets genügend Kraft zum Betriebe haben.

Eine Batterie, deren Kapazität 8 Kilowattstunden beträgt, braucht zur vollständigen Ladung 10 Kilowattstunden à 16 Pfg. (in Berlin) also 1.60 Mk. täglich. Für Amortisation des Wagens und der Akkulatoren dürften 3.20 Mk. vollständig genügen. Das Laden kann Nachts von dem Leitungsnetz eines Elektrizitätswerkes

erfolgen. Stallknecht, Stallmiethe, Futter, Amortisation der Pferde fallen fort. An Tagen wo der Wagen steht werden auch die Stromkosten gespart.

Motorwagen in England.

Welch hohes Interesse man im Auslande den automobilen Fahrzeugen entgegenbringt, zeigt ein Artikel im Elektrotechnischen Anzeiger vom Mai 1897, der nachstehend zum grössten Theil wörtlich wiedergegeben ist, um das Interesse für „die Fahrzeuge der Zukunft“ auch durch dieses Werk zu beleben.

Das englische Handelsamt giebt in seinen statistischen Nachweisen an, dass im verflossenen Jahre nicht weniger als 5 352 000 Pfund Sterling oder 107 040 000 Mk. Aktienkapital für die Motorwagen-Fabrikation in England angelegt wurden. Nun ist ja weitbekannt, mit welcher übergrossen Vorsicht die englischen Kapitalisten sich neuartigen Unternehmungen zuzuwenden pflegen, und sie hätten diese auch für das reichste Land der Erde verhältnissmässig bedeutende Summe doch gewiss nicht hergegeben, wenn sie sich nicht vorher davon überzeugt hätten, dass das eingezahlte Geld auch gut angelegt sei. Recht in die Augen fallend ist aber noch dabei der Umstand, dass das im Jahre 1896 in Motorwagen- und Fahrräder-Fabriken — es wurden für 16 686 Pfund Sterling Fahrrad-Aktien gezeichnet — in England angelegte Kapital ungefähr die gleiche Summe repräsentirt als die Engländer den gesammten auswärtigen Regierungen zu Anleihen gegeben haben, woraus klar und deutlich hervorgeht, dass unsere Geldmänner in beide Industriezweige gewiss unbedingtes Vertrauen setzen. Das Vertrauen in die grossartige Zukunft der Motorgefährte hat sogar solche Verhältnisse angenommen, dass es das British Motor Syndicate, Limited, wagen durfte, die letzten 100 000 von 1 000 000 nominell auf ein Pfund Sterling lautenden Aktien für — sage und schreibe drei Pfund auf den Markt zu bringen, und diese finanzielle Manipulation, wie solche wohl noch niemals zuvor stattgefunden hat, gelang vollständig. Das britische Motor-Syndikat ist in erster Stelle eine finanzielle aber auch eine Motorgefährte produzierende Gesellschaft. Das genannte Syndikat kaufte die sogenannten 71 „Meisterpatente“, d. h. solche Patente der Erfinder aller Länder an, welche die hauptsächlichsten Erfindungen im Motorwagenfach umfassen, und hat sich dadurch thatsächlich zum Meister aller derjenigen Gesellschaften gemacht, die Motorgefährte fabriziren wollen, indem jene dem Syndikat für Anwendung der Patente eine bedeutende Entschädigungssumme — royalty — zahlen müssen. Manche sind freilich enttäuscht, weil sie der Meinung waren, dass von Mitte November vorigen Jahres an, dem Zeitpunkt, von welchem ab endlich

erlaubt wurde, dass Motorgefährte anderen Wagen gleich auf den Strassen der Städte und des platten Landes gesetzlich verkehren durften, die neuen Wagen zu Hunderten gesehen werden würden. Diese Enthusiasten vergessen nur dabei, dass doch erst Fabriken eingerichtet werden mussten, ehe man mit dem Bau von Motorwagen anfangen konnte. Jene sind nun gebaut, mit den nothwendigen Maschinen versehen, und jetzt beginnt in grösstem Maassstabe die Produzierung von Motorgefährten aller Art. Ganz selbstverständlich wird eine Industrie, welche noch in den Kinderschuhen steckt, mehr als einen Fehler begehen, bis man auf einer soliden Grundlage angelangt ist, von welcher aus man weiter bauen kann, aber soviel steht denn doch schon heute fest, dass das Motorgefährte das ganze Transportwesen revolutioniren muss, nach den Erfolgen, welche dasselbe bereits aufzuweisen hat. In Kürze wird die London Electric Cab Company, welche gleichfalls die Patente des British Motor Syndicate unter Zahlung der „royalty“ in Anwendung bringt, eine ziemlich bedeutende Anzahl von Hansoms und vierrädri gen Droschken in der Hauptstadt verkehren lassen. Die Versuche mit den elektrischen Omnibussen sind jetzt soweit vorgeschritten, dass auch diese in Kürze ihre Fahrten in London antreten werden, und während wir diesen Bericht schreiben, erhalten wir den Prospektus der London Motor Van and Wagon Company, Limited, welche sich die Aufgabe gestellt hat, nur Transportgefährte für leichte und schwere Gegenstände zu bauen, unter anderen auch Spreng- und Müllwagen für die städtischen Behörden, Packetwagen für die Post, Möbelwagen, Gefährte für Eisenbahn-Spediteure und um die Sendungen der grossen Magazine in das Haus der Kundschaft zu liefern. Letztere verkehren bis jetzt am meisten in den Verkehrsadern der Hauptstadt. Diese Gesellschaft, welche man mit einem Kapital von 300000 Pfund Sterling (6000000 Mk.) gegründet hat, von denen die Hälfte, also 3000000 Mk., als Entschädigungssumme für Benutzung der Patente an das British Motor Syndicate fällt, wird ihre Motorwagen nicht nur verkaufen, sondern auch verleihen. —

Bei der Neuheit und dem erst kurzen Bestande des elektrischen Automobilbetriebes war es noch nicht möglich, denselben als abgerundetes Ganze zu behandeln. Verfasser musste sich vielmehr darauf beschränken, an zahlreichen Beispielen die Einrichtungen und bis jetzt erzielten Erfolge zu erläutern.

Zum Schluss des Kapitels über die Bewegung von Fahrzeugen mögen noch einige Tabellen über den Akkumulatorenbetrieb von Strassenbahnen und Automobilwagen folgen.

Akkumulatoren-Bahnen. (Im Betrieb.)

Ort der Bahn	System	Streckenlänge		Anzahl der Akkumulatoren-wagen	Fahrge-schwin-digkeit km	Betrieb mit Akkumu-latoren von	Bemerkungen
		Ober-leitung km	Akkumu-latoren km				
Hagen i. W.	reiner Akku-mulatoren-betrieb	—	8.2	8	15	A.F.A.G. Hagen	bis 63% Steigung
Hannover	Oberleitung und Akku-mulatoren	16.4	15.2	60	12	do.	Anhängewagen-betrieb
Dresden	do.	5.7	2.5	30	15	do.	do.
Ludwigshafen — Mündenheim	reiner Akku-mulatoren-betrieb	—	4.3	2	25	do.	
Paris	do.	—	—	34	20	do.	Courbevoie — Madeleine
Arad, Ungarn	do.	—	40	1	bis 75	do.	Sekundärbahn Probewagen
Charlottenburg-Berlin	do.	—	7.6	25	12—24	Watt-Akk.-Fb.	Westend — Kupfergraben
Berlin-Lützowplatz — Charlottenburg-Westend	do.	—	?	1	"	do.	Probewagen
Berlin-Zoolog. Garten—Schle-sisches Thor	Oberleitung und Akku-mulatoren	?	?	1	"	Gülcher	Probewagen

Akkumulatoren-Bahnen. (Im Bau.)

Ort der Bahn	System	Anzahl der Akkumulatoren-wagen	Betrieb für Akkumulatoren von
Hannover	gemischter Betrieb	80	A.F.A.Ges. Hagen
Kopenhagen	reiner Akk.-Betrieb	18	do.
Dresden	gemischter Betrieb	40	do.
Hagen i. W.	do.	10	do.
Ludwigshafen—Neustadt	reiner Akk.-Betrieb	2	do.
Charlottenburg-Westend — Berlin-Lützowplatz	do.	10—12	Watt-Akk.-Fab
Untertürkheim — Kornwertheim	Vollbahn, reiner Akkumulat.-Betrieb	1	A.F.A.Ges. Hagen
Paris, Compagnie du Nord	gemischter Betrieb	1	do.
Chikago, J. M.	reiner Akk.-Betrieb	30	do.
Torino	gemischter Betrieb	—	7 km Akk., 3 km Oberl.
Berlin-Gesundbrunnen — Schöneberg	do.	—	Gülcher, A.F.A.Ges. Hagen

Elektrische Automobilwagen.*)

Art des Wagens	Elektromotoren			Gewicht des Wagens			Fahrt mit einer Ladung		Zellen	Kapazität bei Ampère	Zahl der Personen	Fahrt mit einer Ladung ca. Std.	Ladung erfordert ca. Kw.-Std.	Preis des Ladestromes	Erforderliche Triebkraft	Bemerkungen
	Zahl	Ge- wicht kg	Leistung norm. max. PS.	leer kg	mit Batterie kg	voll besetzt kg	pro Std. km	km									Zahl Gew. der Batterie kg
Coupé	1			1 000	1 200	60	15	18—20	40	400	3	5	9.7	16 Pfg. p. Kw. 1,55 Mk. 31 Pf. p. km	1755 Watt.	
Coupé	1	1.93	4		860	48	19.5	bis 24	44	385	2				bei 19.5 km 18 Amp. 80 V. 24 Amp. 30—35 Amp.	
London Cab	2			700	1 500	80	10		40		2 und Kutscher					
Gepäckwagen	2			540	1 350	40	14.5									
Geschlossene Kutsche	2			540	1 575	40	10									
Hausom	2	à 77.5	1.5- 2	400	1 350- 1 575	40	16	24	44		2 und Kutscher				12.5 40	Wagen v. 900 kg Ges.-Gew. macht 16 km p. Std. mit 1.25 PS. Tagesleistung 144 km
Omnibus Berlin			12			60	12									
Riker Trap	1	56.25		342	810	64	19.2		36		4—5					80 V. 25 Amp.

*) Siehe auch die Tabellen S. 87 von Hospitalier und S. 80 über amerikanische Wagen.

Aus den vorstehenden Tabellen geht hervor, dass die Entwicklung des Akkumulatorenbetriebes ziemlich rasch vorwärtsschreitet.

Die bisherigen Erfolge haben nicht nur in technischen Kreisen sondern auch bei Stadtverwaltungen und im öffentlichen Leben alle Erwartungen übertroffen, und steht zu erwarten, dass eine weitere, rasche Entwicklung dieses neuen, praktischen Systems zum Betriebe von Fahrzeugen aller Art stattfinden wird.

Wie Verfasser es bereits gelegentlich, im vergangenen Winter im Verein für Eisenbahnkunde, ausgesprochen hat, wird das Akkumulatorensystem auch auf Vollbahnen alsbald Eingang finden und in vielen Fällen die Dampflokomotive ersetzen. An verschiedenen Orten finden bereits auch dahingehende Versuche, wie z. B. auf der Vollbahn Ludwigshafen—Untertürkheim sowie bei Arad in Ungarn statt, woselbst ein Akkumulatorenwagen der Aktiengesellschaft Hagen die 40 km lange Strecke mit einer Geschwindigkeit bis zu 75 km anstandslos zurücklegt. —

Die immer mehr gesteigerten Anforderungen an die Verkehrsmittel haben schon im Jahre 1882 auch Versuche mit besserer Beleuchtung veranlasst, die bis auf den heutigen Tag noch fortgesetzt werden.

Zufolge Verbesserung der Akkumulatoren und der nicht allzu hohen Anforderungen an dieselben, für die Zwecke der transportablen Beleuchtung, ist man hier schneller fortgeschritten als im Betriebe von Fahrzeugen, sodass sich bereits gewisse Grundsätze für diese Zwecke herausgebildet haben. Sehen wir zu, in welcher Weise sich diese neue Beleuchtungstechnik entwickelt hat und welche Einrichtungen für die Zwecke derselben getroffen sind.

2. Zur Beleuchtung von Fahrzeugen.

Die elektrische Beleuchtung von Fahrzeugen, insbesondere der Eisenbahnwagen, hat in den letzten Jahren ganz bedeutende Fortschritte gemacht. *) Neuerdings beleuchtet man auch von Pferden bewegte Wagen und Fahrräder. Die Einrichtungen für diese Zwecke sind, je nach den gestellten Anforderungen und den Eigenheiten des Betriebes, sehr verschieden. Wagen, die durch elektrische Kraft getrieben werden, wie Geschäftswagen, Omnibusse oder Personenwagen

*) Siehe Sitzungsbericht vom 13. Mai 1897 des Fränkisch-Oberpfälzischen Bezirksvereins deutscher Ingenieure in Nürnberg. — Glasers Annalen 1897 Bd. 40. — Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. — Elektrotechnische Zeitschrift vom 4. März 1897 S. 127.

für Privatzwecke, beleuchtet man natürlich auch mit elektrischen Lampen, welche von derselben Batterie gespeist werden; welche den Elektromotor zur Bewegung des Fahrzeuges treibt. Die bis jetzt ausgedehnteste Anwendung der Akkumulatoren zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen hat die deutsche Reichspostverwaltung gemacht, welche, seit 1893 anfangend, bis Mitte 1897 etwa 1500 ihrer Bahnpostwagen bzw. Päckereibeiwagen hierfür eingerichtet hat und hiermit fortfährt, sodass in kurzem der ganze Wagenpark von ca. 2000 Wagen mit elektrischem Licht versehen sein wird.

Dass die ersten Versuche der elektrischen Beleuchtung von Eisenbahnwagen, welche etwa bis zum Jahre 1881 zurückreichen, gescheitert sind, lag ein Mal daran, dass man zunächst mit direktem Strom aus mitgeführten Dynamos die Lampen speisen wollte und später auch an der noch bis vor wenigen Jahren mangelhaften Beschaffenheit der Akkumulatoren. — Dass heute, nachdem einige Systeme bereits als völlig ökonomisch und brauchbar sich erwiesen haben, die elektrische Beleuchtung der Eisenbahnfahrzeuge noch immer etwas langsam fortschreitet, liegt an ganz anderen Umständen als in den Eigenheiten des elektrischen Lichtes.

Alle diejenigen Eisenbahnen, welche kostbare Einrichtungen für die Fettgasbeleuchtung bereits besitzen, scheuen neue Ausgaben für die Einrichtung der elektrischen Beleuchtung und suchen das Fettgaslicht durch Karburiren mit Acetylgas zu verbessern. Da das Gasgemisch jedoch auf ca. 10 Atmosphären komprimirt werden und mindestens 25 % Acetylgas enthalten muss, um anstatt wie bisher 5—8 nun ca. 10—16 Normalkerzen jeder Flamme zu erzielen, so ist die Sache weder billig noch ganz ungefährlich. — Eine weitere Verbesserung dieser Beleuchtungsart ist ferner völlig ausgeschlossen, während die elektrische Beleuchtung noch bedeutend verbessert und verbilligt werden wird.

Die Versuche mit elektrischer Zug-Beleuchtung in England und Nordamerika sind bislang von wenig Erfolg begleitet gewesen, da in diesen Ländern die Akkumulatorentechnik noch wenig entwickelt ist, während sie in Deutschland und Oesterreich-Ungarn bereits auf hoher Entwicklungsstufe steht. Besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind die Schwierigkeiten, wie Verfasser aus eigener Erfahrung weiss, besonders gross, da die chemische Industrie in vieler Beziehung noch auf Import angewiesen ist, und geeignete, geschulte Kräfte für diesen Spezialbetrieb kaum vorhanden sind.

Die Schwierigkeiten in der Herstellung transportabler Akkumulatoren bestehen nicht allein in der Erzeugung besonders leichter und haltbarer Platten von hoher Kapazität, sondern auch im Einbau

der Platten in die Zellen und dieser letzteren wieder in besonders konstruirte Transportkästen. — Wie oft bekommt man Batterien zu sehen, bei denen man auf den ersten Blick merkt, dass deren Fabrikant von den Erfordernissen für transportable Zellen keine Ahnung hat, dass ihm alle und jede Erfahrungen auf diesem Spezialgebiete noch fehlen. Der Weg zum Erfolg ist lang und mühevoll. Man soll nur mit ernster Arbeit und eingehendem Nachdenken zu Werke gehen, und darf nicht durch mangelhafte Konstruktionen sich eine Blöße geben.

Für die elektrische Beleuchtung der Eisenbahnwagen haben sich zwei verschiedene Systeme eingebürgert:

Man verwendet entweder den reinen Akkumulatorenbetrieb, bei welchem die Akkumulatoren in den einzelnen Wagen vertheilt oder als allen Wagen gemeinsame Zugbatterie mitgeführt und auf den Endstationen geladen werden, — oder den gemischten Betrieb, bei dem die Akkumulatoren während der Fahrt von einer Dynamo geladen werden.

1. Das Einzelwagen-Batteriesystem

ist bei der Beleuchtung der deutschen und österreichischen Bahnpostwagen, bei einzeln im Zuge mitgeführten Salon- oder Speisewagen, sowie auch bei verschiedenen Eisenbahnverwaltungen für Personenzüge in Gebrauch. In oder unter jedem Wagen befindet sich ein Behälter oder Schrank, in welchem eine Anzahl Kästen mit je 2—4 Zellen untergebracht werden. Gewöhnlich wählt man eine Batteriespannung von 16, 20 oder 32 Volt (16 Zellen) zum Betriebe der Lampen. — Im Winter oder bei längeren Fahrten wird eine gleich grosse, zweite oder auch eine dritte Batterie parallel dazugeschaltet und hierdurch die Beleuchtungszeit für eine Ladung verdoppelt oder verdreifacht.

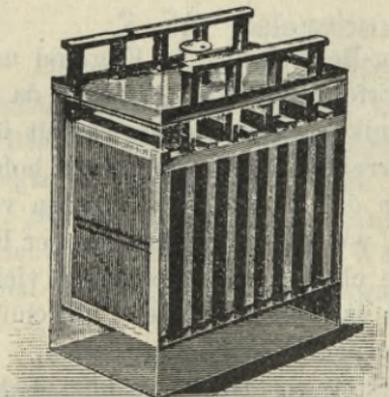


Fig. 22. Deutsche Normal Batteriezeile.

Je nach dem Lichtbedarf wählt man Lampen von 6—12 Normalkerzen und bringt in jeder Abtheilung 1—2 Glühlampen an. Für die Nacht dient gewöhnlich eine Lampe von 2—3 Kerzen, welche mit Hilfe eines Zweiwegschalters, an Stelle der helleren Lampen eingeschaltet werden kann. — Klosets erhalten einen selbstthätigen Ausschalter, der durch die Thür des Klosettraums bewegt wird.

Für 8—10 Lampen von 10 bis 12 Kerzen genügt gewöhnlich eine

Batterie, welche, bei der unterbrochenen Entladung des praktischen Betriebes und nur theilweiser Benutzung aller Lampen zugleich 100—120 Ampèrestunden ausgiebt. Das Gewicht eines betriebsfertigen Batteriekastens der deutschen Post mit vier Zellen, Fig. 22,

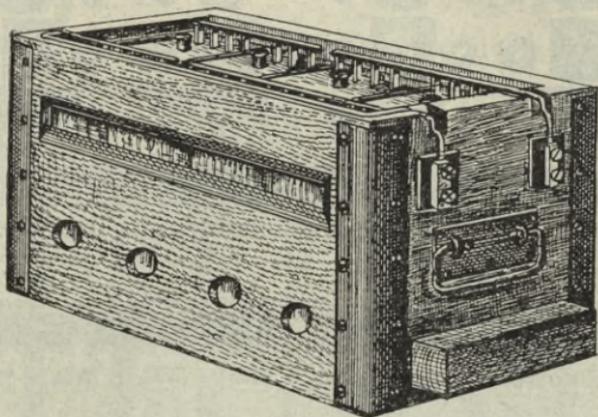


Fig. 23. Deutscher Normal Batteriekasten.

obiger Leistung beträgt 42—43 kg; derselbe ist ca. 500 mm lang, 250 mm hoch, 200 mm breit, Fig. 23.

Die Ladung erfolgt pro Zelle obiger Grösse mit 5—7 Ampère. Zur vollständigen Ladung einer Batterie von 16 Zellen sind bis zu 3 500 Wattstunden erforderlich. Da die Batterien jedoch gewöhnlich nicht ganz entladen werden, so genügen meistens schon 2 700 bis 3 000 Wattstunden. — Aus der Beleuchtungszeit der Wagen, der Lampenzahl und der Kerzenstärke derselben, sowie der Kapazität der Batterien, ergibt sich die Zeit, nach welcher die Batterie wieder zu laden ist. Hieraus lässt sich auch der Stromverbrauch für jeden Betrieb berechnen. — Der Strompreis für das Laden schwankt je nach den örtlichen Verhältnissen und den Erzeugungskosten zwischen 16—35 Pfg. pro eine Kilowattstunde (1 000 Wattstunden).

Einrichtung der Ladestellen.

Das Laden der Batterien bei der Deutschen Reichspost wird auf ca. 20 Ladestellen, die im Reiche auf den Eisenbahn-Knotenpunkten oder an dem Sitz der Ober-Postdirektion eingerichtet sind, besorgt. In den Ladestellen befinden sich grössere Regale, Fig. 24, in welche die Batteriekästen, zu je 4 Stück zusammenschaltet, eingeschoben werden. Da jede Batterie aus 16 Zellen besteht, so genügen 45 Volt Spannung zum Laden, nach dem Schema Fig. 25. Auf einer grösseren

Anzahl von Ladestellen ist zugleich auch eine Anlage für die Beleuchtung der Diensträume der Postämter vorhanden. Für diesen

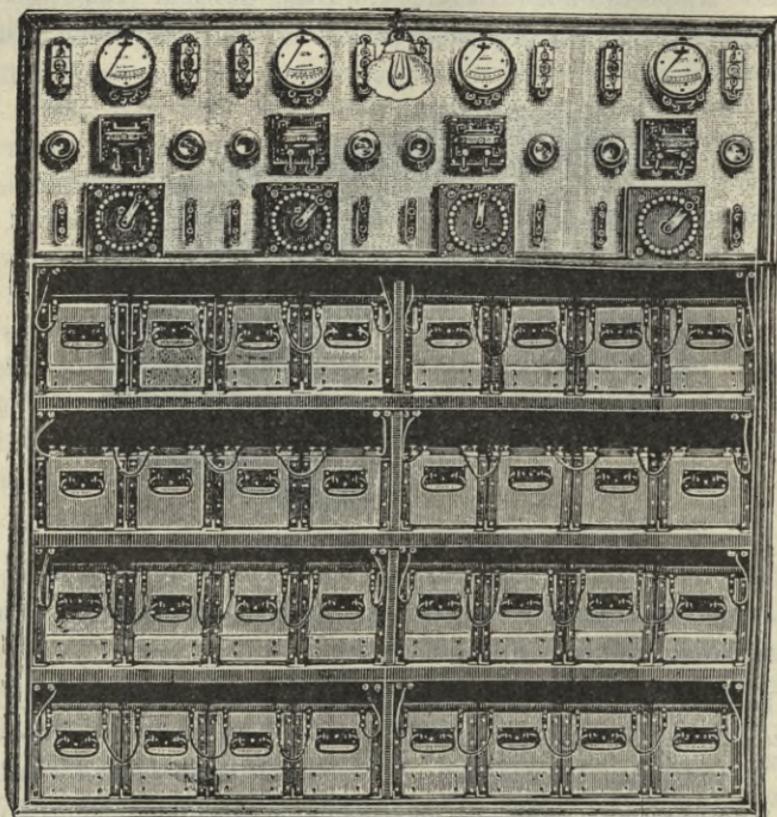


Fig. 24. Ansicht einer Ladestelle in Berlin.

Zweck haben die Maschinen 90 Volt Spannung, und werden mithin immer je zwei Batterien hintereinander geschaltet. Um jedoch bei ungerader Anzahl von Batterien beim Laden trotzdem jeder Batterie die richtige Stromstärke zuführen zu können, ist zwischen den hintereinander geschalteten Batterien ein toter Mittelleiter angeordnet, und so eine Art Dreileiternetz hergestellt. An Stelle der etwa fehlenden Batterien wird ein Belastungswiderstand auf der betreffenden Seite eingeschaltet und auf diese Weise ein durchaus gleichmässiges Laden aller Batterien erzielt. Die nachstehende Fig. 26 giebt schematisch diese Schaltungsweise an.

Eine Anzahl von Ladestellen hat Anschluss an das Leitungsnetz des nächstgelegenen Elektrizitätswerkes mit 110 oder 220 Volt Betriebsspannung. Auf diesen Ladestellen ist bei 110 Volt die gleiche Schaltung wie für 90 Volt eingerichtet, während bei 220 Volt vier Batterien in einem Dreileiternetz mit Fünfleiter-Vertheilung hinter-

einander geschaltet sind. Die Stromregulirung erfolgt in diesem Falle durch 2 Widerstände, welche an Stelle einer oder zweier fehlender Batterien eingeschaltet werden können.

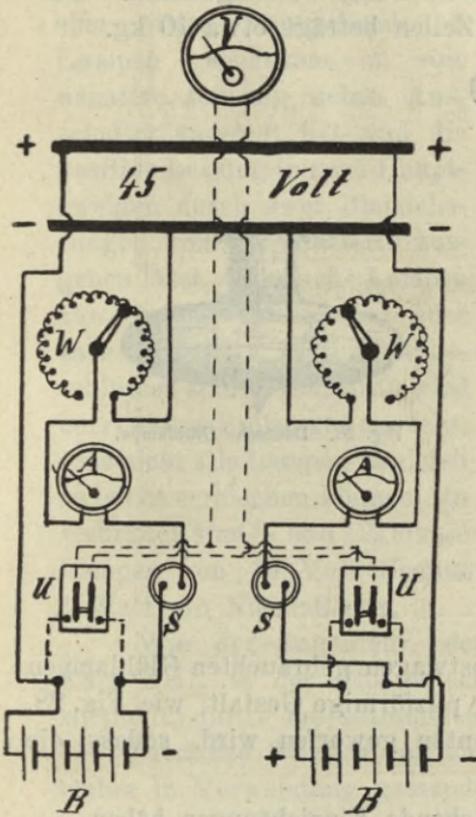


Fig. 25. Schaltung zum Laden mit 45 Volt.

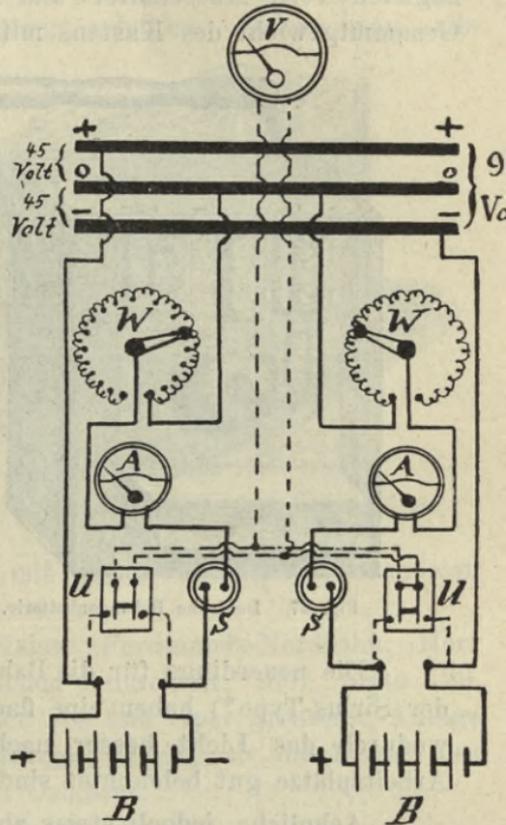


Fig. 26. Schaltung zum Laden mit 90—110 Volt.

Jede Batterie bildet mithin einen Stromkreis für sich, in welchem ein Ausschalter mit Bleisicherung, ein Strommesser und ein Regulir-Widerstand vorhanden sind. Ebenso hat jede Batterie auch einen doppelpoligen Schalter zum Messen der Ladespannung an den Klemmen der Batterien, und zwar werden alle Batterien an einem gemeinsamen Spannungsmesser kontrollirt, der gewöhnlich auch zum Messen der Netzspannung beziehungsweise der Maschinenspannung benutzt wird.

Ausser diesen feststehenden Batterien, welche in jedem Postwagen in einem besonderen Schrank untergebracht sind, hat man auch noch kleine, sehr handliche, bewegliche Batterien im Gebrauch, welche 8 Zellen enthalten, und zur vorübergehenden Beleuchtung in den Päckerei-Beiwagen benutzt werden. Ein beigegebener kleiner Kasten enthält eine transportable Lampe mit Drahtschutzkorb, biegsamer Leitungsschnur und einer Klemmvorrichtung, um an beliebiger Stelle der Deckenbalken im

Wagen die Lampe anschrauben zu können, während die Batterie lose auf den Boden des Wagens gestellt wird. Nachstehende Fig. 27 zeigt eine Ansicht einer solchen Beiwagen-Batterie, an deren Kasten zugleich vorn Ausschalter und Bleisicherung befestigt sind. Das Gesamtgewicht des Kastens mit 8 Zellen beträgt etwa 10 kg.

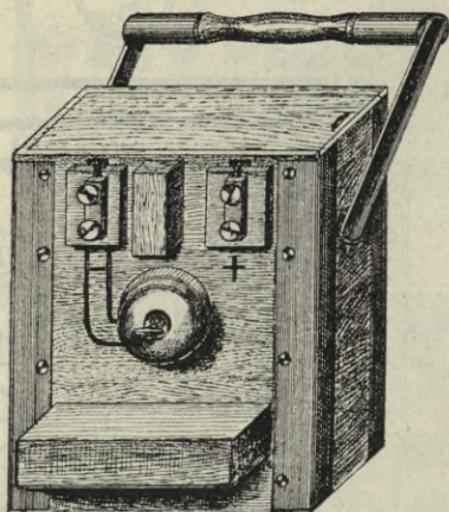


Fig. 27. Deutsche Beiwagenbatterie.

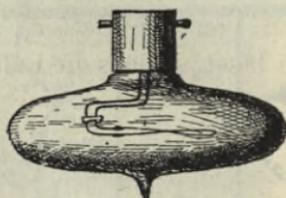


Fig. 28. Deutsche Glühlampe.

Die neuerdings für die Bahnpostwagen gebrauchten Glühlampen der Sirius-Type*) haben eine flache, pilzförmige Gestalt, wie Fig. 28, wodurch das Licht besser nach unten geworfen wird, sodass die Arbeitsplätze gut beleuchtet sind.

Aehnliche, jedoch etwas abweichende Einrichtungen haben die Postwagen in Oesterreich-Ungarn.

Jeder Wagen enthält 2—3 parallel geschaltete Batterien, Fig. 29, von denen jede aus 5 Kästen mit je 2 Elementen besteht. Jeder Kasten wiegt 20 kg, ist 270 mm hoch, 34 mm lang und 112 mm breit. Die Kapazität ist bei 6 Ampère Entladestrom 108 Ampèrestunden. Die einzelnen Zellen bestehen aus Celluloid, und jede Zelle enthält 13 Platten von $75 \times 148 \times 6$ mm Abmessung. Der grösste zulässige Ladestrom beträgt 10 Ampère. Auf der Längsseite der Kästen sind am Boden wie oben grössere Oeffnungen vorhanden, um die Platten leicht auf ihre Beschaffenheit prüfen zu können. Die Verbindung der Kästen unter sich wie mit den Leitungsklemmen in den Ladespinden oder in den Wagenspinden geschieht durch biegsame

*) Fabrikat der Rheinischen Glühlampen-Fabrik zu Dremmen bei Aachen.

Leitungsschnüre mit Kontakt-Stöpseln. Die nachstehende Fig. 29 giebt eine perspektivische Ansicht eines solchen Kastens. Während in deutschen Postwagen alle Lampen zwischen zwei Hauptleitungen parallel geschaltet sind, haben die österreichischen Postwagen eine etwas abweichende Schaltung erhalten, indem man alle Lampen gemeinsam an eine negative Leitung nebst Auswechsler angelegt hat und die positive Leitung in zwei Hauptzweigen durch zwei Bleisicherungen von der Batterie ausgehen lässt, so dass die Lampen abwechselnd an die eine oder andere positive Leitung angeschlossen sind. Hierdurch wird bei etwaigen Störungen erreicht, dass nicht alle Lampen zugleich so leicht verlöschen können. In Gebrauch sind 8- und 12kerzige Lampen von 19 Volt Spannung mit einem Energieverbrauch von 2 Watt pro Normkerze.

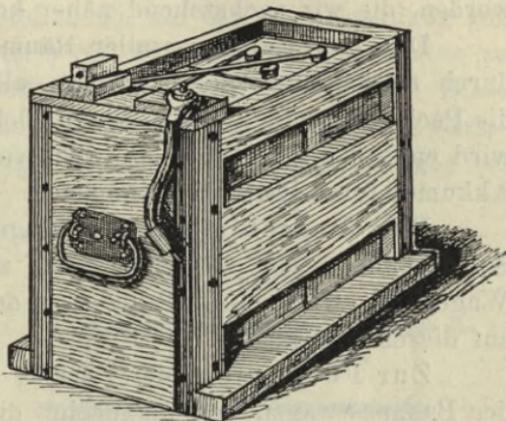


Fig. 29. Oesterreichischer Normal-Batteriekasten.

Wie der Ingenieur der Kaiser Ferdinands-Nordbahn, Herr Karl Křiž, in der Elektrotechnischen Zeitschrift, 1897, Seite 129, mittheilt, dürfte bei rationellem Betriebe und einer grösseren Anlage die elektrische Beleuchtung sich billiger stellen, als die Kosten des bisher in Verwendung gestandenen Oelgases.

Dieselbe Erfahrung hat auch die Deutsche Reichspost, dem Vernehmen nach, in einem nunmehr dreijährigen Betriebe gemacht. — Eine der grössten Einrichtungen befindet sich zu Köln a. Rh., die nachstehend ausführlich beschrieben werden soll.

Die Ladestelle zu Köln a. Rh.

Die Postverladestelle am Gladbacher Wall zu Köln a. Rh. ist in mehrfacher Hinsicht für den Elektrotechniker interessant. Da sich der ganze Betrieb jedoch der Oeffentlichkeit entzieht, so haben selbst die meisten Einwohner Kölns keine Ahnung von demselben. Dieser Betrieb ist so eigenartig und umfangreich, wie es wahrscheinlich bei keinem anderen Postamte der Erde der Fall sein dürfte. Es ist hier nämlich die Zentralstelle für den Brief- und Packetverkehr zwischen dem Osten und Westen des Reichs, sowie für die meisten überseeischen Linien. Auf 45 parallelen Geleisen laufen hier in 24 Stunden

ca. 85 Postwagen aus und ein, die in möglichst kurzer Frist von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde entladen oder geladen werden müssen.

Um diesen starken Verkehr schnell und ohne Störungen bewältigen zu können, sind nicht allein an 500 bis 800 Beamte thätig, sondern auch eine ganze Reihe maschineller Einrichtungen getroffen worden, die wir nachstehend näher kennen lernen wollen.

Die Beleuchtung aller Räume wie der Bahnpostwagen wird durch elektrisches Licht bewirkt, alle Aufzüge, Schiebebühnen und die Packetförderung werden durch Elektromotoren bewegt. Der Strom wird entweder aus Dynamos direkt verwendet oder aus einer grossen Akkumulatoren-Batterie entnommen.

Das Vorschieben der Wagen geschieht mit Hilfe zweier Schiebebühnen, die an jedem Ende zwei Gangspille haben, um die Wagen mit Hilfe eines Taus von der Bühne abzuschieben oder sie auf dieselbe zu ziehen.

Zur Förderung der Packete aus den unteren Räumen nach den Bahnpostwagen und umgekehrt dienen zwei Aufzüge, deren Plattformen durch zwei elektrisch gedrehte Spindelwellen hinaufgeschraubt werden. Bei sehr starkem Verkehr werden die Packete direkt aus den ankommenden Stadtwagen auf ein Paternosterwerk gelegt und auf diese Weise in 1 Stunde bis zu 2000 Packete nach dem Sortirraum gefördert, während für die Aufzüge erst eine Umladung auf Handwagen stattfinden muss.

Die Maschinenanlage zur Erzeugung des Stromes umfasst 2 Dampfkessel, 2 Dampfmaschinen von je ca. 75 PS. und 1 Dampfmaschine von 25 PS.

Die eine Dampfmaschine betreibt 1 Dynamo à 500 Ampère 110 Volt, die zweite eine desgleichen und eine Dynamo zu 250 Ampère 50 Volt, die dritte Dampfmaschine eine Dynamo von 250 Ampère 50 Volt. Als Zusatzmaschine zum Laden der grossen Akkumulatoren-batterie dient ein Elektromotor von 200 Ampère 110 Volt, welcher die Zusatzdynamo von 450 Ampère 50 Volt treibt.

Die Schalt- und Messapparate sind auf zwei getrennten Schalttafeln angebracht, von denen die eine für die Maschinen, die andere für die grosse Batterie dient.

Das Leitungsnetz ist in zwei verschiedenen Stromkreisen angelegt: Die Leitungen für Kraft und Licht haben 110 Volt, die Leitungen zum Laden der transportablen Batterien für die Beleuchtung der Bahnpostwagen haben 50 Volt. Es sind drei völlig getrennte Stromkreise vorhanden, von denen diejenigen für Kraft und Licht mit 110 Volt auch zusammengeschaltet werden können. Der von den Dynamos erzeugte Strom wird durch Thomsozähler in Kilowatt

gemessen. Bei starkem Verkehr, wie zur Weihnachtszeit, beträgt der Stromverbrauch für Kraft und Licht etwa 50000 Wattstd. pro Stunde, während zum Laden der transportablen Batterien in 50 Stromkreisen etwa 12500 Wattstd. stündlich gebraucht werden.

Die Einrichtung der Ladestelle weicht insofern von den in früheren Jahren errichteten Stellen ab, als bei einer Spannung von 50 Volt es möglich ist, jede Batterie von 16 Zellen (in vier Kästen zu je vier Zellen) für sich in besonderem Stromkreise zu laden. Diese Einrichtung hat sich insofern als nothwendig erwiesen, als die Batterien naturgemäss verschieden lange geladen werden müssen, was bei Reihenschaltung von je zwei Batterien mit 100 Volt nicht möglich war, wenn man nicht eventl. Strom in Widerständen vergeuden wollte. Fig. 30 zeigt die Schaltung der Ladestelle, während Fig. 31 eine innere Ansicht des Laderaumes giebt.

Die mit den Eisenbahnpostwagen ankommenden Batterien werden vermittelst Karren von den Wagen zur Ladestelle geschafft, gesäubert, nachgesehen, sofort in den Fächern vertheilt und zum Laden eingeschaltet. Jenach der Entfernung, Lampenzahl und Jahreszeit erhält jeder Eisenbahnpostwagen ein bis drei Batterien, von denen jede mit ca. 6 Ampère beansprucht wird. Die Lampen in den Wagen haben 12 Kerzen 30 Volt. Sie brennen anfangs mit einer Ueberspannung von ca. 2 Volt

und sind auf diese Weise alle Regulirungsvorrichtungen vermieden.

Die grosse Akkumulatoren-Batterie, System Boese, welche unter Leitung des Verfassers aufgestellt und mit der übrigen Einrichtung verbunden wurde, besteht aus 62 Zellen, (Type XX. St. 20), von je 850 kg Gewicht und 3600 Ampèrestunden Kapazität bei 360 Ampère Entladung. Vier Ballon Säure bilden den Elektrolyten einer jeden Zelle und kann man sich aus dieser Thatsache schon einen ungefähren Begriff von der Grösse der Zellen machen. Zum

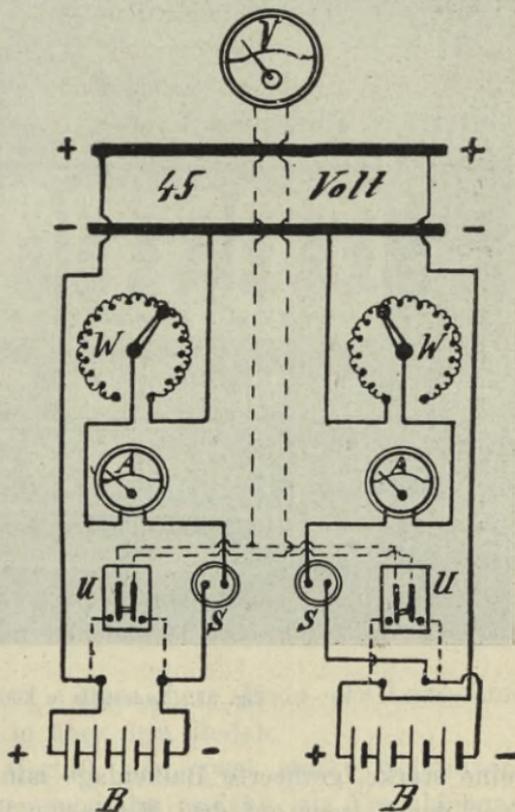


Fig. 30. Schaltung der Ladestelle in Köln.

Betriebe sind 60 Zellen genügend, zwei dienen als Reserve bei Reparaturen.

Das grosse Gewicht der Zellen erforderte ganz besondere Massnahmen für deren Aufstellung: Der Fussboden erhielt zunächst eine 20 cm starke Betonschicht, die oben 25 mm stark mit säurefestem Gussasphalt überzogen wurde. Als Unterlage für die Zellen dient

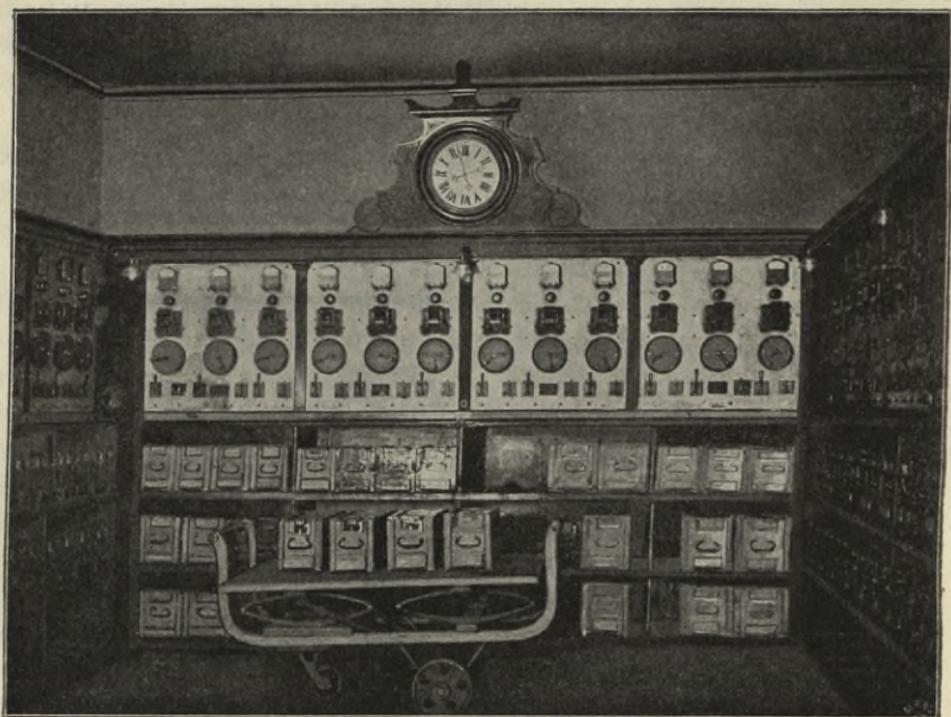


Fig. 31. Ladestelle in Köln (innere Ansicht).

eine starke, getheerte Balkenlage mit darunter liegenden Querbalken, von denen jeder auf drei Mettlacher Platten ruht. Jede Zelle ist von den drei parallelen Längsbalken durch sechs sogenannte Oelisolatoren aus Porzellan isolirt.

Die Leitungen zwischen den Zellengruppen, an den Endpolen der Batterie und an den 19 Abschaltzellen bestehen aus 50 mm breiten und 8 mm starken Kupferschienen, die durch Porzellan-glocken isolirt sind.

Um auch die Akkumulatoren-Platten von den mit Bleiblech ausgekleideten Holzkästen gut zu isoliren, sicher und unverrückbar aufzuhängen, ruht jede derselben mit zwei vorspringenden Nasen auf

zwei der Firma Boese geschützten Randisolatoren, so dass die Platten sich beim Betriebe frei ausdehnen können, ohne schädliche Berührungen mit den Zellenwänden zu erzeugen.

Der Zellschalter, Fig. 32, von Dr. Paul Meyer, Berlin, gefertigt, ist entsprechend den Grössenverhältnissen der Batterie

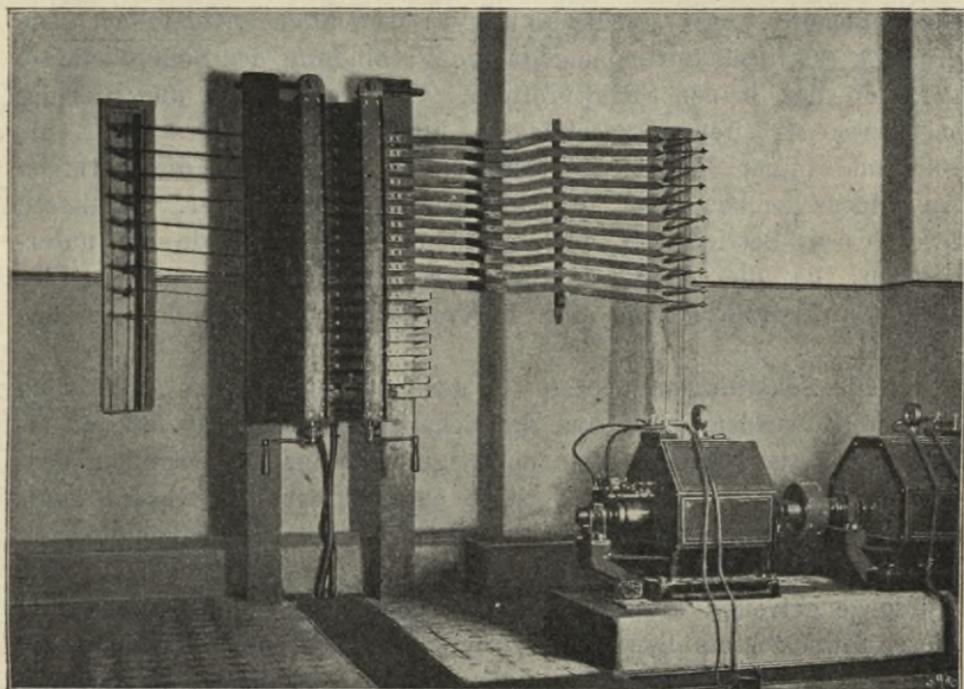


Fig. 32. Zellschalter in Köln.

bemessen und wiegt ca. 16 Ctr. Das obere Ende der Lade- und Entladeschiene befindet sich 3 m über dem Boden.

In einem gusseisernen Gestell sind zwei starke Schraubenspindeln mit Kurbeln drehbar angebracht, welche zur Verschiebung der Kontaktstücke dienen.

Die Funkenentziehung ist in einfacher Weise durch eine neue geschützte Vorrichtung bewirkt, die sich ausgezeichnet bewährt, und ohne grosse Kosten oder komplizierte Einrichtungen sich anbringen lässt. Im übrigen ist der Zellschalter in bekannter Weise als Doppelzellschalter eingerichtet, ca. 2 m lang und 0.5 m breit. Fig. 32 lässt die bedeutenden Abmessungen desselben erkennen. Rechts auf dem Bilde sind Zusatzdynamo und Elektromotor theilweise noch zu sehen.

Die Maschinenanlage war bereits vorhanden. Die Erweiterung durch eine Akkumulatoren-Batterie musste derartig bewirkt werden, dass der elektrische Betrieb in keiner Weise gestört wurde. Um dies möglichst schnell und mit einem Minimum von Kosten bewirken zu können, blieb nichts anderes übrig, als die nun erforderlich werdenden Schaltungen auf einem zweiten Schaltbrett zu gruppieren und dieses mit Rücksicht auf Uebersichtlichkeit und Leichtigkeit der Bedienung, nahe rechtwinklich zu dem alten aufzustellen. Die grössten Schwierigkeiten machte die Verbindung der Schaltapparate zwischen den beiden Schaltbrettern. Um jede Gefahr und Störung bei diesen Arbeiten auszuschliessen, blieb nichts anderes übrig, als während einiger Pausen im Betriebe der Maschinen die nöthigen Anschlüsse zu bewirken. Es war jedoch sehr schwer, für diesen Zweck den Betrieb auf eine halbe oder eine Stunde zu unterbrechen, da die Arbeiten kurz vor Weihnachten, also in der stärksten Betriebsperiode der Postverwaltung, ausgeführt werden mussten.

Die Schaltungen, wie sie für den gedachten Zweck schliesslich ausgeführt wurden, sind aus der Schaltungsskizze, Fig. 33, zu ersehen. Es ist daselbst eine derartige Kombination getroffen, dass für alle Vorfälle der Betrieb stets aufrecht erhalten werden kann. Da die gesammten Eisenbahn-Postwagen in den Schnellzügen keine andere als elektrische Beleuchtung haben, so musste vor allen Dingen Vorsorge getroffen werden, dass das Laden der Sammlerbatterien für diesen Zweck stets bewirkt werden kann. Die beiden Dynamos für das Laden der transportablen Zellen werden aus diesem Grunde von zwei getrennten Dampfmaschinen angetrieben. Sollten beide nicht betriebsfähig sein oder eine Störung im Kesselbetriebe oder in den Dampfleitungen eintreten, so gestattet ein besonderer Umschalter den Strom der grossen Akkumulatorenbatterie von den mit z bezeichneten Sammlerschienen nach den mit x bezeichneten zu leiten. Es kann also der Elektromotor, von dem Akkumulatorenstrom betrieben, die Zusatzmaschine bethätigen und diese zum Laden gebraucht werden, da sie auch 50 Volt Spannung hat. Des Weiteren sind besondere Schalthebel vorhanden, um die Dynamos, je nach Lage des Betriebes oder ihrer Betriebsfähigkeit, zum Laden benutzen zu können. Es können demnach folgende Kombinationen vorgenommen werden:

Dynamo I mit V, II mit V oder an Stelle von Dynamo V die Maschine III oder IV, sodass ein doppelter Maschinensatz zum Laden der grossen Batterie sowohl als auch zum Laden der transportablen Zellen vorhanden ist. Die grosse Batterie gestattet vor allen Dingen

Durch diese Einrichtung ist es möglich, stets 5—6 Stunden und länger für Reparaturen an den Kesseln, Dampf- oder Dynamomaschinen frei zu haben, während früher eine eigentliche Reserve überhaupt nicht vorhanden war, da zu Zeiten des hohen Strombedarfes beide Maschinensätze in Parallelschaltung arbeiten mussten. Die ganze Erweiterung der Anlage wurde in ca. 6 Wochen von der Firma W. A. Boese & Co. zu Berlin ausgeführt, in deren Hände auch die Aufsicht über die Ladestelle und die Wartung der grossen Batterie gelegt ist. Man könnte vielleicht meinen, dass die Batterie für eine solche Anlage zu gross bemessen wäre, was jedoch nicht der Fall ist. Wenn man berücksichtigt, dass eine Akkumulatoren-Batterie nur dann eine vollständige Reserve bilden kann, wenn ihre Entladestromstärke dem gesammten Strombedarf entspricht, und derselbe durchschnittlich zwischen 300 und 400 Ampère schwankt, momentan auch bis über 500 Ampère hinausgeht, so würde eine kleinere Batterie den gewünschten Erfolg nicht haben, oder dieselbe würde unter Umständen zu hoch beansprucht und alsdann in ihrer Dauerhaftigkeit dadurch beeinträchtigt werden; während bei richtiger Abmessung der Batterie der volle Strombedarf 10—12 Stunden von dieser allein geliefert werden kann, ohne dass eine Aushilfe durch die Maschine stattfindet. — Die Batterie erfüllt jedoch auch noch einen anderen Zweck.

Bei der Eigenthümlichkeit des Kraftbetriebes sind die Stromschwankungen so gross, dass plötzliche Stösse von 200 und 300 Ampère häufig stattfinden; es wäre in Folge dessen nothwendig, zu gewissen Stunden den einen Maschinensatz fast leer für Lichtbetrieb und den anderen, wenig gebrauchten für den Kraftbetrieb laufen zu lassen; während es jetzt möglich ist, bei geringem Kraftbedarf Licht und Kraft der Batterie zu entnehmen, bei starken Schwankungen eventl. einen Maschinensatz für Kraft allein laufen zu lassen. Es hat sich übrigens bei Benutzung der Batterie gezeigt, dass die Stromschwankungen viel geringer sind, als beim Maschinenbetriebe, da die Regulirung der Dampfmaschinen nicht für so heftige Stromstösse eingerichtet ist und naturgemäss ein Akkumulator viel leichter den Stromschwankungen folgen kann, als eine Maschine. Sowohl die Maschinen als auch die Akkumulatoren befinden sich in circa 8 m hohen gewölbten Räumen, sodass die ganze Anlage übersichtlich und gefällig angeordnet werden konnte.

2. Das Zugbatterien-System

mit 1—2 Batterien für den ganzen Zug ist auf breitester Basis bei der Dänischen Staatsbahn in Gebrauch.*) In dem Packwagen

*) Siehe auch Elektrotechnische Zeitschrift 1894, Heft 31, u. 1895, S. 163.

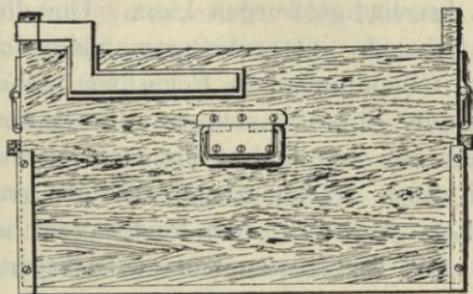
eines jeden Zuges befinden sich rechts und links in zwei Schränken zwei parallel geschaltete Batterien, welche auf zwei getrennte Stromkreise den Strom nach den Lampen von 65 Volt Spannung abgeben.

Jeder Schrank, Fig. 34, enthält eine Batterie von 9 Kästen mit je 4 Zellen, also zusammen 36 Zellen. Diese Kästen sind etwa 274 mm hoch, 410 mm lang und 395 mm breit. Das Gewicht der 4 Zellen beträgt ca. 61.5, das des Kastens mit Beschlägen ca. 13.0 kg, sodass ein fertiger Kasten etwa 74.5 kg wiegt.

Es sind jedoch auch Kästen zu 82.5 kg in Gebrauch.

Da die Batterien gewöhnlich zum Laden nicht aus dem Zuge gehoben, sondern in dem Packwagen selbst geladen werden, konnte man grössere und schwerere Zellen in einem Kasten vereinigen, während dies bei den Wagen-Batterien z. B. der deutschen Reichspost nicht gut möglich war, weil man hier die einzelnen Kästen jedes Mal zum Laden nach der Maschinenanlage befördert. In Folge dieser eigenthümlichen Einrichtung waren besondere Vorkehrungen nothwendig, um die Spannung jeder einzelnen Zelle auch dann messen zu können, wenn dieselbe sich in dem Schranke im Packwagen befindet.

Es sind für diesen Zweck besondere Metallkontakte auf der vorderen Stirnwand angebracht, sodass man jeder Zeit die Leitungen des Spannungsmessers daselbst anlegen kann. Zu beiden Seiten der Kästen befinden sich an den Schrankabtheilungen starke



Dänischer Batteriekasten.

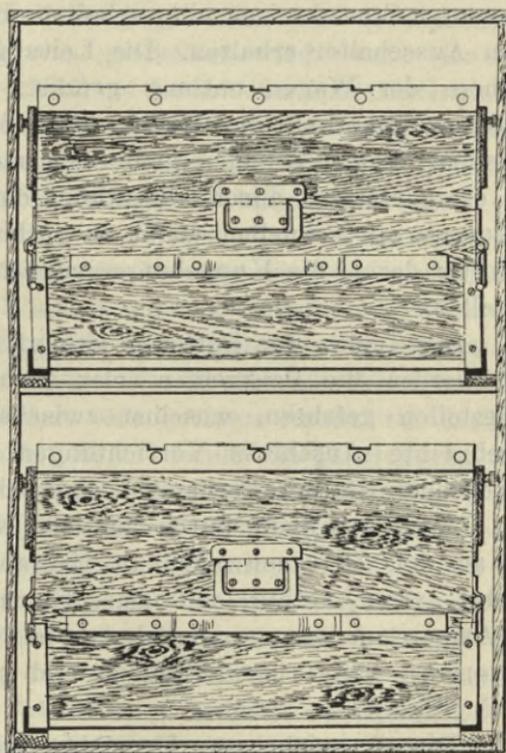


Fig. 34. Dänischer Batterieschrank.

Kontaktfedern, welche sich beim Einschieben der Kästen selbstthätig an die zu beiden Seiten derselben befindlichen Kontaktplatten anlegen, sodass irgendwelche besonders zu befestigende Verbindungsleitungen vermieden sind. Unter jedem Kasten befindet sich eine Pfanne aus Bleiblech, welche die etwa auslaufende Säure auffängt, sodass der Wagen nicht beschädigt werden kann. Um die Kästen unverrückbar fest in dem Schrank unterzubringen, sind vorn und hinten an denselben starke Gummipuffer in Form von gebogenen Streifen befestigt, von denen der hintere sich an die Rückwand des Schrankes und der vordere an eine sehr fest angepresste Versatzthür anlegt, welche durch zwei starke Riegel, die in grossen eisernen Bügeln liegen, gehalten wird. In dem Packwagen befindet sich ferner ein Schaltbrett mit Messinstrumenten, Sicherungen und Ausschaltern, sowie mit Regulirwiderstand für je einen der beiden Stromkreise.

In jeder Wagenabtheilung sind zwei Lampen à 6 Kerzen in einer gemeinsamen Glaskuppel untergebracht, welche in den beiden getrennten Stromkreisen eingeschaltet sind, auch hat jede Abtheilung einen Ausschalter erhalten. Die Leitungen sind durchweg auf den Dächern der Wagen entlang geführt, da sich die Verlegung der Leitungen innerhalb der Wagen nicht bewährt hatte. Zwischen den einzelnen Wagen befinden sich biegsame Kabel mit Doppelleitungen, die es gestatten, durch eigenthümliche Kontaktvorrichtungen, die Leitungen mit schnellem Griffe zu verkuppeln. Eine Hauptschwierigkeit lag darin, die Kuppelungsvorrichtung absolut wasserdicht herzustellen.*)

Das Laden der Batterien erfolgt auf gewissen Hauptstationen und werden die Packwagen oder auch die ganzen Züge nach den Ladestellen gefahren, woselbst zwischen den Geleisen unterirdisch angebrachte Anschluss-Vorrichtungen an die Lichtleitungen der betreffenden Station vorhanden sind. Der Anschluss der Batterien zum Laden geschieht durch ähnliche Kuppelungsvorrichtungen, wie sie an den Personenwagen in Gebrauch sind. Das Laden selbst erfolgt, wenn nöthig, mit einer Stromstärke bis zu 30 oder auch 33 Ampère, sodass es möglich ist, im Nothfalle nicht ganz entladene Batterien schon in drei Stunden und stärker entladene Batterien in ca. 5 Stunden zu laden.

Die mehrjährigen Versuche mit Akkumulatoren der verschiedensten Systeme sind so zufriedenstellend ausgefallen, dass man

*) Die besonderen Einrichtungen dieser Kuppelungen sind abgebildet und beschrieben vom Maschineninspektor Herrn J. B. Bruun Seite 163 der Elektrotechnischen Zeitschrift 1895.

nunmehr dazu übergegangen ist, nicht nur die Schnellzüge, sondern sämtliche Personenzüge mit elektrischem Licht zu versehen; es werden in Folge dessen alljährlich eine grosse Anzahl Züge hierfür eingerichtet. Die durch 1½ Jahre fortgesetzten Beobachtungen über diesen gesammten eigenthümlichen Betrieb haben ergeben, dass die Akkumulatoren mit ca. 82% Nutzeffekt arbeiten. Ein Resultat, wie man es bei einem für die Akkumulatorenverwendung eigentlich ungünstigem Betriebe kaum erwarten sollte.

Das auf englischen, amerikanischen und auch einigen deutschen Bahnen vielfach versuchte System, kleinere Akkumulatorenzellen in jeden Wagen zu stellen und dieselben während der Fahrt durch eine, entweder besonders mitgeführte Dampfmaschine, oder durch eine von einer Wagenachse angetriebene Dynamomaschine zu laden, hatte sich zwar bisher, wie oben erwähnt, durchaus nicht bewährt, neuerdings macht man jedoch mit einem Wagen auf der Gotthardbahn Versuche, die anscheinend zufriedenstellend ausgefallen sind.

Die Einrichtung ist hier derartig getroffen, dass der Ladestrom nur dann auf die Akkumulatoren geschaltet wird, wenn der Zug bezw. die antreibende Achse des Wagens die erforderliche Geschwindigkeit hat. Um dies zu erreichen, ist folgende Vorrichtung getroffen worden: Ein Schwungkugelregulator schaltet die Welle der Dynamomaschine sowohl bei zu schnellem, als bei zu langsamem Laufen des Wagens aus, und nur dann, wenn die erforderliche Geschwindigkeit vorhanden ist, wird auch die Welle der Dynamomaschine angetrieben. Bei Rückwärtsbewegung des Wagens wird gleichfalls die Welle der ladenden Dynamo nicht gedreht, da ein Gesperre dies nur in der Vorwärtsbewegung möglich macht. Die Dynamomaschine hat bei diesem Versuch etwa 2 PS., sodass eine grössere Anzahl von Lampen mit Strom versorgt werden kann. Es ist ferner die Einrichtung derartig getroffen, dass bei normaler Geschwindigkeit des Zuges die Lampen von der Dynamo direkten Strom erhalten, während beim Stillstand der Dynamo oder beim Auseinanderkuppeln der Wagen die Akkumulatoren in Thätigkeit treten. Dieses eigenartige System ist jedenfalls sehr ökonomisch und billiger als die Beleuchtung mit Akkumulatoren allein. Bei grösseren Zügen, wie es z. B. unsere D-Züge sind, ist die für die Beleuchtung erforderliche Kraft jedoch ziemlich bedeutend, sodass etwa 15 PS. für die direkte Beleuchtung nothwendig werden, und es ist in Folge dessen fraglich, ob eine solche Kraft von der Lokomotive abgegeben werden kann.

Wo es die Betriebsverhältnisse irgendwie gestatten, wird man jedenfalls den reinen Akkumulatorenbetrieb für die Beleuchtung der Eisenbahnzüge wählen, da die Kombination mit einer Dynamomaschine

immerhin etwas komplizirt ist. Hat man Zeit zum Laden, so wird man Zugbatterien anwenden, ist hierzu jedoch wenig Zeit vorhanden, so wird man Wagenbatterien einrichten, welche täglich gewechselt werden.

Im Stadtbahnverkehr, bei dem die Züge in Abständen von 2—3 Minuten auf einander folgen, dürfte wohl keines der hier beschriebenen Systeme für die Beleuchtung der Wagenabtheile in Gebrauch kommen. Vorläufig wird man sich mit der bisher vorhandenen Beleuchtung begnügen müssen, die man vielleicht durch Zuhülfenahme von Acetylen etwas verbessern wird. In späterer Zeit dürften die Stadtbahnen der grösseren Städte alle wohl elektrisch betrieben und damit auch elektrisch beleuchtet werden, und zwar mit direkt zugeführtem Strom, welcher Batterien ladet und der auch zum Betriebe der Elektromotoren gebraucht wird.

3. Uebersicht der bis jetzt eingeführten Wagenbeleuchtung.

Eine Uebersicht, in welchem Umfange die elektrische Beleuchtung der Eisenbahnwagen bis jetzt ausgeführt ist, giebt Herr Dr. Max Büttner in seinem Vortrage im Verein für Eisenbahnkunde (Glaser's Annalen vom 1. Januar 1897, sowie Verhandlungen des Vereins für Eisenbahnkunde in Berlin, Seite 45, 1897).

In England hat vor zwei Jahren die Firma J. Stone & Co., London-Dettford, eine Konstruktion zur Beleuchtung geschlossener Züge eingeführt, ähnlich derjenigen der Midland-Railway. Die Dynamo-Maschine ist an einem Ende des Wagens am Untergestell federnd aufgehängt, vollständig von gusseisernem Gehäuse umgeben und wird durch einen Treibriemen von der Wagenachse angetrieben. Ueberschreitet die Geschwindigkeit des Zuges eine gewisse Grenze, so fängt der Riemen an zu gleiten, so dass die Spannung der Maschine nicht weiter steigt. Die Regulirvorrichtung schaltet die Maschine aus oder ein, je nach der Geschwindigkeit des Zuges. Die Einrichtung ist also ganz ähnlich, wie bei dem Versuchswagen auf der Gotthardbahn, über welche ich bereits Seite 109 berichtet habe.

Dieses System wurde zuerst auf der London-Tilbury-South-End-Railway ausprobiert, und sind jetzt 400 Wagen theils ausgerüstet, theils in Einrichtung begriffen. In Folge der günstigen Ergebnisse der Versuche werden jetzt auf etwa 16 englischen Bahnen mit diesem System Proben gemacht, so dass Ende 1896 ca. 1500 Wagen theils in Betrieb, theils in Ausrüstung begriffen waren. Man erblickt also in England in diesem System die Beleuchtung der Zukunft.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika ist die Beleuchtung mit Akkumulatoren noch sehr im Rückstande, da in jenem Lande die Akkumulatorenindustrie noch wenig entwickelt ist.

In vollständig anderer Weise als in England hat sich die elektrische Zugbeleuchtung auf dem Kontinent entwickelt. Hier hat man fast ausschliesslich reinen Akkumulatorenbetrieb verwandt.

Eine der grössten Anlagen dieser Art ist die der schwedischen Westküstenbahn, welche Helsingborg mit Christiania verbindet. Hier, wie bei allen anderen schwedischen Bahnen, sind geschlossene Züge durch zwei Batterien in jedem Zuge beleuchtet, wovon die eine im ersten, die andere im letzten Wagen untergebracht ist. Im Fall der Zug getrennt wird, ist die Beleuchtung in Folge dessen nicht unterbrochen, da jede Batterie die Beleuchtung des mit dem Batteriewagen verbundenen Theiles des Zuges übernimmt. Die Wagen sind daher mit Kuppelungen wie bei dem englischen System verbunden. Sämmtliche Wagen dieser Bahn haben elektrische Beleuchtung mit Batterien der E. P. S. Company.

In den letzten Jahren sind eine grössere Anzahl Privatbahnen in Schweden nach dem gleichen System, theilweise auch nur mit einer Batterie für jeden Zug, beleuchtet. Es sind dies die Bahnen: Helsingborg-Hessleholm, Gotenburg-Falun, Falun-Gefle, Gefle-Ockelbo, Gefle-Upsala, Gotenburg-Boras etc. — Die Bahnen Halmstadt-Nassjö und Stockholm-Orebro beabsichtigen in diesem Jahre die elektrische Beleuchtung einzuführen. — Neue Wagen werden bei den verschiedenen Privatbahnen gleich mit elektrischen Leitungen versehen, sodass bei Einführung derselben keine weiteren Umstände entstehen. Es werden daher in kurzer Zeit alle Privatbahnen Schwedens allgemein elektrische Beleuchtung haben, mit Ausnahme der Staatsbahn, welche grösstentheils bereits Fettgas eingeführt hat und daher die bestehenden Anlagen hierfür nicht werthlos machen will. — Die elektrische Beleuchtung auf den dänischen Staatsbahnen wurde bereits Seite 107 beschrieben. Auf derselben sind bis jetzt hierfür 335 Wagen eingerichtet und kommen im laufenden Jahre noch 82 Wagen hinzu. Neu bestellte Wagen erhalten sofort elektrische Lampen und Leitungen.

In Russland ist gleichfalls die Beleuchtung geschlossener Züge mehrfach in Gebrauch, u. a. auf der Zarskoe-Selo-Bahn. — Die Krons-Eisenbahn Reval-Petersburg hat Versuche mit Einzelwagen-Beleuchtung angestellt und beabsichtigt eine grössere Anzahl Wagen auszurüsten. Auf sonstigen Bahnen Russlands dürfte in den nächsten Jahren die elektrische Beleuchtung recht umfangreich zur Anwendung kommen. — In den übrigen Ländern des Kontinents ist nur

Einzelwagen-Beleuchtung in Verwendung. Die Batterien befinden sich meist in besonderen Behältern unterhalb des Wagengestelles. Zum Laden werden die Batterien, welche sich in tragbaren Holzkästen befinden, nach einer Ladestelle geschafft, ähnlich wie dies bei der Reichspostverwaltung der Fall ist. Den Ladestrom liefern die auf den Bahnhöfen befindlichen elektrischen Anlagen, sodass die Kraft und die Wartungskosten sich verhältnissmässig sehr niedrig stellen.

In der Schweiz ist vielleicht die älteste Anlage auf der Jura-Simplon-Bahn vorhanden, welche die ersten Wagen im Jahre 1889 mit Batterien des Systems Huber aus der Fabrik von Blanc & Co. zu Marly-le-Grand beleuchtete. Jetzt verwendet man daselbst Tudor'sche Akkumulatoren aus der Fabrik Oerlikon. Es sind bis jetzt 388 Wagen beleuchtet, die bis Ende des Jahres bis auf 450 vermehrt sein werden.

Die schweizerische Central-Bahn hat 40 Wagen in Betrieb und 30 Wagen in Ausrüstung. Die Gotthard-Bahn hat 24 vierachsige Wagen eingerichtet. Der Wagenpark der Jura-Neuchâtelois-Bahn, der Emmenthal- und Seethal-Bahn ist bereits vollständig für elektrische Beleuchtung eingerichtet. Die schweizerische Nord-Ost-Bahn richtet 60 neue Wagen ein, verwendet jedoch vorläufig noch Petroleum. Die Batterien sind von der Fabrik Oerlikon geliefert. — Von italienischen Bahnen hat seit 1889 die Nord-Milano-Bahn 53 Wagen mit Tudor-Batterien versehen. — In Oesterreich hat die Kaiser Ferdinand-Nord-Bahn von 1892 ab ausgedehnte Versuche mit elektrischer Beleuchtung angestellt und werden jetzt sämtliche neue Wagen hierfür eingerichtet. Die Batterien sind von der Wiener Fabrik der Aktiengesellschaft Hagen und der Firma Boese & Co. geliefert.

Auch die Ungarischen Staatsbahnen haben von den genannten Firmen seit $1\frac{1}{2}$ Jahren 90 Wagen mit Akkumulatoren ausrüsten lassen. Der Wagenpark der Arad-Czanader-Bahn wird vollständig für elektrische Beleuchtung eingerichtet. Die Kaschau-Oderberger Bahn und die Rumänischen Staatsbahnen machen ausgedehnte Versuche mit dieser neuen Beleuchtungsart. — In Deutschland sind vielfach Versuche dadurch gescheitert, dass sie bei zu geringer Ausdehnung vorgenommen wurden.

Elektrisch beleuchtet sind z. Z. der Wagenpark der Dortmund-Gronau-Enscheder Eisenbahn, sowie der Marienburg-Mlawkaer und der Alt-Damm-Colberger Bahn. — Die Grossherzogl. Badische Staatsbahn macht z. Z. Versuche mit elektrischer Beleuchtung. — Ueber die ausgedehnte Verwendung des elektrischen Lichtes in den Bahnpostwagen der deutschen Post habe ich bereits Seite 95 ausführlich berichtet.

Bei allen diesen Beleuchtungsanlagen bezw. Einrichtungen sind theils Gitterplatten, theils Masseplatten zur Verwendung gekommen.

Neuerdings wird nun auch die Seite 16 beschriebene Planté-Platte der Aktiengesellschaft in Hagen verwendet, welche früher für diese Zwecke die bekannten Tudor-Platten gebrauchte.

Mit welchem Erfolge die dänische Staatsbahn die elektrische Beleuchtung in ihren Zügen eingeführt hat, geht daraus hervor, dass sie auf Abschreibung, Verzinsung und Reparaturen der Batterien an Stelle von 30 jetzt nur noch 20% in ihren Betriebsberichten einstellt, was eine Erniedrigung von wenigstens † Pfg. auf die 8 Normalkerzen-Brennstunde ausmacht.

Dass das elektrische Beleuchtungs-System eine bedeutende Ausdehnung noch nicht gewonnen hat, erklärt sich daraus, dass die Periode seiner Ausbildung mit jener zusammenfiel, in welcher eine Verbesserung der Wagenbeleuchtung dringend erforderlich geworden war, und in welcher jene Bahnverwaltungen, welche den meisten Werth auf eine bequeme und gute Ausstattung der Wagen legten, insbesondere die deutschen und englischen Bahnen, sich dem damals besten und vollkommensten System, der Gasbeleuchtung, zuwandten und dasselbe fast durchgehend einführten, bevor das elektrische System technisch und wirtschaftlich verwerthet werden konnte.

Herr Dr. Büttner hat in dem vorstehenden Diagramm, Fig. 35, die über die wichtigsten Anlagen seitens der Bahnverwaltungen veröffentlichten Betriebskosten übersichtlich zusammengestellt, und um einen Vergleich mit der Gasbeleuchtung zu ermöglichen, die Kosten sämtlich auf achtkerzige Glühlampen bezogen. Es sind nur solche Betriebsangaben hierbei benutzt worden, bei denen genau angegeben worden ist, in welcher Weise sich der Betrag aus den einzelnen

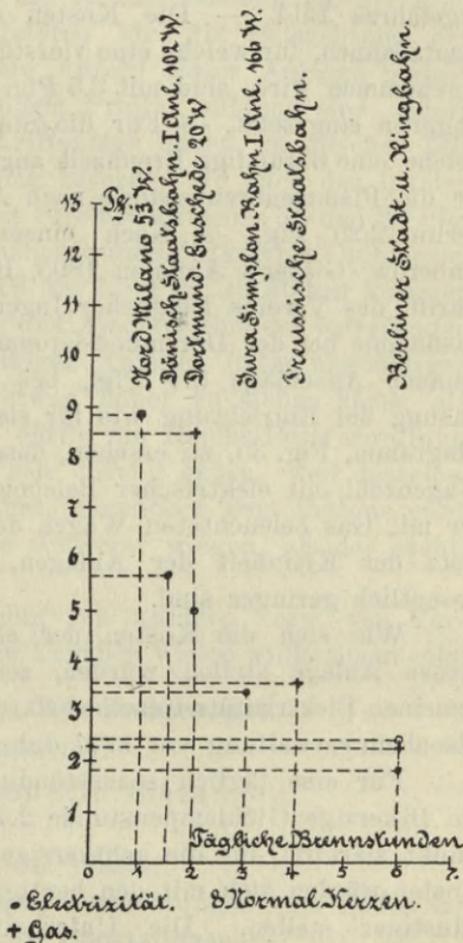


Fig. 35. Kosten der Eisenbahnwagen-Beleuchtung.

Positionen zusammensetzt. (Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1896, Seite 95 und 96, sowie Seite 15 des oben erwähnten Vortrages.) In dem Diagramm sind unten in der Horizontalen die täglichen Brennstunden eingetragen, während links auf der Vertikalen die Anzahl der Pfennige zu einer Lampenstunde von 8 Normalkerzen eingestellt sind. Streng richtig ist natürlich der Vergleich nicht, da die Betriebseinrichtungen bei jeder Bahn anders liegen, und vor Allem die Wagenzahl verschieden ist. Sie geben aber immerhin ein ungefähres Bild. — Die Kosten des Gases auf den preussischen Staatsbahnen, für welche eine vierstündige mittlere, tägliche Brennzeit angenommen wird, sind mit 3.5 Pfg. als Mittelwerth der verschiedenen Angaben eingesetzt. — Für die Stadt- und Ringbahn in Berlin, für welche eine 6stündige Brennzeit angegeben wird, betragen die Kosten für die Flammenbrennstunde nach Angaben der Eisenbahn-Direktion Berlin 2.25 Pfg. — Nach einem Vortrage des Herrn Baurath Staberow (Glaser's Annalen 1895, Band 36, Seite 137, und der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure) betragen die Kosten der Gasflamme bei der Dortmund-Gronau-Enscheder Eisenbahn auf Grund genauer Anschläge 8.4 Pfg., bei gleicher Amortisation und Verzinsung der Einrichtung wie für elektrisches Licht. Es ist aus dem Diagramm, Fig. 35, zu ersehen, dass trotz der verschwindend kleinen Wagenzahl mit elektrischer Beleuchtung, im Verhältniss zu der Zahl der mit Gas beleuchteten Wagen der preussischen Staatsbahnen, und trotz der Kleinheit der Anlagen, die Kosten für die Glühlampen wesentlich geringer sind.

Wie sich die Kosten der elektrischen Beleuchtung für eine grosse Anlage stellen würden, zeigen die Berechnungen der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, welche dieselbe für die preussische Eisenbahnverwaltung vor zwei Jahren aufgestellt hat.

Für eine täglich sechsstündige Beleuchtung ergaben sich für die 16kerzige Glühlampenstunde 2.43 Pfg. (in der Fig. 35 mit einem Punkt markirt), für die achtkerzige Glühlampenstunde 1.82 Pfg. Die Kosten würden sich mit den heutigen Akkumulatoren noch wesentlich günstiger stellen. Die Unterhaltungskosten der Akkumulatoren wurden garantirt. Die Erzeugungskosten des Stromes waren bei einer eigenen Anlage zu 14.3 Pfg. für die Kilowattstunde angenommen. Dieser Preis dürfte in Wirklichkeit bei einer Maschinenanlage die auch anderen Zwecken nutzbar geworden wäre, kaum erreicht worden sein.

Herr Dr. Büttner vergleicht dann weiter die Kosten der elektrischen Beleuchtung mit der Verwendung einer Acetylen-Fettgas-mischung im Verhältniss von 3 zu 7 und kommt zu dem Resultat, dass die elektrische Beleuchtung mit der Acetylen-Fettgasbeleuchtung

auch, im für die Gasbeleuchtung günstigsten Falle, hinsichtlich der Wirthschaftlichkeit konkurriren kann, selbst wenn man kleinere Anlagen in Vergleich stellt.

Ein ähnlich günstiges Verhältniss, wie es die vorstehenden Angaben des Herrn Dr. Büttner darthun, dürfte sich auch bei den verhältnissmässig kleinen Anlagen der deutschen Reichs-Postverwaltung ergeben.

Dieselbe unterhält im Deutschen Reiche vertheilt ca. 21 Ladestellen zum Laden der Akkumulatoren für die Beleuchtung der Eisenbahnpostwagen. Eine grössere Anzahl dieser Anlagen bezieht den Strom als Kraftstrom zu mässigem Preise, während eine andere Anzahl Anlagen, die eine eigene Kraftanlage haben, zu gleicher Zeit die Beleuchtung der Postdiensträume besorgt. Je nach den lokalen Verhältnissen schwankt der Preis des Stromes zwischen 16 und 30 Pfg. pro Kilowattstunde, so dass die Lampenstunde (12kerzige Glühlampe, 30 Volt, 2 Watt pro Kerze) auf 0.9 bis 1.5 Pfg. zu stehen kommen dürfte, inkl. Bedienung, Verzinsung und Amortisation der betreffenden Anlage. — Wenn vielleicht bei einigen Anlagen unter ungünstigen Verhältnissen die Lampenstunde etwas höher zu stehen käme, als die frühere Fettgasbeleuchtung, so dürfte die Reichs-Postverwaltung trotzdem dem elektrischen Lichte den Vorzug geben, weil dasselbe, wie an anderer Stelle bereits erwähnt, gegenüber dem Fettgas ganz bedeutende Vorzüge besitzt, welche schwerer wiegen, als der event. höhere Preis des Lichtes. —

Für die praktische Ausführung von Anlagen bezw. von Vorschlägen werden die nachstehenden Angaben Vielen willkommen sein.

Zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen

sind erforderlich:

I. Anschaffungen und Einrichtungen.

- a) Batterien nebst Behälter.
- b) Einrichtung und Montage der Wagen.
- c) Anlage der Ladestellen bezw. Vorrichtungen zum Laden im Zuge auf der Fahrt oder den Endstationen.

II. Fortlaufende Ausgaben.

- a) Unterhaltung der Batterien.
- b) Verzinsung und Amortisation der Batterien, der Beleuchtungseinrichtungen, der Ladeneinrichtungen, sowie Reparatur und Unterhaltung derselben.
- c) Verbrauch an Glühlampen.
- d) Bedienung der Ladestellen, Transport der Batterien.
- e) Aussergewöhnliche Aenderungen und Verbesserungen.

Die Unterhaltung der Batterien pflegen die Akkumulatoren-Fabriken bei stationären Batterien mit ca. 10, bei transportablen Batterien mit ca. 20—25% der Anschaffungskosten als jährliche Quote auf gewisse Zeit (5—10 Jahre) zu übernehmen, und zwar in der Weise, dass nach Ablauf der Zeit die Batterien die volle Leistung und gute Beschaffenheit haben — vorausgesetzt, dass die Batterien durchaus sachgemäss behandelt werden. Ausserordentliche Beschädigungen sind besonders zu bezahlen. —

Es sind folgende Systeme für Wagenbeleuchtung in Gebrauch:

Einzelwagen-Batterien

- a) mit Laden in den Wagen, auf den Stationen oder beim Fahren,
- b) mit Laden in besonderen Ladestellen.

Zugbatterien

- a) mit Laden während der Fahrt,
- b) mit Laden im Zuge auf den Stationen.

Dementsprechend sind die Einrichtungen auch ganz verschieden. Man muss sich also zunächst über das zu wählende Beleuchtungssystem klar sein, wenn man eine derartige Anlage projektirt.

Einrichtungskosten.

Nachstehend einige Beispiele für elektrische Eisenbahn-Wagenbeleuchtung:

Einrichtung elektrischer Beleuchtung von 10 Stück Eisenbahn-Personenwagen.

Jeder Wagen enthält z. B. 3 Abtheilungen mit Seitengang und Klosett, wie Fig. 36 zeigt. Die Glühlampen vertheilen sich demnach wie

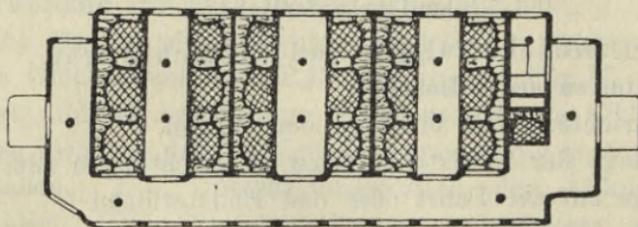


Fig. 36. Grundriss eines Eisenbahn-Personenwagens.

folgt: Jede Abtheilung erhält für die reguläre Beleuchtung zwei achtkerzige Glühlampen; im Seitengang und an den beiden Enden sind vier dergl. Glühlampen, auf dem Klosett eine dergl. Glühlampe, zusammen also elf achtkerzige Glühlampen anzubringen.

Für die Nachtruhe in den drei Abtheilungen ist neben der einen achtkerzigen Glühlampe noch ein zweite, dreikerzige Glühlampe

angebracht. Ein in jeder Abtheilung an passender Stelle befestigter Zweigweg-Umschalter gestattet, entweder die beiden achtkerzigen oder die kleine, dreikerzige Glühlampe zu brennen. Der Hauptauschalter, sowie die Hauptbleisicherung liegen in der Mitte des Wagens, leicht zugänglich für das Zugpersonal, so dass alle Lampen eines Wagens auch während der Fahrt eingeschaltet oder gelöscht werden können. Das Klosett erhält einen selbstthätigen Ausschalter, so dass die Lampe in demselben nur dann brennt, wenn das Klosett benutzt wird.

Für die Aufnahme der Akkumulatoren sind mitten unter dem Wagen zwei Behälter vorgesehen, auf jeder Seite einer, so dass das Einschieben der Akkumulatorenkästen leicht zu bewerkstelligen ist, wie auch immer der Wagen stehen mag.

Es wird angenommen, dass die zur Aufnahme der Batterie unter dem Wagen herzustellenden beiden Behälter von der Waggonfabrik ausgeführt werden. Die Selbstkosten der beiden Behälter für die Akkumulatoren werden pro Wagen ca. 100 Mk. betragen.

Die Hauptleitungen von der Batterie unterhalb des Wagens werden von jedem Kasten aus etwa nach der Mitte des Seitenganges hochgeführt, mit Sicherungen und Ausschalter versehen und von hier aus an der Decke entlang mit den nothwendigen Abzweigungen versehen. Um die Hauptleitungen unterhalb der Wagen vor Feuchtigkeit und Beschädigungen zu schützen, sollen sie in Isolirrohren mit Stahlpanzerschutz bis zur Sicherung, und von dieser ab in Holzleisten verlegt werden. Es wird angenommen, dass die Waggonfabrik die erforderlichen Holzkanäle für die Verlegung des Drahtes innerhalb der Wagen selbst liefert.

Die Akkumulatoren bestehen für jede Batterie aus vier Batteriekästen, jeder vier Zellen enthaltend. Sie genügen für etwa 16 Stunden Beleuchtungszeit. Sollte diese für längere Strecken nicht ausreichend sein, so könnte eventuell eine zweite Batterie in dem zweiten Behälter auf der anderen Seite des Wagens untergebracht werden, und würde sodann eine Ladung der beiden Batterien für etwa 32stündige Beleuchtungszeit hinreichen. Wenn andererseits nur eine Batterie für eine längere Beleuchtungszeit gewünscht werden sollte, so könnte hierzu eine grössere Type gewählt werden, welche für etwa 20stündige Beleuchtungszeit hinreicht. Die Kästen würden jedoch dann grösser, schwerer und theurer werden.

Für jeden Wagen sind je nach Lage des Betriebes zwei bis drei Batterien erforderlich, davon ist eine Batterie im Wagen, die zweite steht fertig geladen in Reservé und die dritte ist in Ladung begriffen. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass zum Auswechseln

bei etwaigen Reparaturen oder zur Ergänzung des Strombedarfs bei langen Strecken oder im Winter bei langen Tagen eine Anzahl Reservebatterien vorhanden sein muss, so dass im Ganzen etwa für die 10 Wagen 30 Batterien erforderlich sein werden.

Das Laden dieser Batterien geschieht am Besten auf den Hauptknoten- bzw. Endpunkten der Eisenbahn. Je nach Umständen sind ein bis zwei Ladestellen für je 30 bis 40 Batterien einzurichten.

Kostenanschlag, betreffend Einrichtung elektrischer Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen.

Pro Waggon:

1.	10 m Isolirrohr mit Stahlpanzer	à 1.50	15.— Mk.
2.	4 Normal-Ellbogen	à 0.60	2.40 "
3.	1 Vertheilungskasten für 11 mm Rohr	à 4.55	4.55 "
4.	1 Porzellan-Bleischalter	à 3.50	3.50 "
5.	8 Schmelzstreifen, davon 4 zur Reserve	à 0.25	2.— "
6.	1 Hauptausschalter mit eisernem Schutzkasten	à 14.—	14.— "
7.	3 Umschalter mit Bleisicherungen für die Coupés mit fein verzierter Kapsel	à 7.—	21.— "
8.	1 Abortausschalter (selbstthätig)	à 10.—	10.— "
9.	11 Deckenlampen mit emailirten Reflektoren, Fassungen und Glasglocke	à 17.50	192.50 "
10.	3 Glühlampen à 3 Kerzen	à 0.80	2.40 "
11.	11 Glühlampen à 8 Kerzen	à 0.80	8.80 "
12.	130 m isolirter B-Draht, 4 mm Durchmesser	à 0.17	22.10 "
13.	50 " " " 2.5 " "	à 0.17	8.50 "
14.	15 " " " 0.9 " "	à 0.17	2.55 "
15.	4 isolirte Polklemmen	à 1.—	4.— "
16.	Isolir- und Befestigungsmaterial	à 10.—	10.— "
17.	Montage, Reise des Monteurs etc.		120.— "

Sa. 443.30 Mk.

NB. Batterien nach besonderem Kostenanschlage.

Kostenanschlag, betreffend Lieferung von 30 Batterien, jede 4 Batteriekästen à 4 Zellen enthaltend, zur Beleuchtung von 10 Eisenbahn-Personenwagen.

Betriebsspannung: 30 Volt.

30 Batterien, jede bestehend aus 4 Batteriekästen à 4 Zellen, 480 Zellen	à 33.75	16200.— Mk.
120 Einbaukästen mit Deckel für je 4 Zellen, mit je 2 Handgriffen und je 2 Klemmen auf Hartgummi versehen	à 14.—	1680.— "

Sa. 17880.— Mk.

Hierzu tritt eventuell Fracht und Verpackung von 120 Batteriekästen. —

Kostenanschlag, betreffend die Ausstattung eines Eisenbahn-Salonwagens mit elektrischer Beleuchtung.

Materialien.

Wagen mit 18 Lampen.

1.	7	Glühlampen à 10 NK.	. . . . .	à	1.—	7.—	Mk.
2.	6	"	à 15 "	. . . . .	à	1.—	6.— "
3.	5	"	à 20 "	. . . . .	à	1.—	5.— "
4.	16	m isolirten Draht 16 qmm	. . . . .	à	0.50	8.—	"
5.	15	"	" 10 "	. . . . .	à	0.30	4.50 "
6.	12	"	" 49 "	. . . . .	à	0.16	1.95 "
7.	10	"	" 2.5 "	. . . . .	à	0.12	1.20 "
8.	100	"	" 1.5 "	. . . . .	à	0.87	8.70 "
9.	20	"	" 1.0 "	. . . . .	à	0.07	1.40 "
10.	1	g zweipolige Sicherung 20 Amp.	. . . . .			6.—	"
11.	1	"	" 15 "	. . . . .		5.50	"
12.	1	"	" 8 "	. . . . .		5.—	"
13.	2	"	" 3 "	. . . . .	à	4.50	9.— "
14.	1	"	" Hauptausschalter 20 "	auf Marmor		10.20	"
15.	16	kleine einpolige Ausschalter à 5 Amp.	. . . . .	à	6.—	96.—	"
16.	18	Deckenbeleuchtungen in massivem cuivre poli mit Emaillereflektor, Normalglas, mit dem Gasschlüssel zu öffnen, einflammig, kompl. mit Fassungen und eingezogenen Drähten	. . . . .	à	48.45	872.10	"
17.	18	Holzringe hierzu, polirt	. . . . .	à	3.40	61.20	"
18.	8	Dunkelstellvorrichtungen	. . . . .	à	13.60	108.80	"
19.	150	m Holzleisten mit 2 Nuten	. . . . .	à	0.50	75.—	"
20.	150	m Façonleisten dazu, polirt	. . . . .	à	0.55	82.50	"
21.	36	Messing-Abzweigklemmen	. . . . .	à	0.25	9.—	"
22.		Montage-Zubehör	. . . . .			60.—	"
23.		Montage	. . . . .			200.—	"
24.		Verpackung, Fracht, Reisekosten für Monteur etc.	. . . . .			130.—	"

Sa. 1774.05 Mk.

NB. Die Kosten der Montage sind unter der Voraussetzung angegeben, dass die Montage der Wagen in der Nähe einer Werkstätte vorgenommen werden kann.

C. Akkumulatorenbatterien.

1.	6 Batterien à 4 Batteriekästen, jeder 4 Zellen enthaltend, 96 Zellen	à 33.75	3240.— Mk.	
	24 hölzerne Einbaukästen mit Deckel für je 4 Zellen, mit je 2 Klemmen und 2 Hand- griffen versehen	à 14.—	336.— „	
				<hr/>
				3576.— Mk.
2.	1 Auswechselbatterie			3576.— „
3.	Fracht und Verpackung für die Batterien			75.— „
				<hr/>
				netto Sa. 7227.— Mk.

Welchen Aufwand an Licht bzw. an Kraft die Beleuchtung der deutschen D-Züge z. B. erfordern würden, zeigen folgende Erwägungen:

Ein D-Wagen hat 8 Abtheile, von denen jeder mit Intensiv-Gaslampen beleuchtet, etwa 30—33 Normalkerzen Licht hat; Seitengang und Klosett erfordern ausserdem noch etwa zusammen 35 Kerzen, sodass jeder Wagen mit rund 300 Normalkerzen beleuchtet ist. Die D-Züge auf längeren Strecken haben oft 9—10 Personen- und 1—2 Gepäckwagen. Da bei Einführung des elektrischen Lichtes jedenfalls noch eine bessere Beleuchtung verlangt würde, so wären pro Wagen etwa 350 Kerzen zu rechnen, oder bei 2 Watt pro Normalkerze 700 Watt; — für den ganzen Zug inklusive Gepäckwagen rund mindestens 7000 Watt oder ca. 15 PS. Maschinenkraft inklusive aller Verluste in den Leitungen etc.

Nimmt man Einzelwagen-Batterien mit 30 Volt Betriebsspannung, so brauchte man rund 24 Ampère Entladestromstärke und für 18 Stunden Beleuchtungszeit rund 450 Ampèrestunden. Da Nachts jedoch nicht alle Lampen brennen, so käme man mit etwa 400 Ampèrestunden aus.

Bei 18 Stunden Brennzeit ergibt sich für 400 Ampèrestunden Kapazität eine durchschnittliche Entladestromstärke von 22 Ampère.

Wählt man für diesen Zweck eine Type, welche bei 10 Ampère in 20 Stunden 200 Ampèrestunden hergibt, so sind zwei Batterien parallel zu schalten und im Ganzen für jeden Wagen bei 30 Volt erforderlich: $2 \times 16 = 32$ Zellen, die bei ca. 60 kg Gewicht pro Zelle inklusive Kasten, ein Gesamtgewicht (inklusive Behälter unter dem Wagen) von ca. 2000 kg haben werden; ein Gewicht, welches dasjenige der grossen Fettgasbehälter nebst Zubehör nicht viel übersteigen dürfte. Da für das Laden bei den D-Zügen genügend Zeit

sein wird, so könnten die Akkumulatoren in den meisten Fällen in den Wagen geladen werden. Eine besondere Maschinenkraft ist nicht erforderlich, weil alle grossen Bahnhöfe heute elektrische Beleuchtung haben, deren Dynamos am Tage meistens unbeschäftigt still liegen. — Das Laden der Batterien auf dem Zuge am Tage liesse sich in vielen Fällen gewiss auch bewerkstelligen.

Akkumulatoren zur Beleuchtung von Kutschwagen.

Je vier Zellen der nachstehenden Typen in gemeinsamen Holzkasten eingebaut mit Griffen und Klemmen versehen.

Type	Grundpreis Mk.	4 Zellen Mk.	Kasten mit Deckel Mk.	Gesamtpreis Mk.	Brennzeit
I	8.50	34.00	10.00	44.50	2 Lp. à 3 Kz. 5 St.
II	13.75	55.00	11.00	66.00	3 Lp. à 3 Kz. 10 St.
V	29.00	116.00	14.00	130.00	3 Lp. à 3 Kz. 20 St.

Nach Bedürfniss baut man auch bis zu sechs Zellen obiger Typen in einen gemeinsamen Kasten ein, sodass sich der Preis und die Brennzeit entsprechend erhöhen würden.

Die Verwendung der Akkumulatoren für die Starkstromtechnik haben wir in den vorstehenden Kapiteln kennen gelernt und gehen wir nun zu den Anwendungen derselben in der Schwachstromtechnik über, welche von ihnen auch ausgedehnten Gebrauch macht.

II. Die Anwendung der Akkumulatoren in der Schwachstromtechnik.

Bis vor wenigen Jahren verwendete man in der Schwachstromtechnik ausschliesslich nur galvanische Elemente. Als man jedoch die elektrische Treppenbeleuchtung einführte, und mit den anfangs dazu gebrauchten Trockenelementen viele Misserfolge dabei hatte, versuchte man endlich die hierzu am besten geeigneten Akkumulatoren. Auch die Telegraphenverwaltungen kamen zur Ueberzeugung, dass Akkumulatoren für viele Zwecke der Telegraphie und Telephonie viel vortheilhafter seien.

Die Akkumulatoren für diese Zwecke sollen mit einer Ladung ein bis zwei Jahre gebrauchsfähig sein. Es konnten daher für so schwache, auf langen Zeitraum ausgedehnte Entladungen, nur Masseplatten in Frage kommen, weil bei allen anderen Akkumulatoren mit leitendem Metallkern oder mit Gitterträgern, die Selbstentladung bei langem Stehen zu gross ist. Da jedoch bei so langsamer, schwacher Entladung die Platten sulfatiren, so ist bei der erneuten Ladung ein schwacher Strom bis zur lebhaften Gasentwicklung anzuwenden, damit das entstandene Bleisulfat wieder beseitigt wird.

Die Telegraphie verwendet an Stelle der bisher üblichen Zink-Kupferelemente auf grossen Stationen und langen Linien eine Zelle von etwa nachstehender Kapazität:

bei 2.4 Ampère in	5 Stunden	12 Ampèrestunden	
„ 1.7 „	„ 10 „	17 „	„
„ 1.1 „	„ 20 „	22 „	„

Gewicht der fertigen Zelle mit Säure 3.0 kg, normaler Ladestrom 1.7 Ampère. Wo Maschinenstrom zum Laden der Zellen nicht vorhanden ist, ladet man dieselben ununterbrochen mit Zink-Kupferelementen. Besonders für Typen-Börsendrucker und Hafentelegraphen sind die Zellen in Gebrauch.*)

*) Siehe auch Akkumulatoren im amerikanischen Telegraphenbetriebe, Elektrotechnische Zeitschrift 1895, Seite 125.

Das Haupt-Telegraphenamt in Paris verwendet z. B. zum Telegraphiren 6 Batterien von je 60 Elementen. Von diesen sind 3 Batterien mit den positiven und 3 mit den negativen Polen an die Leitung gelegt.

Die positiven Batterien bestehen aus Tudor-Zellen von 72 Ampèrestunden mit je 5 positiven und 4 negativen Platten von 15 kg. Die negativen Batterien enthalten eine Batterie von Laurent-Cély von 60 Ampèrestunden und 5 kg Plattengewicht, sowie 2 Tudor-Batterien von 36 Ampèrestunden mit 8 kg Gewicht, 3 positiven und 2 negativen Platten.

Für 24 Stunden Dienst genügt eine positive und eine negative Batterie, sodass ein Satz in Reserve bleibt und ein Satz in Ladung ist. *)

In allen grösseren Plätzen, wo zahlreiche Telegraphenapparate in Betrieb sind, wie z. B. auch in Berlin und Wien im Haupt-Telegraphenamt, sind Akkumulatoren für den Dienst jetzt in Verwendung. Einige mässig grosse stationäre oder transportable Batterien ersetzen heute tausende von Zinkkupfer-Elementen, die bisher in Gebrauch standen und deren Unterhaltung sehr kostspielig und umständlich war.

Die Haustelegraphie macht jetzt in grossen Anlagen, bei denen ein starker Verkehr stattfindet, auch Gebrauch von Akkumulatoren. In Hôtels, grossen Bureaus u. s. w. verwendet man entweder die oben genannte Type oder bei weniger Stromverbrauch eine Type mit einer Kapazität von etwa bei 1 Ampère 3 Stunden 3 Ampèrestunden, bei 0.5 Ampère 8 Stunden 4 Ampèrestunden, bei 0.2 Ampère 30 Stunden 6 Ampèrestunden. Da diese Zellen nur auf Sekunden und in grossen Pausen beansprucht werden, so geben sie das Doppelte bis Dreifache der Kapazität als wie bei konstanter Entladung.

Zur Treppenbeleuchtung eignet sich jede Zelle von etwa 50 Ampèrestunden Kapazität und höher, je nach der Lampenzahl, der Kerzenzahl der Lampen, und der Zeit, während welcher dieselbe mit einer Ladung Strom abgeben soll. Unter vier bis sechs Zellen in Reihenschaltung wird man nicht anwenden, da bei den meist langen und schwachen Leitungen 1—2 Volt schon in denselben verloren gehen.

Die Telephonie gebraucht Akkumulatoren erst seit Einführung langer, internationaler Linien von 2000 und mehr Kilometer Länge. Es hat sich ergeben, dass eine Akkumulatoren-Zelle weit besser wirkt, als die bislang gebrauchten Trockenelemente. Der innere Widerstand der letzteren wächst bei längerem Gebrauch von 0.25 bis auf 0.5—1.0 Ohm, während ein Akkumulator kaum 0.002 Ohm

*) Elektrochemische Zeitschrift Februar 1897, Seite 256, Dr. A. Neuburger, Berlin.

mittleren inneren Widerstand hat. Die Stromstärke und die Stromschwankungen, auf die es beim Mikrophon gerade ankommt, sind beim

Akkumulator viel grösser, dementsprechend also auch die Wiedergabe der Sprache viel deutlicher. Die Stromschwankungen betragen nämlich je nach der Stärke und Art der Laute 5—25 Milliampère, und zwar entspricht jedem Vokal eine ganz bestimmte Stromstärke.

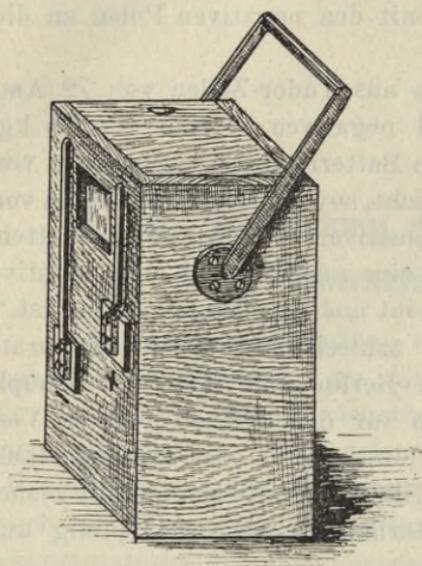


Fig. 37. Böese'sche Mikrophon-Zelle.

0.2 Ampère 200 Stunden 40 Ampèrestunden, bei 3.8 kg Gewicht der vollständigen Zelle mit Säure. Der normale Ladestrom beträgt 1.5 Ampère.

Selbstverständlich lassen sich Akkumulatorenzellen für alle Zwecke, bei denen man bisher galvanische Elemente brauchte, verwenden; auch sind dieselben bei starkem Gebrauch billiger in der Unterhaltung, vorausgesetzt, dass man eine billige Stromquelle zu deren Ladung hat. Man wird sie also auch für Signalzwecke, Wasserstandsanzeiger u. s. w. verwenden. —

Für die Fernsprech-Vermittlungsämter ist zum Anrufen, für die Mikrophone und die Kontrolle eine grössere Type in Gebrauch, welche auch für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen, insbesondere von Bahnpostwagen, benutzt wird. Es sind dies die Typen D_{IV} bzw. W_{III} , welche bei kontinuierlicher Entladung mit 5—6 Ampère 80—90 Ampèrestunden leisten, bei unterbrochener Entladung jedoch bis zu 120 Ampèrestunden ausgeben. Die Ladung der Type D_{IV} erfolgt mit ca. 6 Ampère anfangend und wird mit etwa 3.5 Ampère beendet, während die Type W_{III} mit einer 1—2 Ampère höheren Stromstärke geladen werden kann.

Als Kontroll- und Mikrophonbatterie werden, je nach der Anzahl der Apparate und der Zeit, in welcher die Batterien wieder

geladen werden sollen, 4—16 Zellen nebeneinander geschaltet; während für den Weckbetrieb 16 Zellen hintereinander geschaltet sind. *)

Bei sehr grossen Vermittelungsämtern mit ca. 100 Arbeitsplätzen wird eventuell eine noch grössere Zelle von 200—300 Ampèrestunden Kapazität zur Anwendung kommen.

Um etwaige Störungen im Betriebe der Akkumulatoren unter allen Umständen zu vermeiden, wird man drei Batterien nehmen, von denen die eine sich im Dienst befindet, die zweite geladen in Reserve steht und die dritte geladen wird.

Es liegt in der Natur dieses eigenartigen Betriebes, dass in Akkumulatorenzellen, welche mit geringen Strömen entladen werden, deren Entladung also auf sehr lange Zeiträume sich vertheilt, die Platten leicht sulfatiren und der Elektrolyt an Säuregehalt sehr verliert. Es ist bei solchen Zellen daher nothwendig, die Säure von Zeit zu Zeit völlig zu erneuern und die Zellen mit schwachem Strom 2—3 Tage zu formiren. Durch normales Laden ist gewöhnlich das Sulfat nicht zu beseitigen. Näheres darüber im Kapitel über „das Laden“.

Strombedarf im Mikrophon.

Bei Anwendung eines Akkumulators, an Stelle von 1—2 galvanischen Elementen, für den Lokalstromkreis von Mikrophonen ist man gewöhnlich im Ungewissen, wie gross man die Kapazität desselben zu nehmen hat. Verfasser hat hierüber eingehende Untersuchungen angestellt, über die nachstehend berichtet werden soll.

Die Stromstärke ist natürlich abhängig vom gesammten Widerstande des Stromkreises. Derselbe setzt sich zusammen aus: dem Widerstande der Primärwicklung, der Induktionsspule, des Kohlenkontaktes und der Stromquelle.

Die noch vielfach in Verwendung stehenden Trokenelemente haben einen bedeutend höheren inneren Widerstand als die kleinste Akkumulator-Zelle. Die Stromstärke ist bei den ersteren in Folge dessen viel geringer und die Uebertragung der Sprache zufolge geringerer Stromschwankungen viel weniger laut als bei den letzteren. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Stromstärken für verschiedene Mikrophonkonstruktionen.

*) Das „Archiv für Post und Telegraphie“ giebt im Heft 7 vom April 1897 eine ausführliche Beschreibung der Einrichtungen.

System	mit Akkumulator	mit Trocken- element Gassner	mit Akkumulator, geht zurück b. Sprechen auf
	Stromstärke beim Einschalten		
	Milliampère	Milliampère	Milliampère
1. Körner - Mikrophon „Germania“ kl. Spule	25	—	0—6
2. Kohlenwalzen - Mikro- phon, altes Postmodell, kl. Spule	340—350	80	300
3. Kohlenschreiben-Mikro- phon von Stock, neues Postmodell, gr. Spule	130—410	50	130

Die Stromschwankungen beim Sprechen liessen sich bei Anwendung von Gassner-Elementen mit einem Milliampèremeter überhaupt nicht messen, während mit Akkumulator ganz bedeutende Schwankungen eintraten. Dieselben betragen bei No. 1 0.1—6, bei No. 2 10 und bei No. 3 bis zu 20 Milliampère. Wenn beim Einschalten die anfängliche Stromstärke auch oft höher war als die mittlere, so ging sie doch sehr bald, auch wenn nicht gesprochen wurde, wahrscheinlich in Folge Erwärmung der Kohlenkontakte, ganz bedeutend zurück.

Die Widerstände der Versuchsspulen waren folgende:

Kleine Spule (2)		Grosse Spule (3)	
primäre Wicklung	sekundäre Wicklung	primäre Wicklung	sekundäre Wicklung
0.47 mm Draht 5 Lagen 380 Windungen 1—2 S. E.	0.14 mm Draht 2 600 Windungen 150—200 S. E.	0.5 mm Draht 3 Lagen 294 Windungen 0.8 S. E.	0.20 mm Draht 14—25 Lagen 5 100—5 400 Windungen 190 S. E.

Widerstand ad 2 Kontakt und primäre Windungen 8.5 Ohm.

Widerstand ad 3 Kontakt und primäre Windungen 15 Ohm.

Die mittlere Stromstärke für No. 3 war 0.13 Ampère. Wenn also die Gebrauchsdauer des Apparates beim Sprechen bekannt ist, so lässt sich daraus die erforderliche Kapazität oder bei gegebener Grösse der Zelle die Zeit berechnen, innerhalb welcher event. wieder zu laden ist.

Bei ständig in Betrieb befindlichen Apparaten rechnet man pro Tag etwa $\frac{1}{2}$ Ampèrestunden, und da die meist für diese Zwecke verwendeten Typen mit dieser geringen Beanspruchung etwa 60 Ampère-

stunden (normal 20 Ampèrestunden) hergeben, wie dies bereits S. 123 erwähnt wurde, so reicht die Zelle mit einer Ladung etwa 3—4 Monate; während sie bei mässigem Gebrauch $\frac{1}{2}$ —1 Jahr gebraucht werden kann. Würde man dagegen den Apparat unter No. 2 der vorstehenden Tabelle verwenden, welcher eine mittlere Stromstärke von 0.23 Ampère benöthigt, so würde eine Ladung nicht viel länger als für die Hälfte der vorstehend angegebenen Gebrauchsdauer genügen. Mit dem Apparat unter No. 1 aber könnte man eine Ladung mindestens ein Jahr lang verwenden.

Betrieb elektrischer Uhren.

In der „Zeitschrift für Elektrochemie“*) habe ich s. Z. über den Betrieb einer elektrischen Uhr (System Aron) mit einem Trockenelement berichtet und daselbst mitgetheilt, dass der Stromverbrauch zum Betriebe derselben in 24 Stunden 0.042, oder in einem Jahre 15.33 Ampèrestunden beträgt, bei einer Klemmenspannung von 1.52—1.26 Volt.

Dieselbe Uhr ist jetzt mit einer kleinen Akkumulatoren-Zelle (Type M_1 des Systems Boese) seit 6 Monaten in Betrieb. Die Zelle giebt bei 0.4 Ampère konstanter Entladung in 25 Stunden 10 Ampèrestunden. Da nun bei 2 Volt Klemmenspannung die Stromstärke etwa 10 Milliampère beträgt, so hat die Zelle in den ersten 6 Monaten bereits etwa 10 Ampèrestunden hergegeben. Bei dem so geringen Stromverbrauch wird sie jedoch mindestens das Doppelte und mehr leisten, sodass die Uhr mit einer Ladung mindestens ein Jahr hindurch in gutem Betriebe erhalten werden kann. Dabei geht die Uhr so regelmässig, wie ich es mit Elementen nie erreichen konnte.

Das Laden einer solchen Zelle muss natürlich ganz analog erfolgen, wie dies Seite 124 für Telegraphenzellen angegeben ist. Der Elektrolyt ist gewöhnlich nur noch Wasser und muss durch neue Säure ersetzt werden. Das gebildete Sulfat ist zunächst durch Formiren zu entfernen, ehe überhaupt eine Ladung möglich wird. Die Behandlungsweise ist später beim „Laden“ ausführlich beschrieben.

Vielfach sind kleine Akkumulatoren auch für ambulante Beleuchtung mit ein bis zwei Lampen in Gebrauch, wie z. B. für Laternen.

*) Heft 26, 1895/96: „Leistung galvanischer Elemente“, Wilhelm Knapp, Halle a. d. Saale.

Handlaternen und Wagenlampen.

Ausgedehnte Anwendung von tragbaren elektrischen Lampen machen z. B. die Feuerwehr, chemische Fabriken, Drogenhandlungen etc., um Räume vorübergehend zu erleuchten, die mit Rauch erfüllt sind, feuergefährliche Gase oder leicht brennbare Stoffe enthalten.

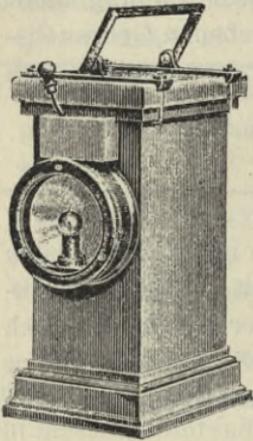


Fig. 38.

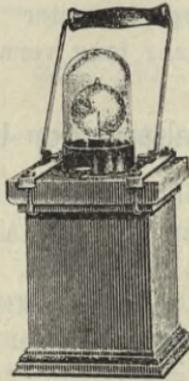


Fig. 39.



Fig. 40.

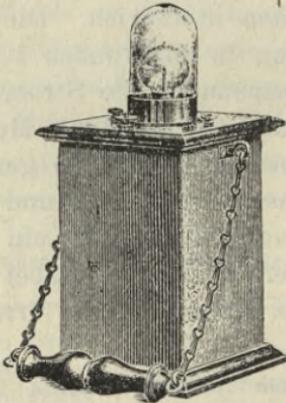


Fig. 41.

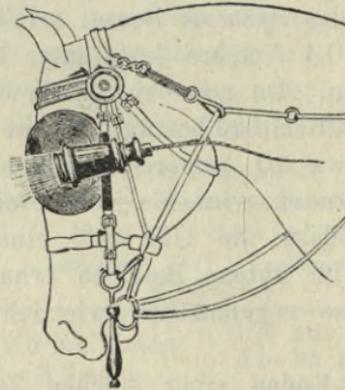


Fig. 42.

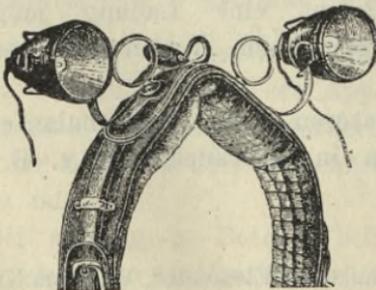


Fig. 43. Elektrische Kammdeckel-Laterne.

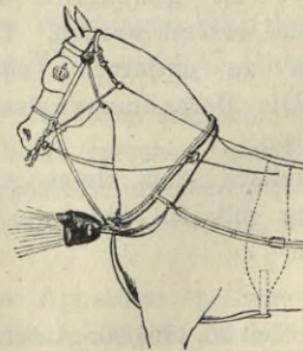


Fig. 44.

In einem mit Handgriff versehenen Kasten, Fig. 38 bis 41, sind vier kleine Zellen untergebracht, welche für eine Glühlampe von 1—2 Kerzen auf 5—10 Stunden Strom liefern. Die Glühlampe befindet sich entweder seitlich, wie in Fig. 38 und 40, unter einem gewölbten Schutzglas oder oben auf dem Deckel unter einer Glasglocke. Je nach Grösse der Zellen wiegen solche Handlampen 3—5 kg.

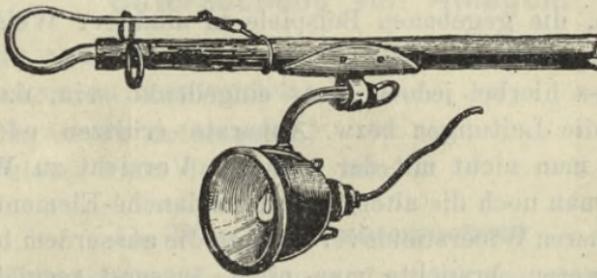


Fig. 45. Elektrische Deichsel-Laterne.

Ganz allgemein verwendet man auch Akkumulatoren zur Beleuchtung eleganter Kutschen, wofür Seite 121 einige passende Typen angegeben sind. Die Anbringung der Lampen ist in den Fig. 42 bis 45 veranschaulicht. Innerhalb der Wagen pflegt man gleichfalls ein bis zwei Lampen anzubringen.

Die Schaltung zur Innen- und Aussenbeleuchtung eines Stadtpostwagens ist in Fig. 46 gegeben. Die Batterie *B* besteht aus zwei Kästen mit je vier Zellen, deren Strom zunächst eine doppelpolige Bleisicherung *S* passiert. Hinter derselben theilt sich der Strom zu den beiden dreierkerzigen Lampen aussen und zu zweisechskerzigen Lampen innen. Der Ausschalter *A* gehört zu den Aussenlampen, der Ausschalter *A*₁ zu den Innenlampen. Die Aussen-

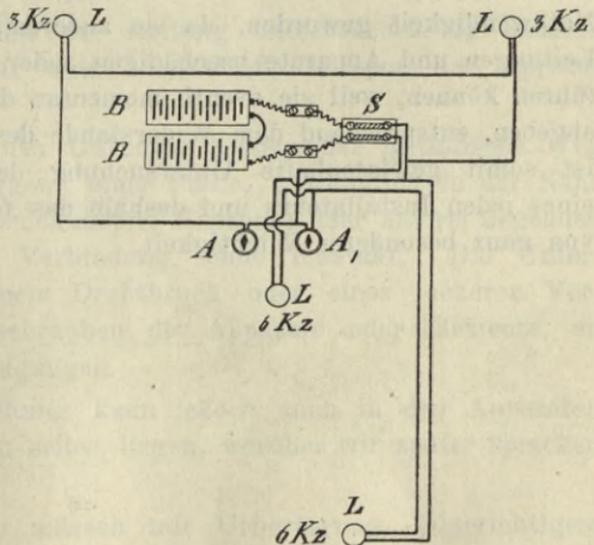


Fig. 46.

Schaltung eines Stadtpostwagens.

lampen haben je 7.5 Volt und sind, da die Batterie 16 Volt hat, hintereinander geschaltet. Die Innenlampen haben 15.5 Volt. Die Batterie liefert je nach der Brennzeit 1—4 Tage Strom. —

Das folgende Kapitel dürfte vielen Ungeübten eine willkommene Anleitung bieten. Die darin gegebenen Winke beziehen sich zwar zunächst auf die sogenannten „Schwachstrom-Anlagen“, doch gilt das Gesagte im Allgemeinen auch für Anlagen mit stärkeren Strömen, und dürfte Viele, die mit Akkumulatoren zu thun haben, in die Lage versetzen, die gegebenen Beispiele in analoger Weise auch auf Starkstrom anzuwenden.

Man muss hierbei jedoch stets eingedenk sein, dass stärkere Ströme leicht die Leitungen bezw. Apparate erhitzen oder gar verbrennen, wenn man nicht mit der nöthigen Vorsicht zu Werke geht.

Solange man noch die alten, nassen Leclanché-Elemente mit ziemlich grossem inneren Widerstande verwendete, die ausserdem leicht wieder aufzufrischen waren, brauchte man nicht äusserst sorgfältig isolirte Hausleitungen anzulegen, weil ein gelegentlicher, nicht allzu starker Kurzschluss, die Elemente nicht sofort verderben konnte.

Die Anwendung von Trocken-Elementen mit geringerem, innerem Widerstande erforderte schon deshalb sorgfältigere Anlagen, als dieselben sich kaum mehr regeneriren lassen.

Seitdem jedoch auch Akkumulatoren an Stelle der galvanischen Elemente getreten sind, welche eine höhere Spannung als letztere und einen minimalen inneren Widerstand haben, ist gute Isolation und sorgfältige Installation der Leitungen und Apparate zur absoluten Nothwendigkeit geworden, da sie anderenfalls sich schnell entladen, Leitungen und Apparate beschädigen, oder gar Feuergefahr herbeiführen können, weil sie eventl. momentan den aufgespeicherten Strom abgeben, entsprechend dem Widerstande des Schliessungskreises. Es ist somit gewissenhafte Untersuchung derartiger Anlagen Pflicht eines jeden Installateurs und deshalb das folgende Kapitel für Viele von ganz besonderer Wichtigkeit.

Untersuchung von Anlagen.

Bevor man an diese Arbeit geht, hat man sich zunächst folgende Fragen zu beantworten:

1. Was ist zu untersuchen?
2. Welches kann der Fehler sein?

1. Was ist zu untersuchen?

Jede elektrische Einrichtung besteht aus drei Haupttheilen: 1. der Stromquelle (einer galvanischen Batterie, einem Induktor oder Akkumulator), 2. den Apparaten, welche den elektrischen Strom zur Wirksamkeit bringen und 3. den Leitungen, welche den Strom von der Stromquelle nach den Apparaten hinleiten, sie mit denselben verbinden. Auf diese drei Theile haben sich also auch die Untersuchungen zu erstrecken, da in allen dreien Fehler mit der Zeit durch Gebrauch oder in Folge sonstiger Einflüsse stattfinden können.

2. Welches kann der Fehler sein?

In vielen Fällen ist die Leitung unterbrochen, in anderen die Stromquelle erschöpft oder beschädigt, seltener der Apparat mangelhaft.

Unterbrechung der Leitung heisst: der metallische Weg für den Strom ist an irgend einer Stelle, gewöhnlich in der Nähe der Apparate, Glocken, Druckknöpfe, Elemente oder an frei liegenden Leitungsstrecken ausser Verbindung, ohne Kontakt. Die Unterbrechung besteht in einem Drahtbruch oder einer lockeren Verbindung an den Klemmschrauben der Apparate oder Elemente, an den Würgestellen, Abzweigungen.

Die Stromunterbrechung kann jedoch auch in den Apparaten oder Elementen und Zellen selbst liegen, worüber wir später sprechen werden.

Alle Ermittlungen müssen mit Ueberlegung, folgerichtigem Denken und scharfem Beobachten schrittweise, planmässig vorgehend ausgeführt werden, um schnell und sicher zum Ziele zu kommen.

Wer diese Grundsätze nicht befolgt, kommt überhaupt nicht zurecht, oder braucht sehr viel Zeit, welche bei derartigen Untersuchungen an sich schon nöthig ist, und zwar deshalb, weil die meisten Fehler kaum sichtbar sind und erst auf Umwegen durch besondere Untersuchungsweise oder mit Hilfe besonderer Apparate aus gewissen Anzeichen ermittelt werden müssen.

Nebenschluss findet statt, wenn der Strom entweder ganz oder theilweise einen kürzeren Weg nimmt, so dass er gar nicht oder nur wenig zum Signalapparat, Wecker, Glocke gelangt. Die Nebenschlüsse liegen meistens in den Leitungen, seltener in den Apparaten oder Batterien, sie entstehen gewöhnlich durch Aneinanderliegen zweier blanker Stellen, die mehr oder weniger innig in metallischer Berührung sich befinden.

Bei schlecht isolirten Drähten, die nicht sehr gut gewachst oder mit Guttapercha unter der Bespinnung versehen sind, genügt zur Erzeugung eines Nebenschlusses, dass feuchte Drähte vorübergehend oder dauernd eine Strecke lang sich berühren.

Finden solche Berührungen zwischen frei liegenden, besponnenen oder blanken Freileitungen, Luftleitungen, statt, so findet man sie gewöhnlich schon mit dem Auge, bei bekleideten, versteckten Leitungen oder Wanddurchführungen ist die Ermittlung oft sehr schwierig, mühsam und zeitraubend, sie erfordert mitunter viel Scharfsinn und Übung.

Erdschluss nennt man die fehlerhafte Ableitung des Stromes aus einer Leitung in den Fussboden (Bodenschluss). Derselbe kann durch sehr verschiedene Berührungen verursacht werden, schädlich und störend tritt er jedoch nur dann auf, wenn beide, zu einem Stromkreise gehörenden Leitungen zur Erde abgeleitet sind, oder wenn die Rückleitung, wie dies bei grösseren Entfernungen gewöhnlich geschieht, durch Erdleitungen auf den Endpunkten ersetzt sind.

Die Fehler in den Apparaten können rein mechanische, schon mit dem Auge sichtbare Mängel zur Ursache haben oder elektrischer Natur sein, und durch Unterbrechung des Stromes oder fehlerhafte Isolirung einzelner Theile veranlasst werden. Mitunter findet keine Berührung an der Unterbrechungsfeder oder in einem Druckknopf, Taster, statt; hierüber später mehr. Störungen in den Elementen oder Zellen finden selten statt, sie bestehen meist in losen, abgebrochenen Poldrähten oder bei nassen Elementen in Mangel an Wasser.

Kurzschluss nennt man eine fehlerhafte Verbindung, Berührung kurz vor einem Apparat oder nahe einer Batterie, so dass

der Strom entweder nicht in den Apparat gelangt, weil er auf kürzerem Wege zur Batterie zurückkehrt, oder weil er gar nicht in die Leitung kommt, sondern sofort wieder zur Batterie geht. Der Kurzschluss ist also ein inniger Nebenschluss zwischen zwei einen Stromkreis bildenden Leitungen. Der Fehler kommt vielfach auch in den Apparatverbindungen im Inneren der Gehäuse vor, falls die Verbindungen nicht sehr sauber und sicher befestigt sind.

Es giebt verschiedene Hilfsmittel, Fehler aufzusuchen, die wir nun besprechen wollen, um dann auf die Fehler selbst näher einzugehen.

3. Vorrichtungen zur Untersuchung.

Die einfachsten Mittel genügen in vielen Fällen, um Fehler in Haustelegraphen-Anlagen aufzusuchen. Ein sehr empfindliches Mittel, um zu erkennen, ob in einer Leitung Strom vorhanden ist, bilden die Geschmacksnerven, die Zunge, die Lippen oder die Gefühlsnerven der feuchten Fingerspitzen. Reizbare, empfindliche Personen sollten jedoch dies Mittel, besonders bei stärkeren Batterien, nicht anwenden.

Bei ausgedehnten Untersuchungen gebraucht man einen kleinen elektrischen Wecker oder ein Galvanoskop, eine Magnetnadel von zahlreichen feinen, isolirten Drahtwindungen umgeben, die schon bei sehr geringem Strom einen Ausschlag giebt, wenn sie leicht beweglich aufgehängt ist auf einer Stahlspitze, einem feinen Seidencoconfaden, oder zwischen zwei Spitzen. Auch Polreagenspapier ist in vielen Fällen sehr bequem zu verwenden.

Je nach der Ausdehnung der Anlage benutzt man ein empfindliches Galvanoskop mit zahlreichen Drahtwindungen oder ein weniger empfindliches mit geringerer Windungszahl. Die Magnetnadel kann in wagerechter oder senkrechter Ebene schwingen, das erstere ist jedoch für viele Zwecke bequemer, weil man die Nadel von oben leichter sehen kann.

Geübtere, welche die Spannung und Stromstärke genauer messen wollen, können hierzu einen Voltmeter (Spannungsmesser, Voltmeter) und einen Ampèremesser (Stromstärkemesser, Ampèremeter) benutzen. Der Voltmeter zeigt die Spannung, den Druck des Stromes an, der Ampèremesser die Stärke desselben. Die Einrichtung dieser Apparate ist sehr verschieden, wie auch der Preis, mit welchem natürlich auch ihre Genauigkeit zusammenhängt.

Jeder, der berufsmässig elektrische Anlagen errichtet, sollte wenigstens einen guten Spannungsmesser besitzen, der von 0—3 Volt

zeigt, sodass man einzelne Elemente gut messen kann. Ein Strommesser von 0—12 Ampère ist zwar sehr zweckmässig, jedoch nicht durchaus nöthig.

Für viele Zwecke ist ein nicht zu grosses Trocken-Element oder deren vier Stück in einem Kästchen vereinigt angenehm. Hat man galvanische Elemente oder Akkumulatoren nicht zur Hand, so genügt ein Stück Kohle oder Kupfer in Salzlösung, dem man getrennt davon ein Stück Zink gegenüberstellt, auch ein Magnetinduktor mit passender Glocke (für Wechsel- oder Gleichstrom, je nach Einrichtung der drehbaren Armatur des Induktors) ist verwendbar.

Der Widerstand elektrischer Drähte lässt sich ohne Messapparate annähernd aus dem Querschnitt und der Länge der Drähte und dem besonderen Widerstande, der dem betreffenden Material (Eisen, Kupfer, Neusilber, Nickelin) eigen ist (spezifischer Widerstand) berechnen, doch gehören hierzu schon einige mathematische Kenntnisse; wer solche nicht besitzt, findet die gewünschten Angaben auch schon zusammengestellt in verschiedenen Handbüchern. Nachstehend einige Angaben für Geübtere:

Tabelle über Abmessungen, Gewichte und Widerstände von Kupferdrähten.*)

Widerstände bei 15° Celsius.

$$1 \text{ Ohm} = 1.06 \text{ SE}$$

$$1 \text{ SE} = 0.945 \text{ Ohm}$$

$$\text{Der Querschnitt } Q \text{ ist} = 0.785 d^2$$

$$\text{Das Gewicht von 1 mm in g ist} = 8.9 Q$$

$$\text{Die Länge von 1 kg in m ist} = \frac{1000}{Q}$$

Gewicht von 1 m in g

$$\text{Der Widerstand in Ohm ist} = \frac{0.01677}{Q}$$

Durchm. mm	Querschnitt qmm	Länge von 1 kg in m	Gewicht von 1 m in g	Widerstand von 1 m in Ohm	Länge pro 1 Ohm in m
0.10	0.00785	14 280	0.0699	2.13631	0.492
0.12	0.01131	9 525	0.105	1.48276	0.676
0.14	0.01539	7 295	0.137	1 08967	0.918
0.16	0.02011	5 320	0.188	0.83391	1.198
0.18	0.02545	4 415	0 227	0.65893	1.517

*) Aus „Vademecum für Elektrotechniker“ von E. Rohrbeck, 1889.

Durchm.	Querschnitt	Länge von 1 kg in	Gewicht von 1 m in	Widerstand von 1 m in	Länge pro 1 Ohm
mm	qmm	m	g	Ohm	in m
0.20	0.03142	3 535	0.280	0.53374	1.875
0.22	0.03801	2 975	0.338	0.44120	2.267
0.24	0.04524	2 495	0.401	0.37069	2.697
0.26	0.05309	2 110	0.473	0.31588	3.166
0.28	0.06158	1 825	0.548	0.27233	3.672
0.30	0.07069	1 587	0.628	0.23723	4.215
0.34	0.09079	1 238	0.808	0.18471	5.414
0.37	0.10752	1 045	0.957	0.15597	6.411
0.40	0.12566	897	1.116	0.13425	7.449
0.45	0.15904	704	1.423	0.10545	9.483
0.50	0.19635	575	1.745	0.08541	11.709
0.55	0.23758	474	2.107	0.07063	14.159
0.60	0.28274	397	2.52	0.05924	16.803
0.70	0.38485	292	3.42	0.04355	22.963
0.80	0.50266	225	4.45	0.03334	29.994
0.90	0.63617	177	5.65	0.02636	37.936
1.00	0.78540	143	6.98	0.02135	46.839
1.10	0.95033	118	8.45	0.01764	56.689
1.20	1.13097	95.3	10.50	0.01483	67.431
1.25	1.22718	91.8	10.92	0.01367	73.178
1.30	1.32732	84.8	11.81	0.01264	79.148
1.40	1.53938	73.0	13.70	0.01089	91.827
1.50	1.76715	63.3	15.70	0.009489	105.385
1.60	2.01062	56.9	17.87	0.008318	120.221
1.70	2.26980	49.4	20.20	0.007388	135.354
1.80	2.54469	44.2	22.62	0.006642	150.557
1.90	2.83529	39.7	25.20	0.005915	169.061
2.00	3.14159	35.9	27.9	0.005462	183.083
2.10	3.46361	32.4	30.8	0.004955	201.816
2.20	3.80133	29.6	33.8	0.004412	226.654
2.30	4.15476	27.1	36.9	0.004036	247.770
2.40	4.52389	24.9	40.2	0.003791	263.782
2.50	4.90874	22.9	43.7	0.003488	286.697
2.60	5.30929	21.1	47.4	0.003159	316.556
2.70	5.72555	19.6	51.0	0.002929	341.413
2.80	6 15752	18.3	54.7	0.002724	367.107
2.9	6.60520	17.01	58.79	0.002539	398.700
3.0	7.06858	15.90	62.91	0.002373	421.502
3.1	7.54768	14.92	67.18	0.002222	450.069
3.2	8.04248	13.97	71.58	0.002085	479.576
3.3	8.55299	13.14	76.12	0.001961	510.018
3.4	9.07920	12.38	80.62	0.001847	541.395

Durchm.	Querschnitt	Länge von 1 kg in	Gewicht von 1 m in	Widerstand von 1 m in	Länge pro 1 Ohm
mm	qmm	m	g	Ohm	in m
3.5	9.62113	11.68	85.63	0.001743	573.709
3.6	10.1788	11.04	90.59	0.001647	606.976
3.7	10.7521	10.45	95.69	0.001560	641.145
3.8	11.3411	9.91	100.93	0.001479	676.267
3.9	11.9459	9.41	106.32	0.001404	712.344
4.0	12.5664	8.94	111.84	0.001335	749.313
4.1	13.2025	8.51	117.51	0.001270	787.298
4.2	13.8544	8.11	123.30	0.001211	826.118
4.3	14.5220	7.74	129.24	0.001155	865.951
4.4	15.2053	7.39	135.32	0.001103	906.679
4.5	15.9043	7.06	141.55	0.001055	948.360
4.6	16.6190	6.76	147.91	0.001009	990.995
4.7	17.3494	6.48	154.41	0.0009666	1 034.53
4.8	18.0956	6.21	161.05	0.0009267	1 079.07
4.9	18.8574	5.96	167.82	0.0008893	1 124.44
5.0	19.6350	5.72	174.75	0.0008541	1 170.84
5.5	23.7583	4.73	211.45	0.0007059	1 416.69
6.0	28.2743	3.97	251.64	0.0005931	1 685.98
6.5	33.1831	3.39	295.33	0.0005054	1 978.71
7.0	38.4845	2.92	342.52	0.0004358	2 294.87
7.5	44.1786	2.54	393.19	0.0003796	2 634.41
8.0	50.2655	2.24	447.37	0.0003336	2 997.37
8.5	56.7450	1.98	505.30	0.0002955	3 383.72
9.0	63.6173	1.77	566.19	0.0002636	3 793.50
9.5	70.8822	1.59	630.85	0.0002366	4 226.71
10.0	78.5398	1.43	699.01	0.0002135	4 683.47

Wer den elektrischen Widerstand von Drähten, Drahtspulen, Apparaten selbst messen will, bedarf dazu einer Anzahl gewisser Apparate, die ziemlich theuer sind. Hierher gehören das Universal-Galvanometer von Siemens & Halske, das Differential-Galvanometer nebst Widerstandskasten und Nebenschluss oder eine Messbrücke nach Thomson oder Kohlrausch. Die Handhabung der vorgenannten Messinstrumente erfordert jedoch Uebung in der Ausführung elektrischer Messungen und setzt gewisse Kenntnisse in der Mathematik und den elektrischen Gesetzen voraus.

Zur Verbindung der Untersuchungs-Apparate mit den Elementen, Zellen und fehlerhaften Leitungen u. s. w. gebraucht man gut isolirte, doppelt besponnene und gewachste Drähte, etwa 0.8—1.0 mm stark, oder besser biegsame Schnüre mit feinen Kupferlitzen durchflochten. Es empfiehlt sich, weder Drähte noch Schnüre zu knicken,

man behandle sie stets sorgfältig und rolle sie nach dem Gebrauch zu einem nicht zu kleinen Ringe auf. Bei schlechter Behandlung brechen die Drähte, Apparate werden schadhaf, sie versagen dann auch leicht den Dienst, führen Irrthümer und Zeitverlust herbei. Also Vorsicht in allen Vorrichtungen und peinliche Ordnung und Sauberkeit! Man vermeide bei Akkumulatoren peinlich einen Kurzschluss, der die Messinstrumente unfehlbar zerstören würde.

Das Aufsuchen und Erkennen von Fehlern.

Unterbrechung

ist, wie schon bemerkt, die am häufigsten vorkommende Störung. Zunächst ist die Stromquelle zu untersuchen mit dem Gesicht und Gefühl, das heisst, man hat nachzusehen, ob kein Poldraht gebrochen oder lose in einer Klemmschraube sitzt, oder ob die Poldrähte von einem und demselben Element sich etwa metallisch berühren, entweder dadurch, dass sie beide aneinander liegen, oder irgend welche Metalltheile, z. B. das Zinkgefäss des Elementes (der Zelle), berühren, ob die Batterie also oder ein Theil ihrer Elemente kurz geschlossen ist. Ist ein kurz geschlossenes Element vorhanden und entladen (hat es unnütz viel Strom abgegeben), so muss es durch ein frisches ersetzt werden, in vielen Fällen erholt es sich nach einigen Tagen wieder. Dauert der Kurzschluss nur kurze Zeit, so genügt Abbiegen der sich berührenden Stellen.

Bei nassen Elementen und Akkumulatoren ist unter Umständen das etwa verdunstete Wasser oder die Säure zu ersetzen, oder auch zugleich Zink und Kohle (die Elektroden) zu reinigen, und eine neue Lösung (bei Leclanché Elementen) von 45 Gramm Salmiak auf ein Element anzusetzen. Sind die Kohlenpole mit weissem Salz bedeckt, so kratze man so viel wie möglich davon ab und stelle die Kohlen einige Zeit in Salzsäure, dann einen Tag in Wasser, wodurch sie wieder brauchbar werden, weil die Salzsäure die in den Poren der Kohle abgelagerten Salze auflöst, Wärme beschleunigt den Vorgang. Sind die Polklemmen an den Kohlen angefressen (oxydirt, mit grünem Salz bedeckt), so reinigt man die Klemmen mit einer Feile, erhitzt die Köpfe der Kohlen über einer Spirituslampe und überstreicht sie dünn mit Paraffin, das in die Poren einziehen soll, alsdann können die Klemmen wieder angeschraubt werden.

Besteht die Batterie aus verschlossenen Trocken-Elementen, so untersucht man die Klemmenspannung derselben mit einem geeigneten Spannungsmesser.

Die Spannung an den Klemmen eines guten Trocken-Elementes beträgt anfangs 1.5—1.6 Volt, nach langem Gebrauch

oder sehr starker Beanspruchung sinkt sie auf 1.3 Volt und bleibt Jahre hindurch bei sachgemässer Behandlung auf dieser Höhe. Elemente, die unter 1.0 Volt haben, ersetzt man am besten durch neue. Das erneute Füllen von Trocken-Elementen lohnt nicht die Kosten, da neue frische Elemente nicht theurer kommen, als Transport, Arbeit und Material kosten. Nasse Elemente haben nur 1.4—1.5 Volt Anfangsspannung und fallen bald auf 1.0 Volt, welche Spannung sie 3—4 Jahre höchstens behalten, sie sind theurer in der Anschaffung und im Betriebe. Das beste galvanische Element der Neuzeit für Haus-telegraphen ist das Galvanophor-Element-System Vogt, das jetzt überall mit Schutzmarke versehen billig zu haben ist.

Für geschlossenen Stromkreis (Ruhestrom) hatte man bisher Zink-Kupfer-Elemente nach Meidinger, dieselben erfordern eine halbjährige Erneuerung der Flüssigkeit, Nachfüllen von Kupfervitriol und Auswechseln des Zinkringes. Beträgt der Widerstand eines geschlossenen Stromkreises mindestens 100 Ohm, so kann mit Vortheil ein gutes Trocken-Element verwendet werden. Ueber Akkumulatoren folgt später Genaueres.

Leitungs-Unterbrechung in Hausleitungen.

Ist die Batterie in Ordnung, trotzdem aber kein Strom in der Anlage, so entfernt man den Wecker und probirt, ob derselbe mit einem Element kurz verbunden läutet, ist dies der Fall, so liegt die Unterbrechung entweder im Taster (Druckknopf), oder in der Leitung selbst.

Man schraubt den Deckel des Tasters ab, sieht Schrauben und Drähte genau nach und giebt Verbindung (Kontakt) zwischen den Federn mit einem Messer oder einer Zange, erfolgt kein Läuten, so ist die Leitung zu untersuchen.

Das planmässige Vorgehen beim Untersuchen von elektrischen Leitungen richtet sich ganz nach Länge und Anzahl derselben, sowie nach der Oertlichkeit.

Besteht der Stromkreis aus zwei kurzen, nebeneinander herlaufenden (parallelen) Drähten, so zieht man vorübergehend einen dritten Hilfsdraht, den man an Stelle des einen und des anderen Leitungsdrahtes in die Anlage einschaltet. Stellt sich hierbei heraus, dass nach Ersetzen des ersten Drahtes nunmehr die Glocke ertönt, so ist die Leitung an irgend einer Stelle ihrer Länge ausser metallischer Berührung (ohne Kontakt), es hat sich eine Verbindungsstelle gelöst oder der Draht ist im Inneren der Besspinnung (oft nicht sichtbar) gebrochen.

Wo liegt der Bruch, wo ist die schlechte Verbindung?

Je nach Lage des Tasters, Ausschalters, vor oder hinter der Fehlerstelle, schliesst man denselben kurz durch Zwischenklemmen eines passenden Metallstückes zwischen die Federn und verfährt nun wie folgt:

Man schabt etwa auf der halben Länge der Leitungsstrecke vorsichtig zwei nahe gelegene Stellen in beiden Leitungen blank, oder sticht mit starken Nadeln in die Bespinnung hinein und verbindet beide Stellen mit einem kurzen Stück Draht mit blanken Enden. Ertönt die Glocke, so liegt der Fehler von derselben noch weiter entfernt, ertönt sie nicht, so hat man den Fehlerort noch näher derselben zu suchen, man theilt wieder die betreffende Strecke in etwa zwei Hälften und verfährt wie zuvor. Auf diese Weise langsam fortschreitend wird man endlich den Fehler „eingrenzen“, das heisst, man wird ein gewisses kurzes Stück finden, in welchem der Fehler liegen muss. Ist derselbe nicht sofort zu ermitteln, so schneidet man das fehlerhafte Stück heraus, ersetzt es sorgfältig durch neuen Draht und isolirt die Würgestellen mit Isolirband oder Guttaperchapapier.

Ist die Fehlerstelle gefunden, so wird natürlich auch der Druckknopf wieder ordnungsmässig zugeschraubt und der etwaige Kurzschluss in demselben entfernt.

Apparatfehler: Unterbrechung. Hat sich beim Erproben des Weckers (mit kurzer Verbindung an einem Element) herausgestellt, dass derselbe keinen Strom durchlässt, also nicht anschlägt, so sind alle Verbindungen, Kontakt, Isolirungen genau nachzusehen und besonders der Draht an den Enden der Magnetspulen zu untersuchen, wenn nöthig mit Hilfe eines Galvanoskops oder zweiten Weckers und eines Elementes auf Stromfähigkeit zu prüfen. Mitunter ist der Platinkontakt zwischen der Feder am Anker und der Spitze der Kontaktschraube verbrannt oder verschmutzt. Ist kein Platin mehr vorhanden, so muss es unter allen Umständen erneuert werden. Die Kontaktschraube darf nicht zu tief hineingedreht werden, sonst klebt der Anker am Magneten und fällt nicht wieder ab, weil der Strom nicht unterbrochen wird. Das Erneuern der Kontakte macht am besten ein Mechaniker, sie werden verlöthet oder verniethet. Ist eine Stromunterbrechung in den Magnetrollen vorhanden, so ist zu ermitteln, in welcher Spule der Fehler liegt, derselbe besteht gewöhnlich in einem schwer sichtbaren Drahtbruch an den Kanten der Rollen. Mitunter hat auch die Ankerfeder am Weckergestell keinen ordentlichen metallischen Kontakt. Die Abhilfe ergibt sich von selbst, es muss dem Strome ein metallischer Weg hergerichtet, und etwaige neue Drahtverbindungen müssen mit Guttaperchapapier oder Isolirband

geschützt werden. Alle Drahtbunde sind 5—10 mm lang zu machen, (bei Leitungen für Schwachstrom, die nicht frei hängen), fest und sorgfältig zusammenzuwürgen.

Leitungsbruch in Freileitungen.

Die Anlage von Erdleitungen an Stelle eines zweiten Drahtes als Rückleitung pflegt man nur bei grösseren Entfernungen von Haus zu Haus oder Ort zu Ort anzuwenden. Man kann in Folge dessen selten einen Hilfsdraht beim Fehlersuchen anwenden, wie dies zuvor beschrieben wurde, sondern man muss als Hilfe zur Erdleitung greifen, falls nicht mehrere Leitungen neben einander herlaufen.

Gas- und Wasserleitungen pflegen mit der Erde in guter Verbindung zu stehen, wo solche nicht vorhanden sind, muss man sich vorübergehend eine Erdleitung herrichten. Hierzu kann ein eisernes Brunnenrohr, eine Metalltafel in Wasser oder feuchten Boden gelegt und mit einer kurzen Leitung versehen, dienen.

Man prüft nun zunächst die Leitungsfähigkeit zwischen der neuen und der ständigen Erdplatte mit Galvanoskop oder Wecker und einer Batterie von 2—4 Elementen, dann die Erdleitung von da ab, wo sie die Erde verlässt, bis zum Apparat oder Blitzableiter. Ist hier alles in Ordnung, so geht man zur Untersuchung der Leitung im Hause und schliesslich auf freier Strecke über. Im Hause untersucht man mit einer Hilfsleitung, wie schon beschrieben, oder an deren Stelle unter Benutzung von Wasser- oder Gasleitungen. Das Aufsuchen und Ausbessern eines Fehlers geschieht wie zuvor.

Um die Leitung auf freier Strecke (die Freileitung, Streckenleitung) zu untersuchen, lässt man dieselbe an beiden Enden an die Erde legen, nachdem zuvor an beiden Enden auch die Erdleitungen auf Stromfähigkeit untersucht sind.

Mit dem Untersuchungsapparat und einer Batterie begiebt man sich etwa auf die Hälfte der Strecke, trennt an passender Stelle an einer Stange die Leitung und prüft, nach welcher Seite hin die Unterbrechung liegt. Ist dies ermittelt, so stellt man die Trennstelle in der Leitung wieder her und fährt in gleicher Weise fort, bis die Stelle gefunden ist. Ist ein Leitungsbruch einer frei hängenden Leitung zwischen zwei Stützpunkten vorhanden, so findet man denselben schon mit dem blossen Auge. Liegt das abgebrochene Ende auf der Erde, so hat man in beiden Theilen der gebrochenen Leitung (oder je nachdem nur in einem) Strom, Signale oder Verständigung zwischen den Endstellen sind jedoch nicht möglich. Man muss also die Natur des Fehlers vor Beginn umständlicher Untersuchungen genau erforschen, um schnell, sicher und richtig vorgehen zu können.

Bei grösseren Telegraphen-Anlagen mit längeren Freileitungen pflegt man an passenden Stellen eine eiserne Stütze mit zwei Isolatoren in jeder Leitung anzubringen, zwischen denen eine Klemmschraube mit zwei Drahtspiralen sitzt, sodass man hier die Leitung leicht und schnell trennen kann.

Hat man auf freier Strecke keine Erdleitung zur Verfügung, so genügt ein Spaten oder ein Stück blanker Draht, den man in feuchte Erde steckt.

Sehr viel Aufmerksamkeit erfordern Leitungsbrüche, die nur zeitweise auftreten, bei denen die gebrochenen Enden sich vorübergehend trennen und gelegentlich wieder in Berührung kommen, z. B. durch den Einfluss des Windes, Veränderungen durch Abkühlung, Bewegen von Thüren oder Fenstern u. s. w.; besonders treten solche Fehler auf an schlecht gefertigten Verbindungen, die locker geworden oder schlecht geschützt wurden und später oxydirten. Bei solchen Fehlern bleibt mitunter nichts anderes übrig, als wiederholt Untersuchungen anzustellen, falls während der Arbeit der Fehler wieder verschwunden sein sollte.*)

Stromableitung.

Je nach der Art des Fehlers nennt man die Ableitung des Stromes „Nebenschluss“, wenn zwei nebeneinander liegende Leitungen sich metallisch berühren, oder „Erdschluss“, wenn eine Leitung in leitender Berührung mit dem Erdboden steht. — Nebenschlüsse kommen nur in blanken oder schlecht geschützten, schlecht besponnenen und feucht gewordenen Drähten vor, — Erdschlüsse gewöhnlich nur in blanken Freileitungen oder schlecht isolirten Wanddurchführungen, — die letzteren sind die schlimmsten und schwer zu ermittelnden Fehlerstellen.

Nebenschluss. Man isolirt die beiden in Verbindung befindlichen Leitungen an ihren Enden und schaltet, von einem Ende anfangend, zwischen beide Drähte Galvanoskop und Batterie, so erhält man, so lange beide Leitungen in Berührung (Kontakt) stehen, einen Ausschlag an der Magnetnadel des Galvanoskops. Durch streckenweise Theilung der Leitungsstrecke und wiederholtes Prüfen mit dem Galvanoskop findet man schliesslich die Stelle, an welcher die störende Berührung stattfindet.

Erdschluss. Die fehlerhafte Leitung wird wie zuvor an ihren Enden isolirt, auf der Strecke getheilt und untersucht, nach welcher Seite hin der Fehler liegt — so fortschreitend findet man den Ort, an welchem die Erdableitung vorhanden ist.

*) Hierüber giebt ausführliche Anleitung: „Die elektrischen Leitungen“ von J. Zacharias. II. Aufl. A. Hartleben, Wien.

Die Beseitigung solcher Ableitungen geschieht durch sorgfältige Isolirung der Fehlerstelle. Liegt der Fehler in einem Apparat, so ist ganz ähnlich zu verfahren, die Drähte sind, wo sie sich berühren, voneinander zu biegen.

Bei mangelhaften Wanddurchführungen zieht man die schadhaften Stücke heraus und ersetzt sie durch neue, gut isolirte Drähte. Die Uebung und Erfahrung ist hier der beste Lehrmeister.

Stromschluss.

Die Natur dieses Fehlers ist sofort zu erkennen. In sonst offenem Stromkreis (Arbeitsstrom) ist dauernd Strom vorhanden, die Apparate sind dauernd in Thätigkeit — in geschlossenem Stromkreis (Ruhestrom) lässt sich durch den Taster keine Unterbrechung erzeugen.

Bei Haustelegraphen, die gewöhnlich mit Arbeitsstrom (mit offenem Stromkreis) eingerichtet sind, muss der Fehler entweder in einem Taster liegen, dessen Federn dauernd sich berühren, oder zwei Drähte sind irgendwo in dauernder Berührung, sodass der Stromkreis geschlossen ist.

Bei Ruhestrom (nur bei gewissen Anlagen in Verwendung, z. B. auf Eisenbahnen, kurzen Verkehrs-telegraphen-Anlagen oder Diebesalarm-Einrichtungen) macht sich der Fehler dadurch kenntlich, dass keine Signale von den Apparaten hervorgebracht werden, sodass die Leitungen entweder unter sich oder mit der Erde in Berührung stehen.

In den meisten Fällen empfiehlt es sich, einen Stromlauf zu zeichnen, und mit Hilfe desselben sich die Lage und Natur des Fehlers klar zu machen. Die Apparate werden hier nur durch die Drahtwicklung der Elektromagnete (Drahtspulen) und durch etwa Strom leitende Theile, Kontaktfedern, Kontaktschrauben, angedeutet, sodass nur die Strom leitenden Theile durch einige Striche darzustellen sind, um die Uebersicht zu erleichtern. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, jede Anlage nach einem Stromlauf einzurichten und denselben sorgfältig für vorkommende Fehler oder Aenderungen aufzubewahren.

Ist ein Strommesser (Milliampèremeter) zur Hand, der von 0—500 Milliampère misst, also noch bis zu $\frac{1}{2}$ Ampère zu messen gestattet, so kann man mit demselben die Stromstärke bestimmen, und daraus auf die Natur des Fehlers einer Ableitung des Stromes oder eines Nebenschlusses schliessen. Dies setzt jedoch voraus, dass die Stromstärke bei fehlerfreiem Betriebe bekannt ist.

Die Haustelegraphen arbeiten meistens mit 200—300 Milliampère (= 0.200—0.300 Ampère). Ist die Batterie in gutem Zustande, der Strom aber sehr schwach, so ist ein schlechter Kontakt an den Apparaten, in der Leitung, oder die Leitung ist gebrochen und mit

der Erde in Berührung; ist der Strom sehr stark, höher als er gewöhnlich sein soll, so ist ein Kurzschluss vorhanden. Dieser Fehler ist oft für die Elemente sehr verderblich. Liegt der Kurzschluss nämlich nahe der Batterie, so giebt dieselbe dauernd Strom ab und zwar oft mehr als sie leisten soll. Die Elemente werden also schneller verbraucht oder wohl auch völlig unbrauchbar gemacht. Der Wecker ertönt nicht, als wenn die Leitung unterbrochen wäre. Es ist dies ein bei mangelhaft angelegten Einrichtungen sehr leicht eintretender Fehler, der nicht allein viel Verdruss, sondern auch Kosten macht, wenn nämlich die Elemente erneuert werden müssen.

Liegt der Kurzschluss nahe am Wecker, so ist die Stromstärke in sehr langen Leitungen nicht so stark wie in dem soeben besprochenen Falle, doch ertönt der Wecker dann auch nicht, weil der Strom einen kürzeren Weg nimmt, nicht die Windungen des Elektromagneten durchfließt, und die Batterie auch dauernd geschlossen ist, also unnöthig abgenutzt wird.

Die Prüfung auf Kurzschluss geht am besten stets von der Batterie aus, indem man ein Galvanoskop mit wenigen stärkeren Windungen, besser noch einen Milliampère-Messer in den Stromlauf der Anlage einschaltet und den Ausschlag des Instrumentes beobachtet.

Ist kein Ampèremesser, sondern nur ein Voltmeter vorhanden, z. B. bis 3 Volt, so schaltet man nur 1—2 Elemente ein, falls die Batterie mehr haben sollte, und misst die Spannung der Batterie und die Klemmenspannung am Wecker. Ist die Batterie in der Leitung kurz geschlossen, so wird die Spannung der Elemente sehr gering sein, etwa 1 Volt und darunter von einem Element, also 2 Volt bei zwei Elementen, während am Wecker die Spannung beinahe Null sein kann, je nachdem der Kurzschluss mehr oder weniger Berührung hat. Ein Voltmeter ist, wenn er nur bis 3 Volt anzeigt, in vielen Fällen auch an Stelle eines Galvanoskops brauchbar. Die kleinen Taschen-Voltmeter, die nur etwa 15 Ohm Widerstand haben, sind z. B. zum Messen der Spannung wenig genau, aber als Galvanoskop sehr geeignet. Man kann mit demselben wenigstens ermitteln, ob ein Element überhaupt noch brauchbar ist, also 1—1.3 Volt hat, oder ob es schon ganz erschöpft ist, also nur etwa $\frac{1}{2}$ Volt zeigt. Genauere Messungen lassen sich damit nicht anstellen, wenn sie auch in $\frac{1}{10}$ Volt getheilt sind, da sie oft Fehler von 2—3 Zehntel Volt ergeben; der Preis derselben ist dementsprechend auch gering, etwa 20—40 Mk., während gute Strom- und Spannungsmesser 250—350 Mk. und mehr kosten.

Messungen.

Für den Verkehr sind von Staatswegen Vorschriften in Bezug auf Gewichte und Maassstäbe erlassen, sodass hier jedermann gezwungen ist, mit gewisser Genauigkeit zu messen.

Für die elektrischen Messwerkzeuge fehlen solche Vorschriften, es muss daher jeder, der damit zu thun hat, sich selbst von der Empfindlichkeit seiner Apparate, oder, wenn möglich, auch von der Genauigkeit überzeugen, entweder durch eigene Versuche oder durch Versuche, die er an öffentlichen Anstalten (z. B. bei der physikalisch-technischen Reichsanstalt in Charlottenburg) ausführen lässt. Die genannte Anstalt prüft und aicht bessere Apparate gegen sehr mässige Gebühren.

Gerade in Bezug auf die viel gebrauchten Spannungsmesser beim Prüfen von Zellen oder Elementen werden viele Missgriffe gemacht. Eine grosse Zahl von Haustelegraphen-Installateuren und Fabrikanten besitzt überhaupt einen solchen Apparat nicht, oder ist ein solcher vorhanden, so ist es einer von der billigsten Sorte und für derartige Zwecke ganz ungeeignet. So gut, wie ein jeder nur Metermaasse benutzt, die auch in Millimeter getheilt sind, ebenso sollte man nur Voltmeter gebrauchen, die auch Zehntel Volt angeben, jedoch nicht nur auf der Theilung, sondern in Wahrheit. Wie viele von sogenannten Spannungsmessern sind keine Messapparate, sondern nur Anzeige-Vorrichtungen, welche erkennen lassen, ob überhaupt Spannung vorhanden ist, die gegen die wirklich vorhandene Spannung um ein Viertel und mehr falsch zeigen. Eine Uhr, die in einer Stunde um $\frac{1}{4}$ Stunde falsch geht, weist jeder Käufer als unbrauchbar zurück, warum macht man es mit elektrischen Messapparaten nicht ebenso? Man kaufe nur von öffentlichen Anstalten beglaubigte, plombirte und sehr empfindliche Apparate aus ersten Fabriken. Das Beste sollte hier gerade gut genug sein.

Die Einrichtung der Messapparate soll hier nicht beschrieben werden, sondern nur deren richtiger Gebrauch. Um in den Grenzen der Genauigkeit des betreffenden Messwerkzeuges richtig und möglichst genau zu messen, muss man zunächst bei den meisten Apparaten gewisse

Vorsichtsmaassregeln

anwenden, sodass zufällige, von äusseren Umständen abhängende Fehler vermieden werden.

1. Der Apparat soll fest und wagerecht auf dem Tisch stehen.
2. Gegenstände aus Eisen, Nickel oder Stahl (auch aus den Taschen des Messenden) sollen auf 1—3 Meter entfernt werden, besonders Magnete.
3. Die Drähte, welche zum Messinstrument führen, sollen gut isolirt und möglichst stark sein.

4. Alle Leitungsverbindungen sollen sicher und fest sein.

5. Der Zeiger oder der bewegliche Theil des Messapparates soll frei und leicht schwingen, wenig Reibung haben, also empfindlich sein.

6. Auf alle Nebenumstände oder irgend wie schädliche Einflüsse ist sorgfältig zu achten, gewisse Apparate sind z. B. in der Richtung von Norden nach Süden einzustellen (nach einem Kompass magnetisch zu orientiren, der einige Meter davon entfernt steht).

7. Die Feststellung der Nadel, des Zeigers (die Arretirung) ist zu lösen, damit er sich frei bewegen kann.

Lernen wir nun die Messungen selbst kennen.

Spannung.

Der Spannungsmesser darf nicht in Reihe mit Apparat und Batterie geschaltet werden, sondern er muss stets als Nebenschluss, also neben den Klemmen des Elementes, des Akkumulators oder des Weckers angelegt werden. Ist ein nicht in Thätigkeit (also in offenem Stromkreis) befindliches Element zu messen, so bildet natürlich der Spannungsmesser den einzigen Stromschluss des Elementes. Die Spannung eines offenen Elementes (die elektromotorische Kraft) ist stets höher als die Spannung eines geschlossenen, also thätigen Elementes (Klemmenspannung), und zwar ist der Unterschied um so grösser, als die letztere, die Klemmenspannung, um so niedriger, je mehr Arbeit das Element zu leisten hat, je mehr Strom es abgiebt.

Der Spannungsmesser ist daher auch sehr geeignet, den Zustand einer Anlage schnell und sicher zu beurtheilen. Hat man eine mangelhaft arbeitende Anlage vor sich, so misst man zunächst die Spannung jedes Elementes und ersetzt schadhafte Zellen (Elemente) durch frische. Alsdann schliesst man den Stromkreis und misst die Spannung an den Klemmen des Weckers, arbeitet derselbe gar nicht oder mangelhaft, so löst man die Leitungen und misst wiederholt die Spannung zwischen beiden Leitungen, wobei natürlich der Taster geschlossen sein muss. Ist gar keine Spannung vorhanden, so ist die Leitung entweder gebrochen oder nahe der Batterie kurz geschlossen, ist die Spannung sehr viel geringer als nahe der Batterie, so ist ein Nebenschluss vorhanden, — ist volle Spannung nahe am Wecker, so ist derselbe schadhafte, Leitungen und Batterie aber sind ohne Fehler.

Die Drähte zum Messen der Spannung können ziemlich schwach sein, weil nur wenig Strom hindurchgeht, es genügt ein gut besponnener Kupferdraht von 0.8—1.0 mm.

Es empfiehlt sich, bei jeder Anlage nach deren Fertigstellung die Spannung der Batterie offen und geschlossen, die Spannung in den Leitungen ohne Einschaltung des Weckers und die Klemmen-

spannung am Wecker zu messen und für spätere Untersuchungen aufzuschreiben, womöglich auf das Gehäuse des Weckers. Die Klemmenspannung des Weckers (im Betriebe) ist verschieden, sie richtet sich zunächst nach dem Widerstande der Drahtspulen des Elektromagneten, aber auch nach der Beschaffenheit des Unterbrechungskontaktes und der Anzahl der Unterbrechungen, also der Schwingungs-Geschwindigkeit des Ankers. Es ist daher gut, wenn man die Klemmenspannung der Wecker mit der Batterie und derselben Leitungslänge, die später gebraucht wird, zuvor bestimmt hat.

Diese Bestimmungen können schon nach Fertigstellung jedes Weckers ein für allemal gemacht und am Apparat angeschrieben werden, sodass man später bei Störungen schnell und sicher vorgehen kann.

Bei ausgedehnten, verwickelten Anlagen sollte man einen genauen Leitungsplan zur Hand haben, in welchem die Leitungslängen, Drahtstärken, Stromstärken, Spannungen und etwa gefährliche Stellen deutlich vermerkt sind; besonders in Gasthäusern, Geschäftshäusern, Verwaltungsgebäuden verlohnt sich diese einmalige Arbeit, die jeder verständige Auftraggeber gern zu seinem Nutzen bezahlen wird, wer es nicht thut, wird bei in längerer oder kürzerer Zeit sicher einmal vorkommenden Aenderungen oder Ausbesserungen eben mehr bezahlen und manche Unannehmlichkeiten ertragen müssen.

Stromstärke.

Der Strommesser ist im Gegensatz zum Spannungsmesser stets mit der Stromquelle und den Apparaten in Reihe zu schalten, er darf niemals einen Nebenschluss zum Stromkreise bilden.

Will man bei einem einzelnen Element messen, welche Stromstärke es im kurzen Schluss mit dem Strommesser ergibt, um daraus auf seine Güte zu schliessen, so sollte man nur momentan den Strom schliessen, damit das Element nicht unnöthig beschädigt wird, da es die zeh- bis zwanzigfache Stromstärke in diesem Augenblick abgibt, als es im regelrechten Betriebe zu liefern hat. Die Stromstärke bei Schwachstrom-Anlagen schwankt, wie schon gesagt, in sehr engen Grenzen, sie ist bei kurzen Leitungen und kleinem Wecker mit nicht sehr vielen Windungen am grössten und beträgt zwischen 0.3—0.5 Ampère, während sie bei langen Leitungen und hohem Widerstande des Weckers 0.1—0.3 beträgt.

Das Probiren der Stromstärke eines Elementes bei Kurzschluss ist bei Akkumulatoren nicht zulässig. Eine kurz geschlossene Akkumulator-Zelle von geringer Kapazität giebt momentan 8—10 Ampère ab, bei grösserer Kapazität aber 100 und mehr Ampère, sodass Drähte und Verbindungen glühend werden oder gar schmelzen. Es empfiehlt

sich daher, bei Akkumulatoren stets eine empfindliche, leichtschmelzende Sicherung in unverbrennlicher Büchse in den Stromkreis zu schalten, damit weder Feuer entstehen, noch eine Beschädigung der Apparate eintreten kann.

Ein Element oder Akkumulator mit geringem inneren Widerstande ist für die gewöhnlichen Zwecke am geeignetsten. Man erzielt bei Kurzschluss eine weit höhere Stromstärke als bei einem Element von grossem inneren Widerstande. Man kann also auf den Zustand eines Elementes schon einigermaassen schliessen, wenn man Spannung und Stromstärke desselben bestimmt. Zur genaueren Beurtheilung von Elementen gehört noch die Bestimmung seines inneren Widerstandes und eine Dauerprobe auf seine Leistung und sein Verhalten im angestregten Betriebe.

Für die Schwachstrom-Technik sollte man nur Strommesser anwenden, welche äusserst empfindlich sind und wenigstens noch 2—5 Milliampère (Tausendstel Ampère) abzulesen gestatten. Verfasser benutzt seit langer Zeit nur Weston's Instrumente, bei denen man leicht noch ein halbes Zehntel eines Milliampère (also 0.05 Milliampère oder 0.00005 Ampère) ablesen kann. Diese Apparate sind zwar theuer aber äusserst genau, empfindlich und von Jedermann leicht auch ohne grosse Geschicklichkeit zu handhaben.

Widerstand.

Die Bestimmung des Widerstandes von Leitungsdrähten, Drahtspulen, geschieht am einfachsten durch Vergleichung mit genau abgeglichenen normalen Widerstandskästen unter Anwendung besonderer Galvanometer (Differential-Galvanometer) oder mit Hilfe der Wheatstone'schen Brückenschaltung und einer Batterie von 4—6 Elementen. Es soll hierauf nicht näher eingegangen werden, weil solche Apparate kostspielig sind und selten gebraucht werden. Die in der Haus-telegraphie vorkommenden Widerstände von nur wenigen Ohm und darunter kann man schnell und sicher indirekt mit Hilfe von Spannung und Stromstärke ermitteln, diese Messweise ist auch sehr geeignet zum Messen des inneren Widerstandes von Elementen oder von Glühlampen (z. B. zur Treppenbeleuchtung).

Diese Messweise gründet sich auf das Ohm'sche Gesetz, dass nämlich der Widerstand eines Stromkreises gleich ist der Spannung getheilt durch die Stromstärke, oder in Buchstaben ausgedrückt

$$W = \frac{E}{J}$$

Hat man z. B. eine Drahtspule zu messen, so schaltet man dieselbe mit einem Element und Strommesser hintereinander (in eine

Reihe) und liest Stromstärke und Spannung an der Spule zugleich ab, ist die Spannung z. B. 1.5 Volt, die Stromstärke 0.3 Ampère, so hat man $W = \frac{E}{J} = \frac{1.5}{0.3} = 5$ Ohm. In gleicher Weise misst man den

Widerstand einer Glühlampe während sie brennt, dieselbe habe z. B. 6 Volt bei 0.8 Ampère, so ist der Widerstand des glühenden Kohlenfadens $W = \frac{6}{0.8} = 7.5$ Ohm.

In ähnlicher Weise bestimmt man den inneren Widerstand eines galvanischen Elementes oder einer Akkumulatoren-Zelle wie folgt: Man schaltet das Element, den Strommesser und eine Drahtrolle als Widerstand hintereinander und liest Stromstärke und Klemmenspannung des Elementes schnell ab, nachdem man zuvor die Spannung des offenen Elementes gemessen hat, dieselbe sei gleich E , die Klemmenspannung gleich V und die Stromstärke gleich J , so ist der innere Widerstand $w = \frac{E-V}{J}$. Ist z. B. $E = 1.53$, $V = 1.46$

und $J = 0.12$, so ist $w = \frac{E-V}{J} = \frac{1.53-1.46}{0.12} = \frac{0.07}{0.12} = 0.5$ Ohm,

oder ein anderes Beispiel an einem grösseren Element $E = 1.53$ $V = 1.50$, $J = 0.125$, so ist $w = \frac{E-V}{J} = \frac{1.53-1.50}{0.125} = \frac{0.030}{0.125} = 0.24$

Ohm. Man wiederholt zur Sicherheit die Messung unter Einschaltung einer Drahtspule von anderem Widerstande und rechnet nach ob

$J = \frac{E}{W}$, in diesem Falle also $J = \frac{E}{W+w}$ und $V = E - J \times w$ ist,

worin $W =$ dem Widerstande der Spule und $w =$ dem inneren Widerstande des Elementes ist. Stimmen diese Rechnungen genügend überein, so war die Messung richtig.

Diese Art zu Messen setzt jedoch voraus, dass der Widerstand des Spannungsmessers im Verhältniss zu dem zu messenden Widerstande ziemlich hoch ist, also etwa 100—200 Ohm beträgt und der Widerstand des Strommessers sehr gering ist. Zieht man die Widerstände im Stromkreise mit in die Rechnung, so muss zu $W + w$ noch der Widerstand des Strommessers hinzugezählt werden, um ganz genaue Ergebnisse zu erhalten. Die Milliampèremesser von Weston haben z. B. zwischen 0.3 und 0.8 Ohm Widerstand.

Sehr bequem ist für ausgedehnte Messungen ein Millivoltmeter bis 150 Millivolt und mit genau abgeglichenem Widerstand seiner Wickelung von 1 (oder 100) Ohm, mit dem man Spannungen misst, indem man den 9—99fachen Widerstand vorschaltet, und Stromstärken, indem man ihn als Nebenschluss zu einem geringen Wider-

stande von $\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{99}$ u. s. w. verwendet. Es gehören also hierzu zwei Widerstandskästen.

Leistung galvanischer Elemente.

Nachdem wir die Mittel und die Messweise kennen gelernt haben, um die elektrischen Grössen: Spannung, Stromstärke und Widerstand zu bestimmen, erübrigt noch die Prüfung der Einrichtungen auf ihre Dauer und Leistungsfähigkeit. (Ueber Akkumulatoren siehe später.)

Die Anforderungen

an ein gutes galvanisches Element sind folgende:

1. Spannung offen 1.5—1.6 Volt.
2. Stromstärke im Kurzschluss 5—12 Ampère.
3. Innerer Widerstand 0.5—0.1 Ohm am Anfang des Gebrauchs.
4. Jahrelange Brauchbarkeit bei gewöhnlicher Benutzung mit nicht mehr als 0.3 Ampère in Pausen.
5. Kapazität 20—40 Ampèrestunden bei einer dauernden Entladung von nicht über 0.2 Ampère.
6. Kein Verdunsten der Füllung, kein Feuchtwerden der Ränder, Austreten von Salzen oder Gasen.
7. Möglichst geringe oder keine Wartung, wie bei guten Trocken-Elementen.
8. Mässige Grösse, nicht zu grosses Gewicht bei höchster Leistungsfähigkeit.

Dem entsprechend müssen die Versuche mit noch unbekanntem Elementen, fremden Ursprungs, auch auf die aufgeführten Punkte ausgedehnt werden, und zwar thut man gut, bekannte Elemente vergleichsweise der gleichen Behandlung zu unterziehen.

Man misst zunächst die Grösse der Elemente, ihr Gewicht und die Spannung offen, alsdann werden sie mit einer Neusilber-Spule von 0.3 mm starkem, doppelt mit Seide besponnenem Draht geschlossen und fortlaufend die Spannung an den Klemmen des Elementes gemessen. Hat man einen Strommesser von unter $\frac{1}{2}$ Ohm, so lässt man die Widerstandsspule so abgleichen, dass Strommesser und Spule zusammen 5 Ohm Widerstand haben. Es genügt jedoch die Beobachtung der Spannung, da mit derselben in gleichem Maasse gewöhnlich auch die Stromstärke ab und der innere Widerstand zunimmt. Die erste halbe Stunde liest man alle 5 Minuten ab, dann alle Stunde bis etwa zu 12 Stunden und dann nur täglich zwei Mal, also alle 12 Stunden. Nach etwa drei Tagen darf bei einem guten Element die Spannung nicht unter 1.2—1.3 gesunken sein, während minderwerthige Elemente in 12—36 Stunden schon auf 1.0—0.5 Volt sinken. Die gewöhnlichen Elemente geben bei diesem Versuche

etwa 250 Milliampère Anfangs und nach 3 Tagen etwa noch 100 Milliampère ab. Hat man sich überzeugt, dass trotz dieser starken Beanspruchung die Klemmenspannung des Elementes nicht zu schnell gesunken ist, so lässt man dasselbe einige Tage offen stehen (ohne Stromschluss) und beobachtet anfangs in kurzen, später in längeren Zwischenräumen, wie sich die Spannung wieder allmählich erholt (Regeneration). Bei guten Elementen pflegt in 15—24 Stunden die volle Spannung wiederzukehren.

Ein so behandeltes Element ist für weiteren dauernden Gebrauch nicht mehr geeignet, es kann jedoch gelegentlich für kleine Untersuchungen in der Werkstatt immerhin noch Verwendung finden. Alle sogenannten praktischen Untersuchungen mit einem Wecker u. s. w. sind meistens ganz werthlos, sie geben kein Maass für die dauernde Leistung, sondern nur für den augenblicklichen Zustand. Ein Element, das einen Wecker in kurzer Verbindung nicht kräftig zum Anschlagen bringt, ist überhaupt nicht brauchbar, und wollte man Elemente mit Weckern dauernd beanspruchen, so könnte man wochenlang auf das Ergebniss warten, während die zuvor beschriebene Untersuchungsweise bei einiger Uebung schon nach 12—24 Stunden ein sicheres Urtheil über die Güte eines Elementes zu fällen gestattet.

Hat man Zeit und Gelegenheit, so kann man 3—4 gleiche Elemente untersuchen und zwar zwei auf inneren Widerstand, und zwei auf Leistung (Kapazität). Für ausgedehnte Untersuchungen beobachtet man noch das Verhalten in der Wärme bis 30° Celsius und in der Kälte bis 20° unter Null. Es sind hier nur Trockenelemente berücksichtigt, nasse Elemente (nach Leclanché) haben höheren inneren Widerstand und leisten nicht so viel wie erstere.

Akkumulatoren kann man in ganz ähnlicher Weise untersuchen. Der Erwärmung wegen muss man jedoch auf einen Rahmen gespannte, gut isolirte Neusilberspiralen als Widerstand verwenden, mit normaler Stromstärke entladen und dabei sowohl Spannung als Stromstärke fortlaufend alle 10—15 Minuten ablesen. Der Strommesser muss natürlich entsprechend dem Entladungstrom gegebenem Falls für 0.5—3.0 und mehr Ampère eingerichtet sein, je nach der Grösse der Zelle.

Untersuchung von Apparaten.

Ehe man zur eingehenden Untersuchung eines Weckers, eines Mikrophons u. s. w. schreitet, hat man sich klar zu machen, was der Apparat leisten soll, was ich mit ihm erreichen will, ob seine mechanische Einrichtung dauerhaft und zweckentsprechend ist.

Läuten wird schliesslich ein jeder Wecker. Wenn es sich aber darum handelt, zu beurtheilen, welche elektrische Kraft zu seinem

Betriebe nothwendig ist, so sind eben gewisse Messungen erforderlich. Aehnlich verhält es sich mit einem Mikrophon. Ob dasselbe laut und deutlich spricht, kann schliesslich jeder beurtheilen, der ein empfindliches Gehör besitzt. Mit welcher Stromstärke aber die Sprache übermittelt wird, lässt sich nur durch Messen feststellen.

Wecker.

Unter Einschaltung verschiedener Widerstände lässt man den Wecker mit einem und mit zwei Elementen arbeiten und misst Spannung und Stromstärke bei demselben. Es wird also dann derjenige Wecker der beste sein, der bei sonst gleichen Abmessungen und gleichen Bedingungen die geringste Kraft zu kräftigem Anschlag braucht, der also bei höherem Widerstande noch genügend anspricht, also den stärksten Magnetismus entwickelt. — Die elektromagnetische Wirkung ist abhängig von der Anzahl der Windungen auf den Magnetspulen und der Stromstärke. Die Wirkung auf den Anker ist jedoch auch noch in hohem Maasse von der Gestalt und Anordnung des eisernen Magnetgestells, der ganzen elektromagnetischen Disposition, dem Querschnitt und der Vertheilung der Eisenmasse im Elektromagneten und Anker abhängig. Geht viel magnetische Kraft durch mangelhafte Anordnung verloren, so wird der Wecker mehr Ampèrewindungen, und bei gleicher Windungszahl eine höhere Stromstärke beanspruchen als ein vortheilhaft gebauter Wecker. — Ob das Magnetgestell richtig gebaut ist, ob keine schädliche Streuung der Kraftlinien stattfindet, muss mit einer Magnetsnadel und mit feinen Eisenfeilspänen sorgfältig untersucht werden. Nur an den Polen soll der Elektromagnet eine Wirkung haben, und, wenn er mit dem Anker geschlossen wird, an keiner Stelle mehr bedeutende magnetische Kraft äussern.

Man kann ohne Uebertreibung behaupten, dass ein grosser Theil unserer gewöhnlichen elektrischen Wecker falsch gebaute Elektromagnete hat, dass man bei richtiger magnetischer Anordnung mit der Hälfte der Kraft, eine viel stärkere Wirkung erzeugen kann, wie Verfasser dies aus der Erfahrung weiss.

Nicht viel besser steht es mit den zahlreichen anderen Apparaten.

Mikrophon.

Wie beim Wecker soll im Mikrophon (Transmittler) und die dazu gehörige Induktionsspule mit möglichst geringer Stromstärke die Sprache möglichst laut und deutlich übertragen, bei möglichst geringen Abmessungen der Induktionsspule. Es kommt hier nicht allein auf das Verhältniss und die Anzahl der dicken (primären) und der dünnen (sekundären) Windungen auf der Induktionsspule, sondern

auch auf die Beschaffenheit und Anordnung der Kontakte und der Schallplatte im Mikrophon an.

Ein Beispiel an einem guten Mikrophon möge das Gesagte erläutern. Die nachstehenden Angaben beziehen sich auf das Germania-Mikrophon der Herren Hammacher & Paetzold in Berlin, das auf kurze Entfernung eingeschaltet war.

Die Stromstärke beim Einschalten beträgt gewöhnlich 25 Milliampère, sie sinkt jedoch nach ganz kurzer Zeit auf den fünften Theil und schwankt während des Sprechens von beinahe 0—6 Milliampère. Die nachstehende Tabelle giebt die Stromstärken für die verschiedenen Sprachlaute.

Buchstabe	Stromstärke Milliampère
a	2—6
e	0.5—1
i	0.25—0.5
o	0.5
u	0.1
ss	2—3
ü	2
ö	2.5
ä	0.5—1

Bei langsamem Anhauchen der Schallplatte geht die Stromstärke bis auf Null zurück, während sie bei schwachem Pusten 2—3 Milliampère beträgt.

Ein anderes, weniger empfindliches Mikrophon, das bei Staatsbehörden viel im Gebrauch steht, ändert die Stromstärke beim Sprechen nur von 1.89—1.895 Milliampère, es spricht daher weder so laut noch so deutlich wie das erstere.

Da die Stromstärke beim Germania-Mikroskop sich meistens in den Grenzen von 0.120—20 Milliampère bewegt, also 0.025 Ampère noch nicht übersteigt, so können die bei demselben verwendeten guten Trockenelemente (Galvanophore System Vogt) lange Zeit eingeschaltet bleiben, ohne auch nur im geringsten zu leiden.

Das Telephon können wir hier füglich übergehen, es ist heute bei Anwendung guter Mikrophone nur von geringer Bedeutung, da selbst kleine Telephone mit schwachen Magneten und geringer Windungszahl für die meisten Zwecke vollkommen genügen.

Isolation.

Die Untersuchung anderer Apparate oder ähnlicher Einrichtungen vollzieht sich in genau derselben Weise wie im Vorstehenden beschrieben wurde, sodass Viele nach obiger Anleitung in der Lage sein werden, sich gegebenen Falles zu helfen und bei einigem Nachdenken zum Ziele zu kommen.

Nur eins haben wir noch nicht besprochen, das Wichtigste in der Elektrotechnik, die Isolation. Die Metalle, besonders Kupfer, leiten den Strom zwar gut, die Leitungen und Apparate müssen jedoch eine Isolirung erhalten, damit der elektrische Strom auch zur Wirkung kommt. Man hat also bei allen elektrischen Anlagen die gute Beschaffenheit der Isolirungen, „die Isolation“ zu prüfen und zu überwachen. Hierzu bedient man sich eines recht empfindlichen Galvanoskops und einer Batterie von 4—6 Elementen, die man hintereinander schaltet und mit längeren isolirten Drähten verbindet. Man isolirt die Enden z. B. von zwei Leitungen und schaltet den Isolationsprüfer dazwischen, sind beide Leitungen richtig verlegt, so darf die Nadel des Galvanoskops nicht ausschlagen. In gleicher Weise prüft man jede Leitung einzeln gegen Erde, auch hier soll kein Ausschlag erfolgen, anderenfalls ist der Erdschluss, wie früher beschrieben, aufzusuchen und zu beseitigen. Auch bei den Weckern oder sonstigen Apparaten ist die Isolation der Strom führenden Theile in gleicher Weise zu untersuchen, besonders die Isolirung der Endklemmen, Magnetwickelungen und Kontakte, damit der Strom keinen falschen Weg nehmen und so ein Kurzschluss entstehen kann. —

Verfasser war bemüht, so klar wie nur irgend möglich, unter Vermeidung alles Nebensächlichen sich auszudrücken, und hofft damit einem vielfachen Bedürfniss zu dienen.

Der Theil des Buches über die Schwachstromtechnik möge hiermit abgeschlossen sein und wenden wir uns nun zu einem nicht minder wichtigen Kapitel über die Untersuchung von Akkumulatoren.

Prüfung und Untersuchung der Akkumulatoren.

Feststehende Vorschriften oder allgemein gültige Regeln für die Prüfung und Untersuchung der elektrischen Akkumulatoren sind bisher nicht aufgestellt worden.

In vielen Fällen begnügt man sich damit, die Kapazität einer Batterie bezw. von Zellen bei einer bestimmten Stromstärke festzustellen. Will man sich jedoch eingehender über den Werth eines bestimmten Fabrikats informiren, so sind eine ganze Reihe von Angaben und Entladungen unter den verschiedensten Versuchsbedingungen erforderlich.

Als allgemein gültig für die Ermittlung der Kapazität lässt man einen Spannungsabfall um 10 % der anfänglichen Entladungsspannung zu, d. h. bis zu 1.8—1.85 Volt Klemmenspannung pro Zelle. Man sollte jedoch den Spannungsabfall je nach der angewendeten Entladestromstärke ändern, wie dies z. B. die Gülcher-Akkumulatoren-Fabrik thut; dieselbe schreibt als niedrigsten zulässigen Werth der Klemmenspannung pro Element beim Entladen vor:

1.80	Volt	bei	6	stündiger	Entladung
1.82	"	"	8	"	"
1.83	"	"	10	"	"
1.85	"	"	12	"	"
1.86	"	"	15	"	"
1.87	"	"	20	"	"
1.89	"	"	30	"	"

Welchen Einfluss auf die Kapazität die Entladestromstärke hat, zeigen folgende aus der Preisliste derselben Fabrik entnommene Angaben:

Maximale Lade- und Entlade- Stromstärke	Kapazität Ampère-Stunden	Entladung		Gewicht des fertigen Elements
		Ampère	Stunden	
15.0	75	12.50	6	8.3 kg
	81	10.13	8	
	85	8.50	10	
	90	7.50	12	
	97	6.47	15	
	109	5.45	20	
	123	4.10	30	

Nach Professor Dr. Heim finden folgende Verhältnisse statt:

Wird die Entladestromstärke vermindert um Prozent	so steigt die Kapazität um etwa Prozent	und die Dauer der Entladung steigt um Prozent	sodass die Entladezeit beträgt Stunden
25	18	60	5.2
33	30	100	6.6
50	50	200	10.—

Es sind also bei gleicher Kapazität Elemente für:

Stunden Entladung	billiger um Prozent
5	15
7	20—25
10	30

als solche für 3.3 Stunden Entladung. —

Der mittlere Preis pro Ampère-Stunde einer Zelle in Pfg. beträgt

bei Kapazität in Ampère-Stunden	30	60	90	120	160	200 bis 300	300 bis 400	400 bis 500	500 bis 600	600 bis 1000
Pfg.	60	53	47	45	43	41	39	37.7	37.2	36.8

In welcher Weise sich die Kapazität einer Zelle bei verschiedenem Entladestrom, aber gleichbleibendem Ladestrom von 1.2 Ampère ändert, zeigt die nachstehende Tabelle:

Ladung Ampère-Stunden	Entladung	
	Ampère	Amp.-Std.
—	4	93.5
95	—	—
—	4	86.1
95	—	—
—	4	85.8
93.2	4	—
—	12	71.0
70.2	—	—
—	12	65
67.0	—	—

bei einer Ladung bis 2.5 und Entladung bis 1.8 Volt Klemmenspannung der Zelle.

Es ist auch durchaus nicht gleichgiltig, in Bezug auf die Kapazität, mit welcher Stromstärke geladen wird. Eine Zelle z. B., die normal in 10—12 Stunden mit ca. 14 Ampère geladen, bei 6 Ampère Entladung etwa 180 Ampèrestunden ausgiebt, hat, mit 30 Ampère geladen, nur ca. 135 Ampère-Stunden Kapazität bei gleicher Entladestromstärke.

Es geht hieraus hervor, dass eine Zelle, welche mit mässiger Strombelastung geladen wird, mehr Strom aufnimmt als beim Laden mit höherer Stromstärke.*) Auch ist es nothwendig, im letzteren Falle bis zu 2.6 oder 2.7 Volt Spannung pro Zelle zu laden, während umgekehrt beim Laden mit verhältnissmässig geringer Stromstärke ein Ansteigen auf 2.5 Volt pro Zelle in entsprechender Zeit nicht stattfindet.

Man pflegt daher bei Angabe der Kapazität bei verschiedenem Entladestrom immer zu verstehen, dass die zuvorgegangene Ladung auch mit der gleich hohen Stromstärke erfolgt ist.

Es ist also die Kapazität abhängig, ausser von anderen Faktoren, die in der Konstruktion, Herstellung der Platten und im Säuregehalt begründet sind, vor allem von der Höhe des Lade- und Entladestromes und der Endspannung pro Zelle beim Laden, sowie von dem zugelassenen Spannungsabfall beim Entladen. Abgesehen von diesen Faktoren spielt natürlich die Anzahl und Grösse der Platten einer Zelle die Hauptrolle bezüglich der Kapazität.

Die Stärke der Platten hat bei mittlerer oder hoher Stromstärke auf die Kapazität überhaupt keinen Einfluss, sondern nur die Oberfläche der Platten ist hierfür maassgebend, welche durch die senkrecht zur Platte auftreffenden „elektrolytischen Kraftlinien“ getroffen wird. Bei sehr geringem Entladestrom pflegt sich, bei stärkeren Platten, gegen solche von gleicher Grösse und Beschaffenheit, aber geringerer Stärke, eine etwas grössere Kapazität zu ergeben.

Ferner ist es durchaus nicht gleichgiltig, ob die Entladung ohne Unterbrechung erfolgt, oder ob absatzweise mit längeren Pausen entladen wird. Im letzteren Falle ergibt sich eine um etwa 25% höhere Kapazität. Man versteht daher bei Angabe der Kapazität

*) Planté-Platten verhalten sich in dieser Beziehung günstiger, hierüber später. Dr. A. Pfaff berichtet hierüber ausführlich in der „Elektrochemischen Zeitschrift“, Berlin, Januar 1898, nach mir von Herrn Dr. Neuburger zur Verfügung gestellten Korrektur-Bogen.

einer Zelle stets darunter die Ampèrestunden-Entladung ohne Unterbrechung.

Obige Ausführungen zeigen also, dass alle Angaben über die Leistung von Akkumulatoren nur relativ zu verstehen sind, mithin nur für ganz bestimmte Verhältnisse gelten, die jedesmal mit anzugeben sind.

In den meisten Fällen interessirt nicht nur die Kapazität der Zellen, sondern auch das Gewicht oder vielmehr die Kapazität bezogen auf die Gewichtseinheit. Man pflegt also, besonders bei transportablen Akkumulatoren, die Ampèrestunden pro Kilogramm Gewicht der Zelle anzugeben.

Will man eingehender ein Fabrikat prüfen, so pflegt man ausserdem noch zu ermitteln, wie viel Ampèrestunden auf das Kilo positiver Platten, und auf das Kilo Gesamtgewicht der Elektroden (positive und negative Platten) entfällt. Bei Platten, bei denen das Gewicht der aktiven Masse dasjenige des Metallgerüsts bedeutend überwiegt, also bei sogen. Masse- oder Rahmenplatten (Hartmasseplatten) giebt man wohl auch die Kapazität pro Kilo positiver, aktiver Masse an. Diese letztere Angabe ist sehr geeignet um zu ermitteln, wie viel Prozent des theoretischen Werthes der eingetragenen Masse das betreffende Fabrikat ausgiebt. Mehr als 50 % dieses Werthes hat man bis jetzt praktisch überhaupt noch nicht erreicht, und bei dauerndem Gebrauch von Akkumulatoren wird auch dieser Betrag noch um ein Viertel geringer ausfallen.

Der Schwerpunkt der Akkumulatoren liegt jetzt in der Erzeugung von Platten für die Bewegung von Fahrzeugen. Für diese Zwecke wird diejenige Platte die beste sein, welche bei möglichst geringem Gewicht und entsprechend hoher Kapazität die geringsten Herstellungskosten verursacht. Es ist also das Gewicht und die Kapazität allein nicht maassgebend. Andererseits muss die Platte auch genügende Haltbarkeit besitzen, damit die Erneuerungskosten nicht zu hoch werden.

Akkumulatoren, welche Tag und Nacht ohne grössere Pausen in Betrieb sind, wie dies bei Elektrizitätswerken und im Strassenbahnbetriebe gewöhnlich der Fall ist, pflegen am schnellsten sich abzunützen. Die positiven Platten solcher Batterien müssen gewöhnlich nach etwa 1000 Ladungen ausgewechselt werden. Die negativen Platten halten etwas länger. Sie werden nicht wie die positiven Platten durch Abfallen der Masse zerstört, sondern sie verlieren ihre Porosität, verdichten sich und nehmen in Folge dessen wenig Strom auf, werden also unwirksam, besonders auch dadurch, dass die Masse mit

der Zeit stark schwindet und damit den Kontakt mit dem Metallgerüst verliert.

Die Untersuchung von Akkumulatoren-Platten muss sich also nicht allein auf Gewicht, Kapazität und Preis, sondern vor allem auch auf deren Verhalten bei dauerndem Gebrauch erstrecken.

Solche Dauerversuche sind natürlich sehr zeitraubend und kostspielig. Um aber möglichst schnell zu einem Resultat zu kommen, pflegt man hohe Strombelastung pro Flächeneinheit anzuwenden, und mit etwa 5 Ampère pro Quadratdecimeter positiver Fläche Tag und Nacht zu laden und zu entladen, sodass man nach 2 bis 3 Monaten sich ein ungefähres Bild über das Verhalten der Platten machen kann.

Für vergleichende Versuche ermittelt man ausserdem noch die Leistung pro Kilo Gewicht und qdem + Oberfläche bei verschiedener Belastung.

Die erhaltenen Resultate werden als Kurven in Tafeln zusammengestellt, aus denen man dann mit einem Blick den Werth bzw. die Leistung und das Verhalten der verschiedenen Fabrikate ersehen kann.

Je nach dem Zwecke und den gestellten Ansprüchen sind Konstruktion und Beschaffenheit der Platten, des Einbaues und der Kästen ganz verschieden, man darf also nur Zellen für gleiche oder ähnliche Zwecke mit einander vergleichen. Sind letztere nicht bekannt, so muss man sie aus der Einrichtung und Leistung der Zellen zu ermitteln suchen.

Wenn man auch, wie schon oben ausgeführt, transportable Zellen möglichst leicht zu machen sucht, und die Stärke der Platten von wenig Einfluss auf die Kapazität derselben ist, so wird man unter Umständen doch stärkere Platten anwenden, um sie gegen mechanische Stösse weniger empfindlich zu machen.

Andererseits wird man Platten für stationäre Batterien viel kräftiger gestalten als für transportable Zwecke. Während Platten für schnelle Entladung, also hohe Strombelastung, wiederum ganz anderer Art sein müssen, als für langsame Entladungen, also für geringe Strombelastung.

Diese Ausführungen beweisen aber gleichzeitig auch, dass nur derjenige berufen ist, ein maassgebendes Urtheil über Akkumulatoren abzugeben, der theoretisches Wissen und praktische Erfahrungen besitzt und befähigt ist, streng logische Schlüsse aus den gewonnenen Resultaten zu ziehen. — Fabrikanten, denen auch nur eine dieser drei Eigenschaften abgeht, werden sich dauernd auf der Höhe der Zeit nicht halten können.

Die Sache ist eben nicht so einfach, wie viele glauben, und in Folge dessen wird vielfach ein minderwerthiges Fabrikat geliefert,

dessen äusserer Anblick schon oft den Mangel an Erfahrungen oder an Wissen erkennen lässt. Andererseits wieder reicht Wissen und Können allein oft auch noch nicht aus, wenn sonstige äussere Umstände das Unternehmen nicht begünstigen. —

Die nachfolgenden Tabellen geben eine Uebersicht über die wichtigsten oben besprochenen Punkte, welche bei der Untersuchung von Akkumulatoren zu berücksichtigen sind.

1. Wissenswerthe Punkte für die Untersuchung von Akkumulatoren.

Platten.

Hoch, breit, stark — positive, negative.

Ansichtsfläche einerseits qdem.

Oberfläche beiderseits qdem der Platte.

Oberfläche beiderseits qdem der Masse.

Oberfläche beiderseits qdem aller + Platten der Zelle.

Volumen der Masse einer Platte bzw. der Masse.

Gewicht einer positiven Platte.

Gewicht einer negativen Platte.

Gewicht aller Platten der Zelle.

Beschreibung der Konstruktion der Platten.

Zellen.

Material und Konstruktion.

Abmessungen aussen, innen.

Gewicht leer. Kubikinhalt bis 1 cm über Oberkante der Platten.

Gewicht der betriebsfertigen, verlötheten Zelle mit Elektrolyt.

Elektrolyt.

Schwefelsäure Cbcm — Gramm pro Zelle.

Schwefelsäure Cbcm pro qdem + Platte.

Schwefelsäure Cbcm pro + Platte.

Einbaukasten.

Material, Beschreibung, Abmessungen, Gewicht.

Kapazität.

Bei 1. 2. 3. 4. 5. 7. 10. 20. 24 und mehr Stunden Entladung:

- a) beim Laden mit 0.5—1.0 Ampère pro 1 qdem. + Oberfläche der Platten bzw. der Masse;
- b) beim Laden mit derselben Stromstärke als die Entladestromstärke;
- c) beim Laden mit dem Doppelten oder dem Vielfachen der mittleren Ladestromstärke;
- d) beim ständigen Laden und Entladen ohne Unterbrechung mit 5 Ampère pro 1 qdem + Platte bzw. Masse.

Die Entladung erfolgt entweder stets bis 1.85 Volt Spannungsabfall pro Zelle, oder bis zu 10% Spannungsabfall der Anfangsspannung beim Einschalten. Vor und nach der Entladung ist auch die Ruhespannung jeder Zelle einzeln zu messen.

Alle Messungen müssen mit geprüften Normalinstrumenten geschehen. — Bei einer grösseren Anzahl von Zellen misst man mit einem Millivoltmeter die Spannung mit Hilfe eines Vorschaltwiderstandes, die Stromstärke an Nebenschlusswiderständen für jede Zelle.

Planté-Platten. *)

Nach Untersuchungen von Dr. A. Pfaff sinkt bei Planté-Platten, bei doppelter Belastung, die Kapazität auf $\frac{2}{3}$ und die Entladezeit auf $\frac{1}{3}$ gegen die zuvor angewendete Stromstärke, während mit wachsender Endspannung beim Laden die Kapazität steigt. Diese Gesetzmässigkeit wird durch die folgenden Tabellen erläutert.

Entladezeit in Minuten.

Lade- und Entladestrom Ampère	Endspannung beim Laden, Volt				
	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
1	* 150	195	230	260	* 275
2	* 38	65	78	90	102
3	* 18	33	39	45	52
4	* 10	20	25	29	* 30
5	* 6	* 11	18	22	* 20

Sehen wir von den mit einem Stern versehenen Werthen ab, so ergibt sich die Gesetzmässigkeit, sobald man der Tabelle folgende Form giebt:

Lade- und Entladestrom Ampère	Endspannung Volt bei der Ladung				
	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
1	$150 = \frac{150}{1}$	$195 = \frac{195}{1}$	$230 = \frac{230}{1}$	$260 = \frac{260}{1}$	$275 = \frac{275}{1}$
2	$38 = \frac{114}{3}$	$65 = \frac{195}{3}$	$78 = \frac{234}{3}$	$90 = \frac{270}{3}$	$102 = \frac{306}{3}$
3	$18 = \frac{108}{6}$	$33 = \frac{148}{6}$	$39 = \frac{234}{6}$	$45 = \frac{270}{6}$	$52 = \frac{312}{6}$
4	$10 = \frac{90}{9}$	$20 = \frac{180}{9}$	$25 = \frac{225}{9}$	$29 = \frac{261}{9}$	$30 = \frac{270}{9}$
5	$6 = \frac{72}{12}$	$11 = \frac{132}{12}$	$18 = \frac{216}{12}$	$22 = \frac{264}{12}$	$20 = \frac{240}{12}$

*) Aus der bereits genannten Arbeit von Dr. A. Pfaff, welche demnächst in der Elektrochemischen Zeitschrift erscheint.

Betrachten wir hierin z. B. die vierte Vertikalreihe, bei welcher bis zu einer Spannung von 2.6 Volt geladen wurde, so haben wir:

Lade- und Entladestrom	A m p è r e				
	1	2	3	4	5
Minuten Entladezeit	$260 = \frac{260}{1}$	$90 = \frac{270}{3}$	$45 = \frac{270}{6}$	$29 = \frac{261}{9}$	$23 = \frac{264}{12}$
Ampère Minuten	$260 = \frac{260}{1}$	$100 = 270 \frac{2}{3}$	$135 = 270 \frac{3}{6}$	$116 = 261 \frac{4}{9}$	$110 = 264 \frac{5}{12}$

Hieraus ergibt sich, dass bei einer Verdoppelung des Lade- und Entladestromes die Kapazität der Platten auf $\frac{2}{3}$ ihres ursprünglichen Werthes herabsinkt. Aus den übrigen Vertikalreihen ergibt sich dasselbe, wenn auch weniger scharf, sodass das Gesetz als unabhängig von der Endspannung beim Laden anzusehen ist.

Ausgenommen hiervon ist nur die erste Vertikalreihe, bei welcher bis zu 2.3 Volt geladen wurde. Die Ungenauigkeit ist hier um so grösser, je höher die Strombelastung der Platte war. Dies ist leicht verständlich, da bei hoher Belastung eine Ladespannung von 2.3 Volt sehr schnell erreicht wird. Die letzte Zahl der beiden folgenden Reihen ist aus demselben Grunde noch etwas zu niedrig. Andererseits ist bei einer Belastung von 1 Ampère pro qdem eine Spannung von 2.7 Volt kaum mehr zu erreichen, so dass also auch der etwas abweichende Werth der ersten Zahl dieser Reihe seine Erklärung findet.

Das andere der oben aufgeführten Gesetze ergibt sich aus folgender Tabelle:

Ladespannung, Volt	2.4		2.5		2.6		2.7
Entladezeit, Minuten	65		78		90		102
II. Reihe, Differenz		13		12		12	
Entladezeit, Minuten	33		39		45		52
III. Reihe, Differenz		6		6		7	

das heisst, die Kapazität wächst bei sonst gleichen Verhältnissen proportional mit der Endspannung beim Laden. Es zeigt sich, dass auch die Zahl $6 = 12 \cdot \frac{1}{2}$ sehr gut mit dem ersten Gesetz übereinstimmt.

Die Differenzen für die verschiedenen Entladestromstärken sind hiernach die folgenden:

Entladestrom, Ampère	1	2	3	4	5
Differenz in Minuten	36	12	6	4	3
Differenz in Ampère-Minuten	36	24	18	16	15

Die oben angegebene Tabelle lässt sich aus den so erhaltenen Zahlen in ihrer idealen Form wie folgt berechnen:

Lade- u. Entladestrom, Ampère	Endspannung bei der Ladung, Volt				
	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
1	162	198	234	270	306 Min.
2	54	66	78	90	102 „
3	27	33	39	45	51 „
4	18	22	26	30	34 „
5	13	16	19	22	25 „

Aus der guten Uebereinstimmung des grössten Theiles dieser Tabelle mit den beobachteten Werthen ergibt sich, dass dieselben nicht nur theoretisches sondern auch praktisches Interesse bieten insofern, als sich aus einer beobachteten Zahl jede andere wenigstens annähernd berechnen lässt. Vergleiche mit Platten und Versuchen ausländischen Ursprungs ergaben analoge Gesetzmässigkeit.

Ein Vergleich der oben berechneten mit der beobachteten Tabelle zeigt, dass das Laden sowohl bis 2.3 Volt wie auch bis 2.7 Volt unrationell ist.

Ebenso ist es nicht vortheilhaft, Planté-Platten mit 1 Ampère pro qdem positiver Oberfläche zu entladen und es ist auch nicht mehr praktisch, die Belastung bis auf 5 Ampèrequadratdecimeter zu steigern, während jede Ladung und Entladung bis zu 2.4, 2.5 oder 2.6 Volt mit 1.5 bis 4 Ampèrequadratdecimeter ein gutes Resultat liefert, wie aus der Uebereinstimmung der beiden Tabellen in diesen Punkten ersichtlich ist.

Somit ergibt sich die Brauchbarkeit von Planté-Platten hauptsächlich für Entladungen von 3 bis zu $\frac{1}{2}$ Stunden.

Zur Ermittlung der günstigsten Lade- und Entladeströme möge nachfolgende Tabelle dienen, welche das Güteverhältniss in Ampèrestunden zeigt. Die Ziffern sind Mittelwerthe aus je 6 Beobachtungen, die allerdings für ganz genaue Resultate nicht ganz hinreichend sich erwiesen haben.

Prozente Entladung.

Lade-u. Entladestrom, Ampère	Spannung am Ende der Entladung, Volt				
	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
1	100	96	94	79	74
2	100	98	92	92	65
3	100	100	95	90	76
4	100	100	90	93	87
5	100	100	98	93	90

Die Tabelle zeigt auf den ersten Blick, dass ein Laden bis zu 2.7 Volt viel ungünstiger ist, als bis zu einer niedrigeren Spannung. Da jedoch zwischen 2.4—2.6 Volt nur wenig Unterschied ist und andere Vortheile damit verbunden sind, wie wir oben gesehen haben, so wird man bis 2.6 Volt laden.

Wurde nun der Ladestrom anders gewählt als der Entladestrom, aber stets bis 2.6 Volt geladen, so ergab sich folgende Tabelle:

Prozente Entladung mit 2.6 Volt Lade-Schluss-Spannung.

Ladestrom, Ampère	Entladestrom, Ampère				
	1	2	3	4	5
1	79	82	82	80	82
2	91	92	82	83	88
3	87	93	90	96	85
4	98	90	80	93	93
5	88	100	100	100	93

Da hieraus kein charakteristischer Unterschied für verschiedenen Lade- und Entladestrom sich ergibt, so kann man Lade- wie Entladestrom in den Grenzen von 1.5—5 Ampère pro qdcm wählen.

Korrekte Dimensionierung der Platten.

In verschiedenen Patentschriften und Büchern wiederholt sich immer wieder die Behauptung, dass die negativen Platten eine geringere leitende Oberfläche zu haben brauchen als die positiven Platten. *) Diese ganz irrige Anschauungsweise kann nur auf Unkenntniss oder oberflächlicher Beobachtung beruhen, sie lässt sich leicht widerlegen. Verwendet man gegen positive Platten gewisser Grösse negative Platten, welche z. B. 10 cm länger und 2 cm breiter sind, als die ersteren, so sollte man annehmen, dass die gesammte Fläche der negativen Platten mitarbeitet. Dies ist jedoch nicht der Fall: die negativen Platten zeigen ganz scharfe Grenzen von der Grösse der positiven Platten. Wenn man also umgekehrt die positiven Platten grösser wählte, so würde die Kapazität derselben geringer ausfallen als bei negativen Platten gleicher Grösse, weil diejenige Fläche der positiven Platten, denen keine negative Fläche gegenübersteht, nur sehr wenig mitarbeitet.

Wählt man dagegen die negativen Aussenplatten zu stark, so wird die aktive Masse auf der Aussenseite wenig oder gar nicht entladen. S. a. S. 181.

Die Ladung muss bei genauen Untersuchungen in der gleichen Weise notirt werden, wie die vorstehende Tabelle eine Anleitung über die Aufzeichnung des Verlaufs der Entladung giebt. Für viele Zwecke ist es hinreichend, Anfang und Ende der Ladung und die etwaigen Aenderungen der Stromstärke nebst der Zeit zu notiren. **)

Will man sehr genau verfahren und mit möglichst konstanter Stromstärke entladen, so schaltet man die betreffende Zelle „mit verkehrten Polen“ in den Stromkreis einer Dynamomaschine. Auf diese Weise ist es möglich, die sogen. „Tiefentladungen“ bis zu 0.5—0.0 Volt Klemmenspannung einer Zelle auszuführen.

Für gewisse Zwecke nimmt man auch event. mit Hilfe eines Uhrwerkes unterbrochene Entladungen vor, die sich auf Tage oder auch auf Monate erstrecken können, wie dies z. B. bei Mikrophonzellen geschieht, welche mit 0.2 Ampère 5 Minuten lang alle 10—15 Minuten eingeschaltet werden.

*) Z. B. in F. Grünwald, Herstellung und Verwendung der Akkumulatoren, II. Auflage 1897, Seite 30.

**) Sehr bequem sind für derartige Zwecke registrirende Messinstrumente, die jedoch noch ziemlich kostspielig sind. Preis 350—600 Mk. z. B. für einen Spannungsmesser.

Ein Apparat, welcher beim Laden und Entladen von Akkumulatoren gute Dienste leistet, wurde von R. Hossfeld konstruirt. *)

Da bei hohen, stark sich ändernden Stromstärken beim Entladen die Klemmenspannung, zufolge des inneren Widerstandes und der durch den Strom erzeugten Polarisirung, sehr stark schwankt, so giebt sie kein Erkennungszeichen mehr für den Ladezustand der Zellen.

Versuche haben gezeigt, dass der innere Widerstand einer Zelle sich verhältnissmässig wenig ändert so lange keine bedeutende Gasentwicklung stattfindet, und dass die Polarisirung annähernd proportional der Stromstärke ist, so lange die Zelle nicht vollständig geladen oder entladen ist. Da nun gegen Ende der Ladung wie Entladung die sonst fast konstante Polarisirung schnell einen grösseren Werth annimmt, so ändert sich auch schnell die elektromotorische Kraft, gleichviel, ob die Stromstärke gross oder klein ist.

Hierauf hat Erfinder einen Apparat basirt, indem er Spannung und Stromstärke auf zwei verschiedene Wickelungen eines Zeigerinstrumentes wirken lässt und zwar beim Entladen in gleichem, beim Laden in entgegengesetztem Sinne.

Mit dieser Einrichtung lässt sich sehr scharf der richtige Zeitpunkt beim Laden wie beim Entladen bestimmen.

2. Leistung der Akkumulatoren.

Wie schon zuvor bei der Prüfung von Akkumulatoren des näheren ausgeführt wurde, bezieht man die Leistung der Zellen meistens auf das Gewicht derselben, besonders, wenn es darauf ankommt, verschiedene Fabrikate miteinander zu vergleichen.

Die Leistung einer Zelle hängt ab vom inneren Widerstande, Menge und Zusammensetzung des Elektrolyten (Konzentration der Säure) und der Oberfläche bezw. dem Gehalt der Platten an aktiver Masse.

Im Allgemeinen pflegt man die Stromstärke bei der Entladung so gross zu wählen, dass die Zellen in 5—8 Stunden entladen sind. Gewisse Akkumulatoren gestatten auch eine Entladung in 3—4 Stunden, Planté-Platten in $\frac{1}{2}$ —3 Stunden, worüber bereits S. 162 berichtet wurde.

Der innere Widerstand beträgt bei kleineren Zellen 0.03—0.1 Ohm, während er bei grösseren und zahlreichen Platten bedeutend geringer ist. Der innere Widerstand ändert sich jedoch

*) D. R.-P. 88649 vom 8. Dezember 1895. S. a. Zeitschrift für Elektrochemie, Heft 9, 1896/97.

beim Laden und Entladen um einige Hundertstel eines Ohm. Ist derselbe z. B. zu Anfang der Entladung in einer kleinen Zelle 0.04 Ohm, so beträgt derselbe am Ende der Entladung etwa 0.06 Ohm. Nach Professor Ayrton findet man annähernd den inneren Widerstand eines Akkumulators, wenn man 0.0015 Ohm auf den Quadratdecimeter positive Plattenoberfläche rechnet.

Wie schon gesagt, ist, abgesehen von allen anderen Faktoren, die Kapazität abhängig von der Entladestromstärke. Es ist also nicht richtig, dass eine Zelle, die bei 1 Ampère 20 Ampèrestunden ausgiebt, bei 2 Ampère in 10 Stunden ebensoviel abgiebt, sondern *mit zunehmender Stromstärke nimmt die Kapazität ab*, sodass bei doppelter Stromstärke etwa nur $\frac{2}{3}$ der Ampèrestunden gewonnen werden, als bei der vorhergegangenen Entladung mit der halben Stromstärke.

Professor W. Peukert hat über die Abhängigkeit der Kapazität von der Entladestromstärke bei Bleiakkumulatoren Untersuchungen angestellt, welche folgendes Resultat ergeben haben.*)

Kapazität der Zelle bei normalem Entladestrom von 30 Ampère 20 Ampèrestunden. Die Ladung erfolgte stets mit normaler Stromstärke, die Entladung immer bis zum gleichen Spannungsabfall.

Entladung Ampère	Dauer in Stunden	Kapazität Ampère-Std.
10	19.8	198
15	9.75	146
18	8.5	153
20	6.5	130
27.2	4.41	120
30	3.67	110

Die Versuche wurden an einer Correns'schen Batterie von 16 Zellen längere Zeit hindurch ausgeführt.

Hieraus wurde die nachstehende empirische Formel abgeleitet für die Kapazität bei gewisser Stromstärke: $J^n \cdot t = \text{konst.}$, worin J der Entladestrom in Ampère, t die Zeit der Entladung in Stunden. Der Exponent n wurde im Mittel = 1.47 gefunden. Für andere Akkumulatoren wurde der Exponent gleichfalls ermittelt und in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

*) Siehe Elektrotechnische Zeitschrift Seite 287/88 vom 20. Mai 1897.

System	Type	Werth von n
Tudor	<i>E.</i>	1.35
	<i>E. S.</i>	1.48
Pollak	<i>S. K.</i>	1.36
	<i>R.</i>	1.51
Correns	<i>H.</i>	1.72
	<i>Q.</i>	1.64
G. Hagen	<i>A.</i>	1.39
	<i>B.</i>	1.39
de Khotinsky	<i>N.</i>	1.55
	<i>X.</i>	1.55
Gülcher	<i>A.</i>	1.38
	<i>C. u. E.</i>	1.36

Es wird hieraus gefolgert, das für alle Akkumulatoren die vorstehende Formel giltig ist, sodass man aus einer bekannten Kapazität bei gewisser Stromstärke die Kapazität für eine andere Stromstärke berechnen kann.

Ist K die Kapazität bei der Stromstärke J und der Entladungsdauer t ; K_1 die Kapazität bei J_1 in der Zeit t_1 , so ist: $J_1^n \cdot t_1 = J^n \cdot t$ oder da $K = J t$ und $K_1 = J_1 t_1$ ist

$$K_1 \cdot J_1^{n-1} = K \cdot J^{n-1} \quad \text{und somit}$$

$$K_1 = K \cdot \left(\frac{J}{J_1}\right)^{n-1}$$

worin für n die oben angegebenen Werthe einzusetzen sind.

3. Berechnung der Kapazität eines Bleiakkumulators bei verschiedener Stromstärke.

Bisher ermittelte man die Kapazität bei verschiedener Stromstärke in der Weise, dass man die durch einige Versuche erhaltenen Ampèrestunden als Ordinaten und die Stromstärken oder Entladezeiten als Abscissen auftrug und durch die zugehörigen Punkte eine Kurve legte, aus der man die zwischenliegenden Werthe ablesen konnte, wie dies z. B. in nachstehender Fig. 40 für eine bestimmte Zelle dargestellt ist. — Eine für die Tudor-Platten geltende Interpolationsformel wurde von Herrn Schröder wie folgt aufgestellt:*)

$$C \sqrt[3]{A^2} = m$$

*) Siehe Zeitschrift für Elektrochemie 1897/98, Heft 2, Seite 58. Wilhelm Knapp, Halle a. d. Saale.

worin C die Kapazität, A die Stromstärke und m eine Konstante bedeuten.

Herr Liebenow hat dieselbe, besonders für kleine Stromstärken, später wie folgt abgeändert:

$$C = \frac{M}{1 + a i}$$

in welcher C die Kapazität, i die Stromstärke, M und a Konstante bedeuten.

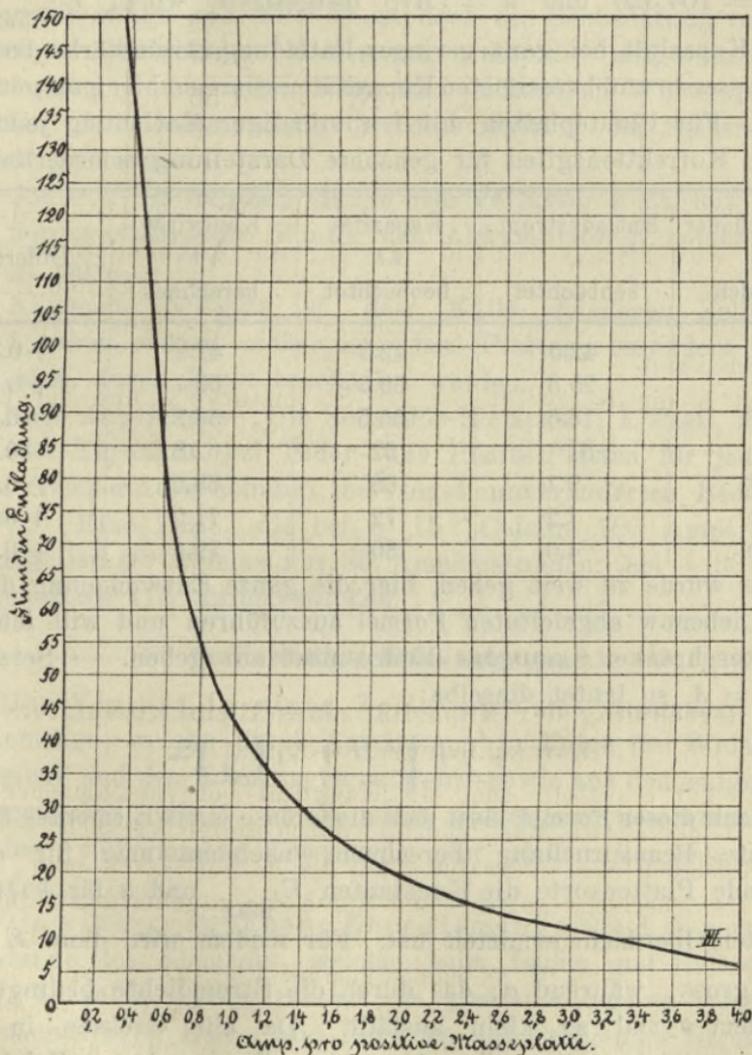


Fig. 40.

Diese beiden Formeln, welche sich einander ergänzen, sind zur Berechnung von Preislisten und bei Beleuchtungsanlagen für gewisse gleichmässige Entladungen wohl brauchbar. Für sehr wechselnde

Beanspruchung jedoch, wie sie der Kraftbetrieb besonders bei Strassenbahnen mit sich bringt, können sie nicht angewendet werden. Herr Liebenow hat in Folge dessen eine weitere Formel ermittelt, welche diesen Umständen Rechnung zu tragen sucht.

In welcher Weise sich die Kapazitäten beim Entladen mit verschiedener wechselnder Stromstärke ändern, zeigen z. B. die Zahlen der folgenden Tabelle, die einer Entladungskurve für eine bestimmte Type entnommen sind. Die Konstanten dieses Elementes waren auf $E_{\max.} = 104.326$ und $a = 1.478$ festgestellt, worin $E_{\max.}$ die höchste Kapazität bei ganz geringer Entladungsstromstärke bedeutet. Die gemessenen und berechneten Kapazitäten stimmen hier ganz genügend überein. Für Plantéplatten mit 1—3ständiger Entladung jedoch ist noch ein Korrektionsglied für genauere Darstellung erforderlich.

Entladedauer <i>t</i> Stunden	Entladestrom <i>i</i> beobachtet	Kapazität <i>i t</i> beobachtet	Kapazität <i>i t</i> berechnet	Differenz
1	42.5	42.5	42.2	+ 0.3
2	25.3	50.5	50.1	+ 0.4
3	18.5	55.5	56.2	— 0.7
5	31	62	62.8	— 0.8
7½	9.1	68	68.2	— 0.2
10	7.2	72	71.2	+ 0.8
20	4.0	80	79.5	+ 0.5

Es würde zu weit gehen, hier die ganze Entwicklung der von Herrn Liebenow abgeleiteten Formel auszuführen und will ich mich darauf beschränken, nur das Endresultat anzugeben. — Setzt man $E_{\max.} = A$, so lautet dieselbe:

$$n = \frac{1}{2} \frac{C}{A} \pm \sqrt{B + \frac{1}{4} \left(\frac{C}{A}\right)^2}$$

Nach dieser Formel lässt sich die Grösse eines Elementes für eine bestimmte Beanspruchung berechnen, nachdem man für die zu benutzende Plattensorte die Konstanten $E_{\max.}$ und a für 1 Quadrat-deciimeter Oberfläche ermittelt hat. Für n qdem wird dann $E_{\max.}$ n mal so gross, während a , das durch die Stromdichte bedingt wird, für n qdem n mal so klein ausfällt. Da alle Grössen in dieser Gleichung stets positiv sein müssen, so gilt nur das + Zeichen vor dem Wurzel Ausdruck.

Für die Ladung mit konstantem Strom bis zur Gasentwicklung gilt die Formel $o = L_{\max.} - i t - a i \sqrt{t}$.

Die Kapazitätsgrenze eines Akkumulators ist stets erreicht, sobald $E_t = 0$ wird. Die Gasentwicklung beginnt stets zu einer Zeit bei der Ladung, für welche $E_t = E_{\max}$ wird.

Bedingung für vergleichende Versuche an Akkumulatoren ist ausser sonstigen Voraussetzungen auch eine gewisse Temperatur, wie nachstehende Angaben zeigen werden.

Wenn man auch weiss, dass die Temperatur auf die Kapazität der Akkumulatoren einen Einfluss ausübt, sodass dieselbe mit der Temperatur steigt und fällt, so ist doch die Beobachtung von Nansen auf seiner Nordpolfahrt interessant, dass die mitgeführte Tudor-Batterie, bei der grossen Kälte des arktischen Winters, in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt wurde, obgleich der Elektrolyt vollkommen gefroren war.*)

Auch A. Reckenzaun theilte dem Verfasser s. Zt. mit, dass der harte nordamerikanische Winter den Akkumulatoren keinen Schaden zugefügt hätte.

Allgemein bekannt ist, dass Kälte geladenen Zellen nicht schadet; aber ebenso sicher ist, dass Platten, besonders wenn sie feucht sind, durch Frost beschädigt werden.

Nach Dr. Schoop „Die Sekundär-Elemente“, I. Theil, Seite 152, steigt die Kapazität bei Tudor- und Planté-Platten für jeden Grad Celsius Temperaturerhöhung, bei sonst unveränderten Bedingungen um 1%. Eine Zelle, die bei + 15° Celsius 100 Ampèrestunden hat, zeigt bei 0° Celsius nur 85 Ampèrestunden, bei + 30° Celsius hingegen etwa 115 Ampèrestunden.

4. Verluste, Wirkungsgrad.

Der Verlust in einer Zelle setzt sich zusammen aus der Energiemenge, welche durch Erwärmung in Folge des Widerstandes im Element und den Zuleitungen entsteht, sowie aus demjenigen Theile der chemischen Arbeit, welche nicht wiedergewonnen werden kann, da keine vollkommene Umsetzung der elektrochemischen Arbeit stattfindet.

Die wiedergewonnene Energiemenge hängt ab vom inneren Widerstande des Elements, welcher beim Laden und Entladen sich ändert. Dieselbe verringert sich bei gleichem inneren Widerstande des Elements beim Laden und Entladen mit steigender Stromstärke.

Die Dauer der Ladung vermindert sich mit wachsender Stromstärke, während der durch Erwärmung eintretende Verlust sich mit wachsender Stromstärke vergrössert.

*) Siehe Elektrochemische Zeitschrift, Februar 1897, Seite 259.

Das Güteverhältniss an Ampèrestunden verringert sich also, wenn die Stromstärke beim Laden und Entladen gewisse Grenzen überschreitet, und da die normale Umsetzung bei verkürzter Lade- und Entladezeit nicht genügende Zeit hat sich zu vollziehen, treten weitere Verluste ein.

Sobald man die Ladestromstärke ändert, ist die Kapazität bei gleichbleibender Entlade-Stromstärke nicht mehr dieselbe, erst bei etwa der 18. Ladung mit der veränderten Stromstärke nimmt sie wieder eine konstante Grösse an.

Es ist also bei allen Versuchen durchaus nothwendig, dass mit jeder zur Anwendung kommenden Stromstärke mindestens 8—10 Ladungen und Entladungen vorgenommen werden. Bei frisch formirten Platten pflegt überhaupt erst bei der 15. Entladung eine konstante Kapazität einzutreten.

Es ist daher durchaus unzulässig, aus 2—3 Entladungen ein Urtheil über eine Akkumulatorenzelle abzugeben, ganz abgesehen von allen sonstigen Umständen, welche bei derartigen Untersuchungen mitsprechen.

Für die ziffernmässige Berechnung des Wirkungsgrades aus den gemessenen Grössen seien nachstehend einige Formeln gegeben.

Ist e die Klemmenspannung eines Elements, i die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft, w der innere Widerstand, so ist

$$\text{beim Laden} \quad e_1 = E + w i,$$

$$\text{„ Entladen} \quad e_2 = E - w i.$$

Sind E , w und i bei Ladung und Entladung annähernd konstant, so ist

$$e_2 = e_1 - 2 w i$$

und das Güterverhältniss annähernd im Maximum

$$G = \frac{e_2}{e_1} = 1 - \frac{2 w i}{e_1},$$

abgesehen von Verlusten in Folge sekundärer, chemischer Vorgänge,

$$w = \frac{e - E}{i}.$$

Bezeichnet man mit t die Zeit der Entladung, so sind eingeladen:

$$(e i) t \text{ Wattstunden} = 367 (e i) t \text{ kgm.}$$

Die Entladung beträgt $(e i)^1 \cdot t_1$ Wattstunden. Der Wirkungsgrad ist dann:

$$H = \frac{(e i)^1 \cdot t_1 \cdot *)}{(e i) t}$$

Die im gesammten Stromkreise aufgewendeten Watt sind:

$$E J = e \cdot J + J^2 \cdot W$$

worin E die elektromotorische Kraft des Ladestromes, W den gesammten Widerstand des Stromkreises, J die Stromstärke bedeuten.

*) S. Streckers Handbuch, sowie Loppé: Les Accumulateurs Électriques.

Wer sich eingehender hierüber informiren will, findet Ausführliches in dem mehrfach genannten Werke von F. Loppé, sowie in dem älteren Buche „Der Akkumulator“ von Johannes Zacharias.

Um ungefähr den inneren Widerstand einer Zelle zu ermitteln, giebt Loppé folgende Formeln an:

Für Planté-Platten $w = \frac{2}{F}$

„ Faure-Platten $w = \frac{0.008}{p}$,

worin F die nutzbare Oberfläche aller Platten einer Zelle in qdem und p das Gewicht der Elektroden in kg ist.

Die nutzbare Oberfläche der Elektroden einer Zelle ist bei parallelen Platten

$$F = 2(n-1)o,$$

für n = Anzahl der Platten und o = der nutzbaren Oberfläche einer Platte

Die Kapazität einer Zelle hängt, wie schon erwähnt, theilweise von dem Säurequantum in derselben ab und steht in direktem Verhältniss zur Säuremenge.

In welcher Weise die Kapazität sich mit der Säuremenge (von gleicher Konzentration) ändert, zeigt das Diagramm Fig. 41, bei welchem links als Ordinate die Kubikcentimeter Säure pro positiv

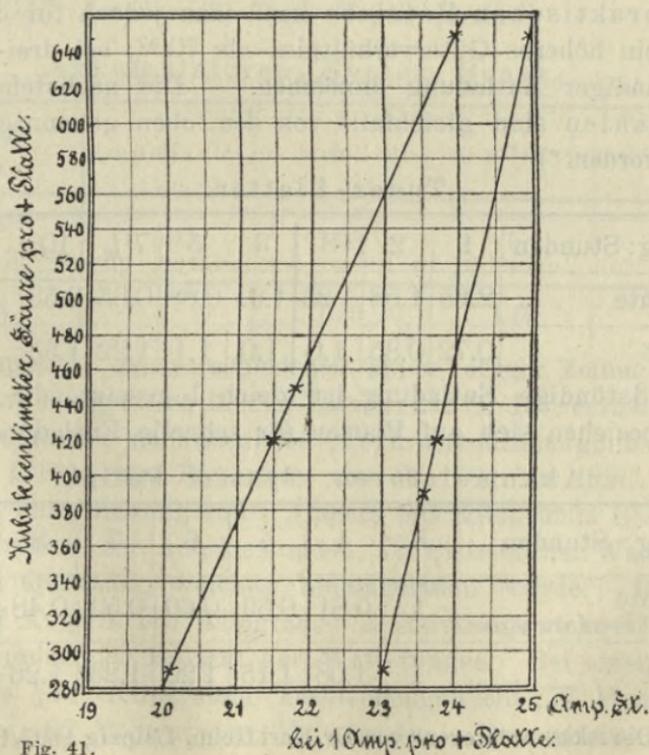


Fig. 41.

bei 1 Amp. pro + Stolle.

Die Kapazität bei 3stündiger Entladung ist = 1 gesetzt (bei kontinuierlicher Entladung).

Für starke' Entladung.

Entladung: Stunden	3	2	1
Stromdichte: Amp. pro qdem.	0.96	1.26	2.0
Kapazität	1	0.87	0.69

Akkumulatoren, System Correns.

Entladung: Stunden .	3	5	7	10
Stromdichte } Type H Ampère pro qdem { „ Q	0.76	0.59	0.48	0.38
	1	0.665	0.55	0.45
Kapazität { Type H „ Q	1	1.25	1.44	1.66
	1	1.12	1.31	1.50

Die Stromdichte bei 3stündiger Entladung ist 1 Ampère pro qdem für die Q-Platten und 0.76 für die H-Platten, bei einer Ladung mit der höchsten zulässigen Stromstärke von 0.665 Ampère für Type Q und 0.57 Ampère für Type H pro qdem.

Akkumulatoren, System Boese.

Entladung Stunden	3	5	7	10
Stromdichte Ampère pro qdem	1.62	1.25	1	0.75
Kapazität	1	1.29	1.43	1.60

Die Kapazität der verschiedenen Typen obiger Zellen bei verschiedenen Entladungen ist in der Tabelle auf S. 187 enthalten.

Akkumulatoren der Société Germano-Suisse, Fribourg geben (nach L'Eclairage Electrique vom 31. Oktober 1896, No. 44, Seite 220) bei einer Ladung von 1 Ampère pro Kilogramm Elektrodengewicht 92 Prozent der Ampèrestunden, 78 Prozent der Wattstunden aus von dem Quantum, welches hineingeladen wurde. Bei einer Ladung von 2 Ampère pro Kilogramm Elektrodengewicht 87 Prozent der Ampèrestunden, 70 Prozent der Wattstunden. Bei einer Ladung von 3 Ampère pro Kilogramm Elektrodengewicht 77 Prozent der Ampèrestunden, 62 Prozent der Wattstunden. Der maximale Lade-

strom beträgt 3 Ampère, der maximale Entladestrom 3.5 Ampère pro Kilogramm Elektrodengewicht. — Die Entladung kann jedoch bis zu 10 Ampère pro Kilogramm Elektrodengewicht getrieben werden für Traktionszwecke, ohne dass aktive Masse von den Platten abfällt.

Einen weiteren Beitrag zur Frage der Kapazität liefern Untersuchungen des französischen Marine-Laboratoriums über Akkumulatorenzellen nach dem System Boese, welche in *L'Eclairage Electrique* veröffentlicht wurden. Die untersuchten Zellen hatten zwei positive und drei negative Platten im Gewicht von 4 kg, die Gefässe waren aus Celluloid angefertigt und mit Holzkästen umgeben. Um die Haltbarkeit derselben zu prüfen, wurden sie viele Monate lang zwischen Paris und Sevrans-Livrey hin- und hergeschickt und jede Woche geladen und entladen mit der höchsten zulässigen Stromstärke von 10 Ampère. Jedesmal nach zweimaliger Hin- und Herwendung liess man die Zellen 8 Tage entladen stehen und verursachte Kurzschluss, um das Verhalten der Platten zu beobachten. Nach einem Vierteljahr ergab eine Kapazitätsprobe Folgendes:

Entladung Ampère	Ampèrestunden	Kapazität pro kg Plattengewicht
3	75	18.7
5	68	17
10	56	14
18	50	12.2

Verschiedene Versuche über die Beleuchtung von Eisenbahnzügen mit verschiedenen Akkumulatorensystemen sind von der ungarischen Staatsbahnverwaltung im Jahre 1895 angestellt worden, worüber die Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins in Wien 1896, Seite 90, ausführlich berichtet. Die Versuche sind um so interessanter, als hierselbst mehrere in ihrem Wesen ganz verschiedene Akkumulatorensysteme zum Vergleich kamen, nämlich solche der Aktiengesellschaft Hagen mit Planté-Platten ähnlich dem Tudor'schen System und andererseits mit Rahmenplatten des Systems Boese und Austria.

Die Akkumulatoren der verschiedensten Systeme wurden, nachdem dieselben über 6 Monate in beständigem Betriebe waren, eingehenden elektrischen Messungen unterzogen. Zunächst wurden die Akkumulatoren vollkommen entladen und hierauf mit der vorgeschriebenen Stromstärke bis zur lebhaften Gasentwicklung wieder geladen. Die Entladung erfolgte bis zum vorgeschriebenen Spannungsabfall und ergab folgende Resultate:

Erste Entladung.

System	Vorgeschrieben			Erhalten Ampère-Stunden	Spannungs- Abfall Prozent	Prozent der garant. Kapa- zität	Säuredichte am Ende der Entladung Bé.
	Ent- ladung Ampère	End spanng. Volt pro Zelle	Garant. Kapa- zität Amp.-St.				
Tudor	5	1.85	150	150	3.3	100	16 ⁰ u. 15 ⁰
Boese	5	1.80	150	150	10.0	100	14 ^{1/2} ⁰ u. 14 ^{1/2} ⁰
Austria	5	1.80	180	112	11.8	62	16 ^{1/2} ⁰ u. 16 ⁰
Bristol	4	1.80	37.5	8.5	7.3	23	— —

Zweite Entladung.

Tudor	5	1.85	150	184	7.5	123	13 ⁰ u. 13 ⁰
Boese	5	1.80	150	161	11.8	108	— —
Austria	5	1.80	180	119	12.8	66	— —
Bristol	—	nicht weiter ausprobt.					

Endspannungen und Kapazitäten bei verschiedenem
Spannungsabfall.

Erster Versuch.

Anfangsspannung pro Element Volt	{ Boese 2.00 Tudor 1.985	3%	5%	7%
Endspannung pro Element Volt	{ Boese Tudor	1.940 1.925	1.900 1.886	1.860 1.846
Kapazität Ampère-Stunden	{ Boese Tudor	72.5 140.3	107.5 über 150.0	132.5 über 150.0
Zweiter Versuch.				
Anfangsspannung pro Element Volt	{ Boese 2.040 Tudor 2.000	3%	5%	7%
Endspannung pro Element Volt	{ Boese Tudor	1.9788 1.9400	1.938 1.900	1.8972 1.8600
Kapazität Ampère-Stunden	{ Boese Tudor	52.5 131.3	100.0 167.5	127.5 181.3

Als Mittelwerthe ergeben sich aus beiden Versuchen.

	Bei	3%	5%	7%
Ampèrestunden Boese		62.50	103.75	130.00
„ Tudor		138.80	ca. 167.50	181.80

Gewichte der Akkumulatoren.

	Elemente	in Trögen	Elemente	per Trog kg	per Batt. kg
System Tudor	12	6	à 2	44	264
„ „	12	6	à 2	36.5	219
„ Boese	12	6	à 2	28	168
„ Austria	12	2	à 6	64	128
„ Bristol	48	8	à 6	27.75	222

Bei gleichem Spannungsabfall ergeben sich nach Obigem pro geleistete Ampèrestunde folgende Gewichte.

Bei	3% kg	5% kg	7% Spannungsabfall kg
Boese	2.688	1.619	1.290
Tudor	1.578	ca. 1.307	1.208

Hieraus ergibt sich, dass beide Systeme bei 7% Spannungsabfall fast gleiches Gewicht pro Ampèrestunde aufweisen; bei geringerem Spannungsabfall die Tudorzellen leichter erscheinen, während das absolute Gewicht der Boese'schen Batterie geringer ist. Das verschiedene Verhalten zeigt aber auch, dass die Tudorzellen sich schneller entladen, was für den Beleuchtungsbetrieb gerade nicht vortheilhaft ist.

5. Graphische Kapazitäts-Tabelle.

In welcher Weise sich die Kapazität einer Zelle mit der Entladestromstärke ändert, und wie man dieselbe event. auch berechnen kann, wurde S. 154 bis 171 ausführlich besprochen. Auf Grund praktischer Versuche hat Verfasser die in Fig. 42 dargestellten etwas idealisirten Kapazitätskurven konstruirt, welche sich auch vorzüglich zur Kontrolle von Versuchen, sowie zur Aufstellung von Preislisten eignen. Auf der linken Seite sind die Entladestromstärken (neben denen auf der rechten Seite event. auch die Ladestromstärken beigefügt werden können) von 0.—3.5 Ampère verzeichnet, während oben bzw. unten als Abscissen die Kapazität in Ampèrestunden aufgetragen ist. Die vom Nullpunkt oben links ausgehenden, divergirenden Strahlen geben die Dauer der Entladung in Stunden an.

Würde für verschiedene Entladestromstärken die Kapazität dieselbe sein, so würde man an Stelle von Kurven senkrechte gerade Linien erhalten, während der thatsächliche Verlauf der Kapazitäten, in den praktisch brauchbaren Grenzen, der mittlere Theil einer parabolischen Kurve zu sein scheint, welche sich der Asche theilweise asymptotisch nähert, sodass für eine unendlich kleine Stromstärke die Kapazität unendlich gross sein würde. Da die Kapazität jedoch eine

endliche Grösse sein muss, in Folge der Begrenzung durch das Gewicht bezw. Volumen an aktivem Material, so muss an einem gewissen Punkte, in endlicher Entfernung, die Kurve aufhören, und also die x -Achse schneiden. Die Kurve auf Seite 181 kommt dieser Forderung auch nach. Die Untersuchungen hierüber sind noch nicht abgeschlossen. Wahrscheinlich wird auch nach der Y -Achse zu die Kurve in ähnlicher Weise verlaufen, da bei sehr hoher Entladestromstärke die Zeit auch sehr klein wird.

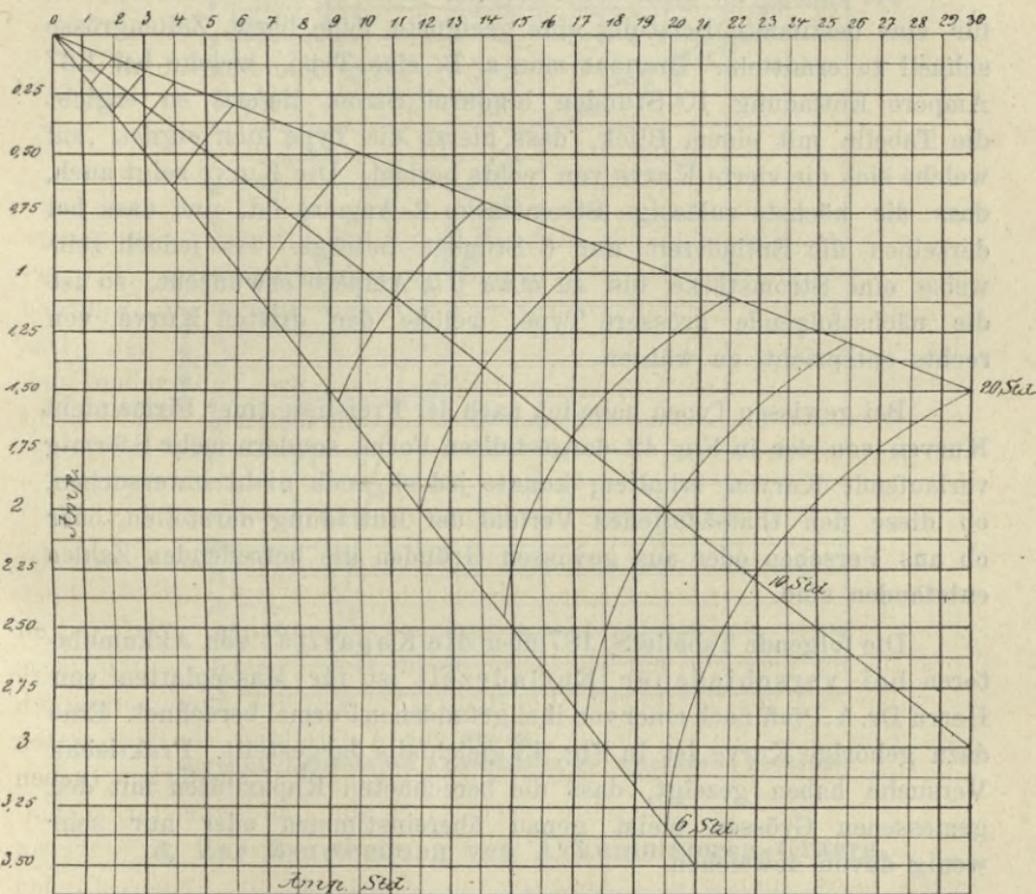


Fig. 42.

Die mittlere Kurve in Fig. 42 ist genau praktischen Versuchen entnommen; sie entspricht also vollkommen dem wirklichen Verlaufe der Entladung. — Bei richtiger Konstruktion der Platten, bei geeigneter Grösse und Anzahl derselben, erhält man ziemlich analog und parallel verlaufende Kurven für die verschiedenen Typen, sodass diese Tabelle nicht allein eine Kontrolle für eine rationell aufgestellte Preisliste ist, sondern auch direkt als eine solche dienen kann, wenn man an den Kurven die Type und den Preis der Zellen bemerkt.

Sind die Versuche bei den Kapazitätsproben nicht genau gemacht, so entstehen unsymmetrisch geknickte, entgegengesetzt gekrümmte oder auch fast gerade Kurven, während bei nicht richtig gewählter Plattengrösse bzw. Plattenzahl für die verschiedenen Zellengrössen oder Typen eventuell sich kreuzende Kurven erhalten werden, aus denen hervorgeht, dass mehrere Typen von fast gleicher Leistung, also eventuell zu viel Typen vorhanden sind.

Die Tabelle ist auch sehr bequem, wenn es sich darum handelt, für eine bestimmte Leistung eine geeignete Type bzw. Zellengrösse schnell zu ermitteln. Braucht man z. B. eine Type, welche bei 1.37 Ampère Entladung 10 Stunden hindurch Strom liefert, so ergibt die Tabelle mit einem Blick, dass hierzu die Type sich eignet, auf welche sich die vierte Kurve von rechts bezieht. Die Kurve zeigt auch, dass die höchste zulässige Stromstärke 2 Ampère ist, und dass bei derselben die Entladezeit nur 6 Stunden beträgt. Ist jedoch zeitweise eine Stromstärke bis zu etwa 2.5 Ampère erwünscht, so ist die nächstfolgende grössere Type, welche der dritten Kurve von rechts entspricht, zu wählen.

Bei gewissen Typen habe ich nach der Preisliste einer Firma nicht Kurven von der in Fig. 42 dargestellten Form, sondern mehr Sförmig verlaufende Kurven erhalten, konnte jedoch noch nicht untersuchen, ob diese den thatsächlichen Verlauf der Entladung darstellen, oder ob aus Versehen oder aus gewissen Gründen die betreffenden Zahlen entstanden sind.

Die folgende Tabelle S. 187 über die Kapazität von Akkumulatoren bei verschiedener Entladezeit ist für Masseplatten von Herrn Dr. A. Pfaff nach einer von ihm gefundenen Formel berechnet. Eine dazu gehörige Kurve ist in Fig. 43 gleichfalls dargestellt. Praktische Versuche haben gezeigt, dass die berechneten Kapazitäten mit den gemessenen Grössen meist genau übereinstimmen oder nur sehr wenig davon abweichen.

Interessant dabei ist, dass diese Tabelle nur für eine ganz bestimmte Herstellungsweise richtig ist, und für Masseplatten mit anderer Aufbereitung der Masse, eine andere Berechnung stattzufinden hat. Ausführlicheres darüber, sowie die bezügliche Formel und Berechnungsweise soll später nach Abschluss der Versuche veröffentlicht werden.

Diese Untersuchungen und die daraus abgeleitete Möglichkeit, nach gewissen Messungen von geringem Umfange, die Kapazität für alle Typen und eine grosse Zahl von Entladezeiten im Voraus mit

genügender Genauigkeit bestimmen zu können, dürften künftig den Fabrikanten höchst willkommen sein, da, um eine so grosse Zahl von Entladungen durch praktische Messungen auszuführen, Jahre und ganz bedeutende Kosten erforderlich wären.

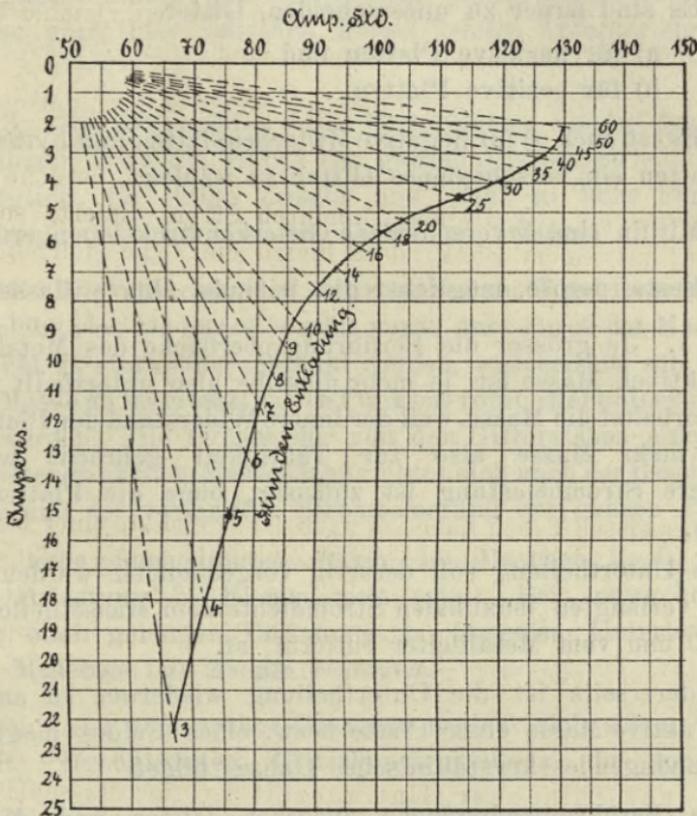


Fig. 43.

Kurve der Kapazität von Akkumulatoren bei verschiedener Entladezeit.

6. Zur Beurtheilung von Akkumulatoren-Gittern.

Bezüglich der Konstruktion von Bleigittern für Akkumulatoren sind folgende Gesichtspunkte im Allgemeinen maassgebend:

1. Grosse Berührungsfläche zwischen Gitter und aktiver Masse.
2. Mechanische Festigkeit.
3. Möglichst ein Gewichtsverhältniss zwischen Rahmen und Masse, wie 1:1 oder 1:2.
4. Möglichst geringe Einschränkung der säureberührten Oberfläche auf der freiliegenden Oberfläche des aktiven Materials.

5. Es sind zu unterscheiden:

- a) Gitter für stationäre Akkumulatoren,
- b) Gitter für transportable Akkumulatoren,
- c) Gitter für Traktionszwecke.

6. Es sind ferner zu unterscheiden, Gitter

- a) für negative Platten und
- b) für positive Platten.

7. Es ist auch a) für negative Zwischenplatten und b) für negative Aussenplatten ein verschiedenes Gitter zu wählen.

8. Mithin sind 9 verschiedene Gitterkonstruktionen erforderlich.

9. Feste, poröse, möglichst gut leitende, aktive Masse.

Zu 1. Je grösser die Berührungsoberfläche des Metallgerippes mit der aktiven Masse ist, je mehr dieselbe also untertheilt wird, um so besser arbeitet die Masse, weil der innere Widerstand der Platte gering ist; je mehr Masse also zur Thätigkeit gebracht wird, um so stärkere Strombelastung ist zulässig, ohne die Platten zu beschädigen.

Die Untertheilung soll derartig vorgenommen werden, dass je nach der verlangten maximalen Stromdichte kein Massetheilchen mehr als 2—10 mm vom Metalleiter entfernt ist.

Andererseits ist die Untertheilung wiederum so anzuordnen, dass die aktive Masse einer Platte bzw. eines Feldes möglichst ein zusammenhängendes krystallinisches Ganzes bildet.

Die Berührungsoberfläche zwischen Gitter und Masse soll mindestens gleich der freien Masseoberfläche der beiden Seiten einer Platte sein, womöglich aber ein Mehrfaches davon betragen.

Es ist ferner das Gitter so zu konstruieren, dass die Gase aus der Masse leicht nach oben entweichen können. Es sind also alle Gitterstäbe senkrecht bzw. schräg zur Seitenkante des Rahmens anzuordnen. Wagerechte Stäbe bzw. Verbindungen sind möglichst zu vermeiden.

Die schrägen Verbindungsstäbe sollen möglichst quadratischen bzw. dreieckigen oder rhombischen Querschnitt haben; breite Flächen sind bei denselben meistens zu vermeiden, während die senkrechten Verbindungen, je nach Art und Anordnung des Ganzen, breitere Flächen erhalten können.

Für die verschiedenen Zwecke ist also ein Kompromiss zwischen

den angeführten Gesichtspunkten zu bilden, bei dem die eine oder die andere Rücksicht mehr oder weniger überwiegend sein wird.

Zu 2. Alle Rippen, Verbindungen oder sonstigen Theile des Gitterrahmens sind so stark zu machen, dass sie die nöthige mechanische Widerstandsfähigkeit erhalten; das Gewicht soll jedoch ein Minimum werden. Es ist also auch hier zwischen diesen beiden Anforderungen abzuwägen.

Zu 3. Bei den meisten guten Gitterplatten beträgt das Gewicht der Bleirahmen etwa die Hälfte des ganzen Plattengewichts. Es ist jedoch möglich, für einige Zwecke und nicht zu hohe Stromdichte das Rahmengewicht auf etwa ein Drittel zu bringen.

Zu 4. Die zwischen den Gitterstäben zu Tage tretende aktive Masse, welche von der Säure gespült wird, darf durch die Maschen des Gitters nicht zu stark eingeschränkt werden, andererseits soll die Oberfläche der Masse an möglichst vielen Punkten vom Gitter unterstützt bzw. gehalten werden. Die Grösse der von den Gitterstäben einer Masche eingeschlossenen aktiven Massefläche richtet sich nach der Beschaffenheit der Masse und der verlangten Strombelastung der ganzen Platte.

Für hohe Stromdichten sollen die Maschen 3—5 mm, für geringere Belastung 5—10 mm weit sein. Bei schwacher Beanspruchung oder geringer Entladung in längeren Unterbrechungen sollen die Maschen 15—25 mm betragen.

Zu 5. Aus dem vorher Gesagten ergibt sich schon die Nothwendigkeit verschiedener Gitterkonstruktionen für verschiedene Zwecke.

a) Stationäre Platten erhalten kräftig konstruirte Gitterstäbe schon mit Rücksicht auf das grössere Gewicht solcher Platten. Das Gewicht kommt hier nur insofern in Frage, als schwere Gitter mehr Metall kosten als leichte; Stärke der Platten 8—12 mm.

b) Transportable Platten sollen aus möglichst leichten Gittern gefertigt werden, damit das Gewicht der Platten ein Minimum wird. Andererseits soll das Gitter gegen mechanische Einflüsse möglichst widerstandsfähig sein.

Das Gitter soll dabei aber auch eine genügende Menge aktiver Masse enthalten, um die erforderliche Kapazität zu erzielen; Stärke der Platten 3—5 mm.

c) Traktionsplatten sollen ein leichtes, festes Gitter mit möglichst engen Maschen enthalten, sodass sie allen Einflüssen und den

höchsten Anforderungen entsprechen können; sie sollen nicht stärker als 2.5—3.0 mm sein, bei einer maximalen Grösse von etwa 200×300 mm.

Zu 6. Die negativen und positiven Platten sollen gleiche Grösse und gleiche Fläche der aktiven Masse haben, mit Ausnahme der negativen Aussenplatten, von denen später die Rede sein soll.

Die Stärke der positiven Platten wählt man lediglich mit Rücksicht auf mechanische Festigkeit, da die aktive Masse im Innern von starken Platten nur sehr wenig mitarbeitet.

Die Stärke der negativen Platten richtet sich nach derjenigen der positiven Platten. — Man hat die negativen Platten bisher ebenso stark oder ca. $\frac{1}{3}$ schwächer als die positiven Platten gemacht.

Da die aktive Masse der negativen Platten jedoch bei weitem besser leitet als die positive Masse, so kann man sie auch stärker machen als die positiven Platten.

Von dem Verhältniss der aktiven Masse bezw. der Stärke der Platten verschiedener Polarität hängt das Verhalten einer Zelle bei der Entladung und der Verlauf der Spannungskurve ab.

Bei einer Zelle mit zu dünnen negativen Platten fällt die Spannungskurve gegen das Ende der Entladung bei 1.80—1.85 Volt ziemlich steil und plötzlich ab, während bei richtigem Verhältniss zwischen den beiden Plattenarten die Spannungskurve allmählich abwärts geht; sodass ein besseres Güteverhältniss zwischen Ladung und Entladung erzielt wird. —

Ob bei zu starken negativen Platten dieselben früher unbrauchbar bezw. zu dicht werden, ist noch nicht bekannt. Jedenfalls leiden die positiven Platten bei nicht richtig gewähltem Verhältniss viel eher als die negativen Platten; denn sind die positiven Platten im Verhältniss zu den negativen zu stark, so werden sie nicht völlig entladen. Beim Laden sind sie in Folge dessen früher geladen als die negativen, sie fangen früher an zu gasen. Da die negativen Platten erst viel später Gas entwickeln, und so lange geladen werden muss, bis beide Plattenarten gasen, so folgt daraus ein ständiges Ueberladen der positiven Platten und damit eine frühere Abnutzung derselben. Das richtige Verhältniss der Plattenstärken für negative und positive Platten zu wählen, ist insofern schwierig, als das Verhältniss der Kapazität beider Plattenarten sich mit der Zeit ändert und kaum eine konstante Grösse ist.

Zu 7. Die negativen Aussenplatten kehren die äussere Seite der Zellenwand zu. Diese Seite fängt erst dann an mitzuarbeiten, wenn die Umsetzung der Masse von der inneren Seite aus durchgedrungen ist. Eine zu starke negative Aussenplatte wird auf ihrer Aussenseite kaum in Mitarbeit gezogen. In Folge dessen arbeiten die beiden Seiten der negativen Aussenplatten in den meisten Zellen ungleich, sie werden öfter nach aussen krumm.

Man thut daher gut, die negativen Aussenplatten schwächer zu machen als die negativen Zwischenplatten, eventuell auch die Maschen der beiden Seiten- oder Aussenplatten ungleich gross zu machen. — Der Aussenseite eine völlig geschlossene massive Metallwand zu geben wäre falsch, da die Gase dann die Masse abtreiben würden. —

Zu 8. Um mit möglichst wenig Formen bzw. Giessmaschinen die erforderlichen 9 Gittersorten, sowie auch 10—15 verschiedene Grössen derselben in 4—5 Stärken, also im Ganzen 90—135 Grössen und von diesen verschiedene Stärken, also total ca. 500 verschiedene Gitter herstellen zu können, sind die Formen aus einzelnen Theilen herzustellen, welche sich in möglichst weiten Grenzen kombiniren lassen. — Ueber diesen Punkt habe ich bereits in der Elektrochemischen Zeitschrift, Berlin, vom November 1897, Heft 8, Seite 176, berichtet. Mit der am Schlusse daselbst beschriebenen, nach meinen Angaben von Herrn E. Franke konstruirten Maschine können 45 verschiedene Träger nach den D. R.-P. No. 84 810 und 86 595 gegossen werden. —

Zu 9. Die aktive Masse soll derartig zusammengesetzt und behandelt sein, dass sie fest und porös ist und die grösste Kapazität ergibt. Die positive Masse soll sich nicht zu stark ausdehnen, die negative Masse möglichst wenig schrumpfen.

Das aktive Material soll nach Oberfläche und Menge in den positiven und negativen Platten im richtigen Verhältniss stehen, sodass Ueberladen der einen oder der anderen Plattenart möglichst vermieden wird.

Die aktive Masse soll nicht abblättern, in Stücken abspalten sich krümmen oder auftreiben, sondern sie soll sich bei den positiven Platten mit der Länge des Gebrauchs allmählich abschälen und als Schlamm zu Boden fallen.

Die Oberfläche der Masse in den Platten soll zwar eben, aber nicht mit einer glatten dichten Oberhaut versehen sein, besonders die negativen Platten sollen nicht wie polirt aussehen.

Besondere Konstruktionen hier zu beschreiben ist in dem Rahmen dieses Abschnittes nicht gut möglich, da den gestellten Bedingungen durch die verschiedensten Anordnungen entsprochen werden kann.

Der wahre Werth einer Platte lässt sich genau nur durch den praktischen, vergleichenden Versuch ermitteln, indem man positive und negative Platten aus den zu untersuchenden Gittern herstellt, und sie unter den verschiedensten Bedingungen und Anordnungen auf ihre Leistungsfähigkeit hin untersucht.

Nach etwa 50 Entladungen wird man ein vorläufiges, nach etwa 1500 Entladungen ein endgiltiges Urtheil fällen können.

Untersuchungen im Laboratorium allein sind jedoch nicht hinreichend; der praktische Betrieb muss das aus den ersteren gewonnene Urtheil ergänzen.

Wer gründliche Erfahrungen in der Fabrikation besitzt, wird auch ohne Versuch ein gewisses Urtheil sich bilden können, wer solche nicht besitzt, sollte es vermeiden, ein Urtheil überhaupt abzugeben oder eine Untersuchung vorzunehmen.

Unerfahrene glauben z. B. durch recht verzwickte Konstruktionen die positive Masse absolut festhalten zu können. — Es ist ja z. B. leicht möglich, eine Platte so einzurichten, dass die positive Masse nur schwer abfallen kann. Damit ist aber noch sehr wenig erreicht. Denn wenn die aktive Masse mit dem Bleigerüst nicht in innigster Berührung ist und bleibt, nützt keine noch so gut erdachte Konstruktion. — Die Kapazität bezw. das Güteverhältniss lässt dann unaufhaltsam nach. —

Bis zu 3stündiger Entladung kann man allenfalls noch positive Gitterplatten anwenden, gewöhnlich wird man jedoch nicht über eine 5stündige Entladung hinausgehen.

Bei grösserer Stromdichte dürfte als positive Platte vorläufig die Planté-Platte am besten sein, während als negativer Träger bei beiden Plattenarten das Gitter in Anwendung steht.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass man später vielleicht auch Gitterplatten so zu konstruiren lernt, dass sie hohe Stromdichten wie Planté-Platten dauernd erzeugen können.

Ueber die spezielle Untersuchung von Akkumulatorenplatten ist in an anderer Stelle des Werkes ausführlich gesprochen worden.

Berechnete Kapazitäts-Tabelle.

Stunden Ent- ladung	Y.		X.		M.		K.		W.		A.		T.		C. u. D.		F.		Ww.	
	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.	Amp.- Bel.	Amp.- Std.
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0.930	2.79	1.325	4.18	1.705	5.11	3.620	10.86	3.410	10.23	3.565	10.69	4.030	12.09	4.185	12.55	6.510	19.53	7.440	22.32
4	0.750	3.00	1.125	4.50	1.375	5.50	3.000	12.00	2.750	11.00	2.875	11.50	3.250	13.00	3.375	13.50	5.250	2.100	6.000	24.00
5	0.630	3.15	0.945	4.72	1.155	5.77	2.520	12.60	2.310	11.55	2.415	12.07	2.730	13.65	2.835	14.17	4.410	22.05	5.040	25.20
6	0.552	3.31	0.828	4.96	1.012	6.07	2.208	13.24	2.024	12.14	2.116	12.69	2.392	14.3	2.484	14.90	3.864	23.08	4.416	26.49
7	0.480	3.36	0.720	5.04	0.880	6.16	1.920	13.44	1.760	12.32	1.840	12.88	2.080	14.56	2.160	15.12	3.360	23.52	3.840	26.88
8	0.438	3.50	0.657	5.25	0.803	6.40	1.752	14.01	1.606	12.84	1.679	13.43	1.898	15.18	1.971	15.76	3.066	24.52	3.504	28.03
9	0.396	3.56	0.594	5.34	0.726	6.53	1.584	14.25	1.452	13.06	1.518	13.62	1.716	15.44	1.782	16.03	2.772	24.94	3.168	28.51
10	0.360	3.60	0.540	5.40	0.660	6.60	1.440	14.40	1.320	13.20	1.380	13.80	1.560	15.60	1.620	16.20	2.520	25.20	2.880	28.80
12	0.312	3.74	0.468	5.61	0.572	6.86	1.248	14.97	1.144	13.72	1.196	14.35	1.352	16.22	1.404	16.84	2.184	26.20	2.496	29.95
14	0.270	3.78	0.405	5.67	0.495	6.93	1.080	15.12	0.990	13.86	1.035	14.49	1.170	16.38	1.215	17.01	1.890	26.46	2.160	30.24
16	0.252	4.03	0.378	6.04	0.462	7.39	1.008	16.12	0.924	14.78	0.966	15.45	1.092	17.47	1.134	18.13	1.764	28.22	2.016	32.25
18	0.234	4.21	0.351	6.31	0.429	7.72	0.936	16.84	0.858	15.44	0.897	16.14	1.014	18.25	1.053	18.95	1.638	29.48	1.872	33.69
20	0.216	4.32	0.324	6.48	0.396	7.92	0.864	17.28	0.792	15.84	0.828	16.56	0.936	18.72	0.972	19.44	1.512	30.24	1.728	34.56
25	0.192	4.80	0.288	7.20	0.352	8.80	0.768	19.20	0.704	17.60	0.736	18.40	0.832	20.80	0.864	21.60	1.344	33.60	1.536	38.40
30	0.168	4.94	0.252	7.56	0.308	9.24	0.672	20.16	0.616	18.48	0.644	19.32	0.728	21.84	0.756	22.68	1.176	35.28	1.344	40.32
35	0.150	5.25	0.225	7.87	0.275	9.62	0.600	21.00	0.550	19.25	0.575	20.12	0.650	22.75	0.675	23.62	1.050	36.75	1.200	42.00
40	0.132	5.28	0.198	7.92	0.242	9.68	0.528	21.12	0.484	19.36	0.506	20.24	0.572	22.88	0.594	23.76	0.924	36.96	1.056	42.24
45	0.120	5.40	0.180	8.10	0.220	9.90	0.480	21.60	0.440	19.80	0.460	20.70	0.520	23.40	0.540	24.30	0.840	37.80	0.960	43.20
50	0.108	5.40	0.162	8.10	0.198	9.90	0.432	21.60	0.396	19.80	0.414	20.70	0.468	23.40	0.486	24.30	0.756	37.80	0.864	43.20
60	0.090	5.40	0.135	8.10	0.165	9.90	0.360	21.60	0.330	19.80	0.345	20.70	0.390	23.40	0.405	24.30	0.630	37.80	0.720	43.20
75	0.084	6.30	0.126	9.45	0.154	11.55	0.336	25.20	0.308	23.10	0.322	24.15	0.364	27.30	0.378	28.35	0.588	44.00	0.672	50.40

7. Säurekurven.

Da auch die Schwefelsäure im Akkumulator chemischen Prozessen unterworfen ist und somit einen Einfluss auf die Höhe der Kapazität ausübt, so ist es selbstredend nicht gleichgiltig, wie viel Säure in einer Zelle vorhanden ist, vielmehr ist deren Menge nach der gewünschten Kapazität zu berechnen. Zunächst kommt es nun bei der Berechnung der Säuremenge daraufan, innerhalb welcher Konzentrations-Grenzen man bei Ladung und Entladung die Säure schwanken lassen will. Bei nachfolgender Kurventabelle, Fig. 44, sind hierfür 3 verschiedene Werthe gewählt, nämlich:

- Kurve I . 20°—25° Bé.
- Kurve II . 25°—30° Bé.
- Kurve III . 30°—35° Bé.

Auf der Ordinate sind die maximalen Kapazitäten verschiedener Akkumulatoren, d. h. die bei der niedrigsten, praktisch vorkommenden, Entladestromstärke erhaltenen Kapazitäten in Ampèrestunden eingetragen. Die Zahlen der Abscisse geben dann die jeweils nöthige Säuremenge in Litern an.

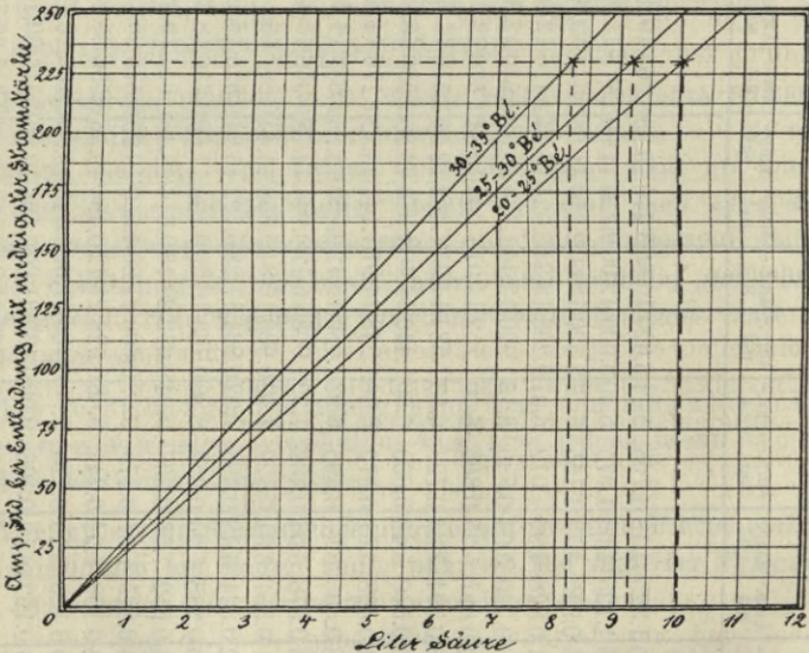


Fig. 44.

Für die Kurve I möge die Berechnung folgen: Für jede Ampèrestunde wurden nach Elbs *) 3.67 g $H_2 SO_4$ verbraucht; da diese Zahl für jede Ampèrestunde konstant dieselbe bleibt, so müssen wir selbstredend für die oben genannten Kurven gerade Linien erhalten.

*) Dr. Karl Elbs: „Die Akkumulatoren“, 1896, S. 28.

Berechnung:

In 1 Liter Schwefelsäure von 25° Bé. sind 346 g $H_2 SO_4$ enthalten; in 1 Liter Schwefelsäure von 20° Bé. sind 262 g $H_2 SO_4$ enthalten. Hiernach sind in 1 Liter Säure, wenn ihre Konzentration in den angegebenen Grenzen von 20° Bé. bis 25° Bé. schwanken soll, 346 g — 262 g = 84 g verfügbare $H_2 SO_4$ vorhanden, was einer Kapazität von $84 : 3.67 = 23$ Ampèrestunden entspricht. Soll nun eine Zelle bei ihrer geringsten Entladestromstärke z. B. 230 Ampèrestunden ausgeben, so muss sie mit $230 : 23 = 10$ Liter Säure gefüllt werden. Für dieselbe Kapazität, 230 Ampèrestunden, wären nur 3.2 Liter Säure bei einer Konzentrations-Schwankung von 25° Bé bis 30° Bé. und 8.2 Liter bei einer solchen von 30° Bé. bis 35° Bé. nothwendig.

Bei der Berechnung der Kurven wurde, wie erwähnt, pro Ampèrestunde 3.67 g $H_2 SO_4$ gerechnet; diese Zahl ist mehr theoretischer Natur, sie hat nämlich nur Giltigkeit unter der Annahme, dass einerseits an der negativen Platte nur eine chemische Reaktion, nämlich die Ueberführung von Pb in $Pb SO_4$, andererseits an der positiven Platte gleichfalls nur eine Reaktion, nämlich die Ueberführung von $Pb O_2$ in $Pb SO_4$ stattfindet. Diese Annahme würde realisirt bei Anwendung sehr geringer elektrischer Ströme, doch ist die Zahl 3.67 sehr schwierig zu erreichen; denn schon bei allmählicher Selbstentladung in Zellen, also der denkbar geringsten Beanspruchung wurden abweichende Werthe erhalten. Die für eine Ampèrestunde sich praktisch ergebende Zahl ist stets bedeutend geringer als 3.67. Ihr wirklicher Werth ist einerseits bedingt durch die zwischen Blei und Schwefelsäure stattfindenden Nebenreaktionen, andererseits aber auch durch die Reaktionen von ev. in den Platten enthaltenen organischen Verbindungen, die sogar bisweilen eine ganz charakteristische Modifikation bedingen.

Umstehend ist eine Versuchstabelle wiedergegeben, die nur Anspruch auf ungefähre Richtigkeit hat, da die betr. Versuche damals ohne jede weitere Vorsichtsmaassregel mit einer gewöhnlichen Zelle ange stellt wurden. Aus dieser Tabelle ergibt sich:

Bei der Ladung wird pro aufgenommene Ampèrestunde 2.4 g $H_2 SO_4$ gebildet und bei der Entladung pro Ampèrestunde 2.75 g $H_2 SO_4$ verbraucht. Die Verschiedenheit beider Werthe ist nur scheinbar und verschwindet, sobald man die Ladung unterbricht, bevor Gasentwicklung eintritt.

In der Praxis kann man als mittleren Werth für eine Ampèrestunde 2.5 g $H_2 SO_4$ rechnen und es empfiehlt sich für die meisten Akkumulatoren, die Säurekonzentration in den Grenzen von 18° Bé. bis 25° Bé. zu halten. Kommt es jedoch auf Gewicht und Dimensionen nicht an, wie z. B. bei stationären Batterien, so wird man stets die

	Stromstärke Ampère	Kapazität Amp.-St.	Spezif. Gewicht der Säure	1 Liter Elektrolyt enthält g H_2SO_4	In der Zelle sind g H_2SO_4	Verbraucht oder gebildet	Pro 1 Amp.- Stundeg H_2SO_4
Entladung	—	—	1.275	462	166	—	—
Ladung	1.7	11.3	1.308	529	190	24	2.1
Entladung	1.7	10.8	1.275	462	166	24	2.2
Ladung	0.35	14.7	1.330	567	208	42	2.9
Entladung	1.7	12.3	1.280	472	170	38	3.1
Ladung	1.7	14.4	1.331	572	206	36	2.5
Entladung	0.85	13.4	1.241	400	144	50	3.7
Ladung	0.64	28.8	1.332	577	204	60	2.1
Entladung	0.85	17.9	1.255	426	153	51	2.9
Ladung	0.42	21.4	1.332	577	204	51	2.4
Entladung	0.42	22.7	1.241	400	144	60	2.6
Ladung	0.42	25.2	1.332	577	204	60	2.4
Entladung	0.21	29.9	1.240	400	144	60	2.0

Säuremenge derart reichlich wählen, dass das Schwanken der Konzentration nur innerhalb viel engerer Grenzen stattfindet. Für die soeben angegebenen Werthe ergibt sich folgende Kurve.*)

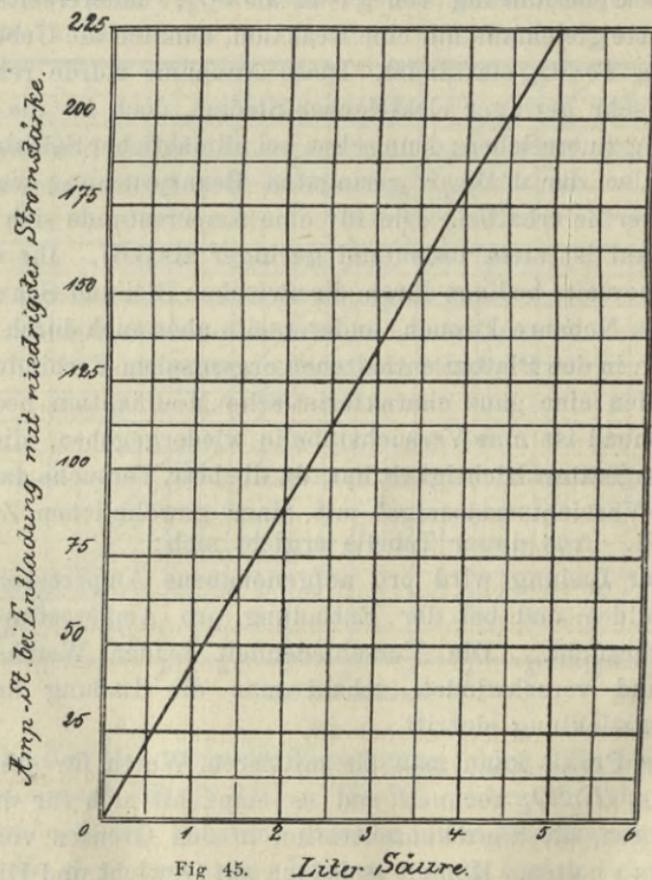


Fig. 45. Liter Säure.

*) Für dieses Werk von Dr. A. Pfaff berechnet, s. auch Tabelle S. 173.

Behandlung transportabler Akkumulatoren.

Jeder Apparat, jede Einrichtung erfordert eine gewisse, am besten geeignete Behandlung und Wartung. Dies gilt insbesondere auch für die Akkumulatoren. Je sorgfältiger und sachgemässer die Wartung ist, desto besser werden sie ihren Zweck erfüllen, um so länger werden sie gebrauchsfähig bleiben.

Die stationären Batterien haben durch das Maschinenpersonal immerhin eine gewisse sachgemässe Wartung, während die transportablen Zellen oft in Laienhänden sich befinden. Es dürfte also eine eingehende Beschreibung für die Wartung, das Laden und Entladen, sowie für kleine Reparaturen hier am Platze sein, wenn auch einige diesbezügliche Winke an verschiedenen Stellen bereits gegeben wurden.

Allgemeines.

Die Akkumulatoren sollen möglichst staubfrei in kühlem Raume aufbewahrt werden. Direktes Sonnenlicht soll dieselben nicht treffen. Die Kästen, Zellen, Polklemmen, überhaupt alle sichtbaren äusseren Theile sollen stets sauber und trocken gehalten werden. Ist am Holzkasten oder an den Metalltheilen der Lacküberzug schadhhaft geworden, so muss derselbe möglichst wieder ausgebessert werden, wozu nur säurefester Lack genommen werden darf.

Beim Laden der Batteriekästen müssen dieselben isolirt vom Erdboden aufgestellt werden. Am besten ist es, ähnlich wie bei den stationären Batterien, sowohl das Holzgestell, die Bank, den Tisch, worauf die Kästen stehen, vom Erdboden durch Glasfüsse, und die Kästen von einander durch Porzellanunterlagen oder dergleichen, und vom Untergestell zu isoliren, damit Stromverluste vermieden werden und der Strom nicht etwa feuchtes, oder durchsäueretes Holz noch schneller zerstört als dies ohnehin schon durch die Säure bewirkt wird.

Selbstverständlich dürfen die Batteriekästen heftigen Stössen oder Erschütterungen nicht ausgesetzt werden; dieselben sind also stets vorsichtig zu heben und zu tragen, sie dürfen nicht geworfen werden. Bei starkem Neigen der Kästen läuft leicht aus den Zellen etwas Säure heraus, welche die Einbaukästen beschädigt, es sind die Kästen also möglichst horizontal zu transportiren.

Grosse Sorgfalt ist auch auf die stete Beobachtung des Einbaus der Platten, d. h. auf die Isolirung derselben von einander, zu legen. Irgend welche Theile, die sich etwa an den Platten loslösen sollten, dürfen nicht zwischen den Platten hängen bleiben, sondern müssen mit Holz- oder Celluloidsteifen vorsichtig zu Boden gestossen werden, damit kein Kurzschluss zwischen den Platten verschiedener Polarität entsteht, der starke Selbstentladung derselben erzeugt und dadurch die Platten beschädigt.

Ist die Verlöthung einer Platte an der Fahne (dem Ableitungstreifen) gebrochen, so arbeitet die betreffende Platte nicht mit. Es ist also für erneutes Verlöthen alsbald Sorge zu tragen. Ueber das Bleilöthen ist an anderer Stelle dieses Buches Ausführlicheres mitgetheilt. Bei allen Reparaturen an den Verlöthungen bezw. Ableitungen oder Polklemmen ist stets ein Fachmann zu Rathe zu ziehen. Mit Zinn zu löthen oder Kupferdrähte zu den Verbindungen innerhalb der Einbaukästen zu verwenden, ist durchaus unzulässig, weil die Säure diese Metalle sehr bald zerstört.

Die richtige Behandlung der Akkumulatoren ist für die Haltbarkeit und gutes Funktioniren eine grosse Hauptsache. Viele Leute glauben, dass sie im Akkumulator eine bequeme Kraftquelle stets zur Hand haben, die keine Erhaltung bedürfe. Dies ist jedoch ein grosser Irrthum.

Je sorgfältiger die Akkumulatoren behandelt werden, um so länger werden sie ihren Dienst thun. In den meisten Betrieben erstreckt sich die tägliche Wartung einer Batterie nur auf das Messen der Spannung einer jeden Zelle. Es ist jedoch von Vorthail, auch öfter den Säurestand und die Konzentrirung der Säure zu beobachten, und wenn möglich, durch entsprechendes Nachfüllen von Säure bezw. Wasser alle Zellen möglichst auf gleiche Konzentrirung der Säure zu bringen. Eine sorgfältige, sachgemässe Behandlung der Zellen ist der wichtigste Theil eines dauernden und rationellen Betriebes. Wer diese Sorgfalt auf seine Akkumulatoren wirklich verwendet, erspart viel Zeit, Geld und Aerger, so dass die aufgewendete Mühe sich bald bezahlt macht. Ein jeder Apparat, eine jede Maschine erfordert eine entsprechende Behandlung, um dauernd zu funktioniren; Akkumulatoren sind die empfindlichsten der elektrischen Apparate die wir haben, sie sind keine Haustelegraphen-Batterien oder Trockenelemente, welche Jahre lang, oft ohne jegliche Wartung, eventuell funktioniren. Nur bei Anwendung der Akkumulatoren für minimale Ströme, wie sie bei kleinen Haustelegraphen-Anlagen, bei elektrischen Uhren und für Mikrophone Verwendung finden, kann man darauf rechnen, dass ein entsprechend hergestellter und richtig geladener Akkumulator ein

bis anderthalb Jahre ohne jegliche Wartung tadellos funktioniert. Akkumulatoren für Beleuchtung oder im Betriebe für Fahrzeuge erfordern allemal mehr oder weniger aufmerksame Bedienung.

Etwa ausgelaufene Zellen sollte man sofort wieder mit Säure füllen. Nur wenn diese Vorschriften regelrecht eingehalten werden, wird man die Akkumulatoren auf Jahre hinaus ohne wesentliche Abnutzung oder Reparaturen gebrauchen können. Die Zellen sollen, wenn irgend möglich, an einem kühlen, nicht von der Sonne beschienenen Orte aufgestellt oder aufbewahrt werden; sie sind stets sauber und trocken zu halten. Da die Säure fast alle Stoffe angreift oder zerstört, ist es nothwendig, vorsichtig damit umzugehen; etwa auf Kleidern entstandene rothe Flecken sind sofort durch Betupfen mit Ammoniaklösung wieder zu entfernen.

Es ist zu vermeiden, die Pole einer einzelnen Zelle oder Batterie mit einem Draht oder metallischen Gegenstand direkt in Berührung zu bringen (kurz zu schliessen), weil in diesem Falle der Akkumulator plötzlich den ganzen Strom, den er enthält, abgibt und hierdurch Zerstörungen entstehen würden. (Es ist dies eine Eigenthümlichkeit der Akkumulatoren, soviel Strom stets abzugeben als gebraucht wird.)

Zur Vermeidung der Letzteren schalte man stets vor die Zellen eine Bleisicherung mit richtig bemessenem Abschmelzstreifen, isolire und befestige die Leitungen gut und sicher, damit alle Theile in gewünschter Weise funktionieren.

Um die Haltbarkeit gegen mechanische Einflüsse zu erhöhen, kann man unter Umständen dickere Platten anwenden, und zwar dann, wenn Gewicht und Raum weniger von Bedeutung sind, oder auch, wenn die Kosten des Materials geringer sind, als die der Herstellung. Die Kosten des Materials können jedoch auch die der Herstellung übersteigen. Das verbrauchte Material aller Platten, also die negative und positive Masse derselben, hat unter Umständen beinahe denselben Preis wie der des neuen Materials. Für diesen Fall ist es mitunter besser, die Platten öfter zu erneuern, als ihr Volumen zu vergrössern.

Da wo Gewicht und Raum der Akkumulatoren in elektrischen Betrieben eine grosse Rolle spielen, pflegt man die Platten so leicht als es Haltbarkeit und Konstruktion nur gestatten, zu machen, ohne Rücksicht auf die Kosten der Arbeit und den Preis des Materials; und zwar wird dies dann der Fall sein, wenn die Energie, welche zum Betriebe des todten Gewichtes der Zellen bei der Fortbewegung der Fahrzeuge erforderlich ist, mit in Rechnung gezogen werden muss.

Die richtige Oekonomie ist erreicht, wenn die Abnutzung der Batterie den Kosten der Triebkraft des Fahrzeuges gleich kommt. Bei Verminderung des Gewichtes des Materials vermindern wir auch

oft die Energie der Platten oder auch das Verhältniss, in welchem der Strom verbraucht wird.

Die Dauer der Platten ist zum grossen Theil proportional der geleisteten Arbeit. In jedem Falle erreichen wir eine gewisse Grenze, die in jedem einzelnen Falle in Rücksicht gezogen werden muss.

Da, wo das häufige Auswechseln der Platten wenig Umstände macht, ist ein Theil der Schwierigkeit bezüglich der Haltbarkeit überwunden.*)

Was wir an Gewicht sparen bei den Akkumulatoren, sparen wir auch an Kraft im Betriebe für Fahrzeuge, so dass wir die höchste Oekonomie erzielen, wenn die Kosten der zum Fortbewegen eines Wagens nothwendigen Energie gleich ist den Kosten der Erneuerung verbrauchter Platten.

Wenn auch das Gewicht der neuen gleich ist dem Gewicht der auszuwechselnden alten Platten, so ist doch bei der Umwandlung des alten Materials bezw. der Verwerthung desselben immer ein gewisser Verlust vorhanden, der unter Umständen 30—40 % an Material betragen wird.

1. Die Säure.

Die zu den elektrischen Akkumulatoren verwendete Säure soll, wenn irgend möglich, chemisch rein sein, mindestens darf dieselbe kein Chlor, Arsen, Salpetersäure oder Kupfer und Eisen enthalten. Hat man keine sichere Bezugsquelle für die Säure, so lasse man dieselbe mindestens auf etwaigen Chlorgehalt von einem Sachkundigen untersuchen. Die Reaktion mit einer Lösung von salpetersaurem Silber weist noch Spuren davon nach und ist sehr leicht und schnell auszuführen. Schwefelsäure, welche von Chlor nicht ganz frei ist, darf zum Füllen von Akkumulatorenzellen nicht verwendet werden, weil das Chlor die Bleirahmen in kurzer Zeit zerstört.

Mitunter zeigt die Säure einen röthlichen oder bläulichen Schimmer, der vom Mangan oder Kupfer herrührt. Ist die Färbung nur sehr schwach, so hat dies auf die Wirkung der Platten nur sehr wenig Einfluss. Es kommen auch farbige Verunreinigungen durch in der Nähe von Färbereien entnommenes Flusswasser vor, die jedoch selten schädlich sind. Besser ist es jedenfalls, zum Verdünnen der Schwefelsäure stets destillirtes Wasser zu verwenden.

Die geladene Akkumulatorenzelle enthält gewöhnlich Schwefelsäure von 23—24° Beaumé (1.18—1.19 spez. Gewicht). Unter Umständen pflegt man auch besonders für Strassenbahnzwecke den Säuregehalt

*) Siehe hierüber auch: „Die Akkumulatoren zur Aufspeicherung des elektrischen Stromes“ von Johannes Zacharias, Jena 1892, S. 159, 219 u. 232.

zu vermehren, wenn es darauf ankommt, möglichst geringen inneren Widerstand und hohe Spannung zu erzielen. Da die Kapazität, abgesehen von dem Gehalt der Platten an aktiver Masse, auch von dem Säuregehalt abhängig ist, so darf man andererseits auch nicht zu wenig Säure in den Zellen haben, da sonst die erforderliche Kapazität nicht zu erzielen ist.

Eine Ampèrestunde scheidet 3,87 g metallisches Blei aus einer Bleiverbindung in der Elektrolyse ab und umgekehrt werden 3.87 g metallisches Blei in eine Bleiverbindung übergeführt. Man nennt diese Zahl das elektrochemische Aequivalent des Bleies, und hieraus lässt sich auch berechnen, in welchen Quantitäten Schwefelsäure von bestimmtem Gehalt für eine gewisse Zelle nothwendig ist. Es wird nämlich pro Ampèrestunde an beiden Platten zusammen (d. h. an den positiven und negativen Platten) 3.67 g reine Schwefelsäure oder 18.35 g verdünnte Schwefelsäure vom spez. Gewicht 1.15 verbraucht. In Wirklichkeit verläuft die Zersetzung nicht ganz genau der theoretischen Berechnung entsprechend, da ein Theil des Stromes bei Ueberwindung des inneren Widerstandes in den Platten und der Säure in Wärme umgesetzt wird und daher nicht nutzbar ist. Man kann daher auch nicht alle einem Akkumulator zugeführte Elektrizität wieder gewinnen sondern der Wirkungsgrad ist je nach Konstruktion, Beschaffenheit und Behandlung der Zellen verschieden. Gewöhnlich gewinnt man 90—96 % der eingeladenen Ampèrestunden, während man an Volt-Ampèrestunden oder Wattstunden nur 76—88 % zurück erhält, da die elektromotorische Gegenkraft des Akkumulators beim Laden etwa 2.2 im Mittel beträgt, während bei der Entladung die mittlere Spannung nur etwa 1.95 Volt ausmacht.

Wenn auch die höhere Konzentration der Säure für die Leistung des Akkumulators unter Umständen vortheilhafter ist, so ist sie andererseits bezüglich des Verhaltens der Platten und auch mit Rücksicht auf die Einwirkung auf den Stoff, aus welchem die Zellen bestehen, nicht immer von Vortheil, da die stärkere Säure besonders bei längerem Stehen der Zellen, die Platten stärker sulfatirt und Gefässe, die nicht aus Blei oder Glas, sondern aus anderen Stoffen bestehen, eventuell angreift oder gar zerstört.

Da also die gute Wirksamkeit der Akkumulatoren zum grossen Theil auch von der richtigen Zusammensetzung des Elektrolyten, d. h. von dem genügenden Säuregehalt desselben, abhängig ist, so muss man stets beim Laden und Entladen auch den Säuregehalt kontrolliren. Es empfiehlt sich, dies wenigstens täglich einmal zu thun und zwar, wenn möglich, in jeder Zelle. Da bei den verschlossenen Akkumulatorenzellen es selten möglich ist, den Säuremesser (Araeo-

meter) direkt in die Zellen zwischen die Platten zu senken, so pflegt man mit Hilfe eines Gummiballes, mit daran sitzendem kurzen Gummischlauch oder Glasröhrchen, ein geringes Quantum Säure aus der Zelle zu heben und in einen Glaszylinder laufen zu lassen, in welchem ein Säuremesser steht. Bei der normalen Temperatur in unseren Breitengraden, also bei 16—20° Celsius, soll die Schwefelsäure in dem Akkumulator gewöhnlich in geladenem Zustande 23—25° Bé. (1.18—1.20 spez. Gewicht), in entladnem Zustande 19—20° Bé. betragen. Bei neuen Platten, welche noch nicht in Gebrauch waren, die ohne Säure — also fast trocken — verschickt worden sind, ist es erforderlich, die erste Füllung mit Säure von 17—18° Bé. (1.13—1.14 spez. Gewicht) vorzunehmen, und alsdann sofort mit schwachem Strom etwa 24—48 Stunden lang ohne Unterbrechung zu laden, bis die positiven wie negativen Platten lebhaft zu gasen anfangen. Sind die Platten sehr trocken gewesen, so ist es vortheilhaft, auch nach Eintreten des lebhaften Gasens noch einige Stunden fortzuladen. Natürlich ist es auch durchaus nothwendig, darauf Acht zu geben, dass keine fremden Stoffe in die Säure hineinkommen, denn wenn sie auch mitunter die Platten nicht gerade beschädigen, so verringern sie in den meisten Fällen doch den Gehalt an Säure und schädigen damit eventuell die Kapazität, wie dies z. B. beim Hineinfallen von Kalk der Fall wäre. Da die Aräometer oder Säuremesser gewöhnlich eine ziemlich lange Form haben, ist es gut, einen nicht zu weiten Glaszylinder anzuwenden, damit das Säurequantum, das man den Zellen behufs Kontrolle der Säure entnimmt, nicht zu gross ist, sodass hiermit an Zeit eventuell gespart würde. Selbstverständlich wird die entnommene Säuremenge mit Hilfe eines Trichters wieder in die betreffenden Zellen zurückgegossen, aus der sie entnommen war. Der Trichter darf nur aus Blei, Glas, Celluloid oder sonst säurebeständigem Stoff bestehen.

Es ist darauf zu achten, dass der obere Rand der Platten stets noch von Säure bedeckt ist, und pflegt man als Regel den Säurestand 1 cm über den oberen Plattenrand zu halten. Erweist sich die Säure beim Messen als zu schwach, so hebt man einen Theil derselben aus der Zelle und giesst dafür stärkere Säure von etwa 26—30° Bé. (1.21—1.25 spez. Gewicht) hinzu. Ist die Säure zu stark und vielleicht auch ein Theil derselben verdunstet, so giesst man einfach destillirtes Wasser hinzu; ist solches nicht vorhanden, so darf allenfalls auch filtrirtes Regenwasser oder längere Zeit gekochtes Wasser verwendet werden.

Das Mischen stärkerer Säure mit destillirtem Wasser, um einen bestimmten Konzentrationsgrad für das Füllen von Akkumulatorenzellen zu erhalten, muss stets in der Weise bewirkt werden, dass

man zunächst das Wasser in einen Steintopf oder Steintrog giesst und in diesen die Säure in dünnem Strahl unter Umrühren langsam einfließen lässt. Umgekehrt ist es gefährlich, Wasser in Säure zu giessen, da dieselbe sich beim Mischen mit Wasser stark erhitzt und heftig herumspritzen würde. Wegen der starken Erwärmung beim Mischen von Säure ist es immerhin riskant, Glasgefässe für diesen Zweck zu verwenden.

Konzentrierte Säure, die über 30° Bé. hat, darf niemals direkt in die Zellen eingegossen werden, sondern dieselbe muss stets zuvor mit Wasser verdünnt werden. Ist der Transport verdünnter Säure umständlich oder bei weiten Entfernungen kostspielig, so kann man unter Umständen auch konzentrierte Säure von 66° Bé. beziehen und dieselbe durch Wasser entsprechend verdünnen. Wegen der starken Erwärmung muss frisch gemischte Säure mindestens 2 Tage abkühlen, ehe sie zum Füllen von Akkumulatoren verwendet werden darf.

Will man Platten aus den Zellen herausnehmen, um dieselben zu reinigen oder zu reparieren, so ist es gut, die Zellen zuvor vollständig zu entladen und alsdann die positiven Platten einfach heraus zu nehmen, abtropfen zu lassen und zum Trocknen bei Seite zu stellen. Man thut gut, die negativen Platten nicht an der Luft stehen zu lassen, sondern man hebt sie am Besten in schwacher Säure oder, wenn solche nicht zur Hand ist, unter Wasser auf. Ist dies aus irgend einem Grunde nicht angängig, so muss man die Zellen, wie dies oft auch beim Trockenversandt der Platten auf grosse Entfernungen geschieht, soweit wie irgend möglich entladen und die negativen Platten, wenn möglich, nach der Entladung in Wasser entsäuern, damit sie beim Trockenversandt sich nicht an der Luft erwärmen. Um diese Erwärmung zu verhindern, versendet man die negativen Platten oft auch feucht in einer Bleiumhüllung, welche sauber verlöthet ist. Zellen, die längere Zeit unbenutzt stehen sollen, müssen zuvor gut geladen sein und alle 4—8 Wochen wieder neu aufgeladen werden, damit sie nicht durch starke Sulfatbildung verderben.

Untersuchung der Schwefelsäure.

Ist man genöthigt, die Schwefelsäure aus nicht bekannter, renommirter Fabrik zu beziehen, so dass man nicht sicher ist, absolut reine Säure zu erhalten, so kann man eine vorläufige Untersuchung auf etwaigem Chlorgehalt in der folgenden einfachen Weise selber vornehmen:

Eine Probe der zu untersuchenden Säure wird, falls dieselbe trübe ist, zunächst filtrirt, sonst direkt in ein gut ausgewaschenes, zuletzt mit destillirtem Wasser ausgespültes, nicht abgetrocknetes

Glas gebracht und mit einigen Tropfen chemisch reiner Salpetersäure versetzt. Letztere erhält man, indem chemisch reine, konzentrierte Salpetersäure mit dem 25fachen Volum destillirten Wassers verdünnt wird. Man giebt alsdann 5 Tropfen einer klaren Lösung von 1 g Silbernitrat in 40 Kubikcentimeter destillirtes Wasser hinzu. Erfolgt hierbei eine mehr oder weniger starke milchige Trübung, die nach Zusatz von viel Ammoniak (Salmiakgeist) verschwindet, so enthält die Schwefelsäure Chlor.

Diese Untersuchungsweise ist im höchsten Grade empfindlich und kann man mit Hilfe derselben selbst $\frac{1}{1000}$ stel Prozent noch nachweisen.

Säure, welche bei derartiger Untersuchung sich als chlorhaltig erwiesen hat, darf unter keinen Umständen zum Füllen von Akkumulatoren gebraucht werden, weil selbst der geringste Chlorgehalt das Blei in den Platten sehr bald zerstören würde. Nächst dem Chlor ist auch Arsengehalt den Platten sehr schädlich, doch lässt sich eine Untersuchung daraufhin nur in einem chemischen Laboratorium ausführen, wie auch die Untersuchung auf den Gehalt anderer Metalle nur durch einen Chemiker stattfinden kann.

2. Das Laden.

Das Laden soll, wenn irgend möglich, mit nicht zu hoher Stromstärke geschehen, damit die Platten nicht unnöthig durch die starke Gasbildung zerstört oder abgenutzt werden. Je nach Art der Platten ladet man mit einer mittleren Strombelastung von 0.5—0.7 Ampère auf den Decimeter positive Platte. Dies ergibt eine Ladezeit von 7—16 Stunden. Zu starkes Laden ist immerhin nicht so schädlich, wie zu hohe Entladung. Unter Umständen, wenn an den Platten durch längeres Stehen sich etwas Sulfat gebildet hat, ist es sogar vortheilhaft, mit schwächerem Strom das Laden noch einige Stunden oder auch einen Tag lang fortzusetzen. Da bei dem Laden besonders gegen das Ende der Ladung die starke Gasentwicklung die Säure als feinen Sprühregen mit sich reisst, der sich bis einige Centimeter hoch über die Zellen erhebt, so ist es gut, den Verschluss auf dem Deckel zu öffnen oder, falls die Zellen offen sind, durch irgend einen passenden Deckel aus isolirendem Material, das keine Säure aufnimmt, zu bedecken, damit sich an diesem die verdunstete Säure immer wieder niederschlägt und in die Zellen herabtropft. Am vortheilhaftesten ist es, zu Anfang der Ladung etwas über die normale Stromstärke hinauszugehen und beim Steigen der Spannung die Stromstärke zu vermindern, sodass man am Schluss der Ladung mit $\frac{2}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ der Anfangsstromstärke endigt. Zellen, die normal ent-

laden sind, pflegen bei Beginn der Ladung sofort 2.0—2.1 Volt Klemmenspannung zu haben, die allmählich auf 2.3 und dann in kürzerer Zeit auf 2.5 oder auch noch höher ansteigt.

Ausser der ansteigenden Spannung giebt auch die Konzentration der Säure ein Maass für die fortschreitende oder vollendete Ladung bezw. für den Ladezustand, da die Säure am Ende der Ladung 23—25° Bé., und bei stärkerer Säure in Strassenbahnzellen bis zu 33° Bé. aufweist. — Auch die Farbe der Platten giebt bei einiger Uebung schon einen Anhaltspunkt, ob eine Zelle gut geladen ist oder nicht.

Ist Kurzschluss — auch nur der allergeringste — in einer Zelle vorhanden, so pflegt dieselbe weder viel aufzunehmen noch abzugeben; die Spannung einer solchen Zelle steigt selbst bei längerem Laden nicht auf die normale Höhe an. Mitunter erwärmt sich hierdurch auch die Säure in der Zelle, sodass man beim Entleeren der Säure die Stelle mit der Hand als erwärmt an den Platten fühlen kann.

Eine Zelle mit grossem Säurequantum, Säureüberschuss im Verhältniss zur Kapazität, zeigt gleichfalls kein hohes Ansteigen am Aräometer, man darf sich also in einem solchen Falle nicht täuschen lassen.

Ist die Spannung in einer Zelle, nachdem sie zuvor entladen war, in kurzer Zeit wieder sehr hoch, hat die Zelle also sehr wenig ausgegeben und aufgenommen im Verhältniss zur Oberfläche ihrer Elektroden, so sind die Platten schlecht und gewöhnlich falsch hergestellt worden. Ist der Verlauf von Ladung und Entladung zwar normal, die Kapazität jedoch im Verhältniss zur aktiven Masse bezw. dessen Oberfläche zu gering, so ist schlechtes Rohmaterial und schlechte Herstellung die Ursache hiervon. Die Sache ist eben nicht so einfach, wie viele glauben.

Man sehe sich nur die zahlreichen Patente des In- und Auslandes über Akkumulatoren an, man muss staunen über die zahlreichen Aenderungen und Bemühungen, über die viele Zeit und das Geld, was hierfür aufgewendet wird — und zwar meist vergeblich aufgewendet wird. In den allermeisten Patenten, ich möchte behaupten $\frac{9}{10}$ derselben, dokumentirt sich schon beim flüchtigen Durchsehen eine bedauernswerthe Unwissenheit und Unbeholfenheit. In den meisten Fällen ist sofort ersichtlich, dass die Betreffenden keine Ahnung von den bisher bekannten Konstruktionen und deren Fehlern oder Misserfolgen haben, dass also die sogen. Neuerung weiter nichts als eine „Nacherfindung“ von längst als unbrauchbar erkannten Anordnungen oder Verfahren darstellt.

Hier ein Beispiel: Es ist bekannt, dass das Wesen des Akku-

mulators mit auf dem sehr geringen inneren Widerstande beruht, und dass eine Vergrösserung dieses Widerstandes die Leistung bis auf die Hälfte herabsetzt. Trotzdem finden sich immer wieder noch „Erfinder“, welche Bimsstein, Glas, Gips etc. zwischen die Platten bringen, um sogen. Trocken-Akkumulatoren herzustellen, Kurzschlüsse zwischen den Platten oder Abfallen der Masse zu verhindern. Sie alle wissen nicht, dass viele Fabriken Versuche mit asbesthaltigen, gelatinösen Elektrolyten bereits vor Jahren gemacht und wieder aufgegeben haben. Selbst Leute, die jahrelang Maschinen oder Apparate gebaut haben, fühlen sich befugt, plötzlich eine Akkumulatorenfabrik zu errichten, obgleich ihnen alle Erfahrungen mangeln.

Trocken-Akkumulatoren dürften aus noch einem anderen Grunde für viele Zwecke nicht verwendbar sein:

Die beim Entladen sich entwickelnden Gase können, zufolge der zwischen den Platten befindlichen festen Stoffe, wie Bimsstein, Asbest, Glaswolle nicht frei entweichen. Sie sammeln sich in Folge dessen in sich bildenden Hohlräumen oder Kanälen in grösseren Mengen an und steigen, periodisch wechselnd, plötzlich gewaltsam nach oben. Hieraus entsteht ein ständig wechselnder, innerer Widerstand, sodass die Entladestromstärke sich fortwährend ändert und dadurch Schwankungen bis zu 30 % der abgegebenen Stromstärke hervorgerufen werden.

Der Vortheil des Akkumulators, nämlich die sehr gleichmässige Stromabgabe, wird hier also theilweise wieder aufgehoben, sodass solche Zellen für Telegraphenzwecke, Mikrophonbetrieb oder dergleichen nicht zu verwenden sind. Auch bei elektrischer Beleuchtung stört das fortwährende Auf- und Abschwanken der Helligkeit der Glühlampen ganz erheblich, das sich bei jeder aufsteigenden Gasblase geltend macht. Nur die poröse Holzkohle der Watt-Gesellschaft (s. S. 22) hat sich als brauchbares Füllmaterial zwischen den Platten erwiesen.

Oekonomisches Laden.

Wie schon an anderer Stelle ausgeführt wurde, fängt man beim Laden gewöhnlich mit der höchst zulässigen, normalen Stromstärke an und geht je nach dem Steigen der Spannung bis auf etwa die halbe normale Stromstärke zurück.

Das Laden mit gleichbleibender, konstanter Stromstärke ist nicht so vortheilhaft, es erfordert mehr Zeit und erhöht gegen Ende der Ladung die Gasbildung ganz bedeutend, so dass hierunter die Platten eventuell Schaden nehmen; jedenfalls sollte man auch in diesem Falle, sobald eine stärkere Gasbildung eintritt, den Ladestrom verringern. —

Man kann auch mit konstanter Spannung die Akkumulatoren laden, indem man pro Zelle etwas über 2.5 Volt nimmt, wobei die Stromstärke selbstthätig, zufolge der allmählich eintretenden höheren Gegenspannung sinkt.

Am vortheilhaftesten ist aber jedoch, mit konstanter Energie zu laden, indem man am besten mit einem Wattmeter den Zeiger auf die geeignete Zahl zu halten sucht. Bei grösseren Betrieben ist dies insofern auch von Wichtigkeit, als die Maschine, bei derartigem Vorgehen, mit gleichbleibender Belastung, also ökonomisch arbeitet. Dieses Verfahren ist auch insofern am einfachsten, als die Bedienung bei jeder Batterie nur an einem einzigen Instrument während des Ladens abzulesen braucht. — In vielen Betrieben hat man bisher immer noch für jeden Strom einen Ampèremeter und einen gemeinsamen Voltmeter angewendet, und ist insofern die Bedienung hierbei schwieriger, als man bei dem Ampèremeter auf eine Verringerung und bei dem Voltmeter auf eine Steigerung der Ablesung zu achten hat, während bei einem Wattmeter der Zeiger von Anfang bis zu Ende auf ein und derselben Zahl stehen muss. Die bei einem derartigen Laden abnehmende Stromstärke und ansteigende Spannung ergibt graphisch aufgetragen zwei sich kreuzende, im Uebrigen ähnlich verlaufende, beinahe gerade Linien, deren Werth in Watt ausgedrückt eine horizontale, gerade Linie ergibt.

Laden für besondere Zwecke.

Das Laden von Akkumulatoren, welche als Mikrofonzellen in umfangreichen Telephonanlagen gebraucht werden, kann am besten in nachfolgender Weise, ohne dieselben auszuwechseln oder den Betrieb zu stören, erfolgen:

Alle Mikrofonzellen werden in Nebeneinanderschaltung an eine Stromquelle angeschlossen, welche an den Polen jeder Zelle 2.5 Volt giebt. In der den Strom zuführenden Hauptleitung befindet sich vor der Abzweigung zur ersten Zelle ein Strommesser. Die Ladung erfolgt je nach Stromverbrauch und Kapazität der Zellen etwa jede Woche einmal.

Bei dieser Einrichtung erfolgt kein Ueberladen irgend einer Zelle, selbst wenn sie sehr ungleich beansprucht werden; denn sobald eine Zelle vollgeladen ist, steigt ihre Gegenspannung auf 2.5 Volt, und da dann die Spannung des Ladestromes gleich der Zellenspannung ist, so lässt die Zelle keinen Strom mehr hindurch, nimmt also Strom auch nicht mehr auf. Die Stromstärke im Ladestromkreise sinkt also nach Maassgabe der voll geladenen Zellen. Sobald der Strommesser also auf Null zurückgeht, sind alle Zellen voll geladen, und wird

dann der Ladestrom von Hand oder durch einen selbstthätigen Ausschalter unterbrochen.

Es ist nicht ausgeschlossen, in analoger Weise bei Hintereinanderschaltung aller Mikrophonzellen zu laden, jedoch findet dann ein Ueberladen der weniger entladenen Zellen so lange statt, bis alle Zellen voll geladen sind. Die erste Schaltung ist also ökonomischer und beansprucht die Platten weniger, als bei der Reihenschaltung. Es wäre auch nicht ausgeschlossen, täglich alle Zellen einige Stunden hindurch mit geringer Stromstärke in Hintereinanderschaltung zu laden, jedoch würden in diesem Falle die immerhin entstehenden, schwachen Säuredämpfe die Apparattheile eventuell angreifen.

Im Verlaufe der Ladung steigt die Gegenspannung der Zellen und die Stromstärke sinkt entsprechend. Der regulirbare Widerstand gestattet zunächst, so viel Widerstand auszuschalten, dass die erforderliche Stromstärke gleich bleibt. Gegen das Ende der Ladung regulirt man nicht mehr am Widerstande, sondern ladet mit sinkender Stromstärke fertig, wie dies bereits an anderer Stelle erwähnt wurde.

Sehr genau hat man beim Einschalten zum Laden darauf zu achten, dass auch die Pole der Zellen richtig an die Leitung angeschlossen werden.

Der positive Pol des Akkumulators ist gewöhnlich mit einem +, der negative Pol mit einem — bezeichnet.

Die braunen Superoxydplatten, welche im geladenen Zustande bis blauschwarz, entladen hellbraun aussehen, nennt man die positiven Platten, während die negativen Platten geladen eine hellgraue, entladen ein bleifarbenes graublaues Aussehen haben.

Sind die Pole des Akkumulators nicht bezeichnet, oder sind dieselben an der Lichtleitung nicht bekannt, so muss man sie mit Hilfe des Polreagenspapiers feststellen. Man nimmt einen kleinen, schmalen Streifen dieses Papiers, das vorher angefeuchtet wurde, und setzt die blanken Enden der beiden Leitungen (vom Akkumulator oder von der Lichtleitung) in 2—3 cm Entfernung von einander auf das Papier. In wenigen Sekunden wird sich dann das Papier am negativen Pol roth oder schwarz färben. Man darf bei diesem Versuch die Enden der Drähte verschiedener Polarität nicht miteinander in Berührung bringen, weil hierdurch Kurzschluss entsteht und die Bleisicherung am Abzweig durchschmelzen würde.

Auf jeden Fall muss das Ende der Ladung beobachtet und letztere rechtzeitig unterbrochen werden. Man sollte also stets mit einem Spannungsmesser, der bis auf 3 Volt eingetheilt ist, die Spannung während der Ladung beobachten.

3. Sulfatiren der Platten.

Die Bildung von schwefelsaurem Blei (Sulfat) tritt zufolge verschiedener Ursachen ein, und zwar sowohl bei zu starker Säure als auch bei zu schwacher Säure, wenn die Zellen lange unbenutzt stehen und nicht genügend in Pausen geladen werden. Ebenso findet Sulfatiren statt, wenn ein Kurzschluss längere Zeit in einer Zelle vorhanden ist, der unbemerkt blieb oder nicht beseitigt wurde. Besonders tritt auch Sulfatbildung ein bei Zellen, welche mit sehr schwachem Strom ohne Nachladen in Betrieb stehen.

Man hat zweierlei Sulfat zu unterscheiden: Das graue, basische Sulfat $Pb_2 SO_5$, welches durch den elektrischen Strom leicht beseitigt werden kann, und das weisse, neutrale Sulfat $Pb SO_4$, welches in keiner Weise durch den elektrischen Strom umgewandelt wird.

Es bildet sich zunächst immer das graue Sulfat, welches beim Fortschreiten des Prozesses jedoch in das weisse Sulfat übergeht. So lange nun auf den Platten zunächst graues Sulfat haftet, und nur die Oberschicht desselben in weisses Sulfat übergegangen ist, so lange ist es möglich, durch das nachstehende Verfahren das graue Sulfat mit Hilfe des elektrischen Stromes in Bleischwamm auf den negativen und in Superoxyd auf den positiven Platten durch den elektrischen Strom zu verwandeln, während die weisse, harte Oberschicht abfällt.

Hat sich jedoch das weisse, harte Sulfat bereits auf den Platten fest angesetzt, so bleibt nichts anderes übrig, als mit einer Kratzbürste oder einem sonst geeigneten Werkzeug die Oberfläche abzukratzen und auf diese Weise die harte Sulfatschicht zu entfernen.

Es giebt gewisse Merkmale, um die beginnende oder bereits eingetretene Sulfatirung zu erkennen. Platten, welche sich in normalem Zustande befinden, fühlen sich an der Oberfläche weich an, insbesondere kann man die negative Masse mit den Fingern zusammendrücken oder mit einer Nadel durchstechen, wenn die Platten gut geladen sind, während dies bei sulfatirten Platten nicht mehr möglich ist und die Oberfläche sich hart anfühlt. Man braucht übrigens die Härte der Oberfläche garnicht mit den Fingern zu untersuchen, sondern in den meisten Fällen wird man bereits mit einem Holz- oder Glasstäbchen das Verhärten konstatiren können.

Auch die Farbe giebt ein untrügliches Erkennungsmittel. Normale, gut geladene positive Platten haben eine dunkle, chokoladenartige Farbe, welche nach der Entladung in helleres Braun übergeht; während die negative Platte nach der Ladung ein hellgraues, metallisches Ansehen hat und nach der Entladung dunkelblaugrau sich färbt. — Sind die Platten jedoch sulfatirt, so ist der Farbenunterschied zwischen positiven und negativen Platten nicht so scharf ausgeprägt.

Da durch den auf der Oberfläche gebildeten Sulfatüberzug der innere Widerstand der Zellen vergrössert wird, so kann man auch bereits mit einem Spannungsmesser, dessen ganze Skala nur bis 3 Volt geht, den eingetretenen abnormen Zustand aus der geringeren Spannung der Zellen erkennen. Bei der Ladung zeigt ein solches Element nämlich schon nach kurzer Zeit eine viel höhere Spannung, als es bei einem normalen Zustande der Fall ist; während bei der Entladung die Spannung in kurzer Zeit unter die normale Grösse sinkt. Mit einem Wort, ein solches Element nimmt weder viel auf, noch giebt es die normale Kapazität ab, sondern es bildet gewissermassen nur einen elektrolytischen Widerstand im Ladestromkreise.

Bei nur mässiger Sulfatirung genügt gewöhnlich ein längeres Ueberladen mit etwa der Hälfte der sonst normalen Ladestromstärke. — Ist stärkere Sulfatirung eingetreten, so muss man in nachstehender Weise verfahren.

Beim langen Stehen ungeladener Zellen oder bei beständiger Beanspruchung und nicht genügender Ladung, bildet sich auf der Oberfläche zunächst, unter Umständen auch im Inneren der Masse, Bleisulfat, das sich anfangs als graue Flecken bemerkbar macht und schliesslich die ganze Oberfläche der Platten bedeckt.

Derartige Platten nehmen dann weder genügend Strom auf, noch geben sie viel Strom ab. Die Kapazität ist dann also ganz bedeutend geringer.

Dieser Uebelstand tritt oft beim Laden mit galvanischen Elementen, besonders bei den Zink-Kupfer- (Meidinger-) Elementen ein, deren kleinere Type (wie sie in den meisten Telegraphenverwaltungen gebraucht wird, bei dauernder Beanspruchung) nicht mehr als 0.1 Ampère bei 0.7 Volt giebt.

Da nun die galvanischen Elemente meist in nicht hinreichender Anzahl hintereinander geschaltet werden, so steigt die Ladespannung gewöhnlich nicht über 2.1 Volt pro Zelle; und da auch oft nur eine Reihe von Elementen zum Laden dient, so ist die Stromstärke nur 0.1 Ampère.

Die Zellen werden also immer bis 1.8 Volt entladen und bis 2.1 Volt geladen; ein Vollladen bis 2.5 Volt findet nicht statt. Die Säure wirkt in Folge dessen mehr auf die Platten ein als der Strom. Es bildet sich daher Bleisulfat, das nur durch längeres Laden mit etwa $\frac{1}{4}$ Ampère pro 1 qdem positive Plattenoberfläche (Formiren) wieder beseitigt werden kann. Geschieht dies nicht, so verhärtet das Sulfat und ist dann nur durch Abkratzen oder auf chemischem Wege zu beseitigen. Das Sulfat macht schliesslich die Platten völlig unwirksam, da dasselbe den elektrischen Strom schlecht leitet.

Um die ursprüngliche Kapazität wieder herzustellen, muss das Laden mit geringer Stromstärke, wie oben angegeben, so lange fortgesetzt werden, bis jede Zelle 2.55—2.6 Volt zeigt. Es wird alsdann entladen und wie vor zum zweiten Male geladen und entladen. Hierauf folgt eine neue Ladung mit normaler Stromstärke, worauf die volle Kapazität wieder vorhanden sein wird.

Will man dieses „Formiren“ mit Meidinger-Elementen ausführen, so hat man für Zellen von etwa 15—20 Ampèrestunden Kapazität 4 Elemente nebeneinander, und pro Akkumulator-Zelle 4 Elemente hintereinander zu schalten. Hierdurch erhält man $4 \times 0.1 = 0.4$ Ampère und $4 \times 0.7 = 2.8$ Volt Spannung, sodass dann die nöthige Stromstärke und Spannung vorhanden ist. — Besser und einfacher ist es allerdings, für diesen Zweck Maschinenstrom zu verwenden.

Besonderes Augenmerk ist auch auf die Konzentration der Säure hierbei zu nehmen. Dieselbe muss nach der Entladung nicht unter 19° Bé. und nach der Ladung mindestens 23° Bé. haben. Ist die Säure nach beendeter Ladung 24 — 26° Bé., so schadet es nichts. Das Sulfatiren tritt jedoch um so leichter ein, je stärker die Säure ist. Unter Umständen empfiehlt es sich auch, die alte Säure in den Zellen durch frische Säure von 18 — 19° Bé. zu ersetzen und alsdann mit schwachem Strom eine Ueberladung vorzunehmen, zu entladen und hierauf wieder normal zu laden.

4. Krümmen der Platten.

Die ungleiche Ausdehnung der positiven Platten verursacht naturgemäss ein Krümmen derselben. Sie wird entweder veranlasst durch zu hohe Beanspruchung der Zellen oder durch ungleichen inneren Widerstand zwischen den Platten.

Der ungleiche Widerstand entsteht entweder durch ungleichen Abstand der Platten unter einander, besonders bei schlechter Befestigung oder nachlässiger Montage beim Einbauen, oder auch zufolge eingetretener starker Sulfatirung, die nicht rechtzeitig oder genügend durch geeignete Maassnahmen beseitigt wurde. Bei ungleichem Abstände wie bei ungleicher Sulfatirung vertheilt sich der elektrische Strom ungleich zwischen den Platten, dieselben werden also auch ungleich in Anspruch genommen. Die weicheren Oberflächentheile nehmen Strom auf und dehnen sich beim Laden aus, die härteren aber arbeiten wenig oder gar nicht mit, es muss also ein Verbiegen oder Krümmen der Platten eintreten. Es ist z. B. möglich, durch absichtlich herbeigeführten ungleichen Abstand der Platten ganz bedeutendes Krümmen derselben willkürlich hervorzurufen.

Sind in einer Zelle einige Platten, die etwa beschädigt oder

abgenutzt waren, durch neue ersetzt, und ist alsdann eine solche Zelle nicht richtig behandelt worden, so tritt gleichfalls eine Störung in der guten Funktion derselben ein aus folgendem Grunde:

Die alten noch brauchbaren Platten waren noch mehr oder weniger geladen, die neuen Platten aber sind gewöhnlich beim Einsetzen nicht geladen. Wenn nun eine solche Zelle nur wie gewöhnlich geladen wird, so erhalten die neuen Platten eine nicht genügende Ladung, sie werden bei der nächsten Entladung in Folge dessen zu stark entladen, und da deshalb die nöthige Kapazität der Zelle nicht vorhanden ist, so werden auch die alten Platten zu sehr beansprucht und hierdurch der Ruin der soeben neu reparirten Zelle begründet.

Das Auswechseln einzelner Platten hat also in der Weise zu geschehen, dass man entweder gut geladene, neue Platten einsetzt, die zuvor in besonderem Gefäss sorgfältig geladen worden, oder, dass man die reparirte Zelle nicht entladet, sondern durch mehrmaliges Laden überladet, bis alle Platten gleichmässig stark Gas entwickeln und also gleichmässig stark geladen sind.

Das Einsetzen geladener positiver Platten macht weiter keine Schwierigkeiten. Die negativen geladenen Platten werden jedoch an der Luft in kurzer Zeit heiss, oxydiren hierdurch und leiden in Folge dessen. Die zu reparirende Zelle muss also Säure enthalten.

Ist dies nicht gut angängig, so entladet man die Zelle, laugt die Säure aus den Platten mit warmem Wasser aus und verfährt dann in bekannter Weise.

Zellen, die längere Zeit hindurch unbenutzt stehen sollen, werden gut geladen, die Säure ausgegossen und 2—3 Mal durch reines Wasser ersetzt, bis das Wasser keine Säure mehr enthält. Die letzte Wasserfüllung lässt man in den Zellen, bis sie wieder gebraucht werden.

Man entfernt bei neuem Gebrauch der Zellen das Wasser, und ersetzt es durch Säure von etwa 20° Bé. Das in den Platten enthaltene Wasser diffundirt beim Laden langsam aus den Platten, sodass die Säure zunächst etwa 18—19° Bé. zeigt. Es wird alsdann weiter geladen und die Säure so regulirt, dass sie am Ende der Ladung etwa 24—25° Bé. hat.

(Sehr einfache Versuche mit besonders für den Zweck hergestellten Masseplatten, welche von Herrn Dr. A. Pfaff ausgeführt wurden, haben erwiesen, dass die äusseren Schichten der aktiven Masse gleichsam wie ein Filter wirken, d. h. die gesammte zur Aktion kommende Säure absorbiren, sodass in der Mitte der Platten nur reines Wasser sich befindet; eine Beschreibung der Versuche soll demnächst veröffentlicht werden.)

5. Schaltungen zum Laden.

Jede Akkumulatorenzelle, ob klein oder gross, hat am Anfang der Ladung ca. 2 Volt. Alle zu ladenden Zellen gleicher Grösse werden gewöhnlich zu einer Reihe hintereinander verbunden. Die gesammte Anfangsspannung dieser Reihe ist also gleich dem Doppelten der Zellenzahl. Hat die Stromquelle, z. B. eine Dynamomaschine, eine höhere Spannung, als für das Laden der Akkumulatorenbatterie anfangs erforderlich wäre, so muss ein entsprechend hoher, veränderlicher Widerstand vorgeschaltet werden.

Sind nur einige Volt zu drücken, so genügt für diesen Zweck ein regulirbarer Widerstand aus entsprechend starken Neusilberspiralen, bei höherer Voltzahl ist es angebracht, für diesen Zweck, je nach der benötigten Stromstärke, eine oder mehrere Glühlampen, letztere in Parallelschaltung, von entsprechender Kerzenstärke davor zu schalten.

Die Stromstärke der Glühlampen lässt sich aus Spannung und Kerzenstärke leicht berechnen, da jede Kerze etwa 2—3 Watt benötigt. Es braucht also z. B. 1 Glühlampe von 16 Kerzen 60 Volt $3 \times 16 = 48$ Watt (Volt-Ampère), die Stromstärke der Lampe ist also $48 : 60 = 0.8$ Ampère.

Sind nun z. B. 9 Zellen in einer Reihe bei einer Stromstärke von etwa 3.6 Ampère mit einer Dynamomaschine zu laden, welche 80 Volt bei 4.5 Ampère giebt, so ist folgende Rechnung anzustellen:

$$2 \times 9 = 18 \text{ Volt Anfangsspannung der Zellen beim Laden}$$

$$80 - 18 = 62 \text{ Volt zu vernichtende Spannung.}$$

Da Glühlampen von 62 Volt gewöhnlich nicht zu haben sind, nehme man solche von 60 Volt und ergänze durch einen vorgeschalteten Drahtwiderstand das Fehlende, sodass dann 62 Volt konsumirt werden. Die Anzahl der Lampen, um die richtige Stromstärke zu erhalten, berechnet sich wie folgt: $3.6 : 0.8 = 4$ Lampen vorzuschalten.

Für eine andere Zellenzahl ist die Rechnung ganz analog wie oben durchzuführen.

Sehr Viele wissen gewöhnlich nicht, in welcher Weise ein Akkumulator zu verbinden ist, um ihn zu laden, es soll daher im Nachfolgenden hierfür eine möglichst genaue Anleitung gegeben werden.

Man merke sich zunächst, dass für das Laden Wechselstrom ohne Umwandlung nicht geeignet ist, hierzu also nur Gleichstrom verwendet werden darf.

Das Laden mit Hilfe galvanischer Batterien ist bei Zellen über 5 Ampèrestunden-Kapazität nicht mehr angebracht und ist stets umständlich und kostspielig. Galvanische Elemente geben gewöhnlich bei dauernder, tagelanger Einschaltung nicht mehr als 0.7—1.0 Volt

und 0.1—0.5 Ampère. Die höhere Stromstärke kann man jedoch nur sehr grossen kostspieligen Elementen entnehmen, die kleinen, gewöhnlich im Gebrauch befindlichen⁴ Elemente geben nicht mehr als 0.1 Ampère her. Um also mit denselben eine grössere Stromstärke zu erreichen, muss man 3—4 Elemente nebeneinander und zur Erzielung der erforderlichen Ladespannung ebensoviel hintereinander schalten, um 1—2 kleine Akkumulatorenzellen damit zu laden. Das einzige Element, das vielleicht für diese Zwecke noch am geeignetsten wäre, ist das verbesserte Lalande-Element, dessen Anschaffung zwar auch nicht billig, das aber wenig Kosten und Mühe in der Unterhaltung macht. —

Sehr einfach und billig wird das Laden der Akkumulatoren demnächst sich durch einen neuen Thermoofen bewirken lassen, welcher mit Coaks geheizt wird und von Herrn Ingenieur R. Jahr vor einiger Zeit konstruirt wurde. Derselbe gestattet, für jedes Haus auf billige Weise Heizung und Beleuchtung zu liefern. Weiteres hierüber mitzuthellen ist mir leider nicht gestattet mit Rücksicht auf die noch schwebenden Patentanmeldungen.

Betrachten wir also eingehender zunächst das Laden mit Dynamo-
strom.

Jede Zelle, gross oder klein, bedarf, wie schon früher erwähnt, einer Anfangsspannung von 2.0 und einer Endspannung von mindestens 2.5 Volt. Es muss daher die Stromquelle zum Laden stets soviel Mal 2.5 Volt geben, als Zellen zu einer Reihe hintereinander verbunden sind.

Ist die Anzahl der Zellen einer Reihe zu gross bezw. die Ladespannung der Dynamo zu gering, so sind die Zellen in zwei gleiche Hälften der Zahl nach zu theilen, beide Reihen nebeneinander zu schalten und so zu laden. Es ist hierbei darauf zu achten, dass jede Reihe dieselbe Stromstärke empfängt, sodass beide Reihen zugleich vollgeladen werden. Um dies zu erreichen, schaltet man vor jede Reihe einen geeigneten Regulirwiderstand und einen Strommesser, sodass man jederzeit die nöthige Stromstärke einstellen kann. Figur 46 erläutert diese Schaltung. *Dy* ist der Kollektor der Dynamo mit den Bürsten, *A_I* *A_{II}* die Strommesser, *W_I* und *W_{II}* die Regulirwiderstände, *B_I* und *B_{II}* die Batteriereihen.

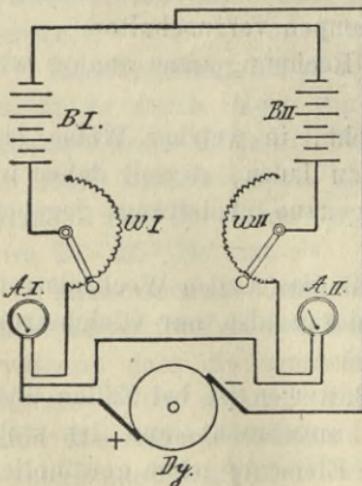


Fig. 46.

Beispiel. Die Maschine hat 110 Volt und soll während des Lichtbetriebes Akkumulatoren laden. Die Spannung der Maschine darf also nicht verändert werden. Es sind 50 Zellen mit 10 Ampère zu laden. Wie muss die Schaltung sein und wie gross die Widerstände?

Die 50 Zellen sind in zwei Reihen von je 25 Zellen zu schalten. Die Anfangsspannung an den Reihen ist also $2 \times 25 = 50$, die Endspannung $2.5 \times 25 = 62.5$ Volt. Es sind also durch den Regulirwiderstand anfangs $110 - 50 = 60$, gegen Ende der Ladung $110 - 62.5 = 47.5$ Volt zu vernichten. Da nach dem Ohm'schen Gesetz $W = \frac{E}{J}$ ist, so muss der Widerstand vor jeder Reihe anfangs $\frac{60 \text{ Volt}}{10 \text{ Ampère}} = 6 \text{ Ohm}$, und am Ende der Ladung $\frac{47.5 \text{ Volt}}{10 \text{ Ampère}} = 4.75 \text{ Ohm}$ betragen.

Als Material zur Herstellung der Widerstandsspulen wählt man gewöhnlich Nickelindraht, der für 10 Ampère 1 mm stark sein muss. 1 m dieses Drahtes hat rund 0.5 Ohm Widerstand. Es sind mithin $\frac{6}{0.5} = 12 \text{ m}$ Nickelindraht in Spiralen von etwa 30 cm Länge aufzuwickeln, auf einem Rahmen isolirt auszuspannen und mit etwa 10 Kontaktknöpfen, sowie einer Regulirkurbel in bekannter Weise zu versehen (s. Fig. 47). Es empfiehlt sich auch, stets vor die

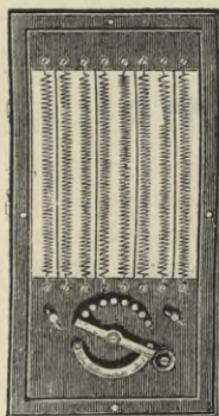


Fig. 47.

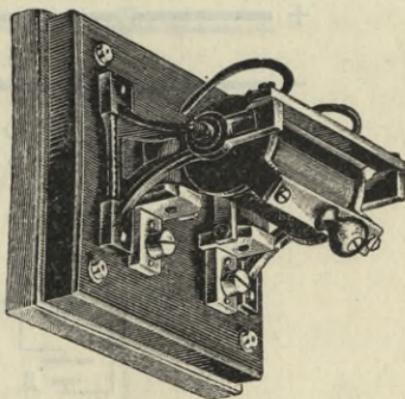


Fig. 48.

Zellen eine Bleisicherung, sowie einen selbstthätigen Ausschalter, wie er in Figur 48 dargestellt ist, einzuschalten, damit weder die Akkumulatoren zu viel Strom erhalten, noch sich beim Anhalten der Maschine auf diese entladen können.

Das Laden von einer Reihe Akkumulatorenzellen wird natürlich in ganz ähnlicher Weise bewirkt, wie dies zuvor für 2 Reihen angegeben wurde.

Handelt es sich darum, eine oder wenige Zellen von einem Leitungsnetz aus zu laden, so ist wie nachstehend zu verfahren.

An passender Stelle wird eine Abzweigung mit einer Bleisicherung und einem Ausschalter angelegt, eine oder einige Glühlampen von passender Spannung und Stromstärke eingeschaltet und die Zelle dazwischen verbunden, wie dies in Fig. 49 schematisch angedeutet ist.

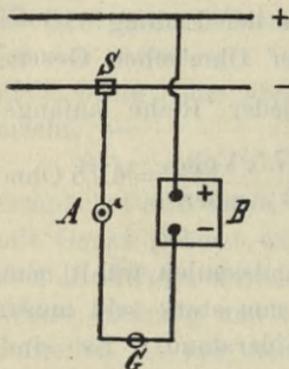


Fig. 49.

Beispiele: Es ist ein Leitungsnetz mit 100 Volt Spannung vorhanden, es soll eine Zelle mit 0.5 Ampère geladen werden. *S* ist die doppelpolige Bleisicherung, *L* eine Glühlampe von 16 Kerzen, *A* der Ausschalter, *B* die Zelle (s. die obere Hälfte der Fig. 49).

Sollen 2 Zellen mit 1 Ampère geladen werden, so schaltet man 2 Glühlampen von 100 Volt 16 Kerzen bei *L* parallel davor, sonst wie in der unteren Hälfte der Figur 50 dargestellt. Da die Spannung konstant bleibt, so

sinkt die Stromstärke mit dem Fortschreiten der Ladung, also dem Ansteigen der Gegenspannung der Zellen.

Laden zweier parallel geschalteter Zellen.

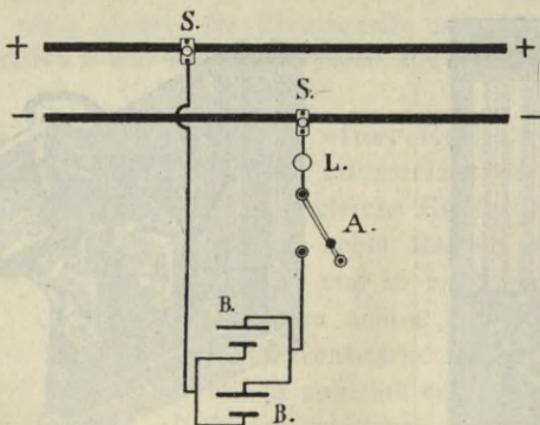


Fig. 50.

Sind 2 Zellen, jede mit 0.25 Ampère, zu laden und hat man keine passende Glühlampe mit diesem Stromverbrauch zur Hand, so ist die Schaltung wie in Figur 48 einzurichten, d. h. es sind beide Zellen parallel zu schalten, sodass bei einer 16kerzigen Lampe von 0.5 Ampère jede Zelle die Hälfte des Stromes erhält.

Hauptsache bei solchen Schaltungen bleibt, dass alle Verbindungen richtig und mit metallisch reinem Kontakt sauber ausgeführt werden,

damit den Zellen auch die richtige Stromstärke zufließt. Es ist ferner streng darauf zu achten, dass die Zellen auch mit den richtigen Polen verbunden sind, wie dies an anderer Stelle ausführlich angegeben wurde.

Sehr bequem ist es, für solche Ladezwecke auf einem Brett eine Anzahl Lampenfassungen zu befestigen, in welche man Glühlampen verschiedener Kerzenzahl bzw. Spannung einsetzen kann. Bei 110 Volt kann man auf diese Weise durch Lampen von 5—32 Kerzen Stromstärken von 0.13—0.88 Ampère erzielen, durch Einschalten von einer Lampe der entsprechenden Kerzenzahl, während durch Parallelschalten mehrerer Lampen noch höhere Stromstärken zu kombinieren sind. Figur 51 zeigt schematisch die verschiedenen

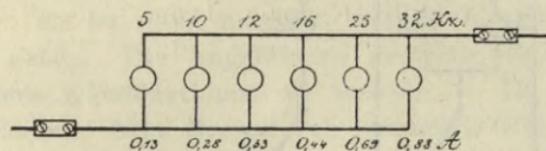


Fig. 51.

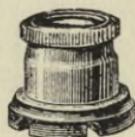


Fig. 52.

Kerzenzahlen und zugehörigen Stromstärken der verschiedenen gangbaren Lampen, welche am besten mit Wandfassungen, Fig. 52, auf dem Brett angeschraubt werden.

Handelt es sich darum, von einer Abzweigung 2 Zellen mit verschiedener Stromstärke zu laden, so ist nachstehende Schaltung, Fig. 53, anzuwenden. Für die Zelle B_{II} , mit höherer Stromstärke,

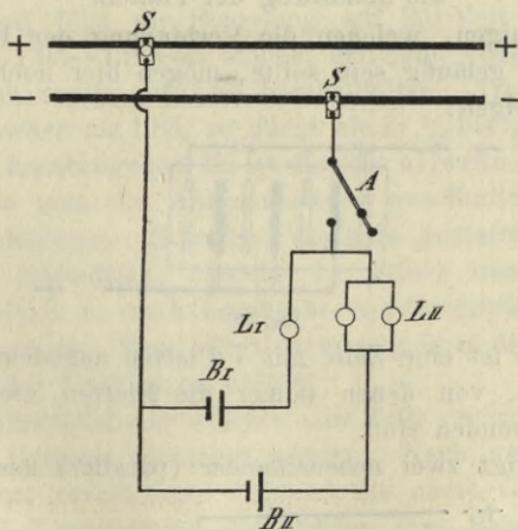


Fig. 53.

B. 1 Ampère, sind die beiden Lampen L_{II} in Nebeneinanderschaltung, und für die andere Zelle B_I eine Lampe L_I mit 0.5 Ampère zu verwenden.

Ist die Ladung der einen Zelle z. B. von B_I früher beendet als die von B_{II} , so dreht man einfach die Glühlampe L_I heraus und

unterbricht hierdurch den Strom des zugehörigen Abzweiges. Hat man zum Laden von Zellen mit verschiedener Stromstärke, z. B. von 0.5 bzw. 1.0 Ampère bei 110 Volt, zwei Abzweigungen zur Verfügung, so schaltet man wie in Fig. 54 vor die Batterie *B* 2 Lampen zu je 16 Kerzen parallel und vor die Batterie *B'* die Lampe *L*¹.

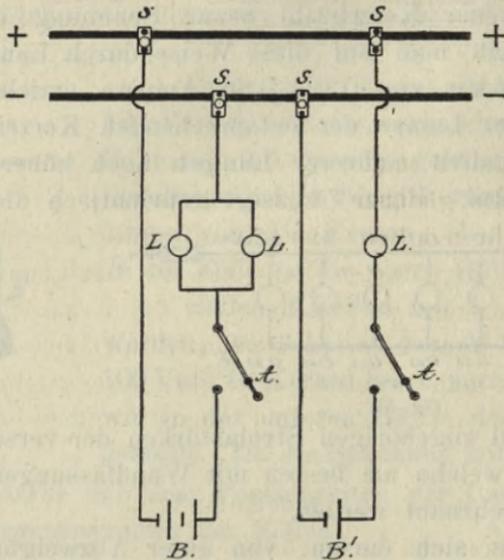


Fig. 54.

Die Schaltung der Platten.

Für Diejenigen, welchen die Verbindung der Platten in einer Zelle nicht ganz geläufig sein sollte, mögen hier noch einige nähere Erläuterungen folgen:

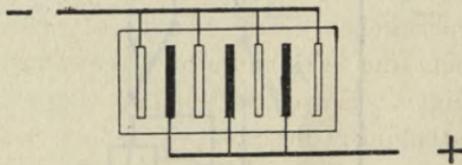


Fig. 55.

In Fig. 55 ist eine Zelle mit 7 Platten angedeutet, 3 positiven und 4 negativen, von denen immer die Platten gleicher Polarität miteinander verbunden sind.

Fig. 56 zeigt zwei nebeneinander (parallel) geschaltete Zellen

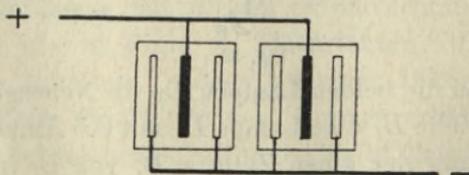


Fig. 56.

mit je 3 Platten, die also doppelt soviel Strom geben als eine der Zellen, die aber in Folge dessen nur 2 Volt zusammen haben.

In Fig. 57. sind 3 Zellen auf Spannung hintereinander, in Reihe,

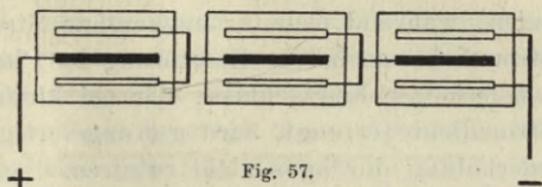


Fig. 57.

geschaltet, die also $3 \times 2 = 6$ Volt geben, aber nur die Stromstärke, wie sie einer Zelle gleicher Grösse entspricht.

Es ist nicht möglich, hier für alle Fälle ausführliche Anleitung zu geben. Die angeführten Beispiele dürften genügen, um danach andere Kombinationen zu machen. — Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, beim Mangel von passenden Glühlampen sich in der Weise zu helfen, dass man eventuell mit geringerer Stromstärke, als die normale, ladet, jedenfalls darf aber niemals mit zu hoher Stromstärke geladen werden.

6. Das Entladen.

Eine vollkommen geladene Zelle hat je nach der Höhe der Ladung und der Konzentration der Säure zu Anfang der Entladung 2.1—2.2 Volt; nach kurzer Zeit (unter Umständen auch erst nach einigen Stunden) fällt die Spannung auf 2.0 Volt und bleibt dann lange Zeit auf 1.95—1.9 Volt stehen, um dann gegen Ende der Entladung ziemlich rasch auf 1.85 herabzufallen. Treibt man die Entladung noch weiter als 1.85, so pflegt sie in $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde ziemlich schnell auf 1.7 herabzugehen. Es ist dies die alleräusserste Grenze, bis zu welcher man die Akkumulatoren gewöhnlich entladen darf, ohne sie zu schädigen. Einzelne Fabrikate gestatten allerdings eine noch stärkere Entladung, dieselbe ist jedoch wenig nützlich, weil die Spannung dann zu stark herabgeht und für gewisse Betriebe nicht mehr hoch genug ist. Man pflegt daher allgemein die Entladung stets nur bis 1.85 oder 1.8 Volt zu treiben.

Die Stromstärke, mit welcher eine Zelle entladen wird, kann in den weitesten Grenzen verändert werden. Nach untenhin kann man minimale Ströme entnehmen, während die obere Grenze nur in der Oberfläche und Konstruktion der Platten ihre Beschränkung findet. Wie beim Laden, so pflegt man auch beim Entladen bei allen Akkumulatoren, deren Elektroden mit Masse angefüllt sind, die also keine Planté-Platten enthalten, nicht höher als bis auf 1 Ampère pro qdem positiver Oberfläche zu belasten. Diese Stromdichte pflegt für dauernde

Entladung in den meisten Fällen als oberste Grenze zu gelten. Es ist damit jedoch noch lange nicht die höchste Stromstärke erreicht, welche ein Akkumulator vorübergehend leisten kann. Bei den meisten kann man ohne Gefahr 1.5—2 Ampère Stromdichte riskiren, selbst auf einige Stunden, während man für momentane Stromstösse selbst bei 4 Ampère Stromdichte noch keine Zerstörung der Platten beobachten wird. Selbst wiederholter Kurzschluss, der bei kleinen Zellen etwa die achtfache Stromdichte erzeugt, wird gut angefertigte Platten auch bei öfterer Wiederholung durchaus nicht ruiniren.

Andererseits ist hohe Strombelastung beim Entladen den Platten allemal schädlicher, als beim Laden.

Nach vollendeter Entladung soll die Säure einer jeden Zelle etwa 18—19° Bé. aufweisen, nur bei sehr stark entladene Zellen wird die Säure etwa auf 17° Bé. heruntergehen.

Die beste Leitungsfähigkeit des Elektrolyten liegt eigentlich bei 25° Bé. und es wäre am Vortheilhaftesten, die Säure derartig zusammzusetzen, dass sie im geladenen Zustande der Zelle ca. 33—35° Bé. erreicht und nach der Entladung dieselbe auf 24—25° Bé. sinkt. Aus rein praktischen Gründen pflegt man dies jedoch nicht zu thun, weil bei zu starker Säure die Platten bei längerem Stehen sehr leicht sulfatiren, und das Material, aus welchem die Zellengefässe bestehen, auch leichter angegriffen wird. Andererseits ist die starke Säure insofern von Vortheil, als gegen das Ende der Entladung der innere Widerstand ein Minimum würde, was für Strassenbahnzwecke in manchen Fällen sich als besonders vortheilhaft erwiesen hat.

Die Selbstentladung der Akkumulatoren

vollzieht sich bei guten Platten und reinem Elektrolyten sehr langsam, sodass nach vielen Monaten, bei Rahmenplatten selbst nach einem Jahre, ohne in der Zwischenzeit aufzuladen, noch bedeutende Mengen an Strom entnommen werden können.

Sind die Rohstoffe, welche bei der Herstellung der Platten verwendet wurden, auch nur im Geringsten verunreinigt, oder enthält die Säure mitunter nur geringe Mengen fremder Stoffe, so beobachtet man, dass die Platten bei längerem Stehen unaufhörlich Gase entwickeln und in Folge dessen eine Selbstentladung schon in kurzer Zeit vor sich geht.

Professor Dr. Karl Elbs in Giessen giebt in seiner Broschüre „Die Akkumulatoren“, Leipzig 1896, eine Erklärung, warum bei langem Stehen eines geladenen Akkumulators die verdünnte Schwefelsäure das schwammige Blei der negativen Platten fast garnicht angreift,

während bei geschlossenem Strom dasselbe sehr rasch in schwefelsaures Blei verwandelt wird.

Im Ruhezustande findet ein oberflächlicher Angriff der Platten unter Bildung von schwefelsaurem Blei statt, wobei etwas Wasserstoff frei wird, und hierdurch eine negative, elektrische Ladung des Bleies und eine positive Ladung der Flüssigkeit erzeugt wird. Hierdurch ist ein Weitergreifen dieser Umsetzung verhindert, solange eine Ausgleichung der Ladung durch einen elektrischen Strom fehlt.

Am schnellsten geht die Selbstendladung bei Planté-Platten vor sich, demnächst bei Gitterplatten, am langsamsten bei den Rahmenplatten. Eine Zelle mit Gitterplatten zeigte, nachdem sie 5 Monate geladen und unbenutzt gestanden hatte, nur noch 1 Volt Spannung, während eine andere Zelle mit Rahmenplatten, die seit 11 Monaten als Haustelegraphenelement dient und viel gebraucht wird, noch volle 2 Volt Klemmenspannung zeigte.

Schaltungen zum Entladen.

Zum Entladen von Zellen kann man sich ähnlicher Vorrichtungen, Glühlampen, Drahtwiderstände etc. bedienen, wie sie zum Laden beschrieben wurden.

Da jedoch für die verschiedenen Zwecke, z. B. diejenigen eines Arztes, sehr verschiedene Spannungen und Stromstärken erforderlich sind, und man der Ersparniss wegen nicht für jeden Zweck eine besondere Batterie anzulegen pflegt, so hat man Schaltvorrichtungen nöthig, welche es gestatten, eine gewisse Anzahl von Zellen in geeigneter Weise miteinander zu verbinden.

Da jede Zelle 2 Volt hat, so lässt sich die Aenderung der Spannung durch Verändern der hintereinander verbundenen Zellen in genügend weiten Grenzen vornehmen.

Die Stromstärke verkleinert man durch Vorschalten von Regulirwiderständen, während die Vergrößerung der Stromstärke nur möglich ist durch Nebeneinanderschalten von Zellen, wenn man nicht grössere Zellen mit höherer Entladestromstärke anschaffen will.

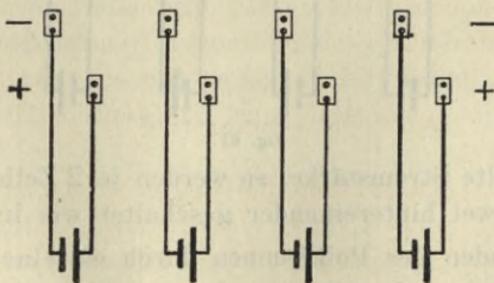


Fig. 58.

Für diese Zwecke pflegt man 4 Zellen geeigneter Grösse in einen gemeinsamen Kasten einzubauen und die Pole von jeder derselben an besondere Klemmen zu führen, Fig. 58, welche an einer Seitenwand, angebracht sind.

Schematisch ist diese Schaltung in Fig. 59 dargestellt. Will

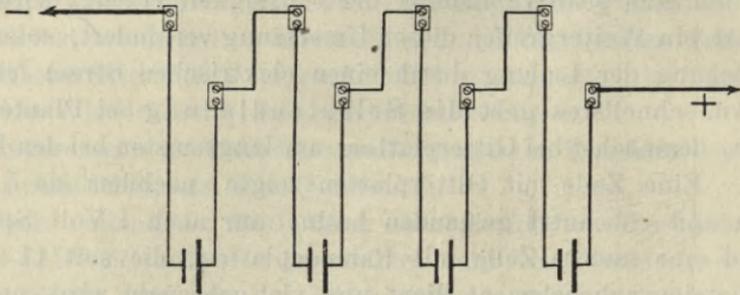


Fig. 59.

man alle Zellen hintereinander anwenden, so hat man mit kurzen Drahtstücken die Klemmen, wie in Fig. 57, zu verbinden. Sollen alle nebeneinander 2 Volt Spannung, aber die vierfache Stromstärke

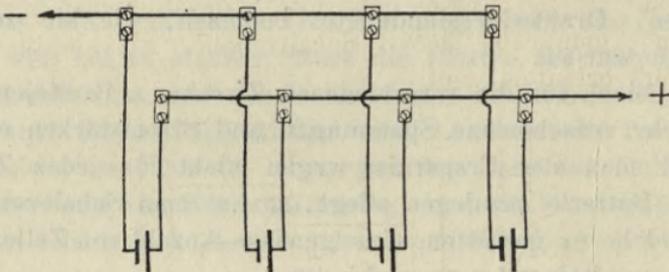


Fig. 60.

geben, so ist ein Draht durch alle positiven und einer durch alle negativen Klemmen zu ziehen, wie in Fig. 60. Will man 4 Volt Spannung

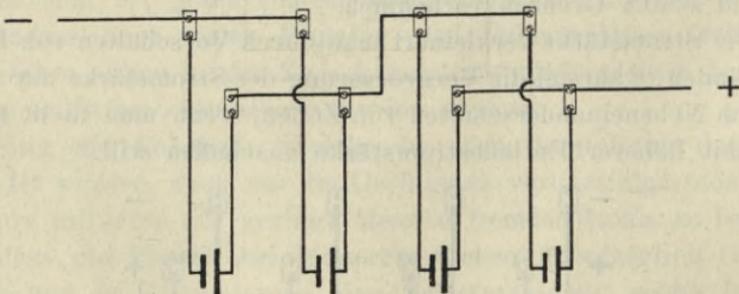


Fig. 61.

haben und doppelte Stromstärke, so werden je 2 Zellen nebeneinander verbunden und zwei hintereinander geschaltet wie in Fig. 61.

Das Verbinden der Polklemmen durch einzelne Drahtstücke ist jedoch zeitraubend und z. B. für einen viel beschäftigten Arzt zu

umständlich. Man wendet daher für die oben beschriebenen Schaltungen auch einen Umschalter an, wie derselbe an dem Batteriekasten, Fig. 60,

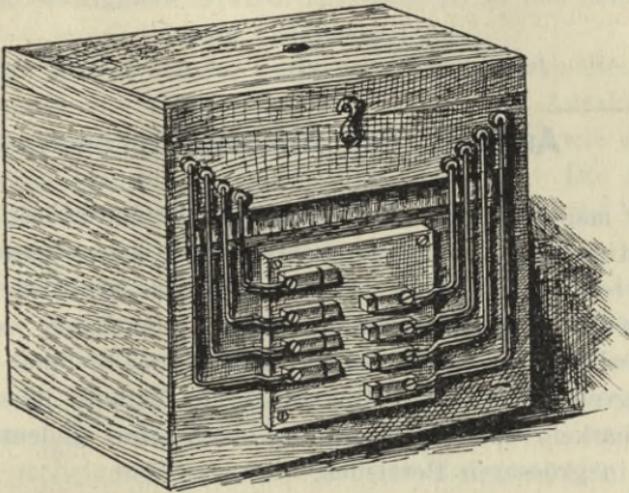


Fig. 62.

abgebildet ist. Eigenthümlich geformte Stöpsel dienen zur raschen und sicheren Ausführung der 3 Schaltungen, wie sie in Fig. 63 noch besonders erläutert sind.

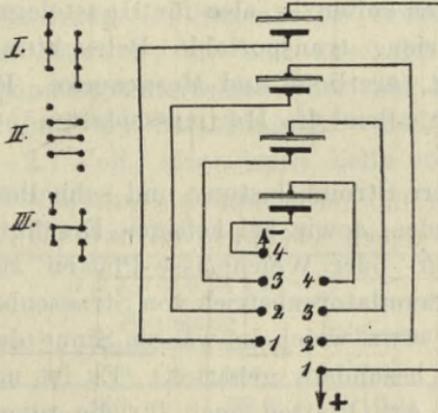


Fig. 63.

Auswahl der Akkumulatoren.

Bevor man sich für ein bestimmtes Akkumulatoren-System und für eine bestimmte Type desselben entscheidet, ist zu erwägen, welche Leistungen erforderlich sind. Vor allem ist zu ermitteln, in welcher Zeit, mit welcher Stromstärke geladen und entladen werden kann, welches Gewicht die Zellen haben dürfen und welcher Einbau der Zellen am geeignetsten ist. Der Preis der Zellen, ihre Abnutzung bezw. Haltbarkeit spielt gewöhnlich auch eine bedeutende Rolle, wenigstens in grösseren Betrieben.

Bezüglich der

Wahl des Systems

kommen drei verschiedene Plattenarten in Erwägung:

1. Für schwächere Ströme, langsames Laden und Entladen in 6—12 Stunden — für Akkumulatoren, welche lange Zeit hindurch mit einer Ladung arbeiten sollen —, also für Haustelegraphen, Mikrophon- und Telephonbatterien, transportable Beleuchtungs-Einrichtungen, Treppenbeleuchtung, ärztliche und Messzwecke, Betrieb elektrischer Boote etc. sind vor allem die Hartmasseplatten oder Rahmenplatten geeignet.

2. Für grössere Strombelastung und schnelleres Laden und Entladen in 3—5 Stunden, sowie bei heftigen Erschütterungen in Fahrzeugen, sind Gitter- oder Weichmasse-Platten zu verwenden, wie z. B. im reinen Akkumulatorenbetrieb von Strassenbahnen. (Die Masse derselben ist nicht etwa weich im wahren Sinne des Wortes, sondern sie ist nur nicht besonders gehärtet.) Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, diese Art Platten auch für die zuvor unter No. 1 aufgeführten Zwecke zu verwenden; die Selbstentladung, bei langem Stehen mit einer Ladung, ist jedoch naturgemäss viel grösser als bei Platten, die innerhalb der Masse keine metallene Leitung enthalten;

3. Für starke Strombelastung, kurzes Laden und Entladen in $\frac{1}{2}$ —3 Stunden — also für den gemischten Betrieb von Strassenbahnen (theils mit oberirdischer Stromzuführung, theils mit Akkumulatoren) sind allein Planté-Platten zu verwenden. Dieselben eignen sich für die unter No. 1 aufgeführten Zwecke am allerwenigsten, weil sie sich in kurzer Zeit gewöhnlich selbst entladen.

Hat man mit Rücksicht auf den Zweck der Zellen, auf die Verwendungsart, wie sie vorstehend in drei Klassen eingetheilt ist, sich für ein bestimmtes System entschieden, so hat man

die geeignete Type

zu ermitteln, welche bei der verlangten Stromstärke die erforderliche Kapazität ausgiebt. Hierfür ist die Grösse und Anzahl der Platten allein maassgebend — weniger die Plattenstärke, wie dies schon in einem anderen Kapitel zuvor erwähnt wurde —. Die Art des Einbaues, die Einrichtung der Kästen, die Polklemmen und Verbindungen der Zellen unter sich ist gleichfalls zu erwägen.

Ist eine geeignete Type mit der nöthigen Kapazität nicht vorhanden, so pflegt man Zellen nebeneinander zu schalten, welche zusammen dann die benöthigten Ampèrestunden hergeben.

Da alle Zellen, ob gross oder klein, eine durchschnittliche Anfangsspannung beim Entladen von 2 Volt haben, so sind eben so viel Zellen nacheinander zu schalten oder hintereinander zu verbinden, bis man die erforderliche Spannung erhält. Bei geringeren Spannungen, bis etwa 30 Volt, kommt man in vielen Fällen ohne Regulirwiderstand und ohne Zellenschalter aus. Bei Spannungen von 50—220 Volt und höher ist für viele Zwecke ein Zellenschalter durchaus erforderlich, um je nach Bedarf mehr oder weniger Zellen einschalten und dadurch gleichbleibende Spannung im Stromkreise erzielen zu können. Die Anzahl der Zellen bezw. der ab- und zuschaltbaren Zellen ergibt sich aus dem Spannungsunterschied, der am Ende der Entladung (1.85 Volt), am Anfang der Entladung (2.0—2.02 Volt), und am Ende der Ladung (2.5—2.7 Volt) einer jeden Zelle vorhanden ist. Nachstehende Tabelle ist hiernach aufgestellt.

Anzahl der Zellen für verschiedene Spannungen.

Betriebs- spannung Volt	Akkumulator-				Anzahl der Zuschalte- Zellen	Lade- spannung Volt
	Zellenzahl	Spannung		Differenz		
		grösste Volt	kleinste Volt	Volt		
30	16	40	29.6	10.4	—	45
50	28	64	50	14	6	64
65	36	82	65	17	7	82
80	45	103	80	23	10	103
100	56	129	100	29	12	129
110	61	140	110	30	12	140
120	67	154	120	34	13	154
130	72	165	130	35	13	165
140	78	179	140	39	15	179
150	83	191	150	41	15	191
220	122	280	220	60	24	280

Bei langen Leitungen, in denen grössere Spannungsverluste stattfinden, ist die Zellenzahl eventuell noch um 1—3 Zellen zu vermehren

und auch die Zahl der Abschaltzellen event. entsprechend zu verändern; für normale Verhältnisse ist jedoch vorstehende Tabelle maassgebend.

Die Krafterleistung des elektrischen Stromes ist das Produkt aus Spannung und Stromstärke, sie setzt sich also zusammen aus Volt und Ampère. Dieses Produkt muss für eine gewisse Leistung, sei es nun Strom für Beleuchtung oder Motorbetrieb, stets gleich bleiben. Man kann also die Faktoren Volt und Ampère zu Voltampère oder Watt in gewissen Grenzen verändern. Je höher die Spannung, desto mehr Zellen sind nöthig in Reihenschaltung — je höher die Stromstärke, um so grössere Zellen sind erforderlich — das Gewicht der gesammten Zellenzahl bleibt dabei annähernd das gleiche. Ein Beispiel möge dies erläutern:

Es sind 4 Lampen von je 12 Kerzen täglich 2 Stunden zu betreiben. Das Laden soll in möglichst langen Zwischenpausen bewirkt werden. Die Lampen sollen pro Kerze 1.8 Watt verbrauchen.

Aus dieser Anforderung ergibt sich der Energieverbrauch wie folgt: 4 Lampen à 12 Kerzen = 48 Kerzen,

$$48 \text{ Kerzen à } 1.8 \text{ Watt} = 86.4 \text{ Watt.}$$

Wählt man eine Betriebsspannung von 20 Volt, also 10 Zellen, so ist die Stromstärke = 4.32 Ampère, während sie bei 40 Volt oder 20 Zellen nur die Hälfte = 2.16 Ampère beträgt. Dies ergibt bei täglich 2 Stunden Betrieb 8.64 bzw. 4.32 Ampèrestunden, sodass bei wöchentlich einmaligem Laden in dem ersteren Falle 10 Zellen von je 60.48, und im letzteren Falle 20 Zellen von je 30.24 Ampèrestunden nöthig werden.

Der Stromersparniss wegen wählt man beim Akkumulatorenbetrieb für transportable Zwecke stets Glühlampen von geringem Energieverbrauch, nämlich mit 1.8—2.0 Watt pro Kerze: bei stationären Anlagen mit 2.0—2.5 Watt, während bei direktem Maschinenstrom 3.0—3.5 Watt pro Kerze zugelassen werden. Je geringer der Energieverbrauch der Glühlampen ist, um so geringer ist auch ihre Haltbarkeit, sodass Lampen von 1.8—2.0 Watt pro Kerze durchschnittlich nur etwa 400 Stunden halten. Bei dem jetzigen geringen Preise solcher Lampen (von 70—80 Pfg. pro Stück) ist es vortheilhaft, solche ökonomischen Lampen zu verwenden.

Anweisung zur Ermittlung der geeigneten Akkumulatorentype.

Vielen, die kleine Beleuchtungsanlagen auszuführen haben, dürfte nachstehende Anleitung willkommen sein.

Die Tafel, Fig. 64, bezieht sich ausschliesslich auf Glühlampen mit 2 Watt Energieverbrauch pro Kerze und ist nur für solche berechnet. (Für Lampen von höherem Energieverbrauch ist zu den

Angaben über den Stromverbrauch bei 2.5 Watt $\frac{1}{4}$ und bei 3 Watt $\frac{1}{3}$ hinzuzuzählen; man wird jedoch Lampen von geringerem Energieverbrauch stets den Vorzug geben.)

Es empfiehlt sich stets, bei Beleuchtungsanlagen keine zu niedrige Spannung zu wählen. Je höher die Spannung, um so geringer die Stromstärke der Lampen und umgekehrt. Bei grösserer Stromstärke treten in den oft nur sehr dünn verwendeten Drähten starke Spannungsverluste auf, sodass es auch in dieser Hinsicht sich immer empfiehlt, eine Anzahl Zellen hintereinander zu schalten. Zur Ermittlung der Leitungsquerschnitte ist eine besondere Tafel beigefügt, die später erläutert werden soll.

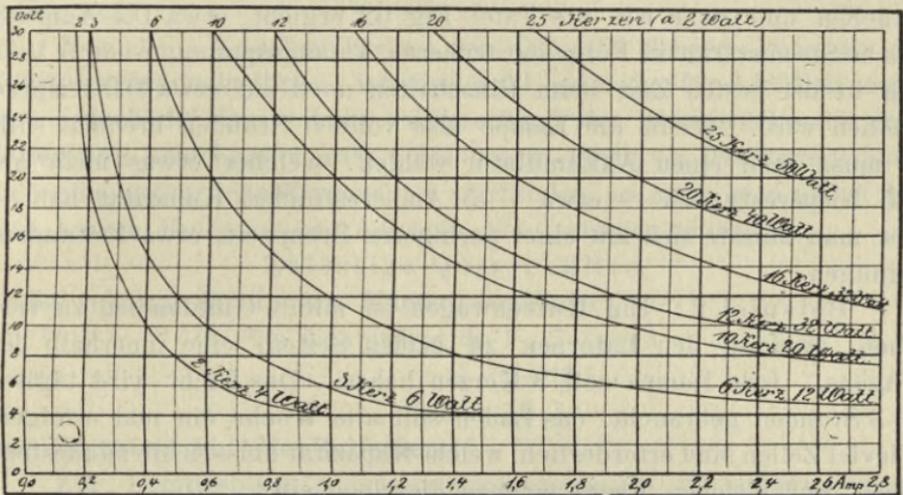


Fig. 64. Energieverbrauch der Glühlampen.

Auf der Tafel, Fig. 64, sind links die Spannungen von 2—30 Volt und unten der Stromverbrauch pro Glühlampe von 0.2—2.8 Amp. aufgetragen, während die Kurven für 2—25kerzige Glühlampen gelten, welche also bei einem Energieverbrauch von 2 Watt pro Kerze 4—50 Watt bedürfen.

Beispiel 1: Für eine Radfahrerlaterne ist eine Lampe von 2 Kerzen nöthig, welche 5 Stunden täglich mit einer Ladung brennen soll — wie viel Zellen braucht man und wie viel Ampèrestunden Kapazität sind erforderlich?

Antwort: Da hier nur kleine, möglichst leichte Zellen in Frage kommen können, und bei geringer Zellenzahl, also geringer Spannung, die Stromstärke zu gross wird, sodass man kleine Platten so hoch nicht beanspruchen könnte, so wird man nicht unter 3 Zellen oder 6 Volt gehen. Für diese Spannung ergiebt die Tafel Fig. 64 bei einer zweikerzigen Glühlampe 0.65 Ampère. Für 5 Stunden Brennzeit sind also $5 \times 0.65 = 3.25$ Ampèrestunden erforderlich. Es ist also eine Type zu wählen, welche bei einer konstanten Entladung mit 0.65 Ampère

5 Stunden lang Strom liefert und in dieser Zeit 3.25 Ampèrestunden abgibt mit einem Spannungsabfall bis 1.85 Volt pro Zelle, sodass alle 3 Zellen zusammen dann $3 \times 1.85 = 5.55$ Volt haben. Da in Folge dessen eine Lampe von 6 Volt weniger Licht geben würde, so thut man gut, eine Lampe von etwas unter 6 Volt, etwa zu 5.5 Volt, zu wählen, die dann anfangs zwar etwas Ueberspannung erhält, in Folge dessen heller brennt und früher unbrauchbar wird. Man könnte zwar auch einen Regulirwiderstand anwenden, mit dessen Hilfe man die Spannung auf gleicher Höhe halten könnte; in den meisten Fällen wird man jedoch hierauf verzichten, da dies umständlich und theuer ist. Natürlich wird eine Lampe von 5.5 Volt etwas mehr Strom verbrauchen und zwar wie die Tafel Fig. 62 ergibt, etwa 0.7 Ampère, welche Stromstärke in Folge der früheren Anfangsspannung von 6 Volt sich in der ersten Zeit beim Einschalten noch auf etwa 0.9 Ampère erhöhen wird. Wenn die Lampe also volle 5 Stunden brennen soll, so muss man einen Akkumulator wählen, welcher etwas mehr als 3.25 Ampèrestunden — etwa 4—5 Ampèrestunden Kapazität hat — oder man müsste sich mit einer geringeren Brennzeit, etwa 4 Stunden, begnügen.

Beispiel 2: Ein Kutschwagen ist mit 3 Glühlampen zu versehen, zwei in den Laternen zu beiden Seiten, eine innerhalb des Wagens. Jede Lampe soll 3 Kerzen haben. Das Licht wird täglich 2—3 Stunden gebraucht, das Laden soll alle Woche ein mal erfolgen. Wieviel Zellen sind erforderlich, welche Kapazität müssen sie mindestens haben, und welchen Raum nehmen dieselben ein?

Antwort: Da in den Kutschwagen meistens unter dem Kutscher-sitz genügend Platz zur Unterbringung der Batterie ist, so kann man 4—6 Zellen in Reihenschaltung verwenden. Nehmen wir zunächst vier Zellen an und sehen zu, ob mit diesen sich die gestellten Bedingungen erfüllen lassen.

Eine Lampe von 8 Volt 3 Kerzen braucht nach der Kurventafel Fig. 62 0.5 Ampère, also 3 Lampen zusammen 1.5 Ampère. Bei täglichem Gebrauch von 3 Stunden auf 7 Tage leuchtet sie 21 Stunden, die Kapazität beträgt also $1.5 \times 21 = 31.5$ Ampèrestunden. Da jedoch die Entladung mit täglichen längeren Pausen erfolgt, so reicht eine Zelle mit obiger Kapazität bei kontinuierlicher Entladung mit Sicherheit aus, da bei unterbrochener Entladung die Kapazität noch um etwa $\frac{1}{4}$ grösser ist als bei kontinuierlichem Gebrauch.

Vier Zellen von ca. 40 Ampèrestunden, wie man sie in den Fabriken erhält, bei 2 Ampère Entladung in 20 Stunden, nehmen einen Raum incl. Kasten ein von ca. 375 mm Länge, 170 mm Breite und 250 mm Höhe. Das Gewicht incl. Kasten wird 16 kg betragen.

In ähnlicher Weise lassen sich Berechnungen für andere Zwecke ausführen. In Fällen, in denen die Kurventafel Fig. 64 nicht mehr ausreicht, also bei Spannungen über 30 Volt, nehme man die Tabellen im Anhang zu Hilfe, in welchen der Stromverbrauch von Glühlampen bis 90 Volt bei 1.8—2.5 Watt pro Normkerze angegeben ist.

Eine andere oft gestellte Frage ist

Der Leitungsquerschnitt.

Besonders kleine Installateure ohne genügende theoretische Vorbildung verfallen oft in den Fehler, schwache Haustelegraphen-Drähte auch für Lichtleitungen zu verwenden. Sie nehmen mit Vorliebe den schwächsten Kupferdraht von 0,8 mm Durchmesser auf 20—40 m Entfernung.

Für die schwachen Ströme von 0.2—0.3 Ampère, wie sie die Haustelegraphen bedürfen, ist dies wohl zulässig, für Lichtleitungen muss jedoch der Querschnitt entsprechend der Stromstärke für jede Entfernung berechnet werden. Da bei zu geringem Drahtquerschnitt auch eine gefährliche Erwärmung stattfindet, so muss man selbst bei ganz kurzen Entfernungen folgende Abmessungen einhalten.

Zulässige Querschnitte.

Es ist zulässig für 1 qmm Kupferquerschnitt:

bis 4 Ampère für 1—5 qmm

„ 3 „ „ 5—15 „

„ 2 „ über 15 „

ohne Rücksicht auf die Entfernung.

Zur Ermittlung der Leitungsquerschnitte für gewisse Entfernungen bedient man sich der Tafel Fig. 63, auf welcher links die die Spannungsverluste in Volt pro Meter Draht, unten und oben die Stromstärken bis zu 10 Ampère angegeben sind, während auf den schrägen Linien die zugehörigen Querschnitte bzw. Durchmesser stehen.

Der Gebrauch der Tafel ergibt sich aus folgendem Beispiel: Eine Lampe von 10 Kerzen $7\frac{1}{2}$ Volt soll auf eine Entfernung von 20 m von der Batterie von 4 Zellen angebracht werden, der gesammte Spannungsverlust soll 0.5 Volt sein.

Aus der Kurventafel S. 221 findet man, dass eine zehnerkerzige Glühlampe 2.65 Ampère braucht. Die gesammte Drahtlänge ist 40 m.

Der Spannungsverlust soll also $\frac{0.5}{40} = 0.012$ Volt betragen. Die Tafel Fig. 65 ergibt hierfür, bei 2.65 Ampère, einen Kupferquerschnitt von 4 qmm = 2.26 mm Durchmesser.

Dies Beispiel zeigt also, dass mit den üblichen Haustelegraphen-Drähten für selbst kleine elektrische Beleuchtungsanlagen nichts zu machen ist. — Es genügt auch nicht, dass man den erforderlichen

Querschnitt wählt, sondern, dass die Drähte mit gutem Isolirstoff besponnen sind, und sauber isolirt auf Porzellanrollen oder in Bergmannschen Isolirrohren mit Messing- oder Stahlpanzerschutz verlegt werden.

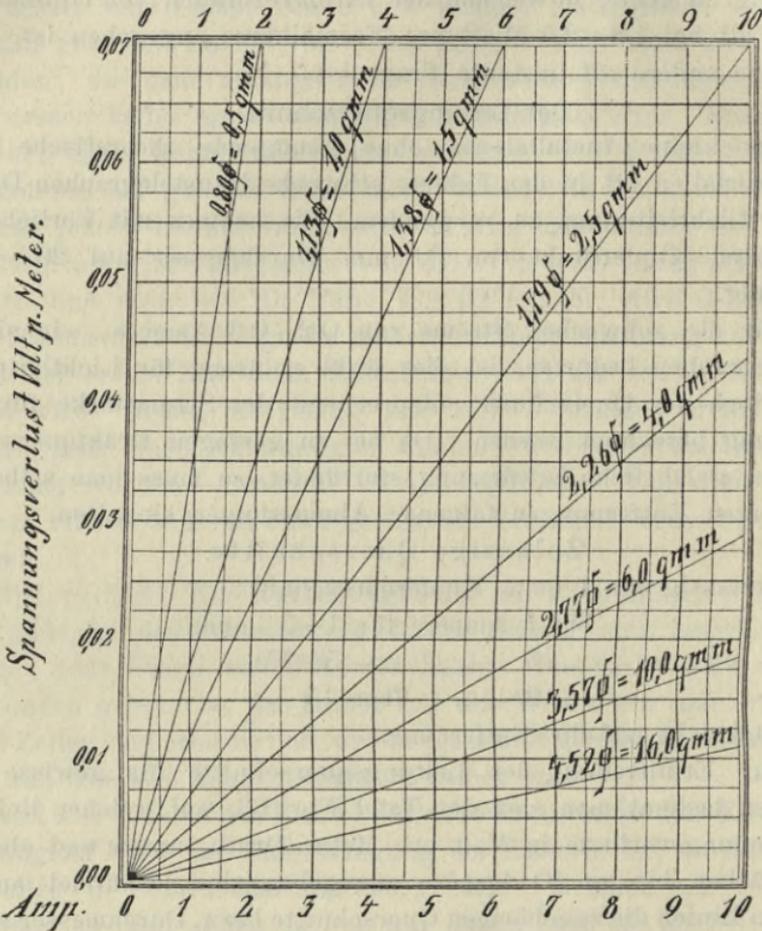


Fig. 65.

Wie oft geben Leute, welche von diesen Erfordernissen einer guten Anlage gar keine Ahnung haben, sofort den Akkumulatoren schuld. Sie werden wohl gar unangenehm und schenken einer sachlichen Erwiderung gar keinen Glauben. Oder sie bringen den Akkumulator empört zurück, weil derselbe nach wenigen Wochen den Dienst versagt. Was damit geschehen ist, lehrt gewöhnlich schon der äussere Anblick der Platten. Entweder sind die Zellen derartig entladen, dass die Spannung auf 0.5—1.0 Volt gesunken ist, oder sie sind von einem „Fachmann“ verkehrt geladen worden. Macht man den Leuten hierüber Vorstellungen, so versichern sie, das Laden habe eine grössere „elektrotechnische Fabrik“ besorgt. Ob solche Leute etwas aus diesem Buche lernen werden? — Gegen solche Dummheiten kämpfen Götter selbst vergebens.

Eine andere Reihe von Leuten wieder hat z. B. eine Fabrik, die elektrisch beleuchtet ist, der Werkführer habe „elektrotechnische Kenntnisse“, derselbe soll die Anlage durch eine Akkumulatoren-batterie ergänzen bezw. erweitern. — Um, wie es heisst, Kosten zu sparen, will man nur einen Monteur zur Aufstellung bezw. Verlöthung der Batterie, allenfalls auch noch einige Messinstrumente haben; Alles andere machen wir uns selbst! Nach verschiedenen Briefen stellt sich endlich heraus, dass noch einige Schalter und Sicherungen nöthig sind. Nach einigen weiteren Konferenzen mit dem Inhaber der Fabrik, der sich ganz auf seinen „fachmännisch gebildeten“ Werkführer verlässt, wird endlich die Batterie versendet und aufgestellt. Von einer Schaltung zum Laden bezw. Entladen hat man keine Ahnung. Der Monteur verlangt eine solche von seiner Fabrik, die natürlich ihm keine geben kann, da dort die Verhältnisse nicht bekannt sind. Kurz die Sache zieht sich sehr in die Länge und kostet weit mehr, als wenn man von vornherein alles der Akkumulatoren-fabrik überlassen hätte! —

Ganz allgemein besteht das Verlangen, eine grössere Anzahl von Glühlampen, jede natürlich von 16 und mehr Kerzen, mit transportablen Akkumulatoren zu speisen. — Es gehören ja nur einige Zellen dazu und die Sache ist fertig. Das Laden besorgen wir uns selbst alle 14 Tage in der eigenen Beleuchtungsanlage in unserer Fabrik. Für die Wohnung wollen wir eben Akkumulatoren haben, da sie von der Fabrik zu weit abliegt. Ein „Fachmann“ hat uns bereits erklärt, wie einfach sich die Sache machen lässt, und wir bitten nun um Angabe der Kosten. — Gerechnet hat der sogenannte Fachmann natürlich nicht, das wird schon die Akkumulatorenfabrik besorgen! — Nun sehen wir uns ein solches Verlängen einmal näher an. —

Sechszehnkerzige Lampen, zwanzig an Zahl, will man installiren, davon sollen täglich 6 Stück 3 Stunden und 14 Stück 2 Stunden brennen. Um die Sache überhaupt möglich zu machen, nehmen wir zunächst nicht 16-, sondern 12kerzige Lampen von 30 Volt. Die Tafel Fig. 64 zeigt uns, dass eine solche Lampe 0.8 Ampère braucht. Der tägliche Stromverbrauch beträgt also: $6 \times 0.8 \times 3 + 14 \times 0.8 \times 2 = 14.4 + 22.4 = 36.8$ Ampèrestunden, bei $6 \times 0.8 + 14 \times 0.8 = 4.8 + 11.2 = 16$ Ampère Entladestrom. — Da die Batterie transportabel sein soll, so wählen wir eine Type, von der vier Zellen, in einem Kasten eingebaut, nicht über 45—50 kg wiegen, sodass ein Mann solchen Kasten noch heben und tragen kann. Die Kapazität dieser Zellen sei bei 6 Ampère Entladung rund 85 Ampèrestunden. Wieviel Zellen sind hiervon hintereinander und wieviel nebeneinander zu schalten?

Hintereinander sind 16 Zellen zu schalten, — nebeneinander für 16 Ampère Entladung 3 solcher Batterien zu je 16 Zellen. Es sind also $3 \times 16 = 48$ Zellen für diesen Betrieb nöthig. Während diese Batterie sich im Dienst befindet, ist natürlich zum Laden und Auswechseln noch eine zweite, gleich grosse Batterie erforderlich.

Es ist nun ferner noch zu ermitteln, in welcher Zeit die Batterie zu wechseln ist.

Da täglich etwa 36 Ampèrestunden entladen werden, die Kapazität 3×85 Ampèrestunden beträgt und auf jede Batteriereihe von dem gesammten Strom $\frac{1}{3}$ kommt, so entfällt pro Reihe nur $\frac{16}{3} = 5.3$ Ampère. — Zufolge der unterbrochenen Entladung kann man anstatt 85 etwa 100 Ampèrestunden entnehmen, sodass eine Ladung auf ca. 20 Tage reichen wird.

Also zu machen ist die Anlage schon, aber es sind zum Wechseln jedesmal 12 Kästen, jeder im Gewicht von ca. 1 Ctr., zu transportiren. Die Kosten sind auch entsprechend hoch. Jede Zelle kostet, den Kasten mit eingerechnet, etwa 30 Mk., eine Batterie also $48 \times 30 = 1440$ Mk. und die Reservebatterie ebensoviel, zusammen also 2 880 Mk. Hierzu kommt noch die Einrichtung zum Laden, die ja nach Umständen auch noch 150—200 Mk. erfordert.

Der Betrieb einer solchen Anlage ist nur dann billig, wenn man die Kästen mit eigenem Fuhrwerk transportirt und billigen Strom zum Laden hat. Die Abnutzung der Batterie ist gering.

Strom- und Energieverbrauch der Glühlampen

bei verschiedener Kerzenzahl und Wattverbrauch pro Kerze.

1.8 Watt pro Normal-Kerze.

N.-K.	1		2		3		5			6		
V	6	8	6	8	6	8	16	24	30	16	24	30
A	0.3	0.23	0.6	0.45	0.9	0.68	0.57	0.375	0.3	0.68	0.46	0.36
W	1.8		3.6		5.4		9			10.8		

2 Watt pro Normal-Kerze.

N.-K.	1		2		3		5			6		
V	6	8	6	8	6	8	16	24	30	16	24	30
A	0.34	0.25	0.67	0.5	1	0.75	0.63	0.42	0.34	0.75	0.5	0.4
W	2		4		6		10			12		

2 Watt pro Normal-Kerze.

N.-K.	10		12		16		25		32	
V	16	30	30	90	30	90	30	90	30	90
A	1.25	0.67	0.8	0.27	1.10	0.37	1.67	0.56	2.20	0.71
W	20		24		32		50		64	

2.5 Watt pro Normal-Kerze.

N.-K.	1		2		3			5					
V	6	8	6	8	6	8	16	16	24	30	50	90	110
A	0.42	0.32	0.84	0.63	1.25	0.94	0.47	0.77	0.52	0.42	0.25	0.14	0.1
W	2.5		5		7.5			12.5					

N.-K.	10					12					16				
V	16	24	30	50	90	16	24	30	50	90	16	24	30	50	90
A	1.56	1.10	0.84	0.50	0.28	1.88	1.25	1.00	0.6	0.34	2.50	1.67	1.34	0.8	0.45
W	25					30					40				

N.-K.	25					32				
V	16	24	30	50	90	16	24	30	50	90
A	3.91	2.61	2.10	1.25	0.70	5	3.32	2.67	1.60	0.89
W	62.5					80				

Zugkraft in Kilogramm für 1 Tonne

Gesamtbelastung bei Strassenbahnen.

Fahrgeschwindigkeit Kilometer in der Stunde	Zugkraft in Kilo- gramm auf 1 Tonne Last
10	2.8
15	3.05
20	3.30
25	3.55
30	3.80
35	5.15

Obige Zahlen gelten jedoch nur für ganz reine glatte Eisenbahnschienen; für Schienen mit vertieften Rinnen, bei denen die Fahrinne sandig und schmutzig ist, hat man für eine mittlere Geschwindigkeit von 12 km in der Stunde durchschnittlich 15 kg Zugkraft auf die Tonne Last zu rechnen. In Kurven und Steigungen wird die vier- bis fünffache Kraft und beim Anfahren 45—60 kg benöthig.

Für Einspannerwagen braucht man 12—15 Pferdestärken, für Zweispänner 30—35 Pferdestärken durchschnittlich, diese Kraft ist hinreichend, wenn nöthig, zwei Wagen auf ebenen Strecken zu ziehen.

Kraftverbrauch zum Betriebe von Funkeninduktoren.

Die folgenden Angaben beziehen sich auf die Benutzung von Akkumulatoren zum Betriebe von Funkeninduktoren für Röntgenstrahlen und geben einen Anhaltspunkt für die Auswahl der betreffenden Akkumulatorentypen.

Erforderlich sind für:

5	cm Funkenlänge	6	Volt =	3	Zellen
8	.. ..	8	.. =	4	..
10—15	.. ..	10	.. =	5	..
15—20	.. ..	12	.. =	6	..
20	.. ..	14	.. =	7	..
25—35	.. ..	16	.. =	8	..
30	.. ..	18	.. =	9	..
35—40	.. ..	20	.. =	10	..
40	.. ..	22	.. =	11	..
50	.. ..	24—32	.. =	12—16	..
550	.. ..	40	.. =	20	..
600	.. ..	48	.. =	24	..

Die Stromstärke für Induktoren mittlerer Grösse beträgt 4—6 Ampère, je nach der Geschwindigkeit des Stromunterbrechers im Primärstromkreise.

Aus der oben angegebenen Stromstärke und Spannung, sowie aus der Gebrauchszeit der Funkengeber lässt sich also die Grösse der nöthigen Batterie ermitteln. Für schnelle Unterbrechungen sind mehr Zellen erforderlich als für langsame.

Nach Untersuchungen von B. Walter*) hängt die Funkenlänge bei gleicher Frequenz des Unterbrechers von der Stromstärke, die Anzahl der Funken per Sekunde von der Spannung im Primär-Stromkreise ab. Für einen Funkeninduktor von M. Kohl für 30 cm Funkenlänge ergab sich z. B.:

	bei 10	15	20	25	30	cm Funkenlänge
Stromstärke von	1.9	2.7	3.6	4.4	5.8	Ampère.

Die Funkenlänge ist ausserdem von der Grösse des Kondensators abhängig, sodass für die grösste Funkenlänge der Kondensator eine ganz bestimmte Kapazität haben muss, dieselbe beträgt bei obigem Induktor 0.22 Mikrofarad. Eine Vergrösserung des Kondensators

*) Wiedem. Ann., 1897, Bd. 62, S. 300, sowie Elektrotechnische Zeitschrift, vom 24. November 1897, S. 724.

verringert die Funkenlänge. Ausführliche Angaben findet man in den angegebenen Zeitschriften.

Bedarf an Akkumulatoren zur Elektrolyse.

Eine oft wiederkehrende Frage für galvanoplastische Bäder, bei Anschaffung transportabler Batterien, ist die Anzahl der Zellen, welche hintereinander zu schalten sind und die Kapazität, welche dieselben haben müssen. — Die nachstehenden Angaben mögen einige Anhaltspunkte hierfür bieten:

Metallbad	Volt Spannung pro Zersetzungszelle	Stromdichte Ampère pro 1 qdcm	Niederschlag pro Stunde und 1 qdcm Gramm	Bemerkungen
Kupfer	Anfangs 1—2 später 0.5	0.085—2.6 für Clichés 1.3	0.1—3.0	
Nickel	Anfangs 3.5—5 später 1.0	0.4—0.6		bei 85 qdcm Oberfläche der Anoden 100 Liter Bad
Gold	1.0	0.1	0.25 bei 1 gr pro Liter Bad	
Silber	0.5—1.0 0.50—0.75	0.1—0.2 0.15—0.25		Anodenbestand 15 cm

Der elektrische Strom scheidet aus

Metall	bei Ampère	in Zeit von	Gramm	Kilogr.	Klemmenspannung der verschiedenen Bäder Volt.
Nickel	1	1 Std.	1.099	—	anfangs 5 dann 1.5—2 mit Nickelanode
„	910	1 „	—	1.0	2—4 mit Kohlananode
Kupfer	1	1 Std.	1.1739	—	sauer 0.5—1.5
„	851.8	1 „	—	1.0	Cyan 3—5
„	1	1 Min.	0.01957	—	
Gold	1	1 Std.	2.441	—	
	409.6	1 „	—	1.0	0.5 4
Silber	1	1 Std.	4.025	—	
	248.5	1 „	—	1.0	0.5—1.0
Messingbäder brauchen 3—5 Volt					
Platin „ „ 5—6 „					

Es sind also für Nickelbäder 2—3 Akkumulatoren-Zellen hintereinander zu schalten für ein einzelnes Bad, während für die anderen Metallsalzbäder nur eine Zelle nöthig ist. Sind geringere Stromstärken als 2 Volt erforderlich, so ist ein entsprechender Regulirwiderstand vortheilhafter.

Das Kupferbad erfordert die grösste Stromstärke, nämlich im Mittel pro 1 qdem Oberfläche der Waare etwa 1.3 Ampère, sodass für kleinere Bäder 15—25 Ampèrestunden Kapazität bei täglich neuem Laden genügen dürften. Nach anderen Angaben sind die Ziffern der folgenden Tabelle ein Anhaltspunkt.

Stromdichte für Elektrolyse.

Es sind auf 1 qm. Fläche die folgenden Stromstärken erforderlich:*)

Metall	Ampère	Zweck
Kupfer	20—60	für zähen Niederschlag.
„	60—150	„ Clichés.
„	150—390	„ festen „
„	390—600	„ „ „ an den Ständern brüchig.
„	750—1500	brüchiger, körniger Niederschlag.
„	30—45	Cyanbäder.
Nickel	15—30	mit 135—150 Amp. beginnend.
Silber	15—45	*) nach Angaben von Silvanus P. Thompson.
Gold	7.5—15	

Ist zum Laden eine galvanoplastische Maschine von nur 6 Volt Klemmerspannung vorhanden, so kann man je 2 Akkumulatorenzellen hintereinander schalten, sofern die zu ladenden Zellen nicht weit entfernt stehen und die Stromzuleitungen möglichst grossen Querschnitt haben. Ist der Spannungsverlust in längeren Leitungen zu gross, so muss man die Zellen in Einzelschaltung nebeneinander laden.

Beim Laden mit höher gespanntem Strom aus Lichtleitungen schaltet man Glühlampen vor die Batterie, wie dies S. 210 besprochen ist. In diesem Falle sind natürlich alle Zellen in eine Reihe zu schalten und später, je nach Bedarf, wieder anders zu gruppieren. Man thut also gut, von vornherein einen geeigneten Umschalter nebst Strom und Spannungsmesser, sowie einige Regulirwiderstände anzubringen.

Wie in so vielen Gewerben wird auch hier oft ohne alle genügende Kenntniss, ohne eingehenderes Verständnis gearbeitet. Man verlangt einen Akkumulator für ein Nickelbad. Wie gross das Bad ist, welche Oberfläche die Quoden haben, welche Spannung und Stromstärke wohl erforderlich ist, muss man entweder erst mühsam durch

Korrespondenz erfragen, oder es sind hierüber irgendwie verlässliche Angaben überhaupt nicht zu erhalten. Alles was die Leute wissen ist oft nur, dass sie einige Bunsen-Elemente bisher gebraucht haben. Da diese aber einen höheren inneren Widerstand haben und deren Spannung von den angewendeten Elektrolyten und sonstigen Umständen abhängig ist, so ändern sich beim Ersatz derselben durch Akkumulatoren die Stromverhältnisse. Wird nun diesen Verhältnissen nicht Rechnung getragen, so ändert sich damit eventuell auch die niedergeschlagene Metallmenge und deren Beschaffenheit. Badspannung und Stromstärke müssen also stets gemessen und für jedes Bad, für jedes Quantum Waare in richtiger Weise regulirt werden, sonst ist keine gute Wirkung zu erzielen, auch mit dem besten Akkumulator nicht.

Ueber die Berechnung der wirthschaftlichen Stromdichte für elektrolytische Bäder giebt die Encyclopädie der Electrochemie Band 2 eingehende Auskunft.*)

Anschaffungskosten und Stromverbrauch
stationärer Elektromotoren.**)

P. S.	Stromverbrauch Hektowatt	Gleichstrom- Motor Mk.
$\frac{1}{16}$	1.15	250
$\frac{1}{4}$	3.00	300
$\frac{1}{2}$	5.30	400
1	10.00	450
2	18.80	600
3	27.60	725
5	44.30	950
8	70.00	1150
10	86.50	1400
15	128.00	1750
20	171.50	2400
30	260.00	3000

*) Siehe Theorie elektrolytischer Vorgänge von Professor Dr. Fr. Vogel S. 109. 1895. Wilhelm Knapp, Halle a. S.

**) Nach Angaben des städtischen Elektrizitätswerkes in Dortmund, siehe Elektrotechnischer Anzeiger, S. 259 vom 11. Februar 1897.

Stromverbrauch der Elektromotoren (A. E.-G.).

Pferdestärke	Stromstärke bei Spannung, Volt		Watt bei Volt		Gewicht des Motors in Kilogramm
	60	105	60	105	
	Ampères				
$\frac{1}{16}$	1.65	1.1	100	115	13
$\frac{1}{8}$	5.5	2.6	260	260	23
$\frac{1}{4}$	5.1	2.9	305	305	32
$\frac{1}{2}$	9.0	5.0	540	525	50
1	16.7	9.5	1000	1000	78
1.5	25.5	14.5	1530	1530	153
2.5	39	22.2	2340	2340	245
4	60.2	34.3	3620	3620	300
6	89.8	50.8	5390	5330	540

Die Elektromotoren der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft werden von 1.5 Pferdestärken ab auch für 210 Volt eingerichtet, so dass sie in die Aussenleiter beim Dreileiternetz geschaltet werden können. $\frac{1}{16}$ Pferdestärke-Motor mit Ventilator leistet 1750—2400 m³, $\frac{1}{8}$ Pferdestärke-Motor 2750—4800 m³ Luft in der Stunde.

Nickelindraht*)

zur Anfertigung von Widerständen.

Durchmesser	Maximal-Belastung	Widerstand pro 1 m Draht	Querschnitt
m/m	Ampère	Ohm	qm/m
0.2	1.5	13	0.031
0.4	3	3.2	0.126
0.6	5	1.41	0.283
0.8	7	0.79	0.503
1.0	10	0.51	0.785
1.26	15	0.35	1.131
1.50	23	0.23	1.767
1.70	30	0.176	2.270
2.0	38	0.127	3.141

*) Nach Angaben von Dr. Geitners Argentanfabrik.

Tabelle des Spannungsverlustes in Kupferdrähten. *)

Entfernung in Meter	Durchmesser der Drähte in Millimeter																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	1.5			2.5						4.0			6.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
10	0.12	0.24	0.36	0.072	0.144	0.216	0.288	0.360	0.090	0.180	0.270	0.360	0.450	0.540	0.630	0.720	0.810	0.900	1.080	1.260	1.440	1.620	1.800	2.160	2.520	2.880	3.240	3.600	4.000	4.500	5.040	5.640	6.300	7.020	7.800	8.640	9.540	10.500	11.520	12.600	13.800	15.000	16.200	17.400	18.600	19.800	21.000	22.200	23.400	24.600	25.800	27.000	28.200	29.400	30.600	31.800	33.000	34.200	35.400	36.600	37.800	39.000	40.200	41.400	42.600	43.800	45.000	46.200	47.400	48.600	49.800	51.000	52.200	53.400	54.600	55.800	57.000	58.200	59.400	60.600	61.800	63.000	64.200	65.400	66.600	67.800	69.000	70.200	71.400	72.600	73.800	75.000	76.200	77.400	78.600	79.800	81.000	82.200	83.400	84.600	85.800	87.000	88.200	89.400	90.600	91.800	93.000	94.200	95.400	96.600	97.800	99.000	100.200	101.400	102.600	103.800	105.000	106.200	107.400	108.600	109.800	111.000	112.200	113.400	114.600	115.800	117.000	118.200	119.400	120.600	121.800	123.000	124.200	125.400	126.600	127.800	129.000	130.200	131.400	132.600	133.800	135.000	136.200	137.400	138.600	139.800	141.000	142.200	143.400	144.600	145.800	147.000	148.200	149.400	150.600	151.800	153.000	154.200	155.400	156.600	157.800	159.000	160.200	161.400	162.600	163.800	165.000	166.200	167.400	168.600	169.800	171.000	172.200	173.400	174.600	175.800	177.000	178.200	179.400	180.600	181.800	183.000	184.200	185.400	186.600	187.800	189.000	190.200	191.400	192.600	193.800	195.000	196.200	197.400	198.600	199.800	201.000	202.200	203.400	204.600	205.800	207.000	208.200	209.400	210.600	211.800	213.000	214.200	215.400	216.600	217.800	219.000	220.200	221.400	222.600	223.800	225.000	226.200	227.400	228.600	229.800	231.000	232.200	233.400	234.600	235.800	237.000	238.200	239.400	240.600	241.800	243.000	244.200	245.400	246.600	247.800	249.000	250.200	251.400	252.600	253.800	255.000	256.200	257.400	258.600	259.800	261.000	262.200	263.400	264.600	265.800	267.000	268.200	269.400	270.600	271.800	273.000	274.200	275.400	276.600	277.800	279.000	280.200	281.400	282.600	283.800	285.000	286.200	287.400	288.600	289.800	291.000	292.200	293.400	294.600	295.800	297.000	298.200	299.400	300.600	301.800	303.000	304.200	305.400	306.600	307.800	309.000	310.200	311.400	312.600	313.800	315.000	316.200	317.400	318.600	319.800	321.000	322.200	323.400	324.600	325.800	327.000	328.200	329.400	330.600	331.800	333.000	334.200	335.400	336.600	337.800	339.000	340.200	341.400	342.600	343.800	345.000	346.200	347.400	348.600	349.800	351.000	352.200	353.400	354.600	355.800	357.000	358.200	359.400	360.600	361.800	363.000	364.200	365.400	366.600	367.800	369.000	370.200	371.400	372.600	373.800	375.000	376.200	377.400	378.600	379.800	381.000	382.200	383.400	384.600	385.800	387.000	388.200	389.400	390.600	391.800	393.000	394.200	395.400	396.600	397.800	399.000	400.200	401.400	402.600	403.800	405.000	406.200	407.400	408.600	409.800	411.000	412.200	413.400	414.600	415.800	417.000	418.200	419.400	420.600	421.800	423.000	424.200	425.400	426.600	427.800	429.000	430.200	431.400	432.600	433.800	435.000	436.200	437.400	438.600	439.800	441.000	442.200	443.400	444.600	445.800	447.000	448.200	449.400	450.600	451.800	453.000	454.200	455.400	456.600	457.800	459.000	460.200	461.400	462.600	463.800	465.000	466.200	467.400	468.600	469.800	471.000	472.200	473.400	474.600	475.800	477.000	478.200	479.400	480.600	481.800	483.000	484.200	485.400	486.600	487.800	489.000	490.200	491.400	492.600	493.800	495.000	496.200	497.400	498.600	499.800	501.000	502.200	503.400	504.600	505.800	507.000	508.200	509.400	510.600	511.800	513.000	514.200	515.400	516.600	517.800	519.000	520.200	521.400	522.600	523.800	525.000	526.200	527.400	528.600	529.800	531.000	532.200	533.400	534.600	535.800	537.000	538.200	539.400	540.600	541.800	543.000	544.200	545.400	546.600	547.800	549.000	550.200	551.400	552.600	553.800	555.000	556.200	557.400	558.600	559.800	561.000	562.200	563.400	564.600	565.800	567.000	568.200	569.400	570.600	571.800	573.000	574.200	575.400	576.600	577.800	579.000	580.200	581.400	582.600	583.800	585.000	586.200	587.400	588.600	589.800	591.000	592.200	593.400	594.600	595.800	597.000	598.200	599.400	600.600	601.800	603.000	604.200	605.400	606.600	607.800	609.000	610.200	611.400	612.600	613.800	615.000	616.200	617.400	618.600	619.800	621.000	622.200	623.400	624.600	625.800	627.000	628.200	629.400	630.600	631.800	633.000	634.200	635.400	636.600	637.800	639.000	640.200	641.400	642.600	643.800	645.000	646.200	647.400	648.600	649.800	651.000	652.200	653.400	654.600	655.800	657.000	658.200	659.400	660.600	661.800	663.000	664.200	665.400	666.600	667.800	669.000	670.200	671.400	672.600	673.800	675.000	676.200	677.400	678.600	679.800	681.000	682.200	683.400	684.600	685.800	687.000	688.200	689.400	690.600	691.800	693.000	694.200	695.400	696.600	697.800	699.000	700.200	701.400	702.600	703.800	705.000	706.200	707.400	708.600	709.800	711.000	712.200	713.400	714.600	715.800	717.000	718.200	719.400	720.600	721.800	723.000	724.200	725.400	726.600	727.800	729.000	730.200	731.400	732.600	733.800	735.000	736.200	737.400	738.600	739.800	741.000	742.200	743.400	744.600	745.800	747.000	748.200	749.400	750.600	751.800	753.000	754.200	755.400	756.600	757.800	759.000	760.200	761.400	762.600	763.800	765.000	766.200	767.400	768.600	769.800	771.000	772.200	773.400	774.600	775.800	777.000	778.200	779.400	780.600	781.800	783.000	784.200	785.400	786.600	787.800	789.000	790.200	791.400	792.600	793.800	795.000	796.200	797.400	798.600	799.800	801.000	802.200	803.400	804.600	805.800	807.000	808.200	809.400	810.600	811.800	813.000	814.200	815.400	816.600	817.800	819.000	820.200	821.400	822.600	823.800	825.000	826.200	827.400	828.600	829.800	831.000	832.200	833.400	834.600	835.800	837.000	838.200	839.400	840.600	841.800	843.000	844.200	845.400	846.600	847.800	849.000	850.200	851.400	852.600	853.800	855.000	856.200	857.400	858.600	859.800	861.000	862.200	863.400	864.600	865.800	867.000	868.200	869.400	870.600	871.800	873.000	874.200	875.400	876.600	877.800	879.000	880.200	881.400	882.600	883.800	885.000	886.200	887.400	888.600	889.800	891.000	892.200	893.400	894.600	895.800	897.000	898.200	899.400	900.600	901.800	903.000	904.200	905.400	906.600	907.800	909.000	910.200	911.400	912.600	913.800	915.000	916.200	917.400	918.600	919.800	921.000	922.200	923.400	924.600	925.800	927.000	928.200	929.400	930.600	931.800	933.000	934.200	935.400	936.600	937.800	939.000	940.200	941.400	942.600	943.800	945.000	946.200	947.400	948.600	949.800	951.000	952.200	953.400	954.600	955.800	957.000	958.200	959.400	960.600	961.800	963.000	964.200	965.400	966.600	967.800	969.000	970.200	971.400	972.600	973.800	975.000	976.200	977.400	978.600	979.800	981.000	982.200	983.400	984.600	985.800	987.000	988.200	989.400	990.600	991.800	993.000	994.200	995.400	996.600	997.800	999.000	1000.200	1001.400	1002.600	1003.800	1005.000	1006.200	1007.400	1008.600	1009.800	1011.000	1012.200	1013.400	1014.600	1015.800	1017.000	1018.200	1019.400	1020.600	1021.800	1023.000	1024.200	1025.400	1026.600	1027.800	1029.000	1030.200	1031.400	1032.600	1033.800	1035.000	1036.200	1037.400	1038.600	1039.800	1041.000	1042.200	1043.400	1044.600	1045.800	1047.000	1048.200	1049.400	1050.600	1051.800	1053.000	1054.200	1055.400	1056.600	1057.800	1059.000	1060.200	1061.400	1062.600	1063.800	1065.000	1066.200	1067.400	1068.600	1069.800	1071.000	1072.200	1073.400	1074.600	1075.800	1077.000	1078.200	1079.400	1080.600	1081.800	1083.000	1084.200	1085.400	1086.600	1087.800	1089.000	1090.200	1091.400	1092.600	1093.800	1095.000	1096.200	1097.400	1098.600	1099.800	1101.000	1102.200	1103.400	1104.600	1105.800	1107.000	1108.200	1109.400	1110.600	1111.800	1113.000	1114.200	1115.400	1116.600	1117.800	1119.000	1120.200	1121.400	1122.600	1123.800	1125.000	1126.200	1127.400	1128.600	1129.800	1131.000	1132.200	1133.400	1134.600	1135.800	1137.000	1138.200	1139.400	1140.600	1141.800	1143.000	1144.200	1145.400	1146.600	1147.800	1149.000	1150.200	1151.400	1152.600	1153.800	1155.000	1156.200	1157.400	1158.600	1159.800	1161.000	1162.200	1163.400	1164.600	1165.800	1167.000	1168.200	1169.400	11

Strombelastung von Kupferdrähten.*)

Durchmesser mm	Gewicht von 1 m gr.	Widerstand 100 m Ohm	Länge 1 Ohm m	Querschnitt qmm	Stromstärke Ampère per qmm bei		
					1 Ampère	2	3
0.5	1.747	7.46	11.82	0.1963	0.2	0.4	0.6
0.8	4.480	3.30	30.23	0.5026	0.5	1.0	1.5
0.9	5.670	2.61	38.27	0.6361	0.6	1.2	1.8
1.0	7.0	2.11	47.14	0.7854	0.8	1.6	2.4
1.5	15.73	0.94	106.30	1.7672	1.8	3.6	5.4
2.0	26.96	0.529	188.9	3.1416	3.1	6.2	9.3
2.5	43.62	0.3387	295.2	4.9087	5	10	15
3.0	62.91	0.2352	425.2	7.6686	7	14	21
3.5	85.63	0.1728	578.7	9.6211	9.6	19.2	28.8
4.0	111.8	0.1322	756.1	12.566	12.5	25	37.5

1 m Kupferdraht 1 qmm = 0.0166 Ohm sp. Gew. 8.9

Bleiblechgewicht.

Stärke	kg
1 mm . . .	11.4
2 mm . . .	22.8
3 mm . . .	34.2
pro qm	

Wärmetönungen.**)

Die für die Bleiverbindungen berechneten Wärmetönungen sind bisher nur aus dem metallischen Blei abgeleitet worden, da jedoch der Bleischwamm nicht reines Blei ist, sondern vermuthlich eine Blei-Wasserstoff-Verbindung, so ist es eigentlich unzulässig, die Spannung des Akkumulators aus der Wärmetönung zu berechnen.

Verbindungen.	Gramm-Kalorien.
$H_2 O$	68360
$H_2 O_2$ aqu.	45290
$O_2 + O$ (Ozon)	— 29600
$SO_2 O$	32160
$SO_2 O$ aqu.	71330
$SO_2 O_2 H_2$	121840
$SO_3 H_2 O$	21320
$H_2 SO_4$ aqu.	17850

*) Nach Formeln und Tabellen von Wilh. Biscan.

**) Lehr- und Handbuch der Thermochemie von Dr. A. Naumann, sowie Dr. Neuburgers Elektrochemischer Kalender.

Verbindungen.	Gramm-Kalorien.
SO_3 aqu.	39170
SO_2	71070
$SO_4 H_2$ aqu.	210760
PbO	50300
$PbO_2 SO_2$	145130
$PbO SO_3$ aqu.	23500
$Pb O SO_3$ aqu.	73800 Das Sulfat völlignieder- geschlagen.

Die für einen elektrolytischen Prozess benötigte E. M. K. ist das Produkt aus dem elektrochemischen Aequivalent des Elektrolyten, der Trennungs- resp. Verbindungswärme (Wärmetönung) für 1 g und der Konstanten 4,1612. (Joules Koëffizient; abgekürzt 4,2)

Die E. M. K. der Wasserzersetzung beträgt 1,4783 Volt, entsprechend der Wärmetönung des Wassers = 68360 Kalorien. Bezeichnet man daher bei irgend einem beliebigen elektrochemischen Prozess mit W die Wärmetönung resp. die Summe der Wärmetönungen und Lösungswärmen, welche letztere bei Lösungen zu der Verbindungswärme zu addieren ist, so ist die E. M. K. dieses Prozesses: $E. M. K. = \frac{W}{68360} \cdot 1,4783 = 0,00021625 W. Volt.$

Zur Berechnung dieser E. M. K. dient vorstehende Tabelle über Wärmetönung.

Bleisicherungen und Belastung der Leitungsquerschnitte.

Drähte von den nachstehenden angegebenen Querschnitten in der ersten Reihe dürfen nicht höher belastet werden als mit den Stromstärke der zweiten Reihe. Die gehörigen Abschmelzsicherungen sollen so bemessen sein, dass sie bei der in der dritten Reihe angegebenen Stromstärke abschmelzen.*)

Kupfer- querschnitt qmm	Betrieb- strom Ampère	Abschmelz- Stromstärke Ampère	Kupfer- querschnitt qmm	Betrieb- strom Ampère	Abschmelz- Stromstärke Ampère
0.75	3	6	35	80	160
1	4	8	50	100	200
1.5	6	12	70	130	260
2.5	10	20	95	160	320
4	15	30	120	200	400
6	20	40	150	230	460
10	30	60	210	300	600
16	40	80	300	400	800
25	60	120	500	600	1200

*) Nach den Beschlüssen in Eisenach vom 23. November 1895 des Verb. Deutsch. Elektrotechniker.

Das Aichen der Thomson'schen Elektrizitätsstähler.

In zahlreichen Akkumulatorenladestellen und Krafterzeugungsanlagen für Strassenbahnen hat man neuerdings vielfach die Thomson-zähler zum Messen der verbrauchten Energie in Betrieb. Die Betriebsleiter sind jedoch meistens nicht in der Lage, diese Apparate auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Es dürfte daher willkommen sein, hierfür eine kurze Anleitung beizufügen. Die in dem Motorzähler erzeugte Energie ist proportional der Stromstärke J , der Spannung E und der Geschwindigkeit v . Die Energie des Motors wird von der zwischen Stahlmagneten sich bewegendenden Kupferscheibe, durch in derselben auftretende Foucaultströme, verbraucht und ist bei einer Geschwindigkeit v die absorbierte Kraft proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit, so dass

$$E \cdot J \cdot v = K \cdot v^2, \text{ oder}$$

$$E \cdot J = K \cdot v, \text{ oder}$$

$$v = \frac{E \cdot J}{K} \text{ ist, worin } K \text{ eine Konstante bedeutet.}$$

Die am meisten in Gebrauch befindlichen Thomson-Zähler für Gleichstroms sind als Wattstunden-Zähler gebaut.

Eine Umdrehung der Kupferscheibe im Zähler entspricht 1 Watt-Stunde. Um die richtige Ablesung zu erhalten ist die Anzahl der Umdrehungen mit der Konstante (gewöhnlich 6 oder 1) zu multiplizieren.

Um die in einer gewissen Zeit stattgehabten Umdrehungen der Kupferscheibe genau feststellen zu können, befindet sich auf derselben ein weisser Strich. — Die Unruhe unserer gewöhnlichen Taschenuhren macht in 2 Sekunden 5 Schläge, sodass man hiernach mit dem Auge die Scheibe beobachten und zugleich mit dem Ohr die Zeit für eine Umdrehung ermitteln kann.

Der Zähler soll seiner Grösse entsprechend mit der mittleren Stromstärke beim Aichen belastet sein. — Die Formel für die Berechnung des Ganges des Zählers ist:

$$\frac{\text{Volt} \times \text{Ampère} \times \text{Zeit pro Umdrehung}}{: 36 : 6} = 100$$

z. B. $\frac{60 \times 90 \times 20}{: 36 : 6 : 5 T} = 107.3$; der Zähler geht also 7.3% zu langsam. Die Stahlmagnete, zwischen denen die Kupferscheibe sich dreht, werden jetzt der senkrechten Welle durch Stellschrauben ein wenig genähert und von neuem abgelesen, indem man Stromstärke und Spannung an genauen Instrumenten zugleich beobachtet. Die neue

Ablesung ergibt z. B. $\frac{63 \text{ A } 90 \text{ V } 18.8 \text{ Sek.}}{36 \text{ K } 6 \text{ bei } 5 \text{ T}} = 98.7$; der Zähler geht folglich um 1.3⁰/₀ zu schnell, was innerhalb der zulässigen Grenzen (von 5⁰/₀ nach oben und unten) liegt.

Beim Ablesen der Thomson-Zähler ist noch darauf zu achten, dass auf dem rechten Zifferblatt, welches die Einer anzeigt, jeder Theilstrich 1 Hektowattstunde, also erst ein ganzer Umlauf des Zeigers 1 Kilowattstunde bedeutet. Da die Zähler gewöhnlich Kilowattstunden angeben, so ist die am rechten Zifferblatt abgelesene Zahl durch ein Komma abzuthemen, falls nicht der Zeiger einmal herumgegangen ist. Im übrigen liest man ab wie bei jedem anderen Zähler, und zwar am sichersten von rechts nach links, also in umgekehrter Reihenfolge als die Ziffern der ganzen Ablesung gelesen werden. — Für das Aichen der Aron'schen Zähler, welche des unbequemen Aufziehens wegen jetzt weniger in Gebrauch sind, findet man genaue Anweisung in dem vom Verfasser herausgegebenen „Handbuch des Elektrotechnikers.“

Neuerdings ist der Aron'sche Zähler allerdings mit einer selbstthätigen, elektrischen Aufziehvorrichtung versehen worden. Es liegen jedoch noch keine praktischen Resultate über die Brauchbarkeit derselben vor. — An Einfachheit lässt der Thomson-Zähler jedenfalls nichts zu wünschen übrig, während der Aron'sche Zähler neuester Konstruktion noch komplizirter erscheint, als die bisherige Einrichtung dieses Systems, und da beide Systeme in ihren Angaben auch gleich genau sein dürften, wie dies ja auch die Konkurrenzprüfung in Paris ergeben hat, so wird natürlich der einfache Thomson-Zähler oft bevorzugt.

Für die Messungen auf fahrenden Strassenbahnwagen soll sich der Siemensche Zähler mit absatzweiser Zählung gut bewährt haben.

Schema für Ablesungen.

Konstante =

Zähler-No.	Letzte Ablesung
Datum	Vorige Ablesung
Ort	Differenz
Bemerkungen	mal Konstante =
Abgelesen von	Verbrauch Wattstunden

Jeder Zähler enthält 5 Zifferblätter, welche von rechts nach links abzulesen sind. Die abgelesenen Zahlen sind gleichfalls von rechts nach links, also in verkehrter Reihenfolge, als man die Ziffern nachher liest, aufzuschreiben.

Die graphische Preistabelle, Fig. 66, erleichtert die Berechnung des für den am Zähler abgelesenen Verbrauch zu zahlenden Betrages

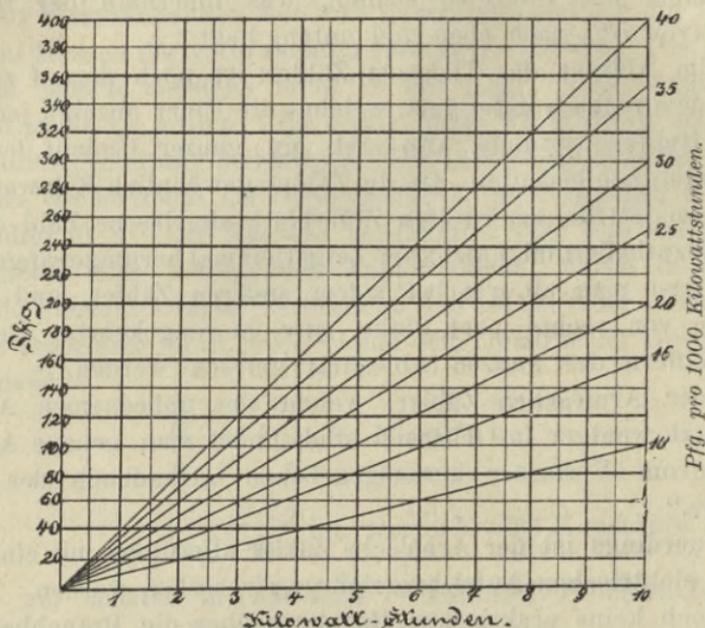


Fig. 66.

in Mark. Da die Tabelle für Kilowattstunden eingerichtet ist, so hat man für Hektowattstunden mit einem Komma entsprechend abzuthemen, abzulesen und das Komma richtig zu setzen, z. B.: 235,5 Kilowattstunden ergibt, bei 30 Pfg. pro Kilowattstunde

für 200 . . .	6000 Pfg.
.. 30 . . .	900 ..
.. 5 . . .	150 ..
.. 0,5 . . .	15 ..

70,65 Mk.

Stromverbrauch von Heiz- und Kochapparaten.*)

Kochofen 305×228×381 mm	3, 10 u. 17 Ampère
Kocher	2, 4 u. 5 ..
Plätteisen	1, 6 u. 6 ..
Bratrost	12 ..

bei 110 Volt.

Nutzeffekt zwischen Kochplatte und dem zu kochenden Wasser 43—48%. (Bei untergetauchtem Scheibensieder 90—100%.)

*) Nach Versuchen von John Price Jackson. Elektrotechnischer Anzeiger No. 81 1897.

Energieverbrauch zur Bereitung von Mahlzeiten.

Brodbacken in 50 Minuten				
2 gr. Brode				1.22 Kw. Std.
Frühstück				1.355 „ „
	Kaffee	6.55 Min.	844 Watt	
	Beefsteak	7.55 „	1505 „	
		7.55 „	1150 „	
Mittagbrod				2.98 „ „
	Roastbeaf	10.25	} „ 1610 „	
	Kartoffeln	10.35		
	Pasteten	11.14		
	Spargel	11.46 „	1990 „	
	Kaffee	12.05 „	1180 „	
	Spargel	12.11 „	2200 „	
		12.29 „	1825 „	
Abendbrod				8.39 „ „
	Cacao	4.59 „	630 „	
	Kartoffelpuffer	5.15 „	1010 „	
	Eierkuchen	5.10 „	2100 „	
		5.22 „	1700 „	
		5.26 „	1130 „	
		5.44 „	640 „	
4 Pasteten oder Zwieback				0.62 „ „

Kohlenverbrauch dagegen 12.6 lbs. = 6.67 kg. pro Mahlzeit.

Plätteisen brauchen ca. 2.27 Kw. Std. in 4 Stunden.

Energie-Verbrauch von Heiz- und Kochapparaten
der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin.

Art des Apparats	Inhalt Liter	Zeit zum Sieden Minuten	Verbrauch Watt
Kocher	1	20	330
„	1	10	660
Theekocher	1	20	440
„	1	15	660
Kocher	2	20	660
„	2	10	1320
Kaffeemaschine	0.5	10	275
„	1	10	330
Leimkocher	1	20	550
Leimwärmer	0.2	—	75

Art des Apparats	Inhalt Liter	Zeit zum Sieden Minuten	Verbrauch Watt
Siegellackwärmer	0.3	—	165
Kasserolle	0.5	—	220
„	1	—	320
„	2	—	550
„	5	—	1100
„	10	—	2200
„	15	—	3300
„	20	—	4400
Bratpfanne	160 mm Durchmesser		385
„	225 mm Durchmesser		550
„	290 mm Durchmesser		715
„	340 mm Durchmesser		990
Eierkocher	für 5 Eier		220
tragbare Speisewärmer	—	—	525
Kochuntersatz	120 mm Durchmesser	0.5 Liter in 25 Minuten	220
„	180 mm Durchmesser		440
Plätteisen	—	—	330—770
Brennscheere	—	10 Minuten	220
Heizrahmen	für 50 cbm		2750
Zimmerofen	für 200 cbm		11000
„	für 400 cbm		22000

Angaben laut Preisliste der Fabrik.

Zur Ermittlung der Stromstärke ist die oben angegebene Wattzahl mit der anzuwendenden Spannung in Volt zu dividieren.

Kosten der Kraft.

Der billige Betrieb elektrischer Anlagen hängt von der billigen Erzeugung des elektrischen Stromes ab. Nachstehende Tabelle dürfte daher von allgemeinem Interesse sein. Der jährliche Erzeugungspreis bzw. Verkaufspreis einer Pferdekraft beträgt in Mark:

bei P. S.	Berlin Oberspree Elektr.- Werk	bei eigener Anlage		Anmerkung.
		Dampf	Gas	
1	216	—	250	Für Licht kostet der elektr. Strom die 1000 Wattstd. 50 Pfg. oder die Lampenstunde 2 ¹ / ₄ Pfg. — im Innern Berlin's 3.6 Pfg.; Kraftstrom 16 Pfg. — pro 1000 Wattstunden.
5	190	755	195	
10	183	470	202	
50	144	315	253	
100	120	224	248	
500	95	120	—	

Rheostat für grössere Stromstärken
und für geringe Spannungen.

Belastung Ampère	Spannungs- gefälle ohne Rheostat Volt	Spannung an den Lampen ohne Rheostat Volt	Der Rheostat hat auszugleichen Volt	Entsprechender Rheostat- Widerstand Ohm
200	10	100	0	0.0000
180	9	101	1	0.0055
160	8	102	2	0.0125
140	7	103	3	0.0214
120	6	104	4	0.0333
100	5	105	5	0.0500
80	4	106	6	0.0750
60	3	107	7	0.1167
40	2	108	8	0.2000
20	1	109	9	0.4500

Obiger Rheostat ist aus schwarzlackirtem Kupferdraht hergestellt, mit höchstens 40° C. Erwärmung. Es ergibt sich für:

Ampère	mm Durchm.	Hierzu ist geeignet Draht von mm Durchmesser	m Länge pro 1 Ohm
200	7.8	8	2440
180	7.3	7.5	2130
160	6.7	7	1860
140	6.2	6.5	1600
120	5.6	6	1370
100	4.9	5.5	1150
80	4.2	5	950
60	3.5	4.5	770
40	2.7	4	610
20	1.6	3	340

Aus: Die Berechnung Elektr. Leitungsnetze in Theorie und Praxis.
J. Herzog und Cl. P. Feldmann, Jul. Springer 1893, S. 337/338.

Das Blei-Löthen.

Der ganze Löthapparat (siehe Fig. 67) ist wie folgt zusammengesetzt: Zur Entwicklung des Wasserstoffgases dient ein mit verdünnter Schwefelsäure (1 Theil Schwefelsäure von ca. 20° Bé. und 2 Theile Wasser) gefülltes Gefäß *A* aus säurefestem Material (starke Glaszelle oder besser Holzkasten mit Bleiverkleidung), in welches oben eine mit Hahn versehene Glocke *B* mit der Oeffnung nach unten eingesenkt ist. Unter letzterer befindet sich ein durchlochtetes Bleigefäß *D*, welches mit Zinkstücken *F* angefüllt ist. Bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf Zink entwickelt sich Wasserstoffgas,

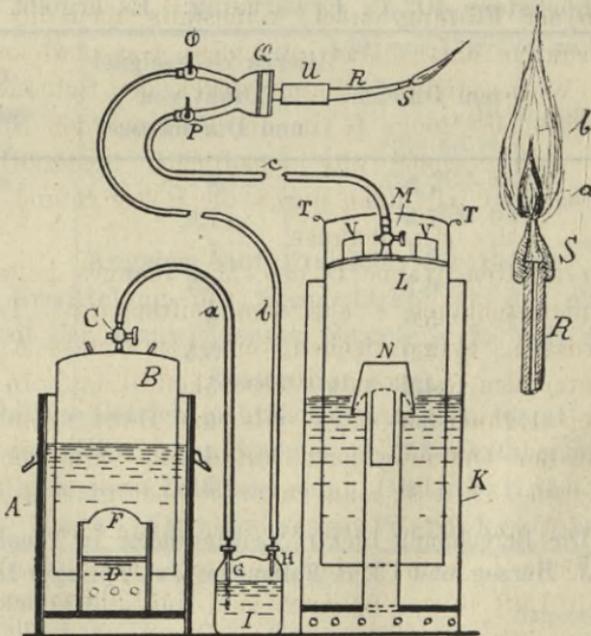


Fig. 67.

welches sich in der Glocke *B* ansammelt und die Säure daraus nach dem Gefäß *A* verdrängt. Säure sowohl wie Zink müssen möglichst rein, unter allen Umständen arsenfrei sein, auch darf niemals andere Säure als Schwefelsäure verwandt werden, da andere Säuren, auch nur spurenweise in einen Akkumulator gebracht, diesen sehr schnell

zerstören würden. Das Mischen der Säure mit dem Wasser muss in der Weise geschehen, dass man zunächst das Wasser eingiesst, und in dieses die Säure in dünnem Strahl einfliessen lässt.

Für die Zusammenstellung des Apparates gilt folgende Vorschrift: Man füllt das Gefäss *A* ungefähr zur Hälfte mit der vorher verdünnten Säure, stellt dann das Gefäss *D* [mit den Zinkstücken hinein, und setzt, sobald eine lebhafte Gasentwicklung stattfindet, die Glocke *B* mit geöffnetem Hahn hinein. Nach einigen Minuten hat das Wasserstoffgas alle Luft aus *B* verdrängt, und nun erst schliesst man den Hahn *C*. Von dem Gasentwicklungsapparat gelangt das Wasserstoffgas durch den Gummischlauch *a* in den Reinigungsapparat, in dem es von den letzten Spuren schädlicher Bestandtheile befreit wird. Der Reinigungsapparat besteht aus einer Glasflasche *J*, die bis zur Hälfte mit einer Lösung von übermangansaurem Kali gefüllt ist, und durch zwei durchbohrte Korke verschlossen wird. Durch die eine Durchbohrung ist eine beinahe bis auf den Boden des Gefässes reichende Glassröhre *G* geführt, während durch die andere eine kürzere Glasröhre *H* hindurch geht, die circa 5 cm oberhalb der Füllung endet, keinesfalls aber die Flüssigkeitsoberfläche berühren darf. Das aus dem Gasentwicklungsapparat ausströmende Wasserstoffgas gelangt durch den Schlauch *a* und die daran anschliessende Röhre *G* in die Füllung der Flasche, steigt darin in die Höhe, wobei alle schädlichen Bestandtheile zurückgehalten werden, und tritt dann durch die Röhre *H* und den Schlauch *b* in den Hahn *P* des Mischhahnes.

Zu dem zweiten Hahne *O* des Mischhahnes gelangt die Luft durch den Gummischlauch *c* aus dem Luftapparat. Dieser besteht aus einem grossen, cylinderischen, eisernen Gefäss *K*, welches bis wenige cm unter dem Rande mit Wasser gefüllt ist. In dieses taucht eine mit zwei Hähnen *M* sowie mit den Handgriffen *T* versehene Glocke *L* mit der Oeffnung nach unten ein. Um den Apparat in Betrieb zu setzen, schliesst man zuvor unbedingt den Hahn *M* (für den Wasserstoff) und öffnet den zweiten Hahn, hebt an den Handgriffen die Glocke *L* hoch, wobei sie sich durch ein Ventil *N* vom Boden aus mit Luft füllt. Belastet man nun die Glocke *L* mit Gewichten *V*, und öffnet den Hahn *M*, so tritt die Luft unter Druck, welcher natürlich von der Grösse des Gewichts *V* abhängig ist, durch den Schlauch *c* nach dem Hahn *O* des obengenannten Mischhahnes. Ist nach einiger Zeit alle Luft verbraucht, so füllt man den Luftbehälter auf die [ebenbeschriebene Weise von Neuem, wobei unbedingt darauf zu achten ist, dass beim Heben [der Luftglocke der Hahn *M* geschlossen bleibt, da andernfalls Wasserstoffgas aus dem

Mischhahn in den Luftapparat gesaugt werden könnte, wodurch eine heftige Explosion entstehen würde.

Der Mischhahn besteht aus einem sogenannten Hosenrohr, von welchem zwei Schenkel mit den Hähnen *P* und *O* für Wasserstoff- und Luftzuführung dienen. Die Gase treten durch ein dreifaches Drahtsieb *Q* gemischt in den dritten Schenkel *U* und gelangen von hier durch einen Gummischlauch nach dem Löthrohr *R*.

Die feinmaschigen Drahtsiebe *Q* vor den beiden Hähnen des Mischhahnes verhindern eine Entzündung des höchst explosiven Gemisches (Knallgas), es ist daher Pflicht eines jeden Bleilöthers, streng darauf zu halten, dass diese dreifachen Drahtsiebe in dem Mischhahn niemals fehlen, damit Explosionen durch Rückwärtsschlagen der Flamme nach dem Gasentwickler auf jeden Fall vermieden werden.

Das Löthrohr, in verkleinertem Maassstabe in Fig. 67 dargestellt, besteht aus einem gebogenen Messingrohr *R*, auf welches man eine leicht auswechselbare Löthspitze *S* aufschraubt. Die Durchbohrung dieser Spitze richtet sich nach der Grösse der Stichflamme, welche man zum Löthen verschieden grosser Stücke braucht.

Sind alle Apparate, wie oben beschrieben, zusammengestellt, und die Hähne *C* und *M* geöffnet, so öffnet man alsdann den Hahn *P*, und zündet das aus der Löthspitze ausströmende Wasserstoffgas an. Nun erst öffnet man allmählich den Hahn *O* bis die in die Wasserstoffflamme einströmende Luft der Knallgasflamme die in der Figur 67 dargestellte Form giebt. Die so entstehende Knallgasflamme besteht hauptsächlich aus zwei Theilen, dem kühlen Mantel *b* und dem heissen, nicht oxydirenden spitzen Kegel *a*, der sogenannten Stichflamme. Nur dieser letztere Theil dient zum Löthen. Die Grösse der ganzen Flamme und das Verhältniss ihrer beiden Bestandtheile sind abhängig vom Gasdruck und der Oeffnung der Hähne, deren Oeffnung

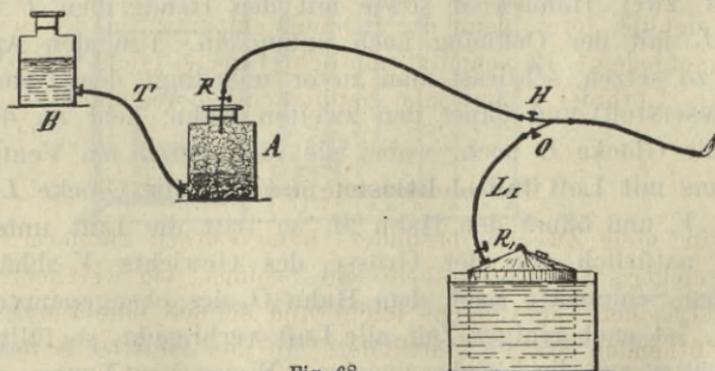


Fig. 68.

und Stellung sich je nach Art und Grösse der Lötstelle richtet. — Einen einfacheren, billigeren Apparat für den gleichen Zweck zeigt Fig. 68,

an dessen Stelle auch der Kipp'sche Apparat verwendet werden kann. R_1 ist der Luftbehälter, A der Wasserstoffentwickler und B der Säurebehälter. Stellt man denselben höher als A , so beginnt die Wasserstoffentwicklung, indem die Säure durch den Schlauch T an das auf dem Boden in A befindliche Zink herantritt. Die Pressluft aus R_1 und der Wasserstoff von R gelangen durch die Hähne O bezw. H vereinigt zur Sticht Flamme. *)

Beim Löthen ist eine besonders konstruirte Löthzange sehr bequem, welche zur Verbindung der Ableitungen an den Platten und der Bleistreifen dient. Dieselbe verhütet das Herabfliessen des Bleies, so dass die Verbindung der Leiste und der Platte schnell und sicher bewirkt werden.

Löthen mit dem Kolben.

Das Löthen mit dem Kolben soll nur ausnahmsweise und bei kleinen Stücken angewendet werden. Zu diesem Zwecke wird ein möglichst grosser Kolben aus Kupfer gut rothglühend gemacht, auf einem Stück Salmiak abgerieben und verbleit, so das einige Tropfen Blei, die man von einer dünnen Bleistange abschmilzt, daran haften bleiben. Diese Operation muss man bei jeder Löthstelle von neuem wiederholen.

Es können alsdann in derselben Weise mit dem Kolben Bleistücke durch Blei vereinigt werden, wie man sonst mit Zinn zu löthen pflegt. Es muss jedoch stets darauf gehalten werden, dass sich der Kolben nicht zu stark abkühlt, und muss derselbe immer glühend sein, wenn man mit Sicherheit die Stücke vereinigen will; andererseits ist auch grosse Vorsicht nöthig, damit der zu heisse Kolben nicht etwa von den zu vereinigenden Stücken zuviel abschmilzt.

Bei jedem Bleilöthen muss man zuerst wissen, ob man Hartblei oder Weichblei lötet, denn die Schmelztemperaturen der beiden Stoffe sind verschieden. Es schmilzt nämlich Hartblei leichter als Weichblei.

Als Löthblei nimmt man hauptsächlich Weichblei.

Der elektrische Löthkolben.

Für viele Zwecke, besonders beim Löthen kleinerer Bleistücke, ist ein elektrischer Löthkolben sehr bequem, bei welchem vermittels des elektrischen Lichtbogens leicht und schnell eine Vereinigung der zu verlöthenden Stellen stattfindet. In den meisten Fällen genügen

*) Die Konstruktion stammt aus dem zuvor schon genannten Werke von Loppé, Paris.

zwei Akkumulatorenzellen, welche 20—30 Ampère momentan herzugeben vermögen. Die sehr einfache Einrichtung ist in Fig. 69 dargestellt.

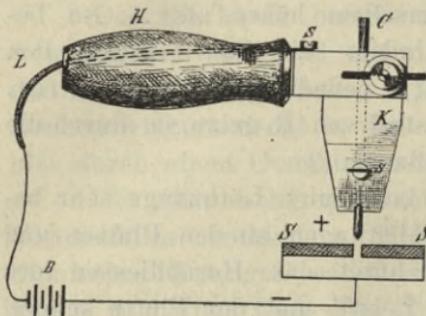


Fig. 69.

An einem isolirenden Holzgriff *H* ist das Kupferstück *K* befestigt, in dessen vertikaler Bohrung der verkupferte Kohlenstift *C* befestigt ist. Von der Batterie *B* führt der + Pol zum Löthkolben bei *s*, während der — Pol an die zu vereinigenden Stücke gelegt ist. Beim Berühren mit dem Kohlenstift entsteht an der Berührungsstelle ein Lichtbogen, in

welchem das Blei sehr leicht schmilzt. Hauptsache beim Bleilöthen überhaupt ist, dass die zu vereinigenden Stellen metallisch blank sind.

Säuretabelle.

Spezifisches Gewicht und Prozentgehalt der Schwefelsäure bei 15°
bezogen auf Wasser von 4°.

(Lunge und Isler.)

Volum.- Gewicht bei 15° bei 4° (luftl. R.)	Grade Beaumé	Gr. Twaddell	100 Gewichtstheile entsprechen bei chemisch reiner Säure				1 Liter enthält Kilogramm bei chemisch reiner Säure			
			Prozent SO ₃	Prozent H ₂ SO ₄	Prozent 60-gräd. Säure	Prozent 50-gräd. Säure	SO ₃	H ₂ SO ₄	60-gräd. Säure	50-gräd. Säure
1.000	0	0	0.07	0.09	0.12	0.14	0.001	0.001	0.001	0.001
1.005	0.7	1	0.68	0.83	1.06	1.33	0.007	0.008	0.011	0.013
1.010	1.4	2	1.28	1.57	2.01	2.51	0.013	0.016	0.020	0.025
1.015	2.1	3	1.88	2.30	2.95	3.68	0.019	0.023	0.030	0.037
1.020	2.7	4	2.47	3.03	3.88	4.85	0.025	0.031	0.040	0.050
1.025	3.4	5	3.07	3.76	4.82	6.02	0.032	0.039	0.049	0.062
1.030	4.1	6	3.67	4.49	5.78	7.18	0.038	0.046	0.059	0.074
1.035	4.7	7	4.27	5.23	6.73	8.37	0.044	0.054	0.070	0.087
1.040	5.4	8	4.87	5.96	7.64	9.54	0.051	0.062	0.079	0.099
1.045	6.0	9	5.45	6.67	8.55	10.67	0.057	0.071	0.089	0.112
1.050	6.7	10	6.02	7.37	9.44	11.79	0.063	0.077	0.099	0.124
1.055	7.4	11	6.59	8.07	10.34	12.91	0.070	0.085	0.109	0.136
1.060	8.0	12	7.16	8.77	11.24	14.03	0.076	0.093	0.119	0.149
1.065	8.7	13	7.73	9.47	12.14	15.15	0.082	0.102	0.129	0.161
1.070	9.4	14	8.32	10.19	13.05	16.30	0.089	0.109	0.140	0.174
1.075	10.0	15	8.90	10.90	13.96	17.44	0.096	0.117	0.150	0.188
1.080	10.6	16	9.47	11.60	14.87	18.56	0.103	0.125	0.161	0.201
1.085	11.2	17	10.04	12.30	15.76	19.68	0.109	0.133	0.171	0.213
1.090	11.9	18	10.60	12.99	16.65	20.78	0.116	0.142	0.181	0.227
1.095	12.4	19	11.16	13.67	17.52	21.87	0.122	0.150	0.192	0.240
1.100	13.0	20	11.71	14.35	18.39	22.96	0.129	0.158	0.202	0.253
1.105	13.6	21	12.27	15.03	19.26	24.05	0.136	0.166	0.212	0.265
1.110	14.2	22	12.82	15.71	20.13	25.14	0.143	0.175	0.223	0.279
1.115	14.9	23	13.36	16.36	20.96	26.18	0.149	0.183	0.234	0.292
1.120	15.4	24	13.89	17.01	21.80	27.22	0.156	0.191	0.245	0.305

Volum.- Gewicht bei 15° 4° (Luftl. R.)	Grade Beaumé	Gr. Twaddell	100 Gewichtstheile entsprechen bei chemisch reiner Säure				1 Liter enthält Kilogramm bei chemisch reiner Säure			
			Prozent SO_3	Prozent H_2SO_4	Prozent 60-gräd. Säure	Prozent 50-gräd. Säure	SO_3	H_2SO_4	60-gräd. Säure	50-gräd. Säure
1.125	16.0	25	14.42	17.66	22.63	28.26	0.162	0.199	0.255	0.318
1.130	16.5	26	14.95	18.31	23.47	29.30	0.169	0.207	0.265	0.331
1.135	17.1	27	15.48	18.96	24.29	30.34	0.176	0.215	0.276	0.341
1.140	17.7	28	16.01	19.61	25.13	31.38	0.183	0.223	0.287	0.358
1.145	18.3	29	16.54	20.26	25.96	32.42	0.189	0.231	0.297	0.371
1.150	18.8	30	17.07	20.91	26.79	33.46	0.196	0.239	0.308	0.385
1.155	19.3	31	17.59	21.55	27.61	34.48	0.203	0.248	0.319	0.398
1.160	19.8	32	18.11	22.19	28.43	35.50	0.210	0.257	0.330	0.412
1.165	20.3	33	18.64	22.83	29.25	36.53	0.217	0.266	0.341	0.426
1.170	20.9	34	19.16	23.47	30.07	37.55	0.224	0.275	0.352	0.439
1.175	21.4	35	19.69	24.12	30.90	38.59	0.231	0.283	0.363	0.453
1.180	22.0	36	20.21	24.76	31.73	39.62	0.238	0.292	0.374	0.467
1.185	22.5	37	20.73	25.40	32.55	40.64	0.246	0.301	0.386	0.481
1.190	23.0	38	21.26	26.04	33.37	41.66	0.253	0.310	0.397	0.496
1.195	23.5	39	21.78	26.68	34.19	42.69	0.260	0.319	0.409	0.511
1.200	24.0	40	22.30	27.32	35.01	43.71	0.268	0.328	0.420	0.525
1.205	24.5	41	22.82	27.95	35.83	44.72	0.275	0.337	0.432	0.539
1.210	25.0	42	23.33	28.58	36.66	45.73	0.282	0.346	0.444	0.553
1.215	25.5	43	23.84	29.21	37.45	46.74	0.290	0.355	0.455	0.568
1.220	26.0	44	24.36	29.84	38.23	47.74	0.297	0.364	0.466	0.583
1.225	26.4	45	24.88	30.48	39.05	48.77	0.305	0.373	0.478	0.598
1.230	26.9	46	25.39	31.11	39.86	49.78	0.312	0.382	0.490	0.612
1.235	27.4	47	25.88	31.70	40.61	50.72	0.320	0.391	0.502	0.626
1.240	27.9	48	26.35	32.28	41.37	51.65	0.327	0.400	0.513	0.640
1.245	28.4	49	26.83	32.86	42.11	52.58	0.334	0.409	0.524	0.655
1.250	28.8	50	27.29	33.43	42.84	53.49	0.341	0.418	0.535	0.669
1.255	29.3	51	27.76	34.00	43.57	54.40	0.348	0.426	0.547	0.683
1.260	29.7	52	28.22	34.57	44.30	55.31	0.356	0.435	0.558	0.697
1.265	30.2	53	28.69	35.14	45.03	56.22	0.363	0.444	0.570	0.711
1.270	30.6	54	29.15	35.71	45.76	57.14	0.370	0.454	0.581	0.725
1.275	31.1	55	29.62	36.29	46.50	58.06	0.377	0.462	0.593	0.740
1.280	31.5	56	30.10	36.87	47.24	58.99	0.385	0.472	0.605	0.755
1.285	32.0	57	30.57	37.45	47.99	59.92	0.393	0.481	0.617	0.770
1.290	32.4	58	31.04	38.03	48.73	60.85	0.400	0.490	0.629	0.785
1.295	32.8	59	31.52	38.61	49.47	61.78	0.408	0.500	0.641	0.800
1.300	33.3	60	31.99	39.19	50.21	62.70	0.416	0.510	0.653	0.815
1.305	33.7	61	32.46	39.77	50.96	63.63	0.424	0.519	0.665	0.830
1.310	34.2	62	32.94	40.35	51.71	64.56	0.432	0.529	0.677	0.845
1.315	34.6	63	33.41	40.93	52.45	65.45	0.439	0.538	0.689	0.860
1.320	35.0	64	33.88	41.50	53.18	66.40	0.447	0.548	0.702	0.876

Prozentgehalt und spezifisches Gewicht der Schwefelsäure bei 15°.

(Otto.)

Proz.	Spez. Gew.	Proz.	Spez. Gew.	Proz.	Spez. Gew.	Proz.	Spez. Gew.
1	1.006	26	1.190	52	1.418	78	1.710
2	1.013	28	1.206	54	1.438	80	1.734
4	1.025	30	1.223	56	1.458	82	1.756
6	1.039	32	1.239	58	1.480	84	1.777
8	1.053	34	1.256	60	1.501	86	1.794
10	1.068	36	1.272	62	1.523	88	1.809
12	1.083	38	1.289	64	1.545	90	1.822
14	1.098	40	1.306	66	1.568	92	1.831
16	1.113	42	1.324	68	1.592	94	1.835
18	1.129	44	1.361	70	1.615	96	1.838
20	1.144	46	1.376	72	1.639	98	1.841
22	1.159	48	1.398	74	1.663	100	1.842
24	1.174	50	1.418	76	1.686		

Prozentgehalt und spezifisches Gewicht konzentrierter Schwefelsäure bei 15°.

(Lunge u. Naef, Ber. d. d. ch. Ges. 1883, 953.)

(Die Werthe sind theils direkt beobachtet, theils durch Interpolation gefunden.)

Proz. H ₂ SO ₄	Spez. Gew.	Proz. H ₂ SO ₄	Spez. Gew.
90	1.8185	95.97	1.8406
90.20	1.8195	96	1.8406
91	1.8241	97	1.8410
91.48	1.8271	97.70 *)	1.8413
92	1.8294	98	1.8412
92.83	1.8334	98.39	1.8406
93	1.8339	98.66	1.8409
94	1.8372	99	1.8403
94.84	1.8387	99.47	1.8395
95	1.8390	100.00 **)	1.8384

*) Maximum }
 **) Minimum } der Dichte.

Tabelle nach Anthon zur Herstellung von Schwefelsäure bestimmter Konzentration aus Säure vom spezifischen Gewicht 1,85—1,86 und Wasser.

(Hofmann-Schädler, Tabellen, S. 109.)

100 Theile Wasser von 15°—17.5° gemischt mit Theilen Schwefelsäure von 1.85 spez. Gewicht	Geben Säure vom spez. Gew.	100 Theile Wasser von 15°—17.5° gemischt mit Theilen Schwefelsäure von 1.85 spez. Gewicht	Geben Säure vom spez. Gew.	100 Theile Wasser von 15°—17.5° gemischt mit Theilen Schwefelsäure von 1.85 spez. Gewicht	Geben Säure vom spez. Gew.
1	1.009	55	1.265	130	1.456
2	1.015	60	1.280	140	1.473
5	1.035	65	1.297	150	1.490
10	1.060	70	1.312	160	1.510
15	1.090	75	1.326	170	1.530
20	1.113	80	1.340	180	1.543
25	1.140	85	1.357	190	1.556
30	1.165	90	1.372	200	1.568
35	1.187	95	1.386	210	1.580
40	1.210	100	1.398	220	1.593
45	1.229	110	1.420	230	1.606
50	1.248	120	1.438	240	1.620

Änderung der elektrischen Leitungsfähigkeit mit der Temperatur bei flüssigen Elektrolyten.

Ist die k_0 Leitungsfähigkeit bei 0° , so ist dieselbe bei t° :

$$k = k_0 (1 + at + bt^2).$$

Für praktische Zwecke genügt die Formel:

$$k = k_0 (1 + at).$$

Die Werte für a und b müssen für jeden Elektrolyten besonders bestimmt werden und sind in nachfolgenden Tabellen angegeben. Wo diese Werte auf die Temperatur von 18° bezogen sind, geschieht die Umrechnung für t° nach der Formel:

$$k = k_{18} (1 + a(t - 18^\circ)).$$

Schwefelsäure bezogen auf 18°.

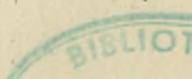
(F. Kohlrausch.)

Prozentgehalt	a	b
1	0.112	} 0.000
10	0.128	
20	0.145	
30	0.162	
40	0.178	
50	0.193	
60	0.213	
70	0.256	
80	0.349	
83	0.369	
84	0.369	
90	0.320	
95	0.270	
97	0.286	
99.4	0.400	

Schwefelsäure.

(Grotrian.)

Gewichts- procente an H_2SO_4	Leitfähig- keit L_0 bei O_0C	a	b	Maximale Leitfähigkeit	
				°C	% H_2SO_4
5	1543	+ 0.01768	— 0.00006214	—	—
10	2722	1902	6002	—	—
15	3881	2031	5589	—	—
20	4659	2156	4976	0°	30.2
25	5059	2275	4162	10	30.9
30	5142	2390	3149	20	31.7
35	4979	2500	1935	30	32.5
40	4640	2606	0521	40	33.3
45	4172	2706	+ 0.00001093	50	34.1
50	3578	2802	2908	60	34.8
55	3974	2893	4923	70	35.4
60	2423	2979	7138	—	—
70	1587	3136	+ 0.00012168	—	—
80	1053	3275	18000	—	—
90	719	3394	24633	—	—
100	507	3494	32066	—	—



Register.

	Seite		Seite
A blättern der Platten . . .	185	A kkumulator	
Abhängigkeit der Kapazität	156. 160	„ Traktions- . . .	62
Ableitung des Stromes. . . .	141	„ transportabler	11. 183
Ablezen der Zähler	237	„ Trocken-	22
Abscheidung pro Ampèrestunde	229	„ von Watt	20
Acetylen	93. 114	„ Zink-Blei-	24
Aequivalent, elektrochemisches	195	Amerikanische Wagen . . .	79. 80
Aichen der Zähler	236	Ampère	4
A kkumulator		Anfahren der Wagen	58
„ aktive Masse des	13	Anforderungen an Akkumulatoren	11
„ Anforderung a. den	11	Anforderungen an galvanische	
„ Aufstellung des .	191	Elemente	149
„ Auswahl des . . .	218	Anode	6
„ Bahnen	90	Antimon- (Hartblei)	9
„ Behandlung . . .	191	Arbeit	3. 6
„ von Boese	13. 175. 187	Arbeitsverluste	58
„ Berechnung für		Aärometer	196
Beleuchtung .	219	Arsen in der Säure	194
„ Berechnung für		Aufladen	27. 36. 44
Traktion	62	Ausgleich d. Stromschwankungen	106
„ Betrieb	191	Ausschalter	210
„ Entladung	213	Auswechseln der Platten . . .	206
„ Erklärung des . . .	9	Automobilwagen	74. 91
„ von Franke	23	B adspannung für Galvanoplastik	229
„ von Gülcher	18. 54	B ahnen	
„ von A.-Gesellschaft		in Arad	90
Hagen	15	Charlottenburg	28—35
„ mit Kohlefüllung	22	Berlin	53
„ Ladung	198	gemischter Betrieb auf . . .	45
„ Majert's	16	in Hannover	45
„ von Pollack	17	in Meckenbeuren	67
„ Schaltung .	207. 215	in München	55
„ für Schwachstrom-		Strassen-	26
Technik	122	reiner Akkumulatoren-	
„ stationärer	11. 65. 183	Betrieb auf	37

	Seite		Seite
Bahnen		Betriebskosten	
in Paris	36. 44	pro Wagenkilometer	51
Voll-	71	pro Tonnenkilometer	56
Batterie		Betriebskraft	
Beleuchtungs-	92	für Bahnen	37—41
Kutschwagen-	121	für Boote	71
Kästen	12. 98. 107	für Fuhrwerke	75—87
stationäre	65. 101	Betriebsresultate	49
Traktions-	62	Bleischwamm der negativen	
transportable	12	Platten	14. 234
Beaumé Grade	247	Bleisalze als aktive Masse	13
Bedarf an Zellen		Bleisicherungen	
für Beleuchtung	94	Anordnung	210
für Induktorien	228	Querschnitt	235
für Traktion	33	Boote, elektrische	71
Behandlung		Braun, Vortrag des Baumeister	56
der Batterien	191	Bremsen der Wagen	84
der Kästen	101	Bewegung	
der Zellen	14	von Fahrzeugen	25
Beleuchtung		von Zellen	12. 93
der Bahnpostwagen	92	Bezeichnungen, elektrotechnische,	
der Eisenbahnwagen	116. 176	internationale	3
der Kutschwagen	121. 127	Cab	76
der Personenwagen	92. 115	Calorie	7
der Salonwagen	119	Charlottenburger Wagen	31
Berechnung		Chlor im Elektrolyten	194. 197
von Batterien f. Beleuchtung	120	Nachweis	197
von Batterien für Traktion	62	Coulomb, Das	4
des Drahtquerschnitts	233	Dauer der Platten	50. 157. 186
der Kapazität v. Zellen	166. 168	Dänische Staatsbahn - Beleuchtung	106
des Stromverbrauchs der		Diffusion der Säure in den Platten	206
Glühlampen	221	Dimensionen der Platten	16. 20. 21
der Säure für die Zellen	188	22. 30. 32. 36. 165. 181.	
der Zählerablesungen	237	Drahtquerschnitt, zulässiger	233
Betrieb		Drahttabelle	135. 233
Auflade-	27. 41	Dreileiter	97
gemischter	27. 45	Droschke, elektrische	76. 81
Geschäftswagen-	78	Entladung	155
der Ladestellen	99	bei verschieden. Spannungs-	
der Strassenbahnen	29	abfall	163. 175
der Wagenbeleuchtung	99	Entladestrom	28. 33. 41. 218
Betriebskosten		Erklärungen, allgemeine	9
der Beleuchtung	113	Einbau der Platten	12. 14
der Strassenbahnen	55	„ der Zellen	12. 15
pro Wagen	42—57		

	Seite		Seite
Einfluss		Fahrgeschwindigkeit	
des Endladestromes 29. 30. 32		von Strassenbahnwagen 36. 46. 90	
155. 156. 160. 167.		Fahrtlänge eines Wagens 33. 37. 87	
des Fahrers 58		im Jahr mit täglich einer	
des Ladestromes 163		Ladung 30	
der Lagerkonstruktion . . . 61		von Fuhrwerken mit täglich	
der Säure 173. 188		einer Ladung . . . 80. 87. 91	
der Temperatur 171		von Strassenbahnwagen mit	
Elektrische Maasse 3		täglich einer Ladung 36. 90	
„ Gesetze 5		Faraday's Gesetz 6	
Elektroden 5		Fehler in Anlagen 131	
„ -Spannung 219. 229		in Apparaten 139	
Elektrolyse 8. 229		in Leitungen . . . 138. 140. 142	
Elektrolyt 5		in Zellen 203—206	
Elektromotoren		Fernsprechzelle 124	
für Automobilwagen 83		Formeln zur Berechnung	
für Boote 73. 232		von Batterien 62	
für Strassenbahnwagen . . . 35		des Drahtquerschnitts . . . 233	
Preis der 231		für Erwärmung 6	
Stromverbrauch 232		der Kapazität 166. 168	
Zugkraft pro Tonne 227		des Säurequantums 173. 188. 190	
Elemente, Leclanché 138. 149		Formiren der Platten 14	
primär 137. 149		Fortschritte der Akkumulatoren 86	
sekundär 154. 166		Funkenlänge der Induktoren . . 228	
Energie, s. a. Kraft, Strom . . . 10		Füllen der Zellen 196	
Erzeugung pro Kilo Kohle 38		Fünfleiter - Vertheilung 96	
Energieverbrauch		Fuhrwerke, elektrische . . . 74. 91	
der Boote 73		Gasentwicklung in Zellen 171. 198	
der Elektrolyse 279		Gefässe für Akkumulatoren . . . 11	
der Glühlampen 221. 226		Gemischter Betrieb 27. 57	
der Induktorien 228		Gepäcktransport-Wagen 78	
der Kochapparate 240		Geschäftswagen 79	
der Speisenzubereitung . . . 239		Gesetze, elektrische 6	
der Strassenbahnen 39. 40. 41		Gewicht, spezifisches der	
pro Tonnenkilometer 56		Säure 190. 196	
pro Wagenkilometer 37. 39		der Traktionsbatterien . . . 30	
der Wärmapparate 238—240		32. 36. 39. 84.	
im Winter 49		der Strassenbahnwagen 30. 38	
pro Zugkilometer 49		Gewichtsverhältnisse	
Erdschluss 141		bei Fuhrwerken 85. 87	
Erwärmung der Zellen 171		bei Platten 157. 181	
Fahrschalter, Handhabung 58. 77		Gitterplatten	
Fahrgeschwindigkeit		Beschreibung von 20. 23	
von Booten 72		Beurtheilung von 181	
von Fuhrwerken 80. 82. 87. 91		Glaszellen 11	

	Seite
Glühlampen	
für Akkumulatoren 98. 220. 226	
Stromverbrauch 221. 227	
für Postwagen 98	
Verbrauch 220	
Gotthardbahn 109	
Gülcher's Akkumulator . 18. 54	
Güteverhältniss der Akkumula- toren 29. 30	
■ Haltbarkeit der Platten . 157. 186	
Handlaternen 127	
Haustelegraphie 123. 131	
Holz für Batteriekästen 12	
Holz für Zellengefässe 12	
Höchst zulässige Stromstärke	
für Akkumulatoren . 174. 181	
für Leitungen 234. 235	
für Sicherungen 235	
■ Induktionsapparate, Stromver- brauch der 228	
Industrie	
Akkumulatoren- 13	
Wagen 74. 88	
Isolation 153	
■ Ionen 6	
Joulé'sches Gesetz 6	
■ Kapazität der Zellen . . . 10. 177	
für Beleuchtung 174	
pro Kilogramm 178	
der Platten 166. 186	
pro Quadratdecimeter. 22. 163	
der Systeme 155. 178	
für Traktion . . 29. 30. 32. 48	
bei verschiedenem Entlade- strom 29. 30. 32. 155. 156. 160 167.	
Untersuchung der 154	
Kapazitäts	
-Berechnung 166. 168	
-Tabelle 178. 185	
-Kurven 169. 179. 181	
-Abhängigkeit vom Säure- volumen 188. 196	
Kasten für Batterien 12. 15. 95 98. 99. 107. 123.	

	Seite
Kathode 6	
Knallgas	
beim Laden 171. 198	
zum Löthen 242	
Kochen	
mit Strom 238	
der Zellen 171. 187	
Köln a. Rh., Ladestelle 99	
Kohlenverbrauch	
für Stromerzeugung . 49. 53	
Konstruktion	
der Batterieschränke . 95. 102	
der Boote 73	
des Einbaus 14	
der Fahrschalter 35. 84	
der Fuhrwerke 74—85	
der Kästen 12	
der Platten 13—23. 181	
der Rahmen 13. 181	
der Strassenbahnwagen . 30—35	
der Gitter 181	
der Zellen 14	
Konzentration der Säure . 173. 188 190. 196.	
Kosten	
der Batterien 42. 56. 118	
der Beleuchtung 113	
der Elektromotoren 231	
pro Kilometer - Strecke 43. 55	
oberirdisch 43. 51. 57	
unterirdisch 50. 53	
der Kraft 240	
der Kutschwagenbatterien . 79	
der Strassenbahnwagen . . . 32	
pro Tonnenkilometer 56	
der Traktion 50. 53. 57	
pro Wagenkilometer 38	
der Unterhaltung d. Batterien 42	
Kraft s. a. Energie	
elektrische 3	
der Elektromotoren . 231. 232	
des Pferdes 86	
pro Tonne Last 56. 227	
Kraftbedarf	
für Anhängewagen 48	

	Seite		Seite
Kraftbedarf		M aasse, elektrische	3
für Fuhrwerke	86. 87	Majert's Platte	16
für Traktion	30—60	Masse, aktive	9. 185
pro Wagenkilometer	38	Masseplatten	13
pro Zugkilometer	39. 49	Material für Kästen	12
Krafterzeugung pro Kilo Kohle	38	für Zellen	12
Kraftlinien elektrolytische	156	Messinstrumente	143
Krümmen der Platten	205	Messungen	144—150
Kühlstein's Wagen	81	Mikrophon	124
Kugellager für Wagen	61	Stromstärke	126. 152
Kurven		Widerstand	125
über Drahtquerschnitt	224	Zelle	123
über Energieverbrauch der		Motorwagen siehe Automobil-	
Glühlampen	221. 227	wagen	74. 91
über Kapazität	169. 179. 181	in England	88
über Säuregehalt der Zellen	173	Münchener Trambahn	55
188. 190.		N achfüllen der Säure	196
über Strompreis	238	Nachtheil des Akkumulatoren-	
Kurzschluss		Betriebes	40
in Leitungen	143	Nebenschluss	132. 142
in Zellen	143	Niederschlagsmengen bei Elek-	
L aden von Batterien	198. 200	trolyse	229
für Beleuchtung	95. 108	Nickelindraht für Widerstände	232
für Telegraphen	122	Nutzeffekt	10
für Traktion	35. 41. 47	O berfläche der Platten	185
für besondere Zwecke	201	Oberleitung	
Ladespannung	207	Anlagekosten	43
Ladestelle		Unterhaltungskosten	42
für Beleuchtung	95. 99	Ohm, das	4
für Traktion	34. 100	Ohm'sches Gesetz	7
Lagerkonstruktion	61	Omnibus, elektrischer	81
Laternen für Wagenbeleuch-		P eukerts Untersuchung	167
tung	128. 129	Pfaff's Säurekurven	190
Leclanché-Element	137. 149	Pfaff's Untersuchungen von	
Leistung der Akkumulatoren	154. 166	Planté-Platten	160
der Batterien	95. 166. 174	Pferdekraft, die	3. 86
der Batterien für Personen-		Planté-Platten	15. 160
wagen	86. 91	Platten	
galvanischer Elemente	137. 149	Abblättern der	185
Leitungsquerschnitt	223. 233. 234	Auswechseln der	206
Leitungsvermögen	4	Haltbarkeit der	157. 186
Lenkschemel	42	Krümmen der	205
Löthen	242	Sulfatiren der	203
Loppé über Akkumulatoren	10	Plattenstärke	184
Luftreifen für Fuhrwerke	79. 83	Pole	9

	Seite		Seite
Pollak's Platte	17	Säuretabelle	247
Polreagenspapier	133. 202	Salpetersäure im Elektrolyten .	194
Polsucher	133	Sammler s. Akkumulator.	
Postwagen, Einrichtung zur Be-		Schaltung	
leuchtung von	92—99	der Batterien	69
Eisenbahn-	112	für Beleuchtung	105. 128
Deutsche	94	für Traktion	105
Oesterreichische	98	der Ladestellen	97. 101
Strassen-	129	der Beleuchtung von Wagen	129
Preis einer Batterie	32. 118. 121	der Zellen	215
der Elektromotoren	231	zum Entladen	215
des Stromes	38	zum Laden	207
der Zellen	155	Schaefer u. Heinemann	30
der Traktion	50. 53	Schema	
Primär-Elemente	137. 149	für Untersuchungen	164
Probetrieb	71	für Zählerablesungen	237
Prüfung		Schwefelsäure (s. a. Säure)	
der Apparate	150	Beaumé und spez. Gewicht	248
der Leitungen	138	Beschaffenheit	194
der Zellen	154	im Betriebe der Zellen	194
Prüfungsschema	164	Konzentration	196
Pufferbatterien	65. 106	Nachfüllen	196
Pullmann's Wagen	61	Prozentgehalt	249
Q uerschnitt		Tabellen	247
der Bleisicherungen	235	Untersuchung	197
der Leitungen	223. 234	Volumen in Zellen	173. 188
R ahmen für Platten	13	190. 196.	
Randisolator	103	Schwachstromtechnik	121
Reckenzaun, A.	29	Selbstentladung	214
Reguliren der Stromstärke	209	Selbstthätiger Ausschalter	209
Regulirwiderstand	209	Sieg, Dr., Vortrag	37
Reibungsverlust		Siemens Einheit in Ohm	4
in den Lagern	58. 61. 83	Spannung	3
auf den Schienen	58	Spannungsmesser	143
Reiner Akkumulatoren-Betrieb	28. 29	Spannungsabfall	154
Reinheit der Säure	194	Spannungsverlust	224. 233
Reinigen der Zellen	35	Stationäre Batterien	65. 102
Revision der Batterien u. Wagen	35	Strassenbahnbetrieb	26
Rheostat	209. 241	Stromarbeit	6
Rhumkorf's Induktor	228	Strombelastung	
Riker's Wagen	82	der Drähte	234
S äuregehalt im Elektrolyten	194	für Elektrolyse	230
Säurekurven	173. 188. 190	für Kupferdrähte	234
Säuremenge in den Zellen	173. 188	für Platten	218
Säurenachfüllen	196	Stromdichte 28. 33. 41. 218. 230. 234	

	Seite		Seite
Strommesser	143	Verluste in den Zellen	171
Strompreiskurven	238	Verschluss der Zellen	14. 20. 94
Stromschluss	142	Vertheilen der Batterien	95. 101
Stromstärke	3	Versuche mit elektrischem	
Stromwender	85	Betrieb	37. 53. 71
Sulfatiren der Platten	203	Vollbahnbetrieb, elektrischer	71. 109
Superoxyd	14	Volt, das	3
Tabellen für Schwefelsäure	250	Voltmeter	145
Telegraphenbetrieb	122	Vorrichtungen zur Untersuchung	133
Telephonbetrieb	123	W ärmetönungen.	7. 234
Traktion		Wagen für Gepäck	78
allgemeiner Betrieb	25	für Personen	74
gemischter Betrieb	27	für Strassenbahnen	26
Lokomotiv-Betrieb	55	für Vollbahnen	71
reiner Betrieb	28	Wagenbeleuchtung	110
Traktionscoëfficient	47. 59	Wagenkilometer pro Ladung	37. 39
Trambahn München	55	pro Jahr	30. 56
Trocken-Akkumulator	22	pro Tag	30
Trocken-Elemente	146. 149	Wahl des Betriebs-Systems	29
Ueberwachen d. Batterien	95. 108. 191	Watt, das	4
Uhr, elektrische	126	Watt-Gesellschaft	20
Umschalter		Wechselstrombetrieb	70
zum Entladen	217	Widerstand	3
zum Laden	85	der Akkumulator-Zellen	166. 173
Unterbrechung		von Drähten	135. 232
der Leitungen	131. 138	galvanischer Elemente	147—149
der Verbindungen	137	Wirkungsgrad	47. 171
Unterhaltung		Wirkungsgrad d. Akkumulatoren	171
der Batterien	52. 191	Wissenswerthe Punkte für Unter-	
der Beleuchtung	118	suchungen	131. 159
der Traktion	43. 50. 53	Z acharias, Kapazitätskurven	178
Unterhaltungskosten	43. 113	Untersuch. an Mikrophonen	125
Untersuchung		Untersuchung an elektrischen	
von Anlagen	131—153	Uhren	127
von Apparaten	150—153	Zellen	14. 94
von Zellen	154. 159	Zellenschalter	103
Unterleitung	50. 55. 56	Zellenzahl	
Verbrauch an Strom	95	für Traktion	33
Vergleiche	57	für verschiedene Spannungen	219
zwischen Pferd, Elektro-		Zink-Blei-Akkumulator	24
motor und Akkumulator	85	Zugbatterien	106
Verluste	49. 58. 171	Zugkraft pr. Tonne Last	227

S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

5372

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294756