

## F.

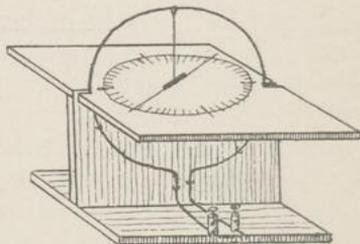
### Praktischer Theil.

#### 1. Herstellung und Aichung einer Tangentenbussole.

Eine sehr einfache Ausführung, welche man sich leicht selbst herstellen kann, zeigt die nachstehende Fig. 19, welche ohne weitere Beschreibung verständlich sein dürfte.

Das Tischchen ist an den Stellen, wo der Draht durchgeführt ist, etwas eingeschnitten, damit noch Rand genug bleibt, um einen Glaskasten aufzusetzen zum Schutz der Nadel gegen Luftbewegungen. Die Nadel be-

Fig. 19.



steht aus einem kurzen magnetisirten Stahlstäbchen (z. B. ein Stück Stricknadel). Zur bequemen Ablesung des Ausschlagswinkels an einer grösseren Kreistheilung ist an die Nadel mit Siegelack oder Wachs ein dünner hohler Glasfaden aufge kittet, den man durch Einsaugen von Tinte leicht erkennbar gemacht hat. Ein aus einem Faden Nähseide herauspräparirter Coconfaden dient zum Tragen. Er wird ebenfalls an den Siegelack angelegt und durch

momentanes Berühren mit einem heissen Draht festgeschmolzen. Zum Ausbalanciren der Nadel dient ein an den Glasfaden gebrachtes Tröpfchen Wachs oder Paraffin. Die Einrichtung ist zwar sehr primitiv, genügt aber doch für viele Zwecke, wenn man nur eine annähernde Kenntniss der Stromstärke haben oder wissen will, ob sich dieselbe während des Versuchs verändert.

Die Tangentenbussole wird geaicht, indem man sie mit einem Voltameter zusammen in den Stromkreis einschaltet. (Reihenfolge: Batterie - Bussole - Voltameter - Batterie), und bei den verschiedenen Stromstärken  $J_1$  und  $J_2$  die Nadelausschläge  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  beobachtet. Nach Seite 39 ist:

$$J = c \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

$$c = \frac{J}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

folglich

Die aus den beiden Versuchen ermittelten Werthe von  $c$  müssen genügend übereinstimmen; man nimmt aus ihnen das Mittel und berechnet dann eine Tabelle für die verschiedenen Ausschläge.

Beispiel. Länge der Magnetonadel 28 mm, Durchmesser des Ringes 167 mm.

1. Versuch. In 6 Minuten wurden im Kupfervoltameter 0,0508 g Cu erhalten, während der Nadelausschlag dabei im Mittel  $12^\circ$  betrug. Die stündliche Kupferabscheidung würde hiernach sein 0,508 g; da stündlich 1,181 g Cu 1 Amp. entspricht, so beträgt die beobachtete

Stromstärke  $\frac{0,508}{1,181} = 0,430$  Amp. Die Constante der

Bussole berechnet sich hiernach zu

$$c = \frac{0,430}{\operatorname{tg} 12^\circ} = 2,023.$$

2. Versuch. In 6 Minuten wurden erhalten 0,0963 g Cu. Mittlerer Nadelausschlag  $22^\circ$ . Die Stromstärke ergibt sich:

$$J = \frac{0,963}{1,181} = 0,815 \text{ Amp.},$$

folglich 
$$c = \frac{0,815}{\text{tg } 22^\circ} = 2,017.$$

Aus beiden Versuchen ergibt sich als Mittel  $c = 2,02$ .

Dies ist zugleich die Stromstärke für den Ablenkungswinkel  $45^\circ$  ( $\text{tg } 45^\circ = 1$ ). Nunmehr berechnet man sich eine Tabelle für die Bussole:

$1^\circ$  Ablenkung:  $J = 2,02 \text{ tg } 1^\circ = 0,035 \text{ Amp.},$

$2^\circ$        "        $J = 2,02 \text{ tg } 2^\circ = 0,070$        "

$3^\circ$        "        $J = 2,02 \text{ tg } 3^\circ = 0,106$        "

u. s. f.

## 2. Aichung eines Galvanometers mit Nebenschluss.

Hat man eine sehr empfindliche Bussole, oder will man das Messbereich einer solchen vergrößern, so wendet man einen Nebenschluss an. Dieser Nebenschluss wird als Theil der Hauptstromleitung angesehen und geschaltet. Da die empfindlichen Galvanometer sämmtlich eine grosse Anzahl von Drahtwindungen besitzen, dieselben auch meist flach gewickelt sind, so lassen sich die Angaben des Instruments nicht aus ein oder zwei Versuchen berechnen, sondern sie müssen empirisch ermittelt werden. Man verfährt am besten so, dass man eine Anzahl Beobachtungen bei verschiedenen Stromstärken anstellt, die Resultate derart auf sog. Millimeterpapier aufträgt, dass die Stromstärken die Abscissen, die dazu gehörigen Ablenkungen die Ordinaten bilden und nun die so festgelegten

Punkte zu einer zusammenhängenden Kurve verbindet. Aus der fertig gezeichneten Kurve entnimmt man dann rückwärts für sämtliche Ablenkungen die zugehörigen Stromstärken.

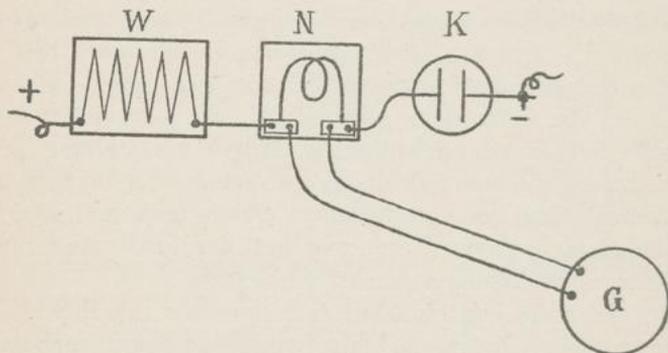
Je geringer der Widerstand des Nebenschlusses ist, für um so grössere Stromstärken kann das Instrument benutzt werden. Man beachte, dass bei der Empfindlichkeit des Apparats leicht eine Beeinflussung der Nadel durch den Hauptstrom herbeigeführt werden kann, wenn das Galvanometer in zu geringer Entfernung von diesem aufgestellt ist. Wenn irgend möglich, stelle man dasselbe  $\frac{3}{4}$ —1 m von der Hauptleitung entfernt auf. Bleibt das Galvanometer stets an der gleichen Stelle stehen, so ist die Störung zu vernachlässigen, denn sie ist bereits bei der Construction der Kurve zur Geltung gekommen; will man jedoch das Galvanometer nebst seinem Nebenschluss an verschiedenen Orten benutzen, so ist die eben erwähnte Forderung bez. der Entfernung vom Hauptstrom streng aufrecht zu erhalten.

Ist kein empfindliches Galvanometer zur Hand, so kann man sich ein einfaches Instrument bauen nach Art der im vorigen Kapitel beschriebenen Tangentenbussole, nur nimmt man an Stelle des einfachen Kupferinges einen ganzen Kranz überspannenen Kupferdraht, also recht viele Windungen, auch kann die Nadel gross sein im Verhältniss zum Ringdurchmesser, weil nicht vom Tangentengesetz Gebrauch gemacht wird.

Beispiel. Als Galvanometer diene ein empfindliches Instrument mit Glockenmagnet und Kupferdämpfung (von Hartmann & Braun, Frankfurt a. M.); sein Widerstand betrug 3,35  $\Omega$ . Der Nebenschluss bestand aus 1 m Kupferdraht von 2 mm Stärke, an dessen Enden je ein Blechstück mit 2 Klemmen angelöthet war. Dieser

Nebenschluss N, ein Kupfervoltmeter K und ein zur Veränderung der Stromstärke dienender Widerstand W wurden hintereinander in denselben Stromkreis geschaltet. Das Galvanometer G war durch zwei dünne 1 m lange Kupferdrähte mit dem Nebenschluss N verbunden. Fig. 20. (Diese beiden Verbindungsdrähte bilden einen Theil des Zweigwiderstands, können daher bei späteren Messungen nicht mit zwei beliebigen anderen vertauscht werden!)

Fig. 20.



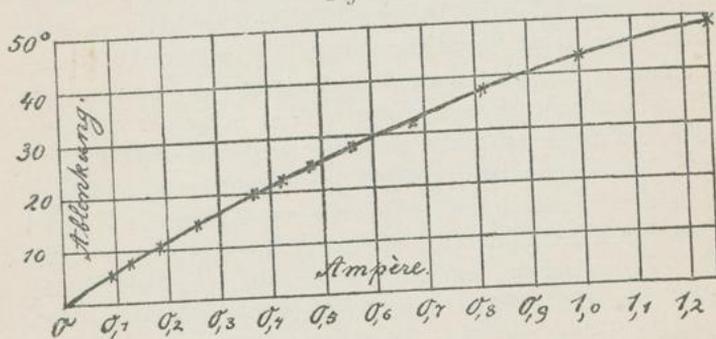
Man stellt nun mittelst W verschiedene Stromstärken her, beobachtet den Nadelausschlag und wägt das in gemessener Zeit abgeschiedene Kupfer. (Am bequemsten 6 Minuten =  $\frac{1}{10}$  Stunde.)

Versuchs- dauer	Nadel- ausschlag	Kupfer- ab- scheidung	Strom- stärke
Min.	°	g	Amp.
6	5,6	0,0114	0,096
6	7,5	0,0154	0,130
6	10,8	0,0222	0,187

Versuchs- dauer	Nadel- ausschlag	Kupfer- ab- scheidung	Strom- stärke
Min.	°	g	Amp.
6	14,3	0,0307	0,259
8	20,0	0,0599	0,379
6	22,1	0,0502	0,423
7	24,5	0,0661	0,478
6	28,0	0,0668	0,562
6	32,0	0,0802	0,676
6	37,0	0,0961	0,810
6	43,0	0,1200	1,012
6	49,0	0,1488	1,255

In Fig. 21 sind die vorstehenden Stromstärken als Abscissen, die zugehörigen Ablenkungen als Ordinaten aufgetragen und die so erhaltenen Punkte, welche durch Kreuze bezeichnet sind, zu einer zusammenhängenden Kurve verbunden.

Fig. 21.



Aus dieser Kurve kann man dann als Resultat der Aichung die Tabelle ablesen:

Amp.	Ablenkung.
0,1	6 <sup>o</sup>
0,2	11,5
0,3	16,3
0,4	21,0
0,5	25
0,6	29
0,7	33
0,8	36,5
0,9	39,5
1,0	43,0
1,1	46
1,2	48
1,25	49

### 3. Einfache Herstellung eines Spannungsmessers.

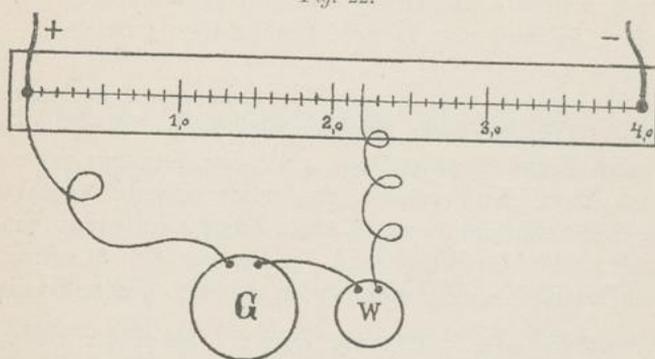
Das beim vorigen Versuch benutzte Galvanometer lässt sich auch als Spannungsmesser aichen, wenn man über einige Accumulatoren verfügt. Wenn ein Accumulator einen kleinen Theil seiner Ladung verloren hat, kann man seine Spannung ziemlich genau zu 2,0 V. annehmen. Entladet man den Accumulator durch einen Neusilberdraht, dessen Widerstand so bemessen ist, dass der Draht einmal nicht zu heiss wird und zweitens die für den Accumulator zulässige Stromstärke nicht überschritten wird, so herrscht zwischen Anfang und Ende des Neusilberdrahtes die Spannung 2,0 V., bis zur Mitte 1,0 V., zwischen dem Anfang und dem ersten Viertel 0,5 V. u. s. f. Wählt man den Draht 1 m lang, so entspricht jeder cm  $\frac{1}{100}$  der Spannung, welche an den Enden herrscht. Man braucht demnach nur das Galvanometer durch dünne Drähte der Reihe nach mit den

Punkten des Neusilberdrahtes, welche 0,1, 0,2, 0,3 etc. V. Spannung repräsentiren, zu verbinden und die Ausschläge zu notiren, um das Instrument als ein nach  $\frac{1}{10}$  V. getheiltes Voltmeter zu benutzen. Um passende Ausschläge am Galvanometer zu erhalten, muss man dasselbe mit einem Vorschaltwiderstand versehen, dessen Grösse sich nach der Höhe der zu messenden Spannung und der Empfindlichkeit des Instruments richtet. Wie S. 47 erörtert wurde, erweitert ein hoher Vorschaltwiderstand die Anwendungsfähigkeit des Instruments; hat man daher die Wahl zwischen einer wenig empfindlichen Bussole mit geringem Vorschaltwiderstand und einer hochempfindlichen, welche Einschaltung eines hohen Widerstands erfordert, so wird man letztere Combination vorziehen.

Beispiel. Auf ein Brett wurde ein 2 m langer dünner Neusilberdraht ausgespannt und an den Enden je eine Klemme aufgelöthet. Mit den letzteren waren durch starke Kupferdrähte zwei hintereinander geschaltete Accumulatoren von 10 Amp. Maximalentladung verbunden. Da der Widerstand des Drahtes  $6,67 \Omega$  betrug, so herrschte in demselben während des Versuchs die Stromstärke  $\frac{4}{6,67} = 0,6$  Amp. Um für die an den Enden herrschende Spannung von 4,0 V. einen passenden Ausschlagswinkel zu erzielen, mussten ca.  $550 \Omega$  als Vorschaltwiderstand  $W$  gewählt werden. Unter dem ausgespannten Draht war ein Massstab in der Weise aufgetragen, dass die ganze Länge von 2 m in 40 gleiche Theile getheilt worden war; an die demnach 5 cm von einander entfernten Theilstriche wurden geradezu die dort herrschenden von  $\frac{1}{10}$  zu  $\frac{1}{10}$  Volt steigenden Spannungen angeschrieben.

Es wurde nunmehr die Aichung in der Weise vorgenommen, dass die eine Klemme des Galvanometers durch einen dünnen Draht mit der Anfangsklemme des Neusilberdrahtes verbunden wurde, die andere Klemme dagegen, unter Zwischenschaltung des Widerstands W, mit einem langen beweglichen Draht. Der letztere wurde auf dem Neusilberdraht fortgeführt und bei jedem Theilstrich der zugehörige Nadelausschlag des Galvanometers notirt. Man erhielt so direct eine Tabelle nach Zehntel-Volt. Fig. 22 zeigt die schematische Anordnung.

Fig. 22.



Die für  $W = \text{ca. } 550 \Omega$  erhaltenen Werthe waren:

Spannung.	Ablenkung.
0,1 V.	2,1 <sup>0</sup>
0,2	4,5
0,3	6,6
0,4	8,7
0,5	10,8

0,6	12,8
0,7	14,6
.	.
.	.
3,6	51,6
3,7	52,3
3,8	53,0
3,9	53,7
4,0	54,4

Als ein anderer Vorschaltwiderstand von nur  $100 \Omega$  benutzt wurde, um für ein kleineres Messbereich eine grössere Genauigkeit zu erzielen, wurden folgende Ablenkungen beobachtet:

Spannung.	Ablenkung.
0,10 V.	$12^{\circ}$
0,15	17,2
0,20	22,5
0,25	27,4
0,30	31,7
.	.
.	.
.	.
0,80	56,5
0,85	58,1
0,90	59,4
0,95	60,7
1,00	61,8

Will man für jeden Grad des Galvanometers den zugehörigen Spannungswerth haben, so construirt man genau wie S. 101 aus den Beobachtungen eine Kurve und entnimmt dieser dann die nicht direct beobachteten Zahlen.

Die Vorschaltwiderstände fertigt man sich in der Weise an, dass man übersponnenen Nickelin- oder Rheotandraht\* von 0,2 mm Durchmesser, welcher pro Meter ca. 15  $\Omega$  Widerstand besitzt, auf eine Holzspule aufwickelt, an die Enden starken Kupferdraht anlöthet und das Ganze zum Schutz in ein Kästchen oder eine Glasbüchse steckt, so dass nur die Enden der beiden Kupferdrähte herausragen.

#### 4. Berechnung und Herstellung eines Regulirwiderstandes.

Es stehe eine Accumulatorenbatterie von 4 Zellen zu je 10 Amp. Maximalentladung zur Verfügung.

Je nach dem äusseren Widerstande könnte man in der Weise reguliren, dass man von den 4 Zellen nur einen Theil auf Spannung verbindet. Dies wäre jedoch nur eine sehr grobe Einstellung, ausserdem entladet man hierbei die Zellen ungleichmässig, so dass nach einer gewissen Zeit einige erschöpft, andere noch gebrauchsfähig sind. Wenn sonst keine Bedenken entgegenstehen, verwendet man am besten zu jedem Versuch sämtliche Accumulatoren, damit sie alle gleichmässig entladen und später ebenso gleichmässig wieder gespeist werden können. Man führt dann eine Leitung von der Batterie nach dem Experimentirtisch und schaltet in den einen Zweig einen Regulator ein, welcher die Stromstärke in möglichst vielseitiger Weise und ohne grosse Sprünge zu verändern gestattet. Sollen gleichzeitig mehrere Versuche von derselben Batterie aus betrieben werden, so müsste zwischen

---

\*) Zu beziehen von F. A. Lange, Berlin C, Seydelstrasse.

jeden einzelnen Versuch und die Hauptleitung ein solcher Regulator eingefügt werden. Die Widerstandsdrähte werden so berechnet, dass sie bei den hindurch geschickten Stromstärken nicht erglühen, andererseits aber auch nicht zu grosse Drahtlängen und zu viele verschiedene Drahtsorten gebraucht werden.

Die gewöhnliche Anordnung der Batterie sei die, dass alle 4 Zellen in Säulenschaltung stehen, dann wäre die Leistung 10 Amp. bei 8 V.; nur ausnahmsweise komme die Gruppenschaltung  $2 \times 2$  Zellen vor mit einer Leistung von 20 Amp. bei 4 V. Die maximale Stromstärke, welche für den Widerstand in Frage kommt, ist demnach 20 Amp. Vernachlässigt man den Widerstand des betr. Versuchs, so würden die 20 Amp. auftreten bei einem Widerstand

von  $\frac{4}{20} = 0,2 \Omega$ . 10 Amp. herrschen im Stromkreis bei

einem Widerstand von  $\frac{8}{10} = 0,8 \Omega$ . Man wird nun den

Draht für die Widerstandsabtheilungen unter  $1 \Omega$  so wählen, dass er mit 20 Amp. beansprucht werden kann, das wäre nach der Tabelle auf S. 55 Nickelindraht von 1,5 mm Durchmesser. Will man bis herunter zu 0,2 Amp. reguliren,

so würde dazu ein Gesamtwiderstand von  $\frac{8}{0,2} = 40 \Omega$

gehören. In Wirklichkeit kann man mit  $40 \Omega$  noch niedriger kommen, weil sich stets noch der Leitungswiderstand des betr. Versuchs addirt und die Zersetzungsspannung desselben von den 8 bez. 4 V. der Batterie abgeht.

Wählt man die Abstufungen 0,25, 0,25, 0,5 1, 2, 2, 5, 10, 20  $\Omega$ , so ergeben sich die Stromstärken in den einzelnen Abtheilungen und die dazu passenden Durchmesser des Nickelindrahtes wie folgt:

Abtheilung	Stromstärke	Drahtstärke
bis 1 $\Omega$	20 — 10 Amp.	1,5 mm
2—5 "	4 — 1,6 "	0,7 "
10—40 "	0,8— 0,2 "	0,3 "

Der gesammte Regulirwiderstand setzt sich dann in nachstehender Weise zusammen:

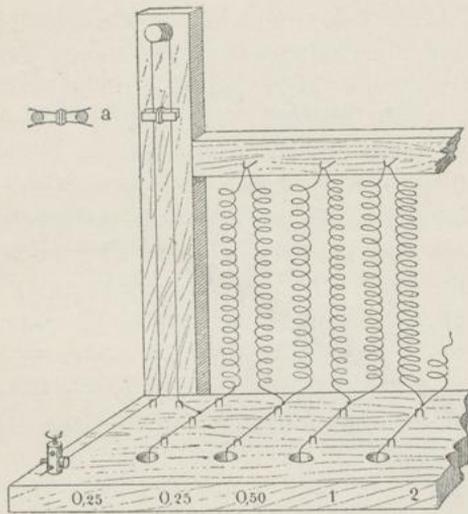
Abtheilung	Länge und Stärke des Nickelindrahtes	
0,25 $\Omega$	1,09 m	} 1,5 mm
0,25 "	1,09 "	
0,5 "	2,17 "	
1 "	0,96 "	} 0,7 "
2 "	1,92 "	
2 "	1,92 "	
5 "	0,89 "	} 0,3 "
10 "	1,79 "	
20 "	3,57 "	

Von diesen Drähten wird der erste in Form einer langen Schleife aufgespannt und mit einem Gleitcontact versehen, so dass sein Widerstand durch Verschiebung des letzteren beliebig zwischen 0 und 0,25  $\Omega$  verändert werden kann. Als Gleitstück dienen zwei mit dünnem Draht zusammengebundene Kupferbleche, welche, wie Fig. 23a zeigt, über die Drahtschleife geschoben werden. Die übrigen Drähte werden zu Spiralen aufgewickelt und an einem Rahmen befestigt. Die Enden löthet\* man an

\*) Einige Fertigkeit im Löthen sollte sich Jeder aneignen, der sich mit electrolytischen Versuchen befasst. Contacte, die längere Zeit gut functioniren sollen, stellt man am sichersten durch Verlöthen her. Man wickelt die blank geputzten Enden der beiden Drähte gegenseitig umeinander, bestreicht sie mit einer Auflösung von Chlorzink, erwärmt mit einer Bunsen- oder Spiritusflamme und berührt die Stelle mit einem dünn gehämmerten Stück Zinn, bis dasselbe schmilzt und gleichmässig über die Löth-

ein Stück starken Kupferdraht, welcher in ein Quecksilbernapfchen taucht. Will man eine Widerstandsabtheilung ausschalten, so verbindet man die entsprechenden Quecksilbernapfchen durch einen  $\square$ förmig gebogenen Kupferdraht.

Fig. 23.



### 5. Verarbeitung einer arsenhaltigen Kupferlauge.

**Aufgabe:** In einem Betrieb fallen täglich 5 cbm einer Lauge, welche pro Liter rund 40 g Kupfer als Sulfat sowie 10 g Arsen als Arsensäure enthält. Andere Schwerstelle geflossen ist. Ist das Loth nicht ausgelaufen, so wiederholt man das Bestreichen mit „Löthwasser“ und die übrigen Manipulationen. Nach kurzer Uebung wird man mit Leichtigkeit zum Ziel gelangen. Jede Löthstelle ist schliesslich abzuwaschen, um die anhaftende, das Metall allmählich zerstörende Säure zu beseitigen.

metalle sind nur in verschwindender Menge, Chlor und Salpetersäure gar nicht vorhanden. Es ist zu versuchen, das Kupfer soweit als möglich electrolytisch in reinem, verkaufsfähigem Zustande abzuscheiden und die dazu nöthige Anlage bezüglich des Kraftbedarfs und der Ausdehnung zu berechnen.

Es ist eine jedem Chemiker bekannte Thatsache, dass sich aus arsenhaltigen Kupferlösungen das letztere Metall electrolytisch nicht quantitativ abscheiden lässt, ohne dass Arsen mitfällt. Im Anfang kommt reines Kupfer von rother Farbe, dann wird es fahl und kurz darauf stahlgrau bis schwarz von mitgefälltem Arsen. Dass die Lösung zu diesem Zeitpunkt noch nicht kupferfrei ist, sieht man an der hellblauen Farbe derselben.

Bei der electrolytischen Trennung zweier Körper, wie im vorliegenden Falle, kommt es auf zweierlei an: auf die richtige Stromdichte und auf die Bewegung der Lauge. Herrscht eine zu hohe Stromdichte, so wird bei der Geschwindigkeit, mit der sich die chemischen Wirkungen an jeder Stelle der Kathode äussern müssen, dem Strom nicht genug Zeit übrig bleiben, eine Auswahl unter den einzelnen Stoffen der Lösung zu treffen, so dass zwei oder mehrere derselben gleichzeitig abgeschieden werden. Bei geringerer Stromdichte ist hingegen die Möglichkeit einer solchen Auswahl geboten. Es wird demnach für jede Stromdichte ein ganz bestimmtes Verhältniss zwischen Kupfer- und Arsengehalt der Lösung existiren, bei welchem das abgeschiedene Kupfer arsenhaltig wird. Diese Grenzen sind zu ermitteln.

Die Lösung, welche an der Kathode Kupfer abgegeben hat, ist specifisch leichter geworden und steigt an

die Oberfläche. Man kann diese Flüssigkeitsströmung an der Kathode entlang aufwärts leicht wahrnehmen, wenn man den Versuch in einem Glasgefäss ausführt und bei durchfallendem Licht beobachtet. Die an der Kathode aufströmende Flüssigkeit ist mit dem verminderten Kupfergehalt relativ arsenreicher geworden als die Hauptmenge, es herrschen demnach an der Kathode ungünstige Mischungsverhältnisse, wenn man nicht durch stete Bewegung der Lauge diese Verschiedenheit ausgleicht. Je länger die Kathodenbleche sind, um so mehr macht sich nach dem oben Gesagten eine gute Mischung nöthig.

Nach diesen Bemerkungen ist der Gang der Untersuchung klar vorgezeichnet. Es ist die Lauge stets in Bewegung zu halten, um möglichst viel reines Kupfer zu gewinnen; es ist für die verschiedenen Stromdichten zu ermitteln, bei welchem Kupfergehalt der Lauge man unterbrechen muss, um die Abscheidung von Arsen zu verhüten; es ist ferner durch ein eingeschaltetes Voltameter die Stromausbeute zu bestimmen und die Badspannung zu notiren. Aus den beiden letzteren Ermittlungen ergibt sich der Kraftbedarf, aus der günstigsten Stromdichte die Grösse der Anlage.

Ausführung der Versuche. Als Gefässe dienten zwei paraffinirte Papptröge, 11 cm tief und lang, 6 cm breit. In dem einen befand sich die Versuchslösung, der andere diente zum Kupfervoltameter (Ampèrestundenzähler, S. 45). Die Electroden der Versuchszelle bestanden aus zwei Bleiblechen als Anoden und einem dazwischen eingehängten dünnen Kupferblech als Kathode, jedes  $10 \times 10$  cm gross. Die Electroden des Voltameters waren ein starkes und ein dünnes Kupferblech der gleichen

Grösse. Die Bewegung der Lauge wurde erzielt durch ein kleines Rührwerk, welches continüirlich 2 Glasstäbe zwischen den Electroden hin und her bewegte (30 Touren pro Minute). Es wurde absichtlich eine horizontale, keine vertikale, Bewegung gewählt, weil sich im Betrieb die erstere billiger gestaltet. Bei einer auf und nieder gehenden Rührbewegung muss bei jedem Hub das Gewicht des Rührers gehoben werden, was einen nicht unbeträchtlichen Kraftaufwand bedeutet. Bei hin und her gehender Rührbewegung jedoch kann ein Rechen an einem auf fest gelagerten Führungsrollen laufenden Schieber angebracht werden, hierdurch ist das Gewicht des Rührers aufgehoben, und die zum Rühren nöthige Arbeit beschränkt sich auf den minimalen Betrag, welchen der Widerstand der Flüssigkeit und die Reibung der Führungsrollen verursachen.

Der Strom wurde von 2 Accumulatoren entnommen und floss zunächst durch den Regulirwiderstand, darauf der Reihe nach durch den Nebenschluss eines Galvanometers, die Versuchszelle, das Kupfervoltmeter und zurück zur Batterie. Die Lauge hatte pro Liter 39,29 g Cu und 9,984 g As. In der Versuchszelle befanden sich davon 530 ccm, entsprechend 20,822 g Cu + 5,291 g As.

Der erste Versuch wurde angestellt mit einem Strom  $J = 1,257$  Amp. (berechnet aus dem Voltmeter), die Kathode tauchte dabei mit einer Fläche von  $10 \times 8,4$  cm in die Lauge, die benutzte Oberfläche war demnach 168 qcm und die Stromdichte  $D = \frac{1,257}{1,68} = 0,748$  Amp. pro qdm. Da man im Betrieb gern mit ganzen Zahlen rechnet, so legt man bei Berechnung der Stromdichte das Quadratmeter, also eine 100mal so grosse Einheit,

zu Grunde und bezeichnet die im vorliegenden Fall beobachtete Stromdichte mit: „75 Amp. pro qm.“ Die Spannung war dabei ziemlich constant 1,92 V.

Nach 8½ Stunden wurde der Versuch unterbrochen. Das niedergeschlagene Kupfer hatte eine völlig reine Farbe, sein Gewicht betrug 12,109 g. Im Voltameter waren abgeschieden 12,613 g Cu, die Stromausbeute betrug mithin  $\frac{12,109}{12,613} = 96\%$ .

Nach weiteren 2 Stunden hatte das Voltameterblech um 2,8925 g, das Versuchsblech um 2,820 g zugenommen. Daraus berechnet sich die Stromausbeute zu 97,49%, die mittlere Stromstärke zu 1,224 Amp., die Stromdichte zu 73 Amp. p. qm. Der Niederschlag sah tadellos aus.

Am andern Morgen wurde der Versuch weitere 2 St. fortgesetzt. Die Spannung betrug 1,95 V. Im Voltameter hatten sich abgeschieden 2,8195 g Cu, beim Versuch 2,7828 g Cu. Die Stromstärke war somit 1,194 Amp., die Stromdichte 71 Amp., die Stromausbeute 98,7%.

Da das Kupfer nunmehr deutlich eine erdige Farbe bekam, so wurde angenommen, dass die Grenze für die mehrfach genannte Stromdichte erreicht sei. Es waren im Ganzen abgeschieden worden

12,109 g
2,820
2,783
Sa. 17,712

demnach waren noch in Lösung vorhanden 20,822—17,712 = 3,11 g Cu sowie 5,29 g As, oder, da diese Mengen in 530 ccm Lauge gelöst waren, so enthielt die Lauge pro Liter: 5,87 g Cu + 9,98 g As, d. h. rund 6 g Cu auf 10 g As.

Nunmehr wurde ein neues Kupferblech eingehängt und der Versuch bei schwächerem Strom, also geringerer Stromdichte, fortgesetzt. Nach zwei Stunden zeigte sich deutlich ein grauer Anflug von Arsen. Die Beobachtungen waren: im Voltameter abgeschieden 1,4485 g Cu, beim Versuch 1,3974 g, Spannung 1,85 V. Hieraus berechnet sich die Stromstärke zu 0,613 Amp., die Stromdichte zu 36,5 Amp. p. qm, die Stromausbeute zu 96,47%. Die Lauge besass noch 3,11 — 1,40 = 1,71 g Cu, neben 5,29 g As, oder pro Liter 3,23 g Cu + 10 g As.

Das grau gewordene Blech wurde abermals mit einem neuen vertauscht und ein noch schwächerer Strom benutzt, nämlich 0,25 Amp. bei einer Kathodenoberfläche von 144 qcm, woraus sich eine Stromdichte von 18 Amp. pro qm berechnet. Die Spannung betrug 1,69 V. Nach 3 Stunden war der Kupferniederschlag noch schön hellroth; aus den abgeschiedenen Mengen von 0,9089 g bez. 0,8354 ergab sich eine Stromausbeute von 92%.

Nach weiterem Verlauf von 1 St. 7 Min. überzog sich das Kupfer mit einem grauen Beschlag von Arsen, so dass nunmehr der Versuch definitiv abgebrochen wurde. Die Lauge enthielt pro Liter 2 g Cu + 10 g As.

Die erhaltenen Resultate stellt zur besseren Uebersicht nachstehende Tabelle zusammen:

Stromdichte pro qm.	Spannung.	Stromausbeute.	Erzielte Endlauge.
71 Amp.	1,95 V.	97%	6 g Cu + 10 g As p.L.
36 "	1,85 "	96 "	3,2 " " + 10 " " " "
18 "	1,69 "	92 "	2 " " + 10 " " " "

Es mag nochmals hervorgehoben werden, dass sich diese Zahlen auf gut bewegte Laugen beziehen.

Angenommen, die vorstehenden Resultate seien durch mehrere Controlversuche bestätigt worden, so kann man jetzt an die Berechnung der Anlage gehen. Je niedriger man die Stromdichte wählt, um so kupferärmer kann die Endlauge erzielt werden. Die zuletzt erprobte Stromdichte von 18 Amp. ist entschieden nicht empfehlenswerth, sie gestattet nur 4 g Cu mehr zu gewinnen als die Stromdichte 71, verlangt dafür aber die vierfache Electrodenfläche, also eine viel grössere Anlage, auch ist die Ausbeute um 5% geringer. Günstiger stellt sich die mittlere Stromdichte, 36 Amp. Diese, abgerundet auf 40 Amp., mag auch der folgenden Berechnung zu Grunde gelegt werden; die Spannung werde mit 1,9 V., die Endlauge mit 4 g Cu p. L. angenommen. Da nach Angabe die Lauge p. L. 40 g Cu enthält und bis auf 4 g Cu p. L. aufgearbeitet wird, so werden p. L. 36 g, also pro Kubikmeter 36 kg Kupfer gewonnen. Die Verarbeitung der täglich entstehenden 5 cbm liefert also täglich 180 kg Kupfer. Da die Stromausbeute 96% beträgt, so wird pro Ampèrestunde nicht der theoretische Betrag von 1,181 g, sondern nur  $1,181 \cdot \frac{96}{100} = 1,133$  g Cu abgeschieden, zur Abscheidung von 180 kg Kupfer bedarf es folglich einer Electricitätsmenge von  $\frac{180000}{1,133} = 158870$  Amp.-St. Da die Electrolyse 1,9 V. Spannung erfordert, so ist die dabei zu leistende Arbeit  $158870 \cdot 1,9 = 301853$  Voltampèrestunden oder in Pferdekraftstunden umgerechnet:  $\frac{301853}{736} = 410,1$  HP St. Soll täglich 24 Stunden gearbeitet werden, so muss die Maschine  $\frac{410,1}{24} = 17,1$  Pferdekräfte haben. Der Nutzeffect einer 17pferdigen Dynamomaschine

kann etwa zu 90% angenommen werden, so das schliesslich die zum Betrieb nöthige Kraft sich berechnet zu  $\frac{17,1}{0,90} = 19,0 \text{ HP.}$

Zur Berechnung der Abmessungen der hierzu erforderlichen Dynamomaschine gehen wir davon aus, dass die tägliche Leistung, wie oben berechnet, 301 853 V. Amp.-St. betragen muss. Diese erfordert bei 24 Arbeitsstunden eine stetige Leistung von  $\frac{301\ 853}{24} = 12577 \text{ V. Amp.}$  Da 1 Bad 1,9 V. braucht, so würde man diese Arbeit erzielen durch eine Maschine von 1,9 V. und 6620 Amp. (denn  $1,9 \cdot 6620 = 12578$ ). Für 2 hintereinander geschaltete Bäder würde sich berechnen:  $2 \cdot 1,9 = 3,8 \text{ V.}$  und  $\frac{12577}{3,8} = 3310 \text{ Amp.}$  Für 4 Bäder hintereinander: Spannung =  $4 \cdot 1,9 = 7,6 \text{ V.}$  und Stromstärke:  $\frac{12577}{7,6} = 1655 \text{ Amp. u. s. f.}$

Je mehr Bäder man also hintereinander betreibt, um so grösser wird die Spannung der Maschine sein müssen, um so niedriger kann dann aber die Stromstärke sein. Die vorstehend berechneten Stromstärken sind für eine Maschine noch viel zu hoch, man nimmt vielmehr, wie schon S. 64 erwähnt wurde, nicht über 500 Amp. Will man eine Stromstärke von 300 Amp. anwenden, so ist die zugehörige Spannung  $\frac{12577}{300} = 41,9 \text{ V.}$  Mit dieser Spannung würde man  $\frac{41,9}{1,9} = 22$  Bäder hintereinander schalten können. Bei dem relativ einfachen Betrieb dieser Bäder ist das nicht zu viel, die Stromstärke ist auch nicht zu hoch, das Modell **42 V. & 300 Amp.** könnte demnach gewählt werden. Da man jedoch immer noch etwas

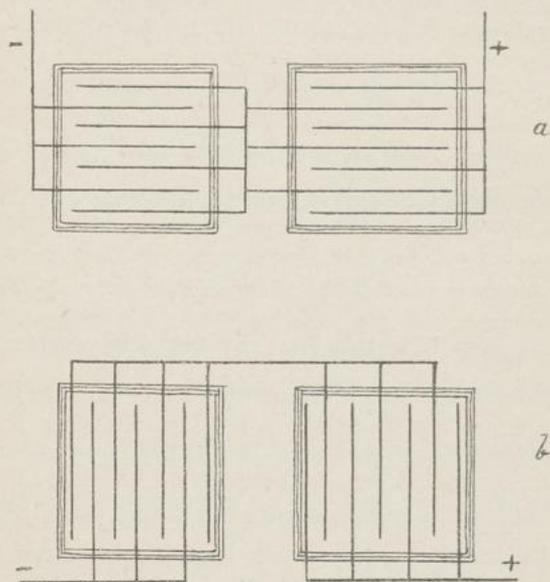
Spielraum behalten muss, so wird man Offerten einholen für eine Maschine, welche bei möglichst niedriger Tourenzahl 300 Amp. Strom liefert bei einer Spannung von 42—45 V., doch müsse dieselbe unbedenklich auch bis 350 Amp. beansprucht werden können.

Nachdem nun der Kraftbedarf des Processes zu 19 HP berechnet, die Abmessungen der Maschine zu 42 V. & 300 Amp. festgelegt worden sind, schreiten wir dazu, die Ausdehnung der Anlage, d. h. Zahl und Grösse der Bäder, Zahl und Grösse der Electroden zu berechnen. Die Zahl der hintereinander zu betreibenden Bäder ist  $\frac{42}{1,9} = 22$ . Da die Stromdichte 40 Amp. pro qm betragen soll, so müssen in jedem Bad  $\frac{300}{40} = 7,5$  qm Kathodenoberfläche vorhanden sein. Eine passende Grösse für die Electroden ist  $50 \times 50$  cm; da beide Seiten benutzt werden, so ist die Oberfläche derselben 0,5 qm. Um pro Bad 7,5 qm Kathodenfläche zu erhalten, müssen folglich  $\frac{7,5}{0,5} = 15$  solche Bleche eingehängt werden. Die als Anoden dienenden Bleibleche haben die gleiche Grösse, ihre Zahl beträgt 1 mehr, also 16, um der Rückseite des letzten Kathodenblechs noch eine Anode gegenüber hängen zu können. Was die Stärke der Bleche anbetrifft, so wählt man die Bleibleche etwa 2 mm stark, die Kupferbleche 0,3 mm, weich gegläht. Es ist nur bei der ersten Einrichtung nöthig, Kupferbleche einzukaufen, indem später die einzuhängenden Bleche im Betrieb selbst erzeugt werden. Versieht man nämlich die Kathodenflächen in geeigneter Weise mit einem ausserordentlich dünnen Fetthäutchen, die Ränder etwas stärker, so lässt sich das

darauf niedergeschlagene Kupfer mit Leichtigkeit in Form von Blech abziehen.

Die Electroden werden in paralleler Richtung, abwechselnd eine Anode und eine Kathode, in den Trog eingehängt und sämtliche Kupferbleche einerseits, sämtliche Bleibleche andererseits miteinander verbunden. Die Ueberleitung des Stroms zum nächsten Bad geschieht nach dem Schema a oder b der Fig. 24.

Fig. 24.



Weitere Angaben über die Befestigung der Electroden etc. würden den Rahmen dieses Buches überschreiten, man findet Notizen hierüber in verschiedenen Jahrgängen

der Berg- u. Hüttenmännischen Ztg., sowie in Balling, Grundriss der Electrometallurgie. Stuttgart 1888.

Dimensionen eines Bades. Die Vorversuche wurden angestellt mit einer gegenseitigen Entfernung der Electroden von 3 cm. Diese Entfernung ist etwas zu gering. Man wird vielmehr 4—5 cm Abstand wählen, damit nicht beim Verbiegen der Electroden Kurzschlüsse unter der Flüssigkeit entstehen. Besonders im Anfang, wenn die Kupferbleche noch dünn sind, liegt diese Gefahr vor. Später, wenn dieselben stärker und damit steifer geworden sind, ist dies weniger zu befürchten. Trotzdem möge hier, zumal eine Rührbewegung vorgesehen ist, welche Kurzschlüsse sofort anzeigen bez. beseitigen würde, der Consequenz halber der im Vorversuch genommene Abstand von 3 cm der Rechnung zu Grunde gelegt werden. 31 Electroden lassen 30 Zwischenräume = 90 cm, dazu noch je 4 cm Abstand der äussersten Electroden von der Trogwandung giebt zusammen lichte Länge 98 cm. Die lichte Breite des Trogs ergibt sich mit Zulassung des gleichen Abstandes zu  $4 + 50 + 4 = 58$  cm. Um zu verhüten, dass das allmählich abbröckelnde Bleisuperoxyd in die Kupferbleche mit einwächst, dürfen diese nicht ganz bis auf den Boden reichen, es mag auch hier 4 cm Abstand gegeben werden. Der Trog darf ferner nicht bis zum Ueberlaufen mit Lauge gefüllt werden, sondern muss ca. 7 cm Rand über dem Flüssigkeitsspiegel behalten. Für die Tiefe des Troges ergibt sich hiermit  $4 + 50 + 7 = 61$  cm, 54 cm hoch steht darin die Lauge. Die lichten Maasse des Troges sind also nach Länge, Breite und Tiefe  $98 \times 58 \times 61$  cm. Der Laugeninhalt beträgt  $9,8 \times 5,8 \times 5,4 = 307$  L. Hiervon geht ab das Volumen der Electroden mit 10 L., verbleibt 297 L.

Sollten sich die Dimensionen eines Bades bei einer derartigen Rechnung zu gross herausstellen, so wird es getheilt in 2 oder mehrere kleinere. Diese sind dann parallel zu schalten und die so gebildete Gruppe wie ein einzelnes grosses Bad in die Reihe einzufügen.

Von Interesse ist noch die Frage: in welcher Zeit ist der Inhalt des Bades aufgearbeitet? Da in dem Bad 300 Amp. thätig sind und bei der beobachteten Stromausbeute von 96% pro Ampèrestunde 1,133 g Cu abgeschieden wird, so erhält man stündlich aus dem Bad  $300 \cdot 1,133 = 340$  g Cu. Aus 1 L. Lauge können  $40 - 4 = 36$  g, aus dem Troginhalt von 297 L. mithin  $36 \cdot 297 = 10692$  g Cu gewonnen werden. Die hierzu erforderliche Zeit ergibt sich zu  $\frac{10692}{340} = 31\frac{1}{2}$  Stunden. Nach Verlauf dieser Zeit müssten demnach sämmtliche 22 Tröge frisch beschickt werden, wozu  $22 \cdot 297 = 6534$  L. Lauge gehören. Währendem sind im Betrieb entstanden  $5 \cdot \frac{31,5}{24} = 6,563$  cbm, die Rechnung stimmt also, die Verarbeitung der Lauge hält ihrer Production während des Betriebs Schritt, nur muss für ein Bassin gesorgt werden, in welchem sich die Lauge von 2 Tagen ansammeln kann.

Um das Beispiel noch weiter auszunutzen, wollen wir ferner die tägliche Production der Anlage berechnen aus der Angabe, dass man in 22 hintereinander geschalteten Bädern Kupfer ausfällt und die Maschine dabei 300 Amp. bei 42 V. leistet. Derartige Angaben kommen am ersten über einen Betrieb in die Oeffentlichkeit, während das Verfahren gewöhnlich mehr oder weniger geheim gehalten wird. Sehen wir zu, wie wir aus diesen Zahlen wenigstens die tägliche Production berechnen

können. Die Spannung kommt für diese Rechnung nicht in Betracht — diese ist massgebend für den Kraftverbrauch — wohl aber die Stromstärke und die Zahl der hintereinander geschalteten Bäder. Hat man bei 22 hintereinander geschalteten Bädern eine Stromstärke von 300 Amp., so sind in jedem dieser Bäder 300 Amp. thätig, zusammen also  $22 \cdot 300 = 6600$ . Es ist hierbei ganz gleichgültig, ob diese 22 Bäder einfach sind, oder ob man 22 Gruppen von je 2, 3, 4 u. s. w. Bädern hintereinander betreibt, der Unterschied ist nur der, dass bei 22 einfachen Bädern 300 Amp. auf ein einzelnes Bad entfallen, während bei 22 vierfachen Bädern 300 Amp. auf ein vierfaches Bad, also eine Gruppe, kommen, so dass ein einzelnes Bad mit  $\frac{300}{4} = 75$  Amp. Theil nimmt. Immer aber werden im gesammten Stromkreis  $22 \cdot 300 = 6600$  Amp. arbeiten. Pro Ampèrestunde fallen theoretisch 1,181 g Cu aus, bei der ganzen Anlage mithin stündlich  $22 \cdot 300 \cdot 1,181$  und täglich  $22 \cdot 300 \cdot 1,181 \cdot 24 = 187070$  g Kupfer. Diese Zahl ist noch zu multipliciren mit der Stromausbeute, welche im vorliegenden Fall mit 96% bekannt ist, so dass sich für die tägliche Production ergibt  $179587 = 179\frac{1}{2}$  kg.

Statt die Lauge in einer Operation zu entkupfern, könnte man auch versuchen, sie in 2 Phasen zu verarbeiten: erst mit grösserer, dann gegen Ende mit geringerer Stromdichte, oder man könnte versuchen, den Betrieb continuirlich zu gestalten, indem man die Lauge langsam in das erste Bad zufliessen, dann in die andern übertreten lässt und sie entkupfert aus dem letzten Bad abzieht. Unter Umständen könnten hierbei die ersten Bäder, welche noch reiche Lauge enthalten, grössere Stromdichte haben, also weniger Electrodenfläche als die

letzten. Diese Andeutungen sollen nur darauf hinweisen, dass man sich dem Ziel in verschiedener Weise nähern kann.

Die schliesslich abfallende Lauge, welche immer noch einige g Cu pro Liter enthält, ist mit Schwefelwasserstoff oder durch Cementiren oder auf irgend eine andere Art und Weise vollends zu entkupfern.

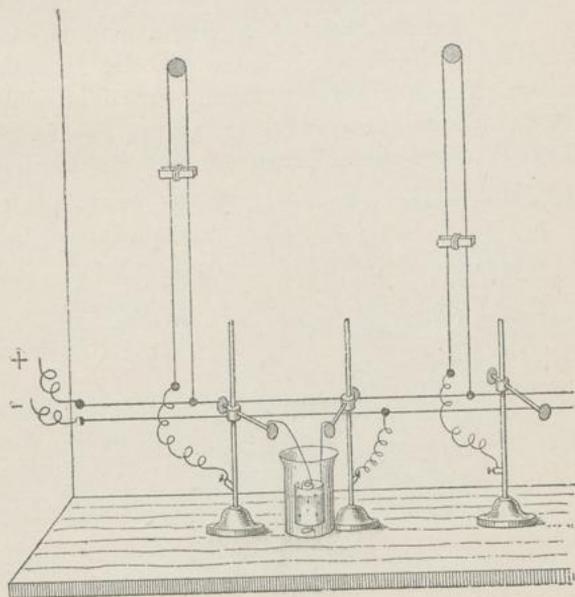
Das lästige Verspritzen von Lauge durch die Sauerstoffentwicklung während der Electrolyse lässt sich dadurch ganz wesentlich vermindern, dass man auf dem Bad einen Bogen geöltes Papier schwimmen lässt, allerdings kann man dann nicht mehr rühren, sondern muss die Lauge durch Circulation oder dergl. mischen.

## 6. Einrichtung zur electrolytischen Analyse.

Die zu electrolytischen Analysen erforderliche Spannung überschreitet in der Regel nicht 4 V., man kann daher als Stromquelle verwenden: entweder 4 hintereinander geschaltete grosse Daniellelemente, oder eine Thermosäule (grösstes Modell von 4 V.) oder zwei hintereinander gespannte Accumulatoren. Die grossen Vortheile der electrolytischen Analyse, ihre Genauigkeit, sowie der Umstand, dass die Arbeit in der Hauptsache eine selbstthätige ist und dadurch der Chemiker für andere Beschäftigungen frei wird, sind bereits allseitig anerkannt; die Electrolyse bürgert sich daher immer mehr in Hüttenwerken und chemischen Fabriken ein. Da es sich hier meist darum handelt, eine grössere Anzahl von Analysen gleichzeitig auszuführen, so muss die Stromquelle einen stärkeren Strom zu liefern gestatten, d. h. einen geringen inneren Widerstand besitzen. Die oben erwähnten drei

verschiedenen Einrichtungen ermöglichen dies. Meidinger-elemente sind hierzu wenig geeignet, weil sie einen sehr hohen inneren Widerstand besitzen. Verf. hat mit einer Batterie von 4 grossen Daniellelementen (22 cm hoch) gleichzeitig 5 Kupferbestimmungen oder 2 Nickelbestimmungen betrieben, mit 2 Accumulatoren gleichzeitig 12 Electrolysen der verschiedensten Art. Um jede der einzelnen Electrolysen unabhängig von den andern nach der Stromstärke einstellen zu können, muss man zwischen jeden Versuch und die Hauptleitung einen Regulirwiderstand einfügen. Am einfachsten macht man dies in folgender Weise (Fig. 25). Von der Batterie aus werden

Fig. 25.



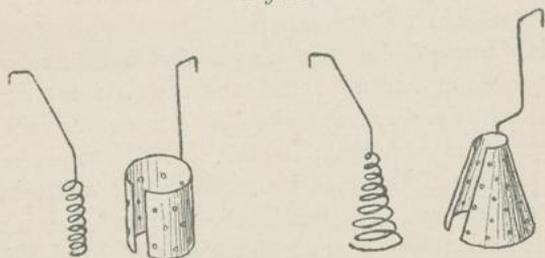
2 Leitungsschienen in Form von starkem Flachdraht den Experimentirtisch entlang an der Wand fortgeführt. Von den beiden Electrodenständern wird der eine direct mit einer Schiene verbunden, zwischen die andere Leitungsschiene und den zweiten Ständer aber schaltet man eine Widerstandsschleife ein (s. S. 108 u. Fig. 23). Die als Gleitcontact dienenden Messingbleche presst man durch ein übergeschobenes Stück Gummischlauch zusammen. Verf. benutzt 1,5 m Rheotandraht von 0,4 mm Stärke, welcher  $5,5 \Omega$  repräsentirt. Sollte sich dann und wann die Einfügung eines grösseren Widerstandes nöthig machen, so verbindet man die Ständer mit den Leitungsschienen nicht durch Kupferdraht, sondern durch eine Spirale von Neusilberdraht. Durch Verschieben des Gleitcontactes kann man die Stromstärke in genügender Weise reguliren. Will man die Stromstärke genau messen, so muss man zwischen den einen Ständer und die Hauptleitung noch ein Messinstrument während des Versuchs einschalten. Hierzu eignet sich besonders das in Fig. 11 wiedergegebene Federampèremeter von Kohlrausch.\*

Die Electroden bestehen in üblicher Weise aus Platin, über ihre Form mögen noch einige Worte gesagt sein. Die ursprünglich von Luckow angegebenen, später in Mansfeld eingeführten Electroden bestanden aus einem geschlossenen Cylinder oder Kegel als Kathode, einem Platindraht als Anode. A. Classen, welcher sich grosse Verdienste um die Verbreitung der Electrolyse erworben hat, empfiehlt (l. c.) besonders Platinschalen, also die Combination von Gefäss und Electrode. Verf. kann sich mit diesem Vorschlag nicht befreunden, denn eine Platin-

\*) Vergl. Classen, Quantitative Analyse durch Electrolyse. III. Aufl. S. 52.

schale gestattet keine andere Unterbrechung der Analyse, als das Abhebern der darin befindlichen Lösung unter gleichzeitigem Nachgiessen von Wasser. Muss man die bei der Electrolyse hinterbliebene Flüssigkeit noch weiter verarbeiten zur Bestimmung anderer Metalle, so bleibt weiter nichts übrig, als die verdünnte Lösung wieder auf ein schickliches Volumen einzudampfen. Das stört bei wissenschaftlichen Analysen wenig, aber in der Praxis, wo der Begriff „Zeit“ ein kostbares Gut repräsentirt, ist es undurchführbar. Bei cylinderförmigen oder kegelförmigen Electroden kann man das Abhebern mit Leichtigkeit vermeiden, wenn man einen kleinen Kunstgriff anwendet: die Electroden nämlich nicht geschlossen, sondern seitlich aufgeschlitzt wählt, und sie nicht von unten her in den Ständer einklemmt, sondern von oben her einhängt und fest klemmt. (Fig. 26.)

Fig. 26.



Ist dann die Analyse beendet, so löst man mit der linken Hand die Klemme, während man mit der rechten noch die Electrode an den Ständer andrückt. Dann hebt man sie senkrecht empor, so dass man mittelst des Schlitzes über den die Anode bildenden Platindraht hinwegkommt, natürlich ohne ihn zu berühren. In dem Augenblick, wo

man den Rand des Becherglases passirt, streicht man die geringe Menge Flüssigkeit ab, welche sich am Rand der Electrode gesammelt hat und taucht letztere dann rasch in ein Glas mit Wasser. Unmittelbar darauf nimmt man die Anode heraus, welche man, wenn nöthig, auch abspritzen kann. Die Electroden werden dann erst in Wasser, dann in Spiritus getaucht und direct über einer Flamme getrocknet. Bei der beschriebenen Beendigung der Analyse verliert man zwar etwas von der Flüssigkeit, die Menge ist jedoch so gering, dass sie für technische Analysen gar nicht in Betracht kommt. Der Verlust beträgt etwa 0,5—0,8 ccm, demnach bei 150 ccm Gesamtvolumen 0,3—0,5% der restirenden Metalle (nicht der Einwage!). Lag z. B. ein Neusilber vor mit 20% Ni, so ist der Fehler  $\frac{20}{100} \cdot \frac{0,3}{100} = 0,06\%$  Ni. Gegenüber dieser kleinen Ungenauigkeit, die schon in die Fehlergrenze anderer Methoden fällt, kommt die erzielte Zeitersparniss ganz wesentlich in Betracht.

Die Platincylinder bez. -kegel sind auf ihrer Mantelfläche mit einer Anzahl Durchbrechungen versehen, damit die von der central stehenden Anode ausgehenden Kraftlinien auch auf die Aussenfläche der Kathode herumgreifen können. Unterlässt man dies, so entsteht der Niederschlag zum grössten Theil nur auf der inneren Kathodenfläche, besonders wenn sich nicht viel Flüssigkeit zwischen der Electrode und der Glaswand befindet. Da es bei den Trennungen einiger Metalle, wie wir schon früher sahen, wesentlich mit auf die Stromdichte ankommt, so ist die beschriebene Durchlöcherung der Kathode zu empfehlen, um möglichst wenig Differenz in der Stromdichte auf der inneren und der äusseren Fläche entstehen zu lassen.

Als Anode dient gewöhnlich ein Draht, der in der mannigfaltigsten Weise gebogen ist. Wer in einem praktischen Betrieb die Anode möglichst phantastisch biegen würde, dürfte wohl berechtigte Verwunderung erregen. In den Laboratorien scheint man sich jedoch nicht daran zu stossen, denn ganz allgemein findet man die Biegung des Anodendrahtes möglichst wenig der Form der Kathode angepasst. Von der Forderung ausgehend, dass die beiden Electroden überall möglichst gleichen Abstand haben sollen, ist die naturgemässe Anodenform zu einem Cylinder: die Biegung als cylindrische Schraube, für einen Kegel: als kegelförmige Schraube (Fig. 26). Die Anodendrähte sollen stets auf dem Boden des Becherglases aufstehen, weil die an ihnen auftretende Gasentwicklung die Mischung der Lösung besorgen muss, und die unterste Schicht stagniren würde, wenn die Anode nicht bis auf den Boden ragte. Die mitgetheilte Electrodenform und Arbeitsweise hat sich dem Verf. seit Jahren und bei mehreren Tausend Electrolysen vorzüglich bewährt, sie erfüllt alle Anforderungen, die man vom praktischen Standpunkt aus stellen kann.

Will man irgend eine electrolytische Trennungs- oder Bestimmungsmethode mittheilen, so giebt man die Natur der betr. Lösung, vielleicht auch die annähernde Concentration, vor allen Dingen aber die Stromdichte an, wobei man cylinder- oder kegelförmige Electroden mit beiden Flächen in Rechnung bringt. Liegt umgedreht eine derartige Literaturangabe vor, so schaltet man in der oben erwähnten Art zwischen den einen Ständer und die Hauptleitung das Ampèremeter ein und stellt mittelst der Widerstandsschleife oder eines Rheostaten die Stromstärke ein, welche man sich aus der angegebenen Stromdichte und der Grösse der vorliegenden Electrode berechnet hat.

Nur auf diese Weise ist es möglich, fremde Beobachtungsergebnisse zu benutzen, ohne genöthigt zu sein, die Versuchseinrichtung des ersten Autors bis in's Kleinste copiren zu müssen. Hat man einmal für ein neues Verfahren ermittelt, wie viel Widerstand man bei den vorhandenen Einrichtungen einschalten muss, um die vorgeschriebene Stromdichte zu erhalten, so braucht man für später natürlich das Ampèremeter nicht immer wieder mit in den Stromkreis einzufügen, sondern nur den ermittelten Widerstand herzustellen, event. unter Hinzurechnung des Widerstands vom Ampèremeter.

---