

STUDIEN ZUR ELEKTROLYTISCHEN FÄLLUNG DES GOLDES AUS CYANIDLÖSUNGEN.

Von Prof. Dr. *Bernh. Neumann.*

(Mitteilung aus dem Elektrochemischen Institut der Technischen Hochschule zu Darmstadt.)

Die Cyanidlaugerei findet zur Extraktion des Goldes aus Erzen in der Praxis seit etwa 15 Jahren Verwendung. Die Ausbildung dieser Methode ging hauptsächlich in Transvaal vor sich; jetzt steht diese Methode der Goldgewinnung in allen Goldländern in Anwendung. Die wirtschaftliche Bedeutung dieses Verfahrens ist daraus zu ersehen, dass bereits mehr als ein Drittel der Weltproduktion an Gold mit Hilfe der Cyanidlaugerei gewonnen wird.

Die bei der Cyanidlaugerei entstehenden verdünnten goldhaltigen Lösungen werden nach zwei verschiedenen Methoden entgolddet, entweder durch Fällung mit Zink oder durch Elektrolyse.

Die elektrolytische Zersetzung der goldhaltigen Cyankaliumlösungen wird allgemein in der Weise ausgeführt, dass der Elektrolyt durch mehrere hintereinander geschaltete Bäder fließt, in denen eine Anzahl dünner Bleiblechstreifen in Parallelschaltung aufgehängt sind, die als Kathoden dienen; ihnen stehen als Anoden Eisenbleche von entsprechender Grösse gegenüber. Die Spannung an den Bädern beträgt 2 bis 3 Volt, die Stromdichte hält man am besten auf rund 0,5 Amp/qm, damit Gold sich festhaftend auf den Kathoden niederschlägt. An den Eisenanoden bildet sich im Laufe der Zeit Berlinerblau und Eisenoxyd, wodurch die Laugen verunreinigt werden. Andreoli machte deshalb den Vorschlag, an Stelle der Eisenanoden Bleisuperoxyd-Elektroden zu verwenden. An diesen würden sich keine schädlichen Produkte bilden, wodurch die Bäder rein blieben. Der Vorschlag ist auf den ersten Augenblick bestechend. Aus der Praxis liegen nur wenige Mitteilungen über den Erfolg beim Arbeiten mit solchen Elektroden vor. Nach einer Angabe sollen sich die Bleisuperoxyd-Elektroden deshalb nicht bewährt haben, weil die Laugen unrein waren. Der eigentliche Grund für die Unbrauchbarkeit der Superoxydelektroden liegt jedoch, wie die nachstehenden Versuche des Verfassers zeigen, wo anders. Für die Versuche wurden Bleielektroden nach der Angabe von Andreoli auf elektrolytischem Wege mit Superoxyd überzogen und gehärtet; es wurden schwache und starke Ueberzüge hergestellt, auch wurden auf andere Weise erzeugte Superoxydplatten benutzt, darunter eine Platte, welche monatelang bei der Elektrolyse

von Schwefelsäure als Anode gedient hatte. Bringt man solche Superoxydplatten als Anoden in verdünnte Cyankaliumlösungen, so beobachtet man immer dieselbe Erscheinung: Nach kurzer Zeit treten an einzelnen Stellen weisse Punkte auf, an diesen entstehen bald darauf dicke weisse Nebel, welche in Schlieren zu Boden fallen und das ganze Bad trüben. Diese weisse Substanz ist nichts anderes wie Cyanblei, entstanden durch Einwirkung des Cyans auf das Bleimetall. Alle elektrisch hergestellten Bleisuperoxyd-Ueberzüge sind nämlich porös, die Anionen dringen also bis zu dem unterliegenden Metalle hindurch und greifen dasselbe an. Macht man den Superoxydüberzug sehr dick, so bekommt er sehr leicht Sprünge, durch welche der Elektrolyt eindringt. Dem Verfasser ist es auf keine Weise gelungen, Superoxydelektroden herzustellen, welche den Anforderungen entsprochen hätten. Hieraus erklärt sich wohl auch der Umstand, dass eine allgemeine Einführung der Superoxydanoden bei der Entgoldung von Cyanidlaugen bisher nicht stattgefunden hat.

Im Einklang mit den Versuchen des Verfassers steht eine Beobachtung von Hamilton¹⁾. Man versuchte in Sonora (Mexiko) der Unzulänglichkeit der Superoxydanoden dadurch abzuheffen, dass man die dünnen Bleche versteifte, denn es hatte sich herausgestellt, dass die Elektroden, sobald die Oberfläche eine Spur von Zerstörung zeigte, bald ganz unbrauchbar wurden.

Trotz der ausgedehnten Verwendung der elektrolytischen Goldfällung in der Praxis ist über die näheren Verhältnisse bei der Elektrolyse nur wenig Zuverlässiges bekannt. Zu diesen unaufgeklärten Punkten gehört vor allem die Frage nach der erreichbaren Stromausbeute.

Die Angaben hierüber gehen ganz auseinander. Richards²⁾ bemerkte in der Diskussion zu einem Vortrage von Walker, dass nach Versuchen in seinem Laboratorium beim Siemens-Halske-Verfahren die Ausnutzung des Stromes im besten Falle $\frac{1}{4}$ Prozent betrage. Im Gegensatz hierzu steht eine Angabe von Hamilton³⁾. Hiernach sollen in Sonora (Mexiko) bei längerem Betriebe aus gold- und silberhaltigen Laugen in der ersten Zelle 86%, in der zweiten Zelle

1) Elektrochem. Ind. 2, 131 (1904).

2) Elektrochem. Ind. 1, 484 (1903).

3) Elektrochem. Ind. 2, 131 (1904).

94 % des Stromes verschwendet worden sein, d. h. also, die Stromausbeute hätte 14 %, bezw. 6 % betragen. (Die Lauge aus Sand enthielt 4,54 g Gold neben 100 g Silber, die Lauge aus Schlamm 1,7 g Gold und 43,5 g Silber.) Da die angewandte Stromdichte 5,5 Amp/qm, bezw. 3 Amp/qm betrug und somit die sonst übliche Dichte wesentlich überschritt, so ist jene Stromausbeute um so auffälliger. Zur Erklärung würde nur anzuführen sein, dass in den ersten Zellen ständig frische reiche Lauge durchfließt, dass der hohe Silbergehalt der Laugen natürlich auch ausgefällt wird und bei der Ausbeuteberechnung offenbar die Summe beider Metalle in Betracht gezogen worden ist. Christy¹⁾ verwendet ebenfalls höhere Stromdichten; nach seiner Meinung arbeiten die Verfahren in der Praxis gewöhnlich mit 1 bis 2 %, höchstens 5 % Stromausbeute, er glaubt durch besondere Gestaltung der Elektroden 80 % erzielen zu können (?). Sharwood²⁾ gibt die Stromausbeuten zu 5 bis 6 % an, sagt allerdings vorsichtigerweise: „is said to be obtained in practice“. Nach seiner Angabe sind zur Entgoldung von 100 Tonnen Lauge in 24 Stunden 5 bis 6 PS. nötig (die Lauge enthielt 4 g Gold, 10 g Silber, 0,015 % Kupfer in der Tonne). Rechnet man diese Angabe auf Gold um, so kommt man auf 2,4 %.

Infolge dieser widersprechenden Angaben wurden einige Versuche angestellt, um die Grösse der Stromausbeuten bei der Elektrolyse verdünnter Cyanidlösungen zu ermitteln, wobei der Einfluss von Stromdichte, Konzentration und Zeitdauer genauer untersucht wurde.

Es wurden zunächst zwei Versuchsreihen vorgenommen, bei denen die Stromdichte die in der Praxis übliche von 0,5 Amp/qm war. Hierbei enthielt die zu entgoldende Lauge in einem Falle 10 g Gold im Kubikmeter, im anderen 3 g, wodurch ein Ueberblick über die Stromarbeit in den verschiedenen in der Praxis hintereinander geschalteten Bäder gewonnen werden sollte. Später wurden noch andere Versuchsreihen mit geringeren und höheren Stromdichten ausgeführt.

Versuchsanordnung. Da die anzuwendenden Stromdichten verhältnismässig klein sind, so müssen auch bei kleinen Versuchen schon ziemlich grosse Elektrodenflächen zur Anwendung kommen, damit man nicht mit allzu kleinen Stromstärken operieren muss. Im vorliegenden Falle diente ein Glastrog von 22 cm Länge, 30 cm Höhe und 12 cm Breite als Bad, er fasste rund 8 Liter Flüssigkeit. Als Elektrodenmaterial wurde für die Anoden dünnes Eisenblech (Schwarzblech), für die Kathoden Blei-

blech gewählt. Die Platten hatten Abmessungen von 27 × 21 cm, sie tauchten bei einer Füllung des Troges mit 6,5 Liter Elektrolyt mit einer Fläche von 21 × 24 cm, also 504 qcm (beiderseits 1008 qcm) in das Bad ein. Es waren zwei Bleikathoden zwischen drei Eisenkathoden aufgehängt. Die nutzbare Bleioberfläche betrug also 2000 qcm ($\frac{1}{5}$ qm), die Verwendung von 0,1 Amp. Stromstärke ergab demnach die gewünschte Dichte von 0,5 Amp/qm. Durch einen langsam laufenden, elektrischen Rührer wurde die Flüssigkeit gleichmässig in Bewegung gehalten. Es stellte sich nämlich sehr bald heraus, nicht nur, dass die Bewegung der Lauge von Einfluss ist, sondern dass ein ungleichmässiges Rühren, wie es mit einer Wasserturbine nicht anders erreicht werden konnte, die Abscheidung und die Menge der geringen Goldniederschläge ganz merklich veränderte. In der Praxis ist ja der Laugendurchfluss durch die Bäder ein ganz regelmässiger; infolgedessen bleibt auch die Konzentration in ein und demselben Bade fast immer die gleiche. Es wurde deshalb auch bei nachstehenden Versuchen dem Bade stets so viel Gold in Form einer konzentrierten Kalium-Goldcyanidlösung zugeführt, wie durch den Strom abgeschieden wurde. Gleichzeitig wurde die durch die Elektrolyse zerstörte Cyankaliummenge ersetzt.

Die Ausführung einer solchen Versuchsreihe wurde dadurch sehr umständlich, dass es nicht möglich war, die Kathoden nach bestimmten Zeitabschnitten einfach aus dem Bade zu heben und die Zunahme an Gold durch Wägung festzustellen. Jede Bleielektrode wog 125 bis 150 g, die Wägung wäre an und für sich schon nicht sehr genau geworden, die niedergeschlagenen Goldmengen betragen häufig nur Milligramme. Die direkte Wägung der getrockneten Platten war aber namentlich auch deshalb nicht zugänglich, weil sich die Platten beim Trocknen mit einer Oxydhaut und Anflügen von Cyanblei überziehen, deren Gewicht teilweise mindestens ebenso gross wie das der abgeschiedenen Goldmenge ist. Der Hauptgrund gegen die Verwendung der sonst üblichen Methode der Wägung und Wiederbenutzung derselben Kathoden war folgender: In den ersten Stunden scheidet sich relativ wenig Gold auf den Bleiplatten ab, die Menge steigt in der Zeiteinheit mit der Dauer der Elektrolyse bis zu einem Maximum. Unterbricht man nun nach einer bestimmten Anzahl Stunden die Elektrolyse, wägt die Kathode und hängt sie wieder ein, so bekommt man in den folgenden Stunden nicht die gesteigerte Zunahme, welche der Zeitdauer der Elektrolyse entspricht, sondern nur die Zunahme, die der Ausscheidung in den betreffenden ersten Stunden der Elektrolyse entspricht. Bei einem Versuche waren beispielsweise in 8 Stunden 0,2200 g Gold

1) Amerik. Pat. Nr. 756328 vom 20. Mai 1900.

2) Eng. and Min. Journ. 79, 152 (1905).

abgeschieden; bei fortlaufend ununterbrochener Elektrolyse während 10 Stunden wurden 0,2780 g abgeschieden, in der neunten und zehnten Stunde also 0,0580 g. Nun wurde eine Platte nach achtstündiger Elektrolyse gewogen, wieder eingehangen und zwei Stunden weiter der Elektrolyse ausgesetzt; die Zunahme in diesen beiden Stunden betrug nur 0,0155 g Gold, also nur rund ein Viertel der Menge, die sich hätte abscheiden sollen, sie entspricht ungefähr den Goldmengen, die in der ersten und zweiten Stunde ausgeschieden werden. Dieser Versuch zeigt, dass die geringe Goldabscheidung am Anfang mit der Oberflächenbeschaffenheit der Kathode in engstem Zusammenhange steht. Wahrscheinlich tritt erst die normale Goldfällung ein, wenn die Oberfläche der Bleikathoden von jeder Spur einer Oxydschicht befreit sind. Da also ein Wiedereinhängen der gewogenen Platten zu falschen Resultaten führte, so blieb nichts übrig, als die einzelnen Punkte der Versuchsreihe dadurch zu gewinnen, dass jedesmal frische Platten eingehangen wurden, die während der Dauer des Versuches ununterbrochen im Bade blieben; also z. B. die ersten Platten 2 Stunden, die zweiten Platten 4 Stunden, die dritten Platten 6 Stunden u. s. w., so dass bei Feststellung der in 10 Stunden ausgeschiedenen Menge das Bad bereits 30 Stunden in Betrieb war. Die Goldmengen konnten ferner, wie oben auseinander gesetzt, nicht durch Wägung der Bleielektrode bestimmt werden, sondern das Gold wurde nach dem genauesten Verfahren, der trocknen Probe, durch Abtreiben in der Muffel, bestimmt, wobei selbstredend die im Walzblei enthaltene geringe Silbermenge berücksichtigt und in Abzug gebracht wurde. Die Resultate einiger solcher Versuchsreihen sind in nachstehenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle 1.

Stromdichte 0,5 Amp/qm; 10 g Gold im Kubikmeter; 0,05 % Cyankalium.

Dauer in Stunden	Stromstärke in Amp.	Ampère-Minuten	Spannung in Volt	Abgeschiedenes Gold in Gramm	Stromausbeute in Prozent
1/2	0,1	3	0,8—1,7	0,0012	0,33
1	0,1	6	1,5	0,0068	0,92
2	0,1	12	1,2—2,2	0,0264	2,06
3	0,1	18	1,9—2,1	0,0647	2,93
4	0,1	24	1,9—2,2	0,1027	3,49
5	0,1	30	1,7	0,1403	3,81
6	0,1	36	1,9—2,0	0,1661	3,77
8	0,1	48	1,7—1,9	0,2089	3,55
14	0,1	84	1,7—1,9	0,3262	3,17

Die Stromausbeuten beziehen sich auf die ganzen Zeiten. Nach bestimmter Dauer der Elektrolyse nimmt die Stromausbeute wieder ab. Die Untersuchung der Lauge am Schluss, nach mehr als 40 Stunden ergab einen Cyankaliumgehalt von nur noch 0,025 %, so dass durch die Elektrolyse und die Luft eine ganze

Menge Cyankalium zerstört worden war. Die Spannung am Bade nimmt mit abnehmendem Cyankaliumgehalte zu.

Tabelle 2.

Stromdichte 0,5 Amp/qm; 3 g Gold im Kubikmeter.

Dauer in Stunden	Stromstärke in Amp.	Ampère-Minuten	Spannung in Volt	Abgeschiedenes Gold in Gramm	Stromausbeute in Prozent
1	0,1	6	0,6—1,9	0,0005	0,007
2	0,1	12	1,9	0,0101	0,69
3	0,1	18	1,85	0,0195	0,88
4	0,1	24	2,0	0,0307	1,08
6	0,1	36	2,1	0,0559	1,26
8	0,1	48	2,1	0,0781	1,33
12	0,1	72	1,9—2,0	0,1160	1,31

Bei Betrachtung der beiden Tabellen zeigt sich, dass das Maximum der Abscheidung immer erst nach längerer Zeit erreicht wird, und dass, auch bei gleichbleibender Goldkonzentration, die Stromausbeuten bei langer Dauer wieder sinken. Die Versuche beweisen nun, dass bei Verwendung von Stromdichten, wie sie in der Praxis in Gebrauch sind, auch bei reichen Goldlaugen keine grössere Stromausbeute wie höchstens 4 % erreicht wird. Bei Dauerbetrieb und Benutzung derselben Kathoden während mehrerer Wochen, muss sogar die Stromausbeute im Durchschnitt unter dieser Zahl bleiben. Bei der Zersetzung ärmerer Laugen (wie in Tabelle 2) erreicht die Stromausbeute nur höchstens 1 1/2 %; der Gesamtdurchschnitt der Stromausbeute in einer Anlage mit mehreren hintereinander geschalteten Bädern wird also auch im günstigsten Falle 2 % nicht überschreiten, er wird sogar meist, wie hier durch Dauerversuche festgestellt wurde, weit unter 1 % bleiben.

Es ist einleuchtend, dass bei Verwendung kleinerer Stromdichten auch noch bessere Ergebnisse an Stromausbeute erzielt werden könnten; für praktische Zwecke ist dann allerdings die anzuwendende Stromstärke so klein, dass zu wenig Gold abgeschieden würde, die Laugen müssten also entweder langsamer durchfliessen oder man müsste die Anzahl der Bäder vermehren.

Zur Beleuchtung dieser Verhältnisse sind die nachstehenden beiden Versuchsreihen angestellt worden. Die Stromdichte war nur halb so gross wie bei den vorhergehenden Versuchen.

Tabelle 3.

Stromdichte 0,25 Amp/qm; 10 g Gold im Kubikmeter; 0,05 % Cyankalium.

Dauer in Stunden	Stromstärke in Amp.	Ampère-Minuten	Spannung in Volt	Abgeschiedenes Gold in Gramm	Stromausbeute in Prozent
2	0,05	6	0,5	0,0049	0,67
4	0,05	12	1,5	0,0485	3,30
6	0,05	18	1,4	0,1270	5,75
8	0,05	24	1,3	0,2200	7,48
10	0,05	30	1,2	0,2780	7,56
12	0,05	36	1,15	0,3267	7,40
14	0,05	42	1,05	0,3737	7,25

Tabelle 4.

Stromdichte 0,25 Amp/qm; 3 g Gold im Kubikmeter;
0,05% Cyankalium.

Dauer in Stunden	Stromstärke in Amp.	Ampère-Minuten	Spannung in Volt	Abgeschiedenes Gold in Gramm	Stromausbeute in Prozent
4	0,05	12	1,7	0,0056	0,38
6	0,05	18	1,7	0,0341	1,54
8	0,05	24	1,6	0,0666	2,26
10	0,05	30	1,55	0,1046	2,84
12	0,05	36	1,50	0,1346	3,05
14	0,05	42	1,40	0,1624	3,15

Tabelle 5.

Stromdichte 2,4 Amp/qm; 10 g Gold im Kubikmeter;
0,07% Cyankalium.

Dauer in Stunden	Stromstärke in Amp.	Ampère-Minuten	Spannung in Volt	Abgeschiedenes Gold in Gramm	Stromausbeute in Prozent
$\frac{1}{3}$	0,12	2,4	1,8—2,2	0,0004	0,13
$1\frac{1}{4}$	0,12	9,0	2,2—2,3	0,0045	0,41
2	0,12	14,4	1,8—2,2	0,0064	0,36
$3\frac{1}{2}$	0,12	25,2	2,1—2,2	0,0079	0,26
7	0,12	50,4	2,2	0,0084	0,12

Ein Blick auf die Tabellen 3 und 4 belehrt sofort, dass, wie erwartet, mit den kleineren

Die Versuchsreihen 5 bis 7 wurden in einem kleineren Gefässe mit 1,25 Liter Goldlösung

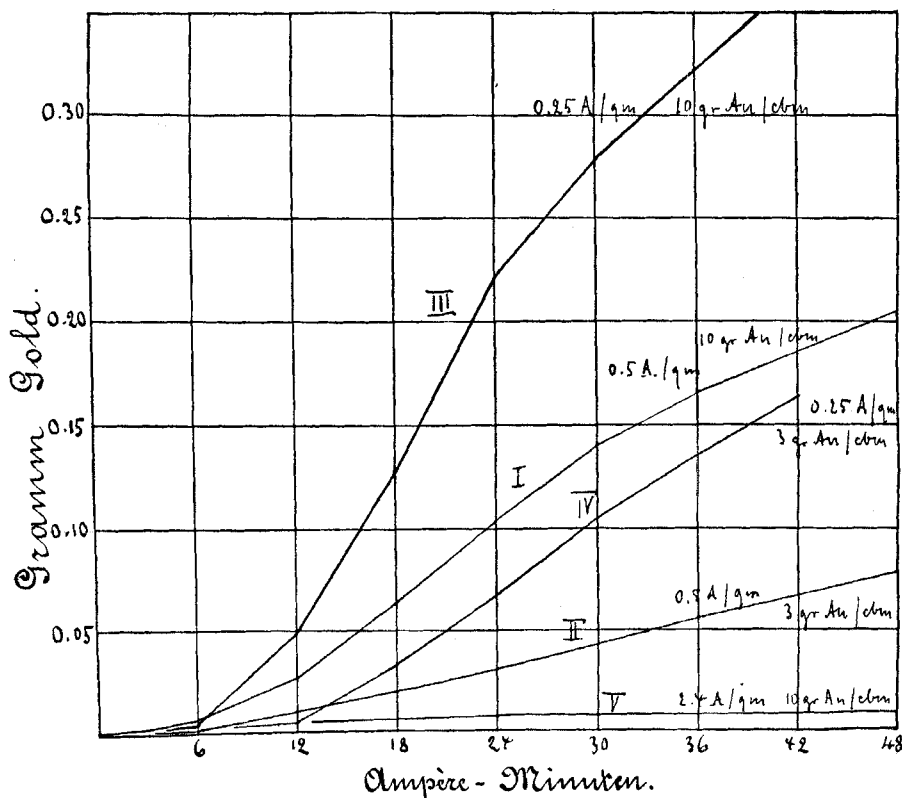


Fig. 207.

Stromdichten wesentlich bessere Stromausbeuten zu erzielen waren. In der reichen Lösung beträgt das Maximum der Stromausbeute rund 7,5%, in der ärmeren etwas über 3%. Das langsame Sinken der zum Betriebe des Bades nötigen Spannung ist bei diesen beiden Versuchen so zu erklären, dass beim Ersatz der verbrauchten Goldmengen, die wesentlich höher waren wie vorher, auch grössere Mengen Cyankalium mit eingeführt wurden, so dass der Zusatz an Cyankalium grösser war als der Verlust durch Zerstörung während der Elektrolyse.

Nachstehend sind noch einige Reihen aufgeführt, bei denen höhere Stromdichten als bei den Versuchsreihen 1 und 2 zur Verwendung kamen.

und einer Kathodenfläche von 500 qcm ausgeführt, der Elektrolyt wurde ebenfalls bewegt.

Tabelle 6.

Stromdichte 4 Amp/qm; 10 g Gold im Kubikmeter;
0,07% Cyankalium.

Dauer in Stunden	Stromstärke in Amp.	Ampère-Minuten	Spannung in Volt	Abgeschiedenes Gold in Gramm	Stromausbeute in Prozent
$\frac{1}{12}$	0,20	1	2,5	0,0001	0,08
$\frac{1}{3}$	0,20	4	2,5	0,0004	0,08
$\frac{2}{3}$	0,20	8	2,5	0,0015	0,16
1	0,20	12	2,5	0,0036	0,24
2	0,20	24	2,5	0,0058	0,20
3	0,20	36	2,5	0,0066	0,15
4	0,20	48	2,5	0,0068	0,11
6	0,20	72	2,5	0,0073	0,08

Tabelle 7.

Stromdichte 9 Amp/qm; 10 g Gold im Kubikmeter;
0,07% Cyankalium.

Dauer in Stunden	Strom- stärke in Amp.	Ampère Minuten	Spannung in Volt	Abgeschie- denes Gold in Gramm	Stromaus- beute in Prozent
1/4	0,45	9	2,8—3	0,0004	0,05
2/3	0,45	18	3,0	0,0035	0,16
2 1/6	0,45	31,5	2,8—3	0,0051	0,13
3	0,45	83	3,0	0,0062	0,06
5 1/4	0,45	141	3,0	0,0069	0,04

Gold war auch hier stets im Ueberschuss vor-
handen, wurde aber nicht regelmässig ergänzt.

Bei einem Dauerversuche mit 2,5 Amp/qm Stromdichte, welcher 1 1/2 Monate im Gange war, wurde als mittlere Stromausbeute nur 0,12% erzielt.

Die Durchschnitts-Stromausbeute bei der elektrolytischen Fällung des Goldes aus Cyanidlösungen bei dem Dauerbetriebe der Praxis bleibt demnach sicher weit unter 1%.

In den beistehenden Kurven sind die Versuchsergebnisse graphisch aufgezeichnet. Fig. 207 zeigt die Zunahme der Goldabscheidung unter den verschiedenen Verhältnissen im Verhältnis zur Zeit, Fig. 208 dieselben Verhältnisse in ver-

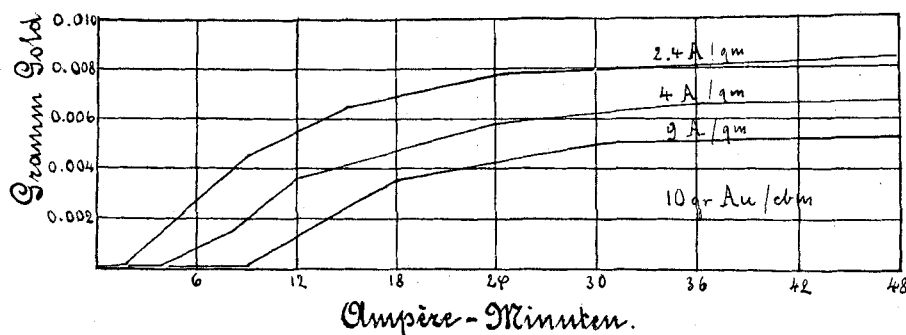


Fig. 208.

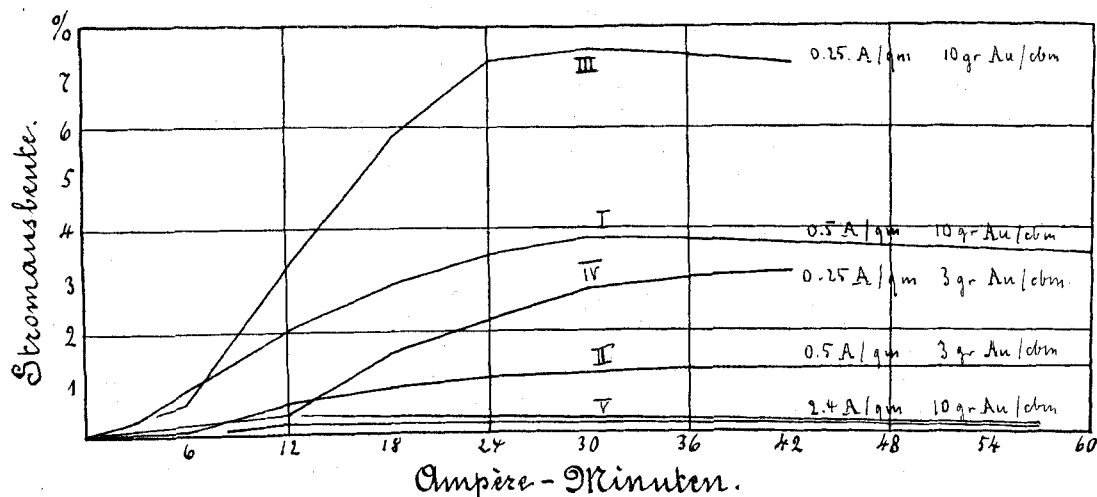


Fig. 209.

Die Resultate der Tabellen 5 bis 7 zeigen, dass bei höheren Stromdichten die Ausbeuten ganz wesentlich schlechter werden, und dass sie noch nicht 1/2% erreichen.

Stellt man die besten Ergebnisse der einzelnen Reihen zusammen, so ergibt sich für Goldlösungen mit 10 g Gold im Kubikmeter folgendes Bild, bei:

0,25 Amp/qm Stromdichte	7,56%	Stromausbeute
0,50 "	3,81%	"
2,40 "	0,41%	"
4,00 "	0,24%	"
9,00 "	0,16%	"

grössertem Maassstabe von den Reihen 5 bis 7. In Fig. 209 sind die Stromausbeuten aufgetragen, wie sie bei fortschreitender Dauer der Elektrolyse in verschiedenen Lösungen mit verschiedenen Stromdichten erhalten wurden.

Das Siemens-Halske-Verfahren zur Entgoldung von Cyanidlaugen benutzt als Kathodenmaterial Bleiblech in Form von Streifen. Das Blei bietet vor anderen Metallen den Vorteil, dass die ganze Elektrode mit dem Goldniederschlag eingeschmolzen werden kann, und dass sich das Gold dann durch den Treibprozess

in einfacher Weise vom Blei scheiden lässt. Pflieger hatte an Stelle der festen Bleistreifen netzartige Drahtgewebe aus Blei in Vorschlag gebracht, welche der Elektrolyt durchströmen sollte. Diese Modifikation hat sich in der Praxis nicht eingeführt. Andreoli wollte Eisen und Aluminium als Kathode verwenden; die mit Gold bedeckten Platten sollten nachher in ein Bleibad getaucht werden, welches das Gold aufnimmt. Versuche im kleinen sollen günstige Resultate ergeben haben, in der Praxis versagte die Methode.

Während man, wie schon erwähnt, in der Praxis mit rund 0,5 Amp/qm Stromdichte arbeitet, damit Gold sich fest haftend niederschlagen soll, kommen auch Fälle vor, wo man absichtlich hohe Stromdichten verwendet. So teilt z. B. Hamilton¹⁾ mit, dass in Sonora (Mexiko) Stromdichten von etwa 2,5 Amp/qm angewandt werden; man beabsichtigt hier, das Gold in Form eines feinen Schlammes abzuschneiden, welches nachher ähnlich wie das Gold aus den Zinkkästen verarbeitet werden muss. Man bürstete dort alle zwei Tage die Bleistreifen ab, dabei litten aber die Bleistreifen; gegossene Zinnkathoden sollen sich angeblich besser bewährt haben wie die Bleistreifen.

Von mehreren Seiten ist dann der Vorschlag gemacht worden, Quecksilber als Kathode zu verwenden (Loevy, Eltonhead, Stewart u. a.). Die Trennung der Edelmetalle würde sich in diesem Falle in sehr einfacher Weise bewerkstelligen lassen. Derselbe Gedanke liegt ja auch jenen Apparatkonstruktionen zu Grunde, bei denen Laugerei und Fällung des Goldes in ein und demselben Gefässe vorgenommen werden soll. (Ricken-, Pélatan-Clerici-Prozess, Aurex-Sluice u. s. w.) In letzteren Apparaten wird dem Quecksilber nur relativ wenig Gold zugeführt. Man kann wohl als sicher annehmen, dass eine bewegte Quecksilbermasse ziemlich bedeutende Goldmengen aufnehmen kann, eine Quecksilberkathode würde also augenscheinlich einer Bleikathode gegenüber, welche ein bis zwei Monate im Bade bleibt, manche Vorteile aufweisen. Nun hat aber von Gernet²⁾ durch folgende Ueberlegung bewiesen, dass eine Quecksilberelektrode für die Praxis nicht verwendbar ist. Um nämlich das Gold aus 100 Tonnen Cyanidlösungen, welche 5 dwt. (7,775 g) in der Tonne enthält, in 24 Stunden auszufällen, wäre eine Quecksilberfläche von 10000 Quadratfuss (900 qm) erforderlich. Die Quecksilberschicht in den Bädern müsste, um den Boden ganz zu überdecken, mindestens $\frac{1}{4}$ Zoll (0,6 cm) stark sein, es wären also wenigstens 200 Kubik-

fuss (5,4 cbm) Quecksilber nötig; diese Menge beträgt dem Gewicht nach rund 75 Tonnen. von Gernet rechnet dabei offenbar auch noch mit der doppelten Stromdichte, wie sie jetzt allgemein verwendet wird. Die Kosten der Beschaffung einer solchen Quecksilbermenge müssen, abgesehen von den unvermeidlichen Metallverlusten, allein schon die Anwendung des Quecksilbers als Kathodenmaterial verbieten.

Ein Vorschlag von Christy¹⁾ geht dahin, die Edelmetalle aus Cyanidlösungen in üblicher Weise auf Eisen oder Blei niederzuschlagen und nachher die mit Gold bedeckten Elektroden als Anoden in ein stärkeres Cyankaliumbad zu hängen, um das Gold auf Goldkathoden überzuführen. Diesen Vorschlag erklären von Uslar und Erlwein²⁾ für unbrauchbar, und zwar, weil einerseits viel totes Kapital in Form von Goldblechen festgelegt werden müsste, und andernteils, weil die Entgoldung nur schwer so zu überwachen wäre, dass keine Verluste an Strom und Elektrodenmaterial eintreten. Diese „fortschreitende Elektrokonzentration“ Christys, wonach auch Silber aus Cyanidlösungen auf Silberblechen niedergeschlagen werden soll, hat allerdings ihre schwachen Seiten, sie scheitert aber ganz gewiss nicht an den von von Uslar und Erlwein angeführten Gründen. Da in der Technik die elektrolytische Goldraffination in ausgedehntem Maassstabe Verwendung findet, so ist hierdurch bewiesen, dass die Menge des in Form der Kathoden festgelegten Goldes kein Hindernis für die Ausführung des Prozesses ist, andererseits spielen bei einem so kostbaren Metalle, wie Gold, Stromverluste keine grosse Rolle, zumal Gold in Cyanidlösungen in einwertiger Form vorhanden ist, so dass also pro Ampèrestunde 7,356 g abgeschieden werden müssten. Für die ökonomische Seite der Frage handelt es sich doch nur darum, zu wissen: Was kostet einerseits das Abtreiben der Bleikathode, Verfrischen der Glätte und das Verwalzen des Metallbleies? und andererseits: welche Kosten verursacht die Ueberführung von 1 kg Gold mittels Elektrolyse?

Auf Anregung von Herrn Professor Dieffenbach wurden hier Versuche angestellt, die von einem ähnlichen Gedanken ausgingen. Während Christy eine fortschreitende Anreicherung des aus verdünnten Cyanidlösungen niedergeschlagenen Goldes beabsichtigte, wurde hier darauf hingearbeitet mit der Uebertragung des Goldes eine gleichzeitige Raffination desselben zu verbinden, so dass der jetzt angewandte Treibprozess überflüssig würde.

Sollte der beabsichtigte Zweck erreicht werden, dann müsste die Goldschicht von den Elektroden,

1) l. c.

2) Proc. Chem. and Metall. Soc. of South Africa, Vol. I.

1) Amer. Pat. Nr. 643096.

2) Monogr. f. Elektrochem. Gold.

welche zuerst als Kathoden gedient hatten, leicht ablösbar sein, ohne dass die Elektroden dabei irgendwie angegriffen oder beschädigt würden, wenn sie bei der Entgoldung als Anoden dienten.

Zunächst war die Frage zu entscheiden, ob die allgemein angewandten Bleielektroden in vorliegendem Falle brauchbar sind. Soll Blei als Anode verwendet werden, so sind Salzsäure und Chloride als Elektrolyt ausgeschlossen, da sie Blei anodisch angreifen; aber auch Cyankaliumlösungen sind ungeeignet, da sich, wie durch Versuche festgestellt wurde, an der Anode Cyanblei bildet, welches die Elektrode für die beabsichtigte Wiederbenutzung unbrauchbar macht. Demnach ist der Vorschlag Christys, Bleielektroden für den angegebenen Zweck zu verwenden, ganz verfehlt, ebenso aber auch der weitere Vorschlag, Eisen in solchen Fällen zu benutzen, denn an den Eisenanoden bildet sich in Cyanidlösungen bei längerer Elektrolyse Eisenoxyd und Berlinerblau, die Oberfläche der Platten wird angefrassen, eine befriedigende Abscheidung von Gold auf solchen Platten wird unmöglich. Christy hätte sich sehr leicht durch einen Versuch von der Unbrauchbarkeit seiner Vorschläge überzeugen können.

Wie verhält sich nun Kohle in dieser Hinsicht? Verschiedene Praktiker geben an, Kohle sei in Cyankaliumbädern als Anode nicht gut zu brauchen, weil dieselbe bald der Zerstörung unterliege. Nun, die Haltbarkeit der Kohle hängt offenbar sehr wesentlich von der Natur der Kohle ab. Gegen die Verwendung der Kohle als Kathode würden sich weniger Bedenken erheben, da sich dieselbe in Goldcyanurlösungen sehr bald mit einer Goldschicht überziehen müsste. Für die Versuche wurde Acheson-Graphit als Elektrodenmaterial verwendet, der sich hierbei sehr gut bewährt hat. Die Elektroden gaben bei $1\frac{1}{2}$ monatlichem Dauerversuche in ganz verdünnten Cyankaliumlösungen keinerlei Veranlassung zu Beanstandungen. Das Gold scheidet sich auf der Kohle ganz gleichmässig ab, wobei sogar höhere Stromdichten, wie sonst üblich sind, verwendet werden können.

Die nachstehenden Versuche wurden von Herrn Johnny Johnson ausgeführt.

Es wurden zunächst Kohlenplatten mit Gold beladen. Zu diesem Zwecke wurde in einen Glastrog ein Elektrolyt mit 0,0269 g Gold und 1,52 g Cyankalium im Liter gebracht, eine Kohlenelektrode eingesetzt und 15 Stunden lang elektrolysiert. Die Elektrodenfläche betrug 225 qcm, die Spannung 2 Volt, die Stromstärke 0,15 bis 0,2 Amp. Das Gold schied sich als festhaftender Ueberzug ab.

Die mit Gold bedeckten Elektroden wurden dann als Anoden in einen $1\frac{1}{2}$ Liter fassenden Glastrog gebracht, in welchem sich eine ziem-

lich konzentrierte Cyankaliumlösung als Elektrolyt befand. Als Kathode diente ein vergoldetes Kupferblech.

Die nachstehende Tabelle 8 zeigt die erhaltenen Resultate bei wechselnder Stromdichte.

Tabelle 8.

Dauer in Stunden	Stromstärke in Amp.	Kupfer im Voltmeter	Kathodenfläche in Quadratcentimetern	Stromdichte in Amp/qm	KCNm Liter	Abgeschiedenes Gold in Gramm	Stromausbeute in Prozent
$\frac{1}{4}$	0,406	0,1465	5,0	992	177,6	—	—
$\frac{1}{4}$	0,329	0,0972	5,0	659	177,6	—	—
1	0,325	0,3789	11,0	296	135	—	—
1	0,334	0,3959	28,3	118	135	—	—
16	0,200	—	28,8	69	135	0,0065	0,03
$3\frac{1}{2}$	0,164	0,6782	28,8	57	121	0,0065	0,15
3	0,084	0,3034	28,8	30	121	0,0065	0,34
4	0,070	0,3286	28,8	24	121	0,0092	0,45

Aus der Tabelle 8 ergibt sich, dass bei hohen Stromdichten überhaupt kein Gold abgeschieden wurde, aber auch bei niederen Stromdichten ist die abgeschiedene Menge und die Stromausbeute so gering, dass von einer Verwendbarkeit der Cyankaliumlösungen für diesen Zweck Abstand genommen werden muss. Das Ablösen des Goldes ging an der Anode sehr schnell vor sich; an der Kathode dagegen schied es sich so lose ab, dass es mit dem Finger leicht abgewischt werden konnte. Die Versuche 3 bis 5 sind mit einem Elektrolyten ausgeführt, welcher von vornherein goldhaltig war, ein Unterschied gegen die anderen Versuche ist jedoch auch hier nicht zu bemerken.

Weiter wurden zum Uebertragen des Goldes an Stelle der Cyankaliumlösungen Chlorgoldlösungen verwendet, wobei die Erfahrungen Wohlwills¹⁾ bei der Goldraffination mit benutzt werden konnten.

Um nun das Gold schneller auf die Kohlenplatte zu bringen, wie es in Cyankaliumlösungen möglich war, wurde auch hier eine salzsäurehaltige Chlorgoldlösung verwendet; als Anode diente eine goldbeladene Kohlen- oder Platinplatte. Der Elektrolyt war auf 60 bis 70° erwärmt und wurde durch einen Rührer in Bewegung gehalten. Die benetzte Kathodenfläche betrug 10 qcm, die Stromstärke 0,4 Amp., die Dichte also 400 Amp/qm. Das Gold schied sich mit guter Ausbeute so festhaftend ab, dass ein kräftiger Wasserstrahl nichts abriss. Der Niederschlag war anfangs glatt, später etwas warzig.

Derselbe Apparat wurde für die Uebertragung des Goldes verwendet. Umstehendes Schaltungs-schema (Fig. 210) zeigt die Versuchsanordnung. B ist die Batterie von Akkumulatoren, Z die Zelle mit Rührer, V das Voltmeter, A das

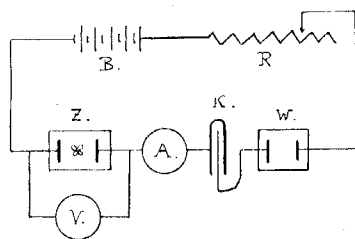
1) Z. f. Elektroch. 4, 381 (1897/98).

Ampèremeter, *K* das Kupfervoltameter, *R* ein Regulierwiderstand, *W* ein Wasserwiderstand.

Die Temperatur des Elektrolyten wurde auf 60 bis 75° gehalten; die Anodenstromdichte betrug 1000 bis 1500 Amp/qm, die Kathodenstromdichte wechselte bei den einzelnen Versuchen. Als Kathode diente eine Platinplatte. Es wurden mehrere Versuchsreihen ausgeführt.

A) Versuche mit verdünnten Lösungen.

Der Elektrolyt bestand aus einer wässrigen Chlorgoldlösung mit 3% freier Salzsäure, sein Goldgehalt wechselte etwas. Die Stromdichten wurden variiert zwischen 141 und 1000 Amp/qm, die Spannung betrug 0,2 bis 0,4 Volt.



Schaltungsschema.

Fig. 210.

Tabelle 9.

Dauer St. Min.	Stromstärke in Amp.	Kupfer im Voltameter	Kathoden- fläche in Quadrat- centimetern	Stromdichte in Amp/qm	Gold in 1 Liter Elektrolyt		Abgeschie- denes Gold in Gramm	Stromaus- beute in Prozent
					vor	nach		
— 10	0,33	—	5,0	1000	22,05	—	—	—
— 15	0,53	0,0962	6,25	850	4,45	—	—	—
— 30	0,44	0,7828	8,75	503	4,70	1,15	2,3430	145
— 54	0,42	0,4450	10,00	418	4,75	3,45	1,3748	150
— 45	0,31	0,2796	10,00	310	7,25	6,10	0,9842	170
— 20	0,23	0,3668	10,00	233	3,00	2,60	1,3243	175
— 35	0,14	0,2654	10,00	141	3,30	2,85	1,0806	198

Bei den ersten beiden Versuchen der Tabelle 9 wurde die Elektrolyse bald unterbrochen, da sich das Gold infolge der hohen Stromdichte als dunkelgrüner Schlamm an der Kathode ansetzte; auch beim dritten Versuch haftete das Gold noch sehr schlecht. Je mehr man aber mit der Stromdichte herunterging, desto besser haftete das Gold und desto heller wurde die Farbe. Die auffällig hohen Zahlen der Stromausbeuten sind dadurch zu erklären, dass bei der Berechnung Gold als dreiwertiges Ion in der Chloridlösung angenommen wurde, während tatsächlich, wie später besprochen wird, ein Teil desselben als einwertiges Ion wandert. Die Goldausbeute wird mit abnehmender Stromdichte ebenfalls besser. Merkwürdig ist ferner, dass die Lösung nach dem Versuche stets goldärmer war, wie am Anfange, es wird also mehr Gold an der Kathode gefällt als an der Anode in Lösung

geht, und zwar ist die Entgoldung des Elektrolyten viel bedeutender bei grossen Stromdichten wie bei niederen.

Eine weitere Reihe wurde mit einem ähnlichen Elektrolyten, aber mit Zusatz von Leitsalz benutzt.

B) Versuche mit verdünnten Lösungen unter Zusatz von Chlornatrium.

Die Apparatur war dieselbe wie vorher. Der Elektrolyt enthielt im Liter 30 g Salzsäure, 200 g Kochsalz und 7,5 g Gold. Infolge der besseren Leitfähigkeit war die Spannung etwas geringer wie vorher. Versuchsbedingungen und Resultate ergeben sich aus nachstehender Tabelle.

Tabelle 10.

Dauer St. Min.	Stromstärke in Amp.	Kupfer im Voltameter	Kathoden- fläche in Quadrat- centimetern	Stromdichte in Amp/qm	Gold in 1 Liter Elektrolyt		Abgeschie- denes Gold in Gramm	Stromaus- beute in Prozent
					vor	nach		
— 45	0,498	0,4411	10,0	498	7,5	3,00	0,9988	109
— 35	0,424	0,2926	10,0	424	7,5	3,50	0,7068	117
— 40	0,324	0,2559	10,0	324	7,5	3,85	0,6842	129
— 45	0,221	0,1962	10,0	221	7,5	4,25	0,5673	140
— 10	0,134	0,1848	10,0	134	7,5	4,48	0,5621	147

Die Goldniederschläge dieser Reihe waren viel fester wie die der vorigen Reihe, besonders bei den niederen Stromdichten. Die Farbe des Niederschlages war hellgelb. Die ausgeschiedenen Goldmengen sind, wie die Ausbeuten zeigen, durchgängig geringer geworden, dafür wurde aber dem Elektrolyten weniger Gold entzogen wie vorher. Wenn am Schluss nur noch wenig Gold an der Anode vorhanden war, wurde etwas Chlor frei.

Es wurden weiter noch einige Versuche angestellt, bei welchen die salzsäurehaltigen Lösungen mit Kieselgur versetzt wurden. Dieser Zusatz sollte die Wasserstoffbläschen entfernen und den Niederschlag dichter machen.

C) Versuche mit salzsaurer Chlorgoldlösung mit Kieselgur.

Die Lösungen hatten dieselbe Zusammensetzung wie bei Reihe A. Es wurde Kieselgur geschlämmt, und zwar 1 g mit 150 g Wasser. Die dabei erhaltene gröbere Gurfraction entfernte aber nicht nur den Wasserstoff, sondern riss auch Goldteilchen ab. Die nachstehenden Versuche sind mit dem feineren Anteile ausgeführt.

Die Beschaffenheit der Niederschläge war besser wie in der Reihe A, aber doch nicht so fest und dicht wie in Reihe B. Auch hier besserten sich die Niederschläge mit fallender Stromdichte. Offenbar sind auch hier kleine Goldteilchen von dem aufgewirbelten Kieselgur mit abgerissen worden, so dass die Ausbeuten

Tabelle 11.

Dauer St. Min.	Stromstärke in Amp.	Kupfer im Voltmeter	Kathoden- fläche in Quadrat- centimetern	Stromdichte in Amp/qm	Gold in 1 Liter Elektrolyt		Abgeschie- denes Gold in Gramm	Stromaus- beute in Prozent
					vor	nach		
— 50	0,514	0,5057	10,0	514	7,5	3,20	1,4142	135,0
— 55	0,394	0,4275	10,0	394	7,5	3,90	1,2765	144,5
1 07	0,309	0,4080	10,0	309	7,5	4,05	1,2251	145,4
1 15	0,214	0,3161	10,0	214	7,5	4,22	0,9929	152,0
2 25	0,095	0,2714	10,0	95	7,5	4,40	0,9802	174,5

etwas niedriger ausfielen; anderseits erwiesen sich die Goldniederschläge als kieselgurhaltig.

Da nach Wohlwills Erfahrungen für die Goldraffination am besten ein Elektrolyt geeignet ist, welcher 25 bis 30 g Gold im Liter enthält, so wurden noch einige Versuche mit konzentrierter Goldlösung ausgeführt, und zwar ein Versuch ohne irgend welchen Zusatz, der andere mit Zusatz von Leitsalz.

D) Versuche mit konzentrierter Goldlösung.

Der Elektrolyt enthielt 23,3 g Gold und 30 g Salzsäure im Liter, bei dem zweiten Versuche 29,15 g Gold, 30 g Salzsäure und 200 g Kochsalz. Die Spannung betrug 0,3, bzw. 0,2 Volt.

Tabelle 12.

Dauer in Stunden	Stromstärke in Amp.	Kupfer im Voltmeter	Kathoden- fläche in Quadrat- centimetern	Stromdichte in Amp/qm	Gold in 1 Liter Elektrolyt		Abgeschie- denes Gold in Gramm	Stromaus- beute in Prozent
					vor	nach		
1	0,344	0,4058	10,0	344	23,3	22,4	1,1508	137
1	0,352	0,4156	10,0	352	29,15	27,8	1,1605	135

Bei den Versuchen nahm der Goldgehalt der Lösung im Verhältnis zur Konzentration nur wenig ab, aber die absolute Menge, welche aus der Lösung verschwunden ist, ist fast die gleiche wie früher. Die Stromausbeute bei dem letzten Versuche ist fast dieselbe wie bei dem Versuche mit verdünnter Lösung. Bei dem vorletzten Versuche dagegen ist die Ausbeute viel schlechter wie in dem entsprechenden Versuche mit verdünnter Lösung. Die Niederschläge aus den konzentrierten Lösungen sind aber wesentlich dichter und fester wie diejenigen aus den verdünnten Lösungen. Namentlich der letzte Versuch zeichnete sich durch besondere Qualitätseigenschaften aus.

Trägt man die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen graphisch auf, so erhält man ein Bild, wie es Fig. 211 zeigt. Dort sind nur die Reihen A und B aufgenommen, weil C zwar denselben Charakter aufweist, aber infolge des Kieselgurgehaltes einige Unregelmäßigkeiten zeigt. Die Kurven zeigen, wie mit steigender Stromdichte die Stromausbeute bei allen Elektrolyten heruntergeht.

Hier soll nun noch ein Wort über die ungewöhnlich hohen Stromausbeuten gesagt werden. Diese schwanken bei den Versuchen von 109 bis 198%, wenn man das Gold wie üblich in der Goldchloridlösung als dreiwertig annimmt. Die sogen. Goldchloridlösungen enthalten nun aber das Gold nicht als $AuCl_3$, sondern in Form von Goldchlorwasserstoffsäure $HAuCl_4$ ¹⁾. Diese Verbindung, ebenso ihre Alkalisalze, sind komplexe Salze, welche zunächst in H , bzw. Na und den $AuCl_4$ -Rest zerfallen. Der Anionkomplex $AuCl_4$ spaltet leicht Chlor ab und das restierende $AuCl_3$ zerfällt dann in seine Bestandteile. Wohlwill²⁾ hat nun weiter gezeigt, dass Gold an einer Goldelektrode anodisch auch bei Gegenwart von Chlor nur dann in Lösung geht, wenn die Bedingungen gegeben sind

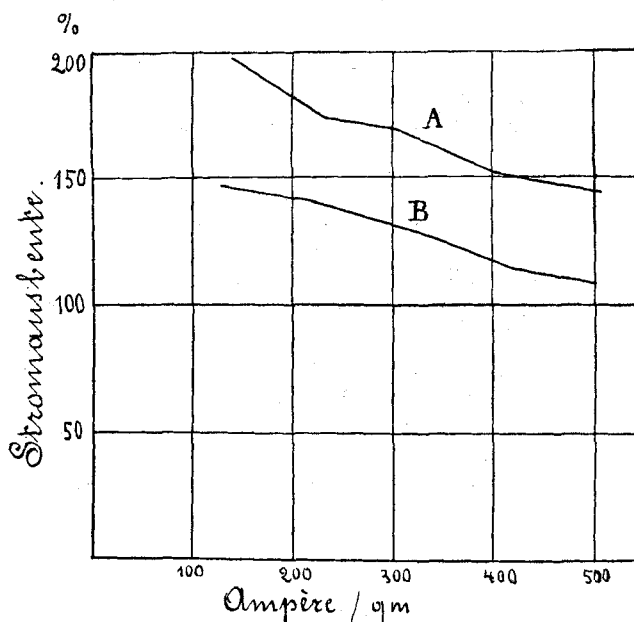


Fig. 211.

(HCl , $NaCl$), dass sich wieder die komplexe Verbindung $HAuCl_4$ oder $NaAuCl_4$, d. h. das Anion $AuCl_4$ bilden kann. Das Gold wird also auf alle Fälle an der Kathode sekundär abgeschieden. Auch Wohlwill hat bei seinen Untersuchungen gefunden, dass bei Einschaltung eines Voltameters immer mehr Gold an der Kathode abgeschieden wird als dem Äquivalent $\frac{Au}{3}$ zukommt. An der Anode geht nämlich Gold zweifellos auch als Chlorür in Lösung, ebenso wie an einer Kupferanode neben Cupri- auch noch Cuproionen entstehen. Wohlwill hat auch schon den Beweis erbracht, dass dieses $AuCl$ wieder in Gold und $AuCl_3$ zerfällt, nämlich: $3AuCl = AuCl_3 + 2Au$. (Ganz ebenso

1) Hittorf, Pogg. Ann. 106, 522 (1859).

2) l. c.

zerfällt ja auch Cuprosulfat Cu_2SO_4 in $CuSO_4 + Cu$). Die Zersetzung jenes Körpers in der Gegend der Anode ist nun keine vollständige; ein Teil der einwertigen Goldionen gelangt bis zur Kathode und wird dort entladen. Die Anzahl der an der Anode in Lösung gehenden einwertigen Goldionen ist stark abhängig von der Stromdichte, wie es auch die drei Versuchsreihen zeigen. Bei den grössten Stromdichten ist die Bildung einwertiger Goldionen am geringsten, bei den kleinsten Dichten am grössten, demnach ist die Mehrabscheidung von Gold über den berechneten Wert auch im letzten Falle am grössten. Nach Wohlwill's Ansicht wurde mit Stromdichten von 300 Amp/qm fast der Wert des dreiwertigen Goldes, mit 1 Amp/qm der Wert des einwertigen erreicht.

Die Lösungsvorgänge an der Anode sind von Wohlwill genau erörtert worden, sie brauchten deshalb hier nicht näher untersucht zu werden. Das Lösungsäquivalent des Goldes an der Anode ist ein höheres wie das Niederschlagsäquivalent an der Kathode, d. h. der Gewichtsverlust an der Anode übertrifft die Zunahme an der Kathode erheblich.

Es entsteht nun die Frage: kann in der angegebenen Weise durch Uebertragung des Goldes auf eine Kohlenplatte und von dieser auf ein Goldblech unter Benutzung der Chlorgoldlösung als Elektrolyt eine Raffination des Rohgoldes erreicht werden? Die Frage ist zu bejahen. Aus einer Cyankaliumlösung würde die Raffination nicht möglich sein, wohl aber aus der sauren Chloridlösung. Die Cyanidlaugen der Praxis enthalten ausser Gold häufig grössere Mengen Silber, daneben etwas Kupfer, Blei und Eisen; dieselben Metalle finden sich natürlich

nachher auch im Rohgold. Bei der Uebertragung dieses Rohgoldes wird bei niedriger Spannung nur Gold abgeschieden, Silber fällt als Chlorsilber aus, Kupfer und Eisen gehen zwar in Lösung, werden aber nicht an der Kathode abgeschieden, Blei wird oxydiert und geht in den Schlamm. Es entsteht also bei einer derartigen Uebertragung ein ausserordentlich reines Elektrolytgold.

Fassen wir die Ergebnisse dieser Untersuchungen kurz zusammen, so hat sich gezeigt, dass bei der Elektrolyse verdünnter Cyanidlösungen die von Andreoli vorgeschlagenen Bleisuperoxydanoden unbrauchbar sind, dass die Stromausbeuten bei der Elektrolyse solcher Goldlösungen ausserordentlich gering sind und im Durchschnitt weit unter 1% bleiben, dass sich Kohlenelektroden bestimmter Qualität in verdünnten Cyanidlaugen ganz gut halten und unter Umständen an Stelle der Bleikathoden verwenden lassen.

Die Verwendung der Kohlenelektroden wird dann nötig, wenn man beabsichtigt, das darauf ausgeschiedene Rohgold direkt durch weitere Elektrolyse zu raffinieren, was in sauren Chlorgoldlösungen möglich ist.

In Goldlösungen, die mit Leitsalz versetzt sind, sind dabei mit niedrigeren Stromdichten ausserordentlich günstige Stromausbeuten zu erzielen.

Ein solches Verfahren würde die ganze Verarbeitung der Bleielektroden, die nur 2 bis 12% Gold aufnehmen können, überflüssig machen, man würde anstatt eines Rohgoldes mit $\frac{800}{1000}$ bis $\frac{900}{1000}$ direkt in Feingold von etwa $\frac{988}{1000}$ erzielen.

Darmstadt, Juni 1906.

(Eingegangen: 11. Juli.)

XIII. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie

vom 21. bis 24. Mai in Dresden.

Vorträge.

I. Sitzung am Montag, den 21. Mai, vormittags 9 Uhr, in der Aula
der Technischen Hochschule.

(Fortsetzung von S. 568.)

Herr Dr. H. von Steinwehr-Berlin:

ÜBER DEN EINFLUSS DER KORNGRÖSSE AUF DAS VERHALTEN DES MERCUROSULFATS IN DEN NORMALELEMENTEN.

Bereits im Jahre 1902 hat Ihnen Herr Professor Jaeger auf der Hauptversammlung zu Würzburg über das Clark- und Kadmium-Normalelement und die damit in Zusammenhang

stehenden Fragen berichtet. Diese Fragen waren zu jenem Zeitpunkt bis auf eine gelöst. Diese eine, noch unaufgeklärte Frage betraf die Unregelmässigkeiten, die von der Reichsanstalt