

# Über die Erzeugnisse elektrochemischer Werke.

---

==== VORTRAG ====

gehalten am 6. November 1903

im

Niederösterreichischen Gewerbeverein

von

DR. HEINRICH PAWECK.

WIEN 1904.

Verlag des Niederösterreichischen Gewerbevereines.

Druck von Otto Maaß' Söhne, Wien.





Bei der Betrachtung des Entwicklungsganges der elektrochemischen Industrie in ihren bedeutsamsten Phasen raschen Emporblühens finden wir zunächst im Jahre 1872 in Mansfeld von der Mansfelder Gewerkschaft in Eisleben die erste elektrochemische Kupferraffinationsanlage mit Erfolg in Betrieb gesetzt, wie von da an das elektrochemische Arbeitsgebiet sich immer mehr entfaltete, viele alte Betriebe ganz umgestaltete, so daß heute z. B. Aluminium, Magnesium, Natrium und viele andere Produkte nicht nur in der Metallhüttentechnik nur mehr auf elektrochemischem Wege erzeugt werden, ja sogar manches Fabrikat ausschließlich nur mit Hilfe des elektrischen Stromes hergestellt werden kann.

Kupfer wird jetzt in Amerika fast alles elektrochemisch raffiniert und wurden daselbst im Jahre 1902 283.322 t Elektrolytkupfer im Werte von 290 Millionen Mark, dabei als Nebenprodukte 837 t Silber im Werte von 52 Millionen Mark und 7.75 t Gold im Werte von 20 Millionen Mark produziert. Die Norddeutsche Affinerie in Hamburg erzeugt alljährlich 100.000 kg Elektrolytsilber, die Firma Goldschmidt in Essen verbraucht alljährlich 10.000 t Weißblechabfälle für die elektrochemische Entzinnung, Frankreich allein lieferte in einem der letzten Jahre 35.000 t Kalziumkarbid und an Aluminium betrug der Weltkonsum im Jahre 1899 ca. 6000 t. Dies nur einige Beispiele von den Betriebsergebnissen elektrochemischer Werke.

Die Heranziehung gewaltiger Wasserkräfte, die Ausnützung von Naturgasen für die Krafterzeugung, wie in Amerika, die neuen Versuche, die Hochofengase für den Motorenbetrieb zu verwenden, die Ausbildung der Konstruktion der elektrischen Generatoren, um mächtige Ströme zu erzeugen, die anstrengenden erfolgreichen Bemühungen in der Ausgestaltung der elektrochemischen Arbeitsmethoden, die wissenschaftliche Erforschung der elektrochemischen Prozesse und die Ausmittelung der Bedingungen der ökonomischen Durchführung derselben; alle diese Faktoren treten in den Vordergrund, wenn wir den heutigen Stand

der elektrochemischen Industrie überblicken, welche trotz der kurzen Entwicklungszeit sich innerhalb der chemischen Technik bereits zu einer mächtigen Selbständigkeit emporgerungen hat.

Um den Umfang und die Bedeutung der elektrochemischen Industrie recht augenscheinlich vorführen zu können, habe ich die wichtigsten Erzeugnisse derselben in einer schönen größeren Sammlung hier ausgestellt, soweit ich von hervorragenden Firmen durch Beiträge bisher unterstützt worden bin.

Die Arbeitsprinzipien der elektrochemischen Technik sind mannigfaltig, obgleich, im Grunde genommen, immer dieselbe Anordnung getroffen wird, in einem geeigneten Gefäße mit Hilfe zweier Elektroden, mittels welchen der elektrische Strom zu- und abgeführt wird, gewisse zusammengesetzte Stoffe (chemische Verbindungen) zu zerlegen oder aus einfachen Substanzen durch deren Vereinigung neue Körper zu bilden, wobei stets die erfolgende Arbeit durch den elektrischen Strom geleistet wird. So einfach gestaltet sich nun die Durchführung der elektrochemischen Prozesse allerdings tatsächlich nicht. Die oft komplizierten Verhältnisse erfordern eine besondere Wahl der Apparate, der Elektroden, der Temperatur, der Zusammensetzung von den mit Hilfe des elektrischen Stromes zu veränderten Stoffen u. a., so daß die technisch brauchbare Lösung derartiger Probleme oft das Aufgebot allen Scharfsinnes, wissenschaftlichen Studiums und praktischen Raffinements verlangt.

Es lassen sich drei Hauptarbeitsgruppen unterscheiden:

- I. Die Elektrolyse wässriger Metallsalzlösungen;
- II. Elektrolyse wasserfreier Salze im Schmelzflusse;
- III. Elektrothermische Prozesse.

Von jeder dieser Gruppen werde ich nun Beispiele vorführen, die Erzeugung einiger wichtiger Produkte kurz schildern und Ihnen die betreffenden Sammlungstücke vorweisen.

Ein sehr wichtiger und weit ausgebildeter Zweig der elektrochemischen Großindustrie ist die Metallraffination.

Die Rohmetalle, wie sie bei der gewöhnlichen hüttenmännischen Verarbeitung der Erze gewonnen werden, enthalten immer noch einen ziemlichen Prozentsatz an Verunreinigungen, welche durch die Raffinationsarbeit noch entfernt werden müssen, um technisch verwendbare, reine Metalle zu erhalten. Diese letzte Reinigung der Rohmetalle geschieht entweder auf gewöhnliche hüttenmännische Art oder auf elektrochemischem Wege, namentlich wenn das Rohmetall Silber und Gold enthält, deren leichte Gewinnung bei der Elektrolyse die Kosten dieses Prozesses deckt.

In Österreich betreiben die ärarische Kupferhütte in Brixlegg (Tirol) und das Eisenhüttenwerk der Bergbau- und Eisenhüttengewerkschaft in Witkowitz bei Mährisch-Ostrau die elektrochemische Kupferraffination. Vom letztgenannten Werke finden Sie in der Sammlung einen Werdegang der Verarbeitung von Kiesabbränden auf Reinkupfer, Silber und Gold, neben einem wertvollen Rückstand an Eisenoxyd.

Die Kiesabbrände stammen von einem Schwefelkies her, der in Schmölnitz in Ungarn gewonnen wird und neben 48-50 Prozent Schwefel und fast eben so viel Eisen noch Kupfer, Silber und Gold in geringen Mengen enthält. Nachdem zunächst in den Schwefelsäurefabriken aus diesem Kiese der Schwefel nutzbar entfernt worden ist, wird der Rückstand, der Abbrand, in Witkowitz mit 8 Prozent Kochsalz chlorierend geröstet, dann das so behandelte Produkt wiederholt und systematisch ausgelaugt. Auf diese Weise erhält man einerseits eine Kupferlösung, andererseits einen Eisenoxydrückstand, Purple-ore, der von den für die Eisenerzeugung schädlichen Metallen frei ist und mit anderen Eisenerzen verschmolzen wird, nachdem vorher das zum Teil nicht in Lösung gegangene Silber mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Kalk ausgelaugt worden ist.

Die Kupferlösung wird mit Schmiedeeisen und Stahlabfällen behandelt, das Kupfer, sogenanntes Zementkupfer, scheidet sich metallisch ab und dieses bildet den Ausgangspunkt für die elektrolytische Anstalt.

Da das Zementkupfer noch ziemlich fremde Beimengungen enthält, wird es durch Einschmelzen mit Holzkohlenlösch, Kalk und quarzigem Sand in Brikettform noch weiters gereinigt und schließlich als Anodenkupfer in Formen gegossen. Es besteht jetzt aus 94—98 Prozent Kupfer, 0,4—1 Prozent Silber, ferner Gold, Sauerstoff, Eisen, Arsen, Blei, Nickel, Kobalt etc.

Diese gegossenen Anodenkupferplatten werden abwechselnd mit sehr dünnen, am besten elektrolytisch gewonnenen Kupferplatten in großen Holztrögen, welche mit einer Kupfervitriollösung (150 g Kupfervitriol und 50 g freie Schwefelsäure im Liter) gefüllt sind, eingehängt, alle Anodenplatten mit dem positiven Pol der elektrischen Maschine, alle dünnen Kupferplatten, die Kathoden, mit dem negativen Strompol verbunden. Der elektrische Strom, welcher durch die Anodenkupferplatten in das Bad (die Lösung im Troge) gelangt, löst nun Kupfer und auch gewisse andere Beimengungen von den Anodenplatten auf, schlägt fast total reines Kupfer an den gegenüberstehenden dünnen Kathodenblechen im metallischen, kompakten Zustande nieder, die Unreinigkeiten bleiben in der Lösung, Gold und Silber fallen von den Anodenplatten in fester Form mit noch anderen Bestandteilen auf den Boden

des Troges, lösen sich also nicht und können als sogenannter Anodenschlamm gewonnen und weiterer Reinigung und Verarbeitung zugeführt werden.

Die Anodenplatten werden so durch die Einwirkung des elektrischen Stromes aufgezehrt und dann durch neue ersetzt, die Kathodenbleche wachsen in die Dicke und werden nach Erreichung eines bestimmten Gewichtes (normal 150 kg) aus dem Troge mittels Aufzuges gehoben und ebenfalls durch neue dünne Bleche ersetzt. Das Kathodenkupfer besitzt eine Reinheit von 99.998 Prozent.

Bevor ich die Kupferraffination verlasse, möchte ich noch einen anderen großartigen Erfolg vorführen, einen Prozeß, der zum Teil in einer Raffination des Kupfers besteht, zum Teil der Galvanotechnik, der Elektroplastik angehört; die elektrochemische Herstellung von Kupferröhren ohne Naht, ein Verfahren von Elmore, welches von der Elmore's Metall-Aktiengesellschaft in Schladern a. d. Sieg schon seit 1893 in großem Maßstabe ausgeübt wird. Sie sehen eine Kollektion solcher Röhren hier ausgestellt.

In einem hölzernen Troge, der wie bei der Kupferraffination mit einer Kupfervitriollösung beschickt wird, befindet sich auf dem Boden gekörntes Rohkupfer (Chilikupfer) aufgeschichtet, darüber in Glaslagern drehbar ist ein Kupfer- oder Eisenrohr als Dorn angeordnet, dessen äußerer Durchmesser dem inneren Durchmesser des zu erzeugenden Rohres entspricht. Der Dorn bildet die Kathode (den Stromausgang aus der Zelle), das auf dem Boden des Troges aufgeschichtete granuliert Chilikupfer die Anode, welcher der elektrische Strom zugeführt wird. Während der Elektrolyse, der Durchführung des Prozesses, wird Kupfer vom Bodenbelag gelöst und reines Kupfer auf dem rotierenden Dorn gemäß der Röhrenform desselben kompakt abgeschieden, jedoch nicht gleichmäßig, sondern unter Bildung von Erhabenheiten, Knospen. Es ist nun die sinnreiche Einrichtung getroffen, die Entstehung der Knospen dadurch zu verhindern, daß in kurzen Intervallen automatisch ein Glättwerkzeug aus Achat an den sich drehenden Dorn angepreßt und parallel zu dessen Achse zwischen den beiden Enden hin- und hergeführt wird. Hat der Kupferüberzug eine entsprechende Dicke erreicht, so wird, bei Anwendung eines eisernen Dornes, letzterer mit dem Kupferüberzug aus dem Troge gehoben und auf einer besonderen Maschine mit einer Stahlrolle bearbeitet, der Überzug dehnt sich etwas und das fertige Kupferrohr läßt sich mit der Hand vom Dorn abziehen.

Nach diesem Prinzip lassen sich Röhren von sehr kleinem und ebenso von sehr großem Durchmesser herstellen. Aus Drehspänen werden Drähte gezogen, die sich

durch besonders hohe Leitfähigkeit des elektrischen Stromes auszeichnen, ferner kann ich Ihnen Fassonstücke vorzeigen, die statt einen kreisförmigen, einen viereckigen und einen ovalen Querschnitt haben. Auf der Düsseldorfer Ausstellung war ein Kondensatormantel von 5 m Länge, 2·5 m Durchmesser und 10 mm Wandstärke mit dem Gewichte von 3600 kg aufgestellt. Im Gegensatze hierzu zeige ich Ihnen hier ein Röhrchen mit einem Durchmesser von 2 mm.

Noch auf ein anderes Beispiel der Metallraffination sei hingewiesen, der Bleiraffination, welche in Amerika bereits in einem Werke in Trail betrieben wird, mit einer täglichen Produktion von 12 t Reinblei, die aber auf 25 t täglicher Leistung erhöht werden soll. Auch Bleioxyde werden jetzt elektrochemisch hergestellt, wie eine vorliegende Probe von der chemischen Fabrik Griesheim-Elektron beweist.

Ein anderes Gebiet der elektrochemischen Großindustrie ist die Gewinnung der Metalle direkt aus den Erzen. Es wurden ungeheure Summen für derartige Versuche schon geopfert, die Patentliteratur ist voll von diesbezüglichen Vorschlägen, und es ist auch nicht abzusprechen, daß trotz vieler Mißerfolge bedeutende Fortschritte zu verzeichnen sind und nur der Oberflächliche mag Zweifel in das Gelingen setzen, daß auch auf diesem schwierigsten Felde des Metallhüttenwesens die Zukunft siegreich vordringen und manches schöne Problem bezwingen wird. Kupfer, Zink, Quecksilber, Nickel, Blei erscheinen bereits in das Bereich der Versuche aufgenommen. So kommt heute schon Nickel und Zink etc. auf den Markt von elektrochemischer Provenienz.

Die elektrometallurgische Gesellschaft in Papenburg erzeugt aus dem amerikanischen Nickelerz Garnierit Nickelmetall, wie der mir von dieser Gesellschaft zur Verfügung gestellte Werdegang zeigt; auch in Amerika spielt das Verfahren von Browne eine nicht zu übersehende praktische Rolle. Zink wird von der Firma Brunner & Mond in England seit Jahren auf den Markt gebracht und in jüngster Zeit hat auch die Erste österreichische Sodafabrik in Hruschau die Gewinnung von Zink nach einem Verfahren von Hoepfner begonnen. Die Firma Siemens & Halske in Wien hat ein elegantes Verfahren zur Quecksilberausbringung aus Erzen und Stuppen sich patentieren lassen; ferner wird seit neuem in Amerika von der Niagara Falls-Electrical Lead Reduction Co. ein Verfahren von Salom zur direkten Gewinnung von Blei aus Bleiglanz durchgeführt.

Eine erfolgreiche Ausarbeitung hat die Bleiweißdarstellung von Luckow erfahren. Ich habe dieses Verfahren durchprobiert und günstige Resultate bekommen.

Ein elektrolytischer Trog, darin zwei Bleiplatten (Anode und Kathode) in einer Lösung von chloresurem Kalium und Soda in ganz bestimmten Mengenverhältnissen und Einleiten eines Kohlensäuregasstromes, das ist die ganze Versuchsanordnung. Bei Durchgang des elektrischen Stromes wirbelt von der Anodenbleiplatte reinweißes Bleiweiß in Flocken zu Boden, das vorzügliche Deckkraft besitzt.

Ich zeige Ihnen mehrere Proben, die der Erfinder mir zur Verfügung gestellt, ebenso nach analoger Methode erzeugtes Chromgelb. Auch liegt ein Gutachten hierüber von dem bekannten Elektrometallurgen Prof. Dr. Borchers zur Einsicht auf.

Zum Schlusse der Besprechung der ersten Gruppe elektrochemischer Arbeitsmethoden, der Elektrolyse wässriger Metallsalzlösungen, möchte ich noch einen jungen, aber industriell vorgeschrittenen Industriezweig beleuchten: die Entzinnung von Weißblechabfällen. Diese Abfälle enthalten ca. 2 bis 3·5 Prozent Zinn, oft noch mehr, und es hat sich als äußerst lohnend erwiesen, das Zinn wieder zurückzugewinnen, während das entzinnete Eisenmaterial in den Hochofen zurückwandert.

In Deutschland bestehen schon eine Reihe von Entzinnungswerken, wo der Weißblechabfallhandel fast monopolisiert ist, und Material zumeist aus England, Frankreich und der Schweiz bezogen wird; es werden etwa 30.000 t Abfall jährlich verarbeitet. In Österreich besitzen wir solche Fabriken in Floridsdorf und Pfaffstätten.

Ausschlaggebend für die Rentabilität des elektrochemischen Entzinnungsprozesses sind die Beschaffung möglichst homogenen Rohmaterials und die Transportkosten desselben. Die Qualität des Elektrolytzinns steht jener der anderen Handelssorten keineswegs nach für jene Verwendungszwecke, wo es sich um die Herstellung von Legierungen handelt und wo Verunreinigungen bis zu 1·5 Prozent nichts schaden.

Die Abfälle werden in einem eisernen Drahtgitterkorb gepreßt und in einem Trog, der mit 10 Prozent Natronlauge gefüllt ist, als Anode geschaltet. Beim Stromdurchgang setzt sich ziemlich reines Zinn an einer Metallkathode pulverförmig und in kleinen Metallprocken ab. Dieses Kathodenzinn wird eingeschmolzen und in Stangen oder Blöcken gegossen.

Als Beispiel der wichtigen zweiten elektrochemischen Arbeitsgruppe will ich die Aluminiumdarstellung besprechen.

Die Weltproduktion an Aluminium betrug:  
Im Jahre 1889 70 t im Preise von Frs. 30.— pro Kilogramm  
" " 1900 4500 t " " " " 3.— " "  
Im Jahre 1855 kostete 1 kg Aluminium Frs. 1000.—.



An der Produktion beteiligen sich Frankreich, die Schweiz, Deutschland, Österreich, England und die Vereinigten Staaten. Ausgeübt werden die Verfahren von H é r a u l t, M i n e t und H a l l.

Die Art der Herstellung des Aluminiummetalles sei im folgenden skizziert: Ein schmiedeeiserner Kasten, mit Winkeleisen versteift, sitzt derart auf einem Gemäuer, daß sein Boden damit einen Luftschaft bildet. Der Boden im Innern des Kastens wird mit Kohlenplatten belegt. Von oben herein ragen sehr starke Kohlenstäbe, durch welche der Strom zugeführt wird, während der mit den Kohlenplatten belegte eiserne Gefäßboden die Stromabfuhr vermittelt. Zu Beginn des Prozesses werden die Kohlenstäbe bis nahe zum Boden herabgelassen, berühren ihn jedoch nicht, sondern sie stehen auf Kohlenklötzchen auf, welche vorher auf dem Boden aufgestellt werden. Um diese Klötzchen häuft man nun das aus einem Gemisch von Kryolyt (eine natürliche Aluminiumverbindung) und Tonerde (10 Prozent) bestehende wasserfreie Rohmaterial, welches beim Stromdurchgang in Schmelzfluß gerät; in dem Maße, als der Schmelzfluß vorwärtsschreitet, wird Material nachgeschüttet, die Kohlenstäbe werden immer mehr gehoben, die Kohlenklötzchen aus dem Kasten genommen, das Einschmelzen des Materiales fortgeführt, bis schließlich der Kasten in genügender Höhe mit Schmelze gefüllt ist, so daß nun der eigentliche elektrolytische Prozeß beginnen kann. Bei Herstellung der Schmelze wirkt der Strom nur wärmegebend, beim folgenden Scheidungsprozesse erhält der Strom nicht nur die Schmelze in Fluß, sondern zersetzt das Material derart, daß auf dem Gefäßboden sich Aluminiummetall abscheidet. Der Boden des Kastens wird durch den Luftschaft so weit abgekühlt, daß das Aluminium gerade noch flüssig bleibt, anderseits von der in Rotglut (nicht über 1200 °) befindlichen Schmelze nicht angegriffen wird. Von Zeit zu Zeit wird frisches Material eingetragen, indem man vorerst die an der Oberfläche der Schmelze sich bildende Kruste von etwa 2 cm Stärke durchbricht. Die Dauer des Einschmelzens von 100 kg beträgt ca. 5 bis 6 Stunden. Alle zwei Tage schöpft man mit eisernen Löffeln das Metall heraus.

Eine hübsche Zusammenstellung der Aluminiumfabrikate verdanke ich der Aluminiumindustrie-Aktiengesellschaft Neuhausen (Schweiz), die Sie hier in der Sammlung sehen. Die Anwendung des Metalles in der Stahlfabrikation, in der Aluminothermie, zu Gießereizwecken, die Verwendung von Draht für elektrische Leitungen, von Pulver für Anstrich etc., ferner für die Herstellung von Legierungen steigern die Produktion von Jahr zu Jahr. Von den Legierungen sei hauptsächlich der

Aluminiumbronze (mit 10 Prozent Kupfer) und des Magnaliums gedacht.

Nicht nur Aluminium, auch das Magnesium- und Natriummetall werden heute in großen Mengen durch Elektrolyse im Schmelzflusse der geeigneten wasserfreien Verbindungen in speziell konstruierten Apparaten hergestellt, will aber darauf nicht besonders eingehen. Das eine möchte ich aber hervorheben, daß diese Metalle ausschließlich nur mit Hilfe des elektrischen Stromes gewonnen werden.

Was endlich die dritte Gruppe, die elektrothermischen Prozesse, betrifft, so lernen wir hier eine neue Apparatur kennen: den elektrischen Ofen, in welchem der elektrische Strom in Wärme umgesetzt wird, welche allein die chemische Veränderung der Materialien hervorruft, während bei den früher besprochenen Arbeitsgruppen die Elektrizität direkt die chemischen Veränderungen besorgte. Nach dieser Methode werden zahlreiche Produkte hergestellt, unter welchen besonders die drei industriell wichtigen Erzeugnisse, das Kalziumkarbid, das Carborundum und der künstliche Graphit hervorragen.

Läßt man in einem von feuerfesten Ziegeln umschlossenen Raume, der mit einem bestimmten Gemische von gebranntem Kalk und Kohle ausgefüllt ist, zwischen zwei Kohlenstäben einen elektrischen Lichtbogen entstehen, so wird durch dessen hohe Temperatur (ca. 3000°) das ihn umgebende Gemisch zur Reaktion gebracht, es verbindet sich das Kalziummetall des gebrannten Kalkes direkt mit Kohlenstoff der Kohle zu einer Kohlenstoff-Kalziumverbindung, dem sogenannten Kalziumkarbid, während der zweite Bestandteil des gebrannten Kalkes, der Sauerstoff, sich mit einem Kohlenstoffteil zu Kohlenoxydgas vereinigt, welches aus einer Öffnung des Ofens entweicht.

Öfen, welche nach diesem Prinzip konstruiert sind, nennt man Lichtbogenöfen, von welchen man wieder solche mit und ohne Abstich unterscheidet, je nachdem man nach erfolgter Reaktion die Charge im Ofen erkalten läßt, dann entfernt und durch frisches Rohmaterial ersetzt, hierauf den Ofen wieder in Funktion setzt, oder in dem Maße, als sich Kalziumkarbid bildet, dasselbe durch eine Öffnung im unteren Teil des Ofens, das Abstichloch, austreten läßt und von Zeit zu Zeit durch einen Fülltrichter frisches Material in den Ofen einbringt. Bei diesen letzteren, kontinuierlich arbeitenden Lichtbogenöfen verstopft sich jedoch sehr leicht die Abstichöffnung infolge des schnellen Erstarrens des geschmolzenen Kalziumkarbides, sobald dasselbe aus dem Bereiche des elektrischen Lichtbogens kommt. Es werden daher heute die diskontinuierlich

arbeitenden Öfen für die Kalziumkarbiderzeugung bevorzugt.

Ein anderes Prinzip besteht darin, daß man in dem Ofen lange, dünne Kohlenstäbe anbringt, die mit dem Kalkkohlegemisch umgeben werden; je nach dem Querschnitt der Stäbe und der Stärke des durch sie hindurchgeschickten Stromes werden sie mehr oder weniger glühend, wodurch man die Erzeugung beliebiger Hitzegrade in der Hand hat.

Derartige Öfen werden Widerstandsöfen genannt.

Die Verwendung des Kalziumkarbides zur Erzeugung von Azetylgas, welches namentlich für Beleuchtungszwecke dient, ist bekannt; 1 kg Karbid mit Wasser übergossen, sollte nach der chemischen Gleichung 340 l Azetylgas entwickeln, die besten Karbidsorten der Technik liefern jedoch durchschnittlich bloß 280—300 l.

Ich wende mich nun zur Erzeugung des Siliziumkarbides oder Carborundums, welches ein vorzügliches Material für Schleifzwecke, Scheiben, Messer, Papier abgibt. Die Uhrmacher haben gefunden, daß Carborundum an Stelle der Diamanten gut sich eigne. In einem elektrischen Widerstandsofen, wo die Kohlenstäbe durch einen Koks kern ersetzt sind, wird ein Gemisch von Sand und Kohle in hohe Glut gebracht, wobei ein Bestandteil des Kiesels, das Silizium, sich mit einem Teil Kohlenstoff zu Carborundum verbindet; ein Zusatz von Kochsalz befördert diesen Prozeß, während die Beimengung von Sägespäнемehl die Charge für den Gasabzug vorteilhaft poröser macht, indem der Sauerstoff des Kiesels sich mit einem Kohlenstoffteil zu Kohlenoxydgas vereinigt, welches aus der reagierenden Masse zu entweichen trachtet.

Das Carborundum wurde von Acheson im Jahre 1891 zufällig entdeckt, als er auf dem eben gezeichneten Wege künstliche Diamanten zu bekommen erhoffte. Heute produziert die Carborundum Co. am Niagara jährlich 1000 t von diesem Produkte; auch in Österreich haben wir ein solches Werk in Benatek, der Länderbank gehörig, von welcher Firma Proben vorliegen.

Acheson hat übrigens die Herstellung noch eines für die ganze elektrochemische Industrie wichtigen Produktes entdeckt, den künstlichen Graphit.

Er fand nämlich, daß bei der Carborundumerzeugung in dem Koks kern des Widerstandsofens sich jedesmal auch schwarze Kristalle bilden, deren Entstehung er sich nicht gleich erklären konnte, schließlich aber so deutete, daß zu Beginn des Prozesses die Verunreinigungen der Kohle Karbide bilden, welche dann bei höherer Temperatur sich leicht zersetzen unter Abscheidung des Kohlenstoffes als Graphit in Kristallform. Er stellt nun künstlichen Graphit in der Weise her, daß er Koks mit einer gewissen Menge

Eisenoxyd gemischt als Widerstand im elektrischen Ofen erhitzt, wobei Eisenkarbid sich bildet, das bei gesteigerter Temperatur zerfällt, so daß dadurch die Graphitbildung in der ganzen Charge eintritt; bei Verwendung gewöhnlicher Kohle wirken übrigens deren Verunreinigungen bei Behandlung im elektrischen Ofen allein schon graphitisierend, ohne den Kunstgriff des Eisenzusatzes gebrauchen zu müssen.

Solche Graphitproben, Block, Rohr, Platten, Stäbe, Kristalle und Pulver, liegen zur Besichtigung vor.

Nachdem bei vielen elektrochemischen Prozessen für die Stromzufuhr sich Anoden aus Kohle am besten eignen und die bisher auf anderem Wege fabrizierte Kunstkohle sich oft nicht widerstandsfähig genug erwies, so liegt in der Acheson-Graphitkohle ein äußerst wertvolles Anodenmaterial vor, welches bei speziellen vergleichenden Proben sich weit besser bewährte und schon in vielen Betrieben sich eingebürgert hat.

Noch von einem neuen Produkte aus allerjüngster Zeit kann ich berichten, dem Siloxikon, einer Verbindung von Silizium, Kohlenstoff und Sauerstoff, eine Art sauerstoffhaltiges Carborundum; es bildet sich im elektrischen Ofen aus Kiesel und Kohle, welche Stoffe in einem derartigen Mischverhältnisse genommen werden, daß bei weitem weniger Kohlenstoff wie bei der Carborundumerzeugung zur Anwendung gelangt. Das Siloxikon ist unlöslich in Eisen, wird von sauren und basischen Schlacken nicht angegriffen, ist feuerbeständig, so daß es sich als vorzügliches Material für Muffeln, Konverterausfütterung etc. erweisen dürfte.

Sie finden dieses Produkt in der Sammlung. Es wird noch nicht in großen Mengen erzeugt und ist noch abzuwarten, wann es auf dem Markte erscheint, inwiefern die angegebenen Eigenschaften zutreffen und demgemäß erst die Verwendungsmöglichkeiten konstatiert werden können.

Die Kontinentale Gesellschaft für angewandte Elektrizität in Landeck (Tirol) stellt im elektrischen Ofen Silizium als solches aus einem Gemische von Quarz, Kohle und saurem Wasserglas her, ferner eine Silizium-Kupferlegierung, die für Gießereizwecke von Wert ist; namentlich als Ersatz von Phosphorkupfer. Aus Sand, Kohle und Eisenabfällen erschmilzt die Bosnische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Ferrosilizium, einen für die Eisenhüttentechnik wichtigen Stoff, dieselbe Gesellschaft erzeugt auch Kalziumkarbid.

Die Zeit läßt es nicht zu, mehr als flüchtig die Herstellungsweisen all dieser Produkte zu behandeln, und muß mich damit bescheiden, oft nur den Namen der Fabrikate zu nennen, um Ihnen wenigstens halbwegs den Umfang elektrochemischer Tätigkeit vor Augen zu führen. So begnüge ich mich mit dem Schlagworte: Eisen, dessen Erzeugung im elektrischen Ofen der Gegenstand emsiger

Versuche jetzt geworden ist, Versuche, die in Italien, Frankreich und Schweden schon zu bedeutenden Resultaten geführt haben, hauptsächlich was die Stahlfabrikation anbelangt. In Penn Yan N. Y. in Amerika ist man auch an die Aufgabe herangetreten, Schwefelkohlenstoff auf elektrochemischem Wege darzustellen und werden in einem einzigen Betrieb täglich 3175 kg mit 200 PS Wechselstrom erzeugt.

Zum Schlusse möchte ich aber doch noch einen selbständig herangewachsenen Industriezweig eingehender beleuchten: die Alkali- und Chlorindustrie.

Es handelt sich um die Herstellung von Ätznatron, Ätzkali und Chlor, hieran schließt sich die Darstellung von chlorsaurem Kalium und der Bleichlauge.

Bringt man in ein Gefäß eine Kochsalzlösung, führt den elektrischen Strom durch eine Kohlen- oder Platinplatte zu, leitet den Strom anderseits durch eine Platin- oder Eisenplatte aus der Lösung ab, so wird das Kochsalz in seine zwei Bestandteile, Chlor und Natrium, zerlegt; das Chlor wandert nach elektrochemischem Gesetze zur Stromzuführungsplatte, scheidet sich hier ab und entweicht als Gas, das aufgefangen zu Chlorkalk weiter verarbeitet werden kann. Das Natrium schlägt den entgegengesetzten Weg ein und sollte sich an der Stromableitungsplatte ausscheiden; wir hätten so metallisches Natrium gewonnen.

Allein es ist bekannt, daß Natrium in wässriger Lösung nicht beständig ist, es zersetzt sofort das Wasser und bildet mit demselben Ätznatron, das sich im Wasser auflöst. Wir hätten also mit Leichtigkeit aus dem Kochsalz die wertvolleren Stoffe: das Chlor und Ätznatron hergestellt. Leider vollzieht sich der Vorgang nicht so einfach. Bevor das Chlor sich abscheidet, hat es das weit innigere Bestreben, sich wieder mit dem Natrium zu vereinigen, zu Kochsalz, dem Ausgangsmaterial. Der Strom leistet also zum Teil eine Danaidenarbeit. Außerdem vereinigt sich ein Teil des Chlors mit entstandener Natronlauge zu einem neuen chemischen Körper, dem sogenannten Natriumhipochlorit, dem wirksamen Bestandteil der Bleichlaugen, und zwar dann vornehmlich, wenn die elektrolysierte Lösung niedere Temperatur besitzt; hingegen in dem Falle die Lösung eine höhere Temperatur hat, vereinigt sich das Chlor mit der Ätznatronlösung zu chlorsaurem Natrium. Hierbei spielen auch die Stromverhältnisse (starker oder schwacher Strom) und Konzentration der Lösung eine bedeutende Rolle. Auf diese Art würde uns also der Apparat liefern: Chlorgas, Ätznatron, Bleichlauge und chlorsaures Natrium. Die Anwendung eines einfachen Kunstgriffes läßt diese Komplikation vermeiden: die

Einsetzung einer Scheidewand in den Apparat, welche die Seite, auf der das Chlor sich entwickelt, ganz abtrennt von dem Ätznatronbildungsraum. Freilich muß diese Scheidungswand (Diaphragma) so beschaffen sein, daß sie für den elektrischen Strom durchlässig ist. Solche Scheidewände sind genug erfunden und patentiert worden; es kommt dabei darauf an, Stoffe zu finden, die widerstandsfähig gegen die Einwirkung des alles zerstörenden Chlors und nicht minder angreifenden Ätznatrons sind. Es würde zu weit führen, auf die praktisch wichtigen Fragen tiefer einzugehen, sondern begnüge mich mitzuteilen, daß heute nach dem angedeuteten Prinzipie tatsächlich viele Betriebe mit Erfolg arbeiten.

Einen anderen Weg schlägt das sogenannte Quecksilberverfahren ein. Stellen Sie sich vor, in einem Troge befindet sich auf dem Boden desselben Quecksilber, darüber die Kochsalzlösung, in welcher horizontal eine Platinplatte angebracht ist, ohne das Quecksilber zu berühren. Leitet man den Strom von der Platinelektrode durch die Kochsalzlösung zum Quecksilber, so wird sich wieder Chlor am Platin, Natrium am Quecksilber abscheiden. Das Chlor entweicht und kann aufgefangen werden, das Natrium legiert sich mit dem Quecksilber zu Natriumamalgam; in diesem Zustande löst sich das Natrium in Berührung mit der wässerigen Kochsalzlösung weit schwerer auf; die Scheidung des Natriums von dem Chlor und der Kochsalzlösung gelingt aber ganz, wenn man den Apparat wieder mit einer Scheidewand, die den Strom nicht durchläßt, derart versieht, daß sie bis nahe zum Boden reicht, eine Spaltöffnung frei lassend. Das Gefäß ist so in zwei Räume geteilt, die nur durch die Spaltöffnung miteinander in Verbindung stehen. Es wird nun so viel Quecksilber auf den Boden gebracht, daß es sich in beiden Räumen ausbreitet und dabei die Spaltöffnung gerade verschließt. Über das Quecksilber in den einen Raum wird die Kochsalzlösung mit der Platinelektrode gegeben, in den anderen Raum bloß Wasser (besser schon etwas sehr verdünnte Ätznatronlauge) und eine das Quecksilber nicht berührende Eisenplatte. Der Strom, dem Platin zugeführt, scheidet aus der Kochsalzlösung einerseits wieder Chlorgas ab und das Natrium am Quecksilber; der Strom wird vom letzteren in den zweiten Raum geleitet, geht hier durch die verdünnte Ätznatronlösung und verläßt denselben durch die Eisenplatte. Bringt man nun noch an dem Apparate je eine Öffnung an den Seitenwänden nahe dem Boden derart an, daß Quecksilber von außen zufließt, über den Boden von einem Raume in den andern sich langsam bewegt und dann den Apparat wieder verläßt, so wird das in dem ersten Raume auf dem Quecksilber sich abscheidende Natrium in den zweiten Raum befördert, wo es sich wieder löst. Der hier

vom Quecksilber zur Eisenplatte gehende elektrische Strom beschleunigt die Zersetzung des Natriumamalgams.

Der Prozeß muß so geleitet werden, daß im zweiten Raume immer so viel Natrium gelöst wird, als im ersten Raume abgeschieden wird. Es läßt sich aber nicht vermeiden, daß schon im ersten Raume vom abgeschiedenen Natrium sich etwas wieder löst, so daß z. B. von den von 100 Stromteilen abgeschiedenen 100 Natriumteilen zehn Natriumteile sich wieder lösen und nur 90 Natriumteile in den zweiten Raum geschoben werden. Die 100 Stromteile werden jedoch in den zweiten Raum transportiert und sollen während des Überganges durch die Lösung zur Eisenplatte 100 Natriumteile wieder zur Lösung bringen. Faktisch gelangten aber nur 90 Natriumteile gleichzeitig mit den 100 Stromteilen in den zweiten Raum; es müssen deswegen die überschüssigen 10 Stromteile eine andere Arbeit, als Natrium zu lösen, leisten, sie sind gezwungen, Wasser zu zersetzen. Dadurch scheidet sich ein Bestandteil des Wassers auf dem Quecksilber ab, welches an der Oberfläche sich derart verändert, daß es die Form kleiner grauer Kügelchen annimmt, die sich mit der gesamten Quecksilbermasse nicht mehr vereinigen lassen. Dies bedeutet einen großen Quecksilberverlust, der bei dem hohen Preise des Quecksilbers die Betriebskosten zu stark erhöht, das Verfahren unrentabel macht.

Über diese Schwierigkeiten konnte der Erfinder dieses Verfahrens, *Castner*, nicht hinwegkommen, und ist es ein Verdienst *Dr. Kellners*, mit seiner genialen Erfindung, des sogenannten Kurzschlusses, diesen wesentlichen Übelstand behoben zu haben.

*Kellner* verbindet nämlich das Quecksilber im zweiten Raume mit der Eisenplatte durch einen Metallstab, der so dimensioniert ist, daß er gerade nur die 10 überschüssigen Stromteile hindurchläßt, während die 90 Stromteile gerade die 90 Natriumteile zur Lösung bringen und dabei ihren Weg durch die Flüssigkeit zur Eisenplatte nehmen. Auf diese Weise wird das Quecksilber nicht verändert.

Außer den Diaphragmen- und Quecksilberverfahren gibt es noch mehrere, von denen ich nur das von *Acker* in Amerika und das Glockenverfahren des *Österreichischen Vereines für chemische und metallurgische Produktion in Aussig* hervorhebe. *Acker* ersetzt das Quecksilber durch geschmolzenes Blei, auf welchem das Natrium aus geschmolzenem Kochsalz durch den Strom abgeschieden wird; die Blei-Natriumlegierung wird in einem separaten Raum geführt und dort mit einem Dampfstrahl behandelt, wobei das Natrium im Wasser zu Ätzlauge sich löst, während das flüssige Blei wieder zurückfließt, um neuerdings Natrium aufzunehmen.

Das Kellnersche, sowie das Glockenverfahren (welches ich wegen vorgerückter Zeit nicht mehr beschreiben kann) werden in Österreich ausgeführt, das erste in Jajce (Bosnien), das andere in Aussig (Böhmen). Sowohl von Aussig, wie von Jajce ist eine Anzahl von Proben ausgestellt.

Ich eile zum Schlusse. Der erstaunliche Umfang und die große Bedeutung der elektrochemischen Technik tritt uns schon bei dem kurzen Überblick klar und eindringlich entgegen.

Die Galvanotechnik, Metallraffination, Gewinnung der Metalle aus Steinen und Erzen, die Entzinnung von Weißblechabfällen, die elektrochemische Bleiche, die Alkali- und Chlorindustrie, Karbiderzeugung, die Herstellung von Silizium und dessen Legierungen mit Eisen und Chrom, die neue Industrie des Carborundums und künstlichen Graphits, die Gewinnung von Mineralfarben, wie Bleiweiß und Zinkweiß, von Zyanverbindungen für Düngungszwecke, die Akkumulatorentechnik, die Verwendung des elektrischen Stromes bei der Glasfabrikation, in Zuckerfabriken (Saftreinigung), zur Wassersterilisierung, die fabrikmäßige Erzeugung von Sauerstoff- und Wasserstoffgas, das sind die Gebiete, auf welchen heute ganz oder teilweise mit Erfolg elektrochemisch fabrikmäßig gearbeitet wird.

Angesichts solcher Errungenschaften können wir uns nicht dagegen verschließen, daß der mächtige Aufschwung nur durch die tüchtige Schulung jener Kräfte möglich war, welche mit eisernem Fleiß und genialer Betätigung an dem Aufbaue der neuen Industrie mithalfen.

Während Deutschland fast an jeder Hochschule in Verbindung mit großartig eingerichteten Laboratorien die theoretische und praktische Elektrochemie betreibt, besitzt Österreich heute leider noch keine solchen Pflegestätten, wo in besteingerichteten Instituten der Techniker mit dem Spezialgebiete der elektrochemischen Industrie theoretisch und praktisch vertraut gemacht wird.

In dieser Hinsicht ist er auf die Schulen des Auslandes angewiesen.

Darauf aufmerksam zu machen und immer wieder auf diese Lücke im technischen Unterricht hinzuweisen, ist wohl sehr notwendig, denn durch seine Ausgestaltung in der angegebenen Richtung würde durch die Heranbildung tüchtiger Spezialkräfte auch auf dem Gebiete der technischen Elektrochemie eine weitere, neue Grundlage für die Fortentwicklung und stetige Hebung unserer Industrie geschaffen.

Ich werde mir nun erlauben, in 17 Lichtbildern die Einrichtung der inneren Räumlichkeiten, sowie die Außenansicht der Alkali- und Chlorfabrik der Castner-Kellner-Alkali-Company Ltd. in Weston-Point bei Runcorn vorzuführen.