

betrieb ausarbeiten will. Die bisher so schnelle Entwicklung der elektrochemischen Industrie läßt auch auf organischem Gebiete für die Zukunft noch vieles erhoffen.

Sechster Abschnitt.

Reaktionen im elektrischen Ofen.

Während bei den bisher beschriebenen Anwendungen der Elektrochemie die Wirkung des Stromes in der Zerlegung von Elektrolyten bestand und die nebenhergehende Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme für den Vorgang nur insofern eine Rolle spielte, als sie den Elektrolyten auf der erforderlichen Temperatur erhielt, z. B. bei der Aluminiumdarstellung, oder gar schädlich war und deshalb durch Kühlung möglichst beseitigt werden mußte, wollen wir nun einige wichtige chemische Umwandlungen besprechen, bei denen die Elektrizität nur als Heizung dient, um die für die betreffenden Umsetzungen erforderliche Temperatur zu erreichen.

Während wir zu den elektrolytischen Prozessen nur gleichgerichteten Strom verwenden, wird zur elektrischen Erhitzung ebensogut oder noch besser Wechselstrom benutzt.

Zur Erhitzung bedient man sich sowohl des Lichtbogens als der Widerstandserhitzung.

Kalziumkarbid.

An erster Stelle ist unter den Erzeugnissen des elektrischen Ofens das Kalziumkarbid CaC_2 zu nennen, das bei einer Temperatur, die über Weißglut liegt, aus Kalk und Kohle entsteht, während Kohlenoxydgas entweicht, nach der Gleichung:



Bei etwa 2000° schmilzt das Karbid; bei zu hoher Temperatur zerfällt es sich.

Fig. 26 zeigt einen zur Karbidgewinnung dienenden Ofen. Sein Schmelzherd besteht aus einem eisernen, mit Kohle ausgekleideten Wagen, der mit dem einen Pol der Stromzuleitung verbunden ist. An einem Flaschenzuge hängt in den Ofen ein Kohleblock E^1) hinab, der mit dem anderen Pole durch biegsame Kabel verbunden ist. Der Ofen wird mit einer körnigen Mischung von etwa 70 Gewichtsteilen Kohle auf 100 Teile Kalk beschickt.

1) Solche Kohlenelektroden wiegen 300 kg und mehr. Neuerdings werden sie auch von Gebr. Siemens in Lichtenberg bei Berlin hergestellt.

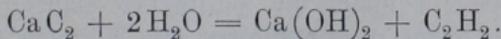
Zu Beginn senkt man die obere Kohle, bis sie die untere Kohlenplatte *C* berührt, hebt sie ein wenig, so daß sich ein Lichtbogen bildet und füllt nun durch die Kanäle *a a* eine gewisse Menge der Mischung ein; in der Hitze des Lichtbogens entsteht geschmolzenes Karbid, das die Sohle des Herdes als gutleitende Schicht bedeckt, während das Kohlenoxyd entweicht. In dem Maße als die Karbidbildung fortschreitet, wird frische Mischung zugegeben und die obere Elektrode gehoben, bis der Herd gefüllt ist. Dann läßt man abkühlen, fährt den Wagen heraus und entleert ihn.

Andere Karbidöfen sind für Dauerbetrieb eingerichtet, indem man das geschmolzene Karbid abzapft. Solche Öfen sind z. B. in Meran (Südtirol) in Betrieb; der zugeführte Strom (Dreiphasenstrom) hat 2500 Ampère bei 33 Volt. Da das Karbid leicht erstarrt, so verstopfen sich allmählich die Zapflöcher, und nach 10–12 Tagen muß der Schmelzherd herausgezogen werden.

Die Ausbeute beträgt etwa 1 kg Karbid auf 4–5 Kilowattstunden.

Das erhaltene Karbid ist eine graue Masse mit metallischem Glanz und kristallinischem Bruch. Es wird in zugelöteten Blechbüchsen verpackt.

Das Kalziumkarbid zerfällt sich mit Wasser zu Kalziumhydroxyd $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (gelöschtem Kalk) und Azetylen C_2H_2 :



Nach der Theorie sollte 1 kg Kalziumkarbid etwa 350 Liter Azetylen liefern; das technische Produkt ergibt im Durchschnitt nur 280–290 Liter.

Leitet man über feingepulvertes Karbid bei Rotglut Stickstoff, so verbindet er sich mit dem Karbid zu Kalziumcyanamid, das unter dem Namen „Kalkstickstoff“ als Düngemittel dient.

Um das Karbid wohlfeil herstellen zu können, muß in erster Linie die Kraft billig sein. Die Fabrikation ist daher an Orte

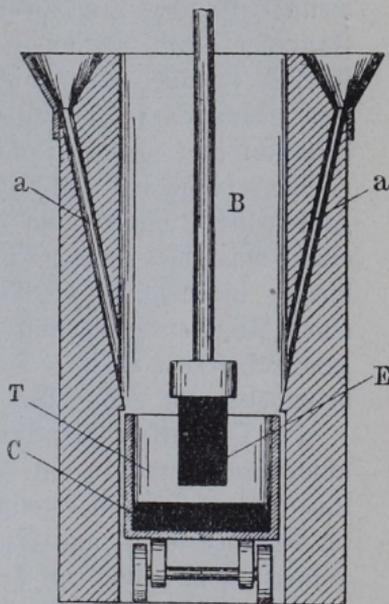


Fig. 26.

gebunden, wo eine große Wasserkraft zur Verfügung steht, z. B. am Niagarafall. Die Gesamterzeugung von Karbid betrug 1905 etwa 100 000 t, nach Deutschland wurden etwa 20 000 t im Werte von 5 Millionen Mark eingeführt.

Die Azetylenbeleuchtung hat sich für kleinere Beleuchtungsanlagen als praktisch erwiesen, z. B. für einsam gelegene Gasthäuser und dgl., wenn elektrisches Licht zu teuer ist. Auch die Azetylenlaternen für Fahrräder sind vielfach in Gebrauch. Der größte Abnehmer für Karbid ist aber wohl die preußische Eisenbahnverwaltung, die dem Leuchtgas für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen Azetylen beimischt und so die Leuchtkraft des Gases wesentlich erhöht.

Neuerdings hat das Azetylen eine wichtige Anwendung bei der „autogenen“ Schweißung gefunden. Bei diesem Verfahren vereinigt man zwei einander berührende Metallstücke, besonders Eisenbleche; indem man die Berührungsstelle durch die Sticht Flamme eines Azetylen-Sauerstoff-Gebläses oder eines Knallgasgebläses zum Schmelzen erhitzt. Die heißere Azetylen-Sauerstoffflamme wird besonders zum Schweißen dickerer Bleche benutzt.

Um Oxidation des Metalles zu verhindern, welche die Verschweißung vereiteln würde, erhält das Gasgemisch einen erheblichen Überschuß an Azetylen, bzw. Wasserstoff; man mischt (erst im Brenner selbst, um Explosionen zu vermeiden) einen Raumteil Sauerstoff mit etwa 0,8 Teilen Azetylen oder 4 Teilen Wasserstoff.

Für größere Betriebe ist es billiger, den Sauerstoff und den Wasserstoff, anstatt ihn in Stahlflaschen zu beziehen, selber elektrolytisch darzustellen. Man benötigt dazu einen Elektrolyseur (siehe S. 34), zwei Gasometer, zwei Kompressionspumpen und den Motor, der die Pumpen betreibt. Durch die Elektrolyse werden auf einen Raumteil Sauerstoff nur zwei Teile Wasserstoff erhalten; da aber zur Schweißung vier Teile Wasserstoff mit einem Teile Sauerstoff gemischt werden, so bleibt die Hälfte des Sauerstoffs zur Verfügung und wird am zweckmäßigsten mit Azetylen zusammen zur Schweißung verwertet.

Mit diesen Gebläsen werden Stahlbleche bis zu 8 mm Dicke geschweißt. Bei 5 mm Blechstärke werden 5 Meter Naht in der Stunde geschweißt und dabei 370 Liter Azetylen mit 460 Litern Sauerstoff verbraucht; mit dem Knallgasgebläse werden in der Stunde nur 3 Meter geschweißt und dazu 2400 Liter Wasserstoff nebst 540 Litern Sauerstoff benötigt.

Die Kosten des Gases betragen unter günstigen Verhältnissen etwa

24 Pf. für den Meter Naht des 5 mm dicken Bleches. Die Schweißstelle bleibt schmal und vollkommen weich zu weiterer Bearbeitung.

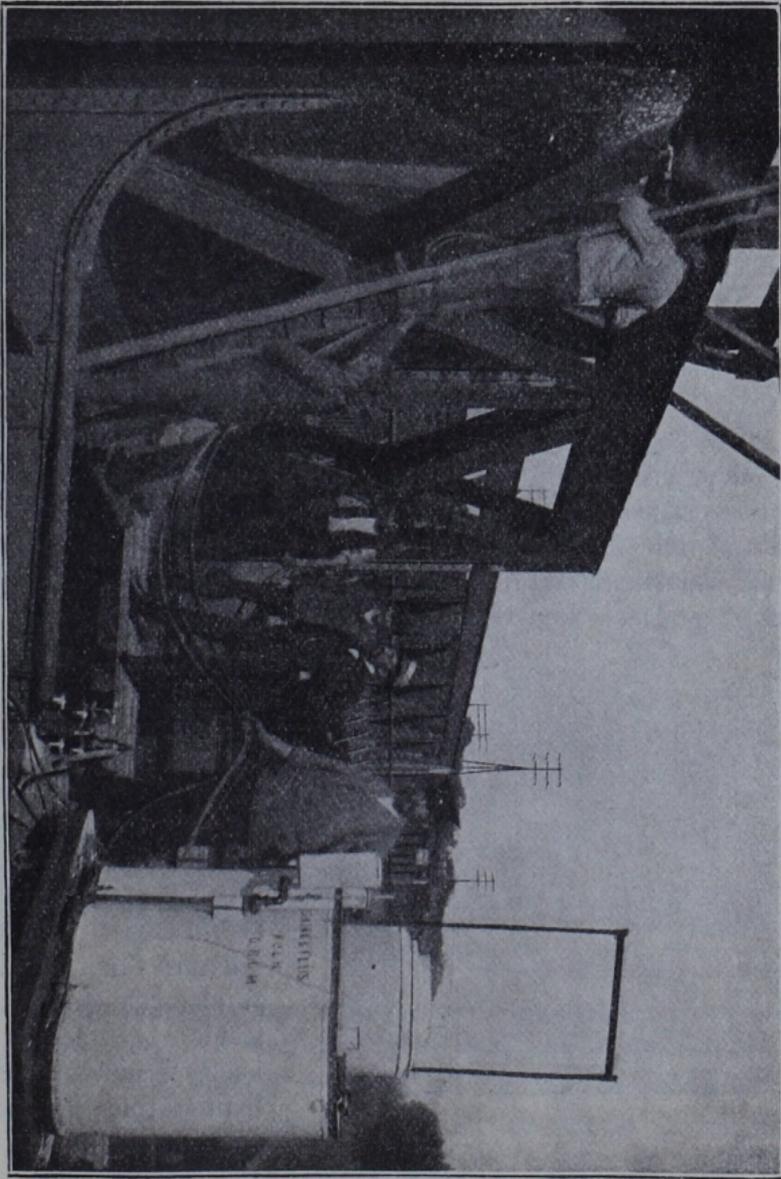


Bild. 27.

Nicht nur zur Verschweißung, sondern auch zum Zerschneiden von Blechen dient das Acetylen-Sauerstoff-Gebläse. Kürzlich hat man auf diese Weise das Gitterwerk der alten Elbebrücke bei

Sägemehl beigemischt, das die Masse porös macht; auch ein Zusatz von Salz ist wichtig, der die Karborundumbildung in bisher noch nicht aufgeklärter Weise begünstigt.

Nach etwa 36 Stunden ist der Prozeß beendet; man reißt nun die aus Backsteinen ohne Bindemittel aufgebauten Seitenwände des Ofens ein, entfernt die zunächst liegende unveränderte Mischung, läßt einige Stunden erkalten und holt nun das Karborundum heraus, das aus kleinen zusammengebackenen Kristallen besteht. Es gelangt in den Mahlraum und wird dort unter schweren Walzen zerkleinert. Dann wird es zur Reinigung in konzentrierte Schwefelsäure gelegt, mit Wasser abgespült und nach dem Trocknen durch Siebe sortiert.

Die Ofen der an den Niagarafällen von der Carborundum Company errichteten Anlage werden mit 750 KW gespeist. Jeder Ofen erzeugt in 36 Stunden über 3000 kg kristallisiertes Siliziumkarbid; der Kraftaufwand beträgt für 1 kg 8,5 KW-Stunden.

In den Vereinigten Staaten wurden schon im Jahre 1902 1700 t Karborundum dargestellt. Um aus ihm Schleifsteine und Schmirgelscheiben herzustellen, wird es mit Kaolin und Feldspat als Bindemittel gemischt, unter hohem Druck in Formen gepreßt und im Porzellanofen gebrannt.

Wegen seiner Unschmelzbarkeit wird das Karborundum ferner als feuerfestes Material zur Auskleidung von Ofen verwandt.

Acheson-Graphit.

Bei der Herstellung von Karborundum wird der Kohlekern des Ofens in Graphit umgewandelt. Da dieser künstliche Graphit sich leicht bearbeiten läßt, gut leitet und gegen chemische Einflüsse sehr widerstandsfähig ist, so eignet er sich vorzüglich zu Elektroden bei der Alkalichloridelektrolyse usw. Man stellt diesen, nach seinem Erfinder Acheson-Graphit genannten künstlichen Graphit als Hauptprodukt in besondern Ofen dar, die den Karborundumöfen ähnlich sind und als Kern die zu graphitierenden Platten oder Stäbe enthalten.

Diese Gegenstände werden aus einem Gemisch von feingepulvertem Anthrazit oder Petroleumkoks mit Bsch unter Zusatz von 3% Eisenoxyd gepreßt und bei mäßiger Temperatur vorgebrannt. Dann werden sie lagenweise in den elektrischen Ofen gepackt und etwa 750 Kilowatt hindurchgeschickt.

Die Wirkung des Eisenoxyds scheint darin zu bestehen, daß sich Eisenkarbid bildet, das bei der höchsten Glut zerfällt und Graphit liefert, während das Eisen verdampft. Auch die Verunreinigungen der Kohle verflüchtigen sich bei der gewaltigen Hitze, so daß man einen sehr reinen Graphit erhält.

Im Jahre 1902 wurden am Niagara-fall über 1000 t Acheson-Graphit hergestellt. Seitdem das Patent von Acheson abgelaufen ist, hat man auch in Deutschland die Fabrikation aufgenommen.

Phosphorgewinnung.

Früher wurde Phosphor hergestellt, indem man phosphorsauren Kalk (Knochenasche oder mineralische Phosphate) mit Schwefelsäure aufschloß und in Tonretorten durch Glühen mit Kohlenpulver reduzierte; der Phosphor verflüchtigt sich und wird wegen seiner Entzündlichkeit unter Wasser aufgefangen, wo er sich zu wachsgelbem Phosphor verdichtet. Bessere Ausbeuten erhielt man, wenn man statt Schwefelsäure Kieselsäure (Sand) benutzte; indessen litten bei der dann nötigen, sehr hohen Temperatur die Retorten sehr. Zuerst wandte Readman 1888 für dieses Verfahren die elektrische Erhitzung an.

Fig. 31 zeigt den Ofen. Er ist aus feuerfesten Steinen *F* aufgebaut; durch eine Öffnung in der gewölbten Decke wird die Beschickung mit Hilfe eines Trichters *H* und einer Transportschnecke *S* zugeführt. Im unteren, verengten Teile des Ofens *A* sind eine Reihe von Kohlenelektroden *EE* eingeführt; unter diesen ragen noch kleinere Elektroden *ee* in den Ofen, welche die Erhitzung einleiten. Die Beschickung wird als Widerstand bis zur Weißglut erhitzt. Phosphor und Kohlenoxyd entweichen durch den Abzugskanal *D*, der entstandene kiesel-saure Kalk sammelt sich als Schmelze am Boden und kann durch eine Abstichöffnung von

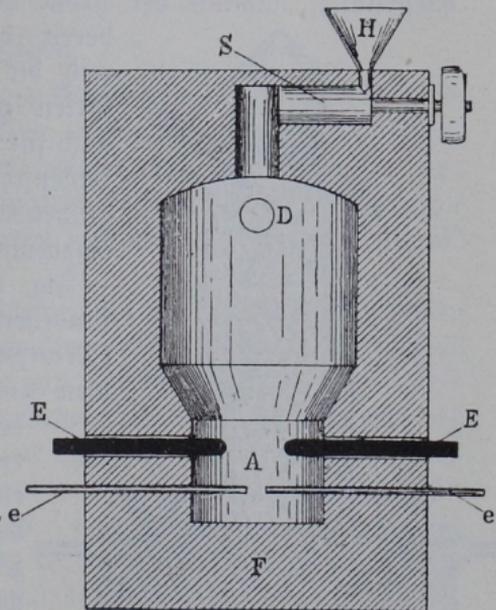


Fig. 31.

Zeit zu Zeit entfernt werden. Der Ofen kann täglich 80 kg Phosphor erzeugen.

Gegenwärtig wird der Phosphor fast ausschließlich im elektrischen Ofen hergestellt. Die größte Anlage liegt in Wednesfield (Oldbury) in England, wo im Jahre 500 t Phosphor hergestellt werden sollen; eine Tochterfabrik wird von der Oldbury-Electro-Chemical-Co. am Niagarafall betrieben, wo 6 Öfen arbeiten, die jeder 50 PS verbrauchen. Andere große Fabriken liegen in Lyon, in Griesheim bei Frankfurt a. M. und in Schweden. Der Hauptabnehmer des Phosphors ist die Bündholzindustrie.

Schwefelkohlenstoff.

Derselbe Übelstand wie bei der früher gebräuchlichen Phosphor-darstellung, nämlich der große Verbrauch an Retorten, ferner deren beschränktes Fassungsvermögen und die Schwierigkeit, zahlreiche Retorten zu überwachen, führten dazu, auch für die Gewinnung von Schwefelkohlenstoff aus Schwefeldampf und glühender Kohle den elektrischen Ofen einzuführen.

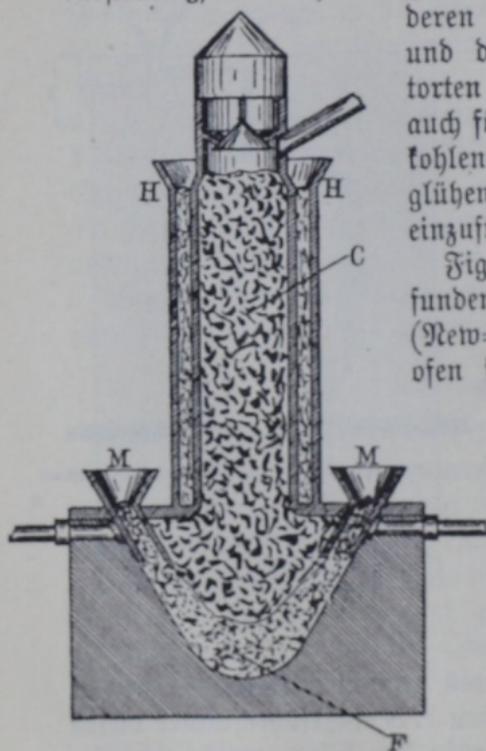


Fig. 32.

Fig. 32 zeigt den von Taylor erfundenen Ofen, der in Penn Yan (New-York) arbeitet. Wie im Phosphorofen sind die Elektroden (hier 4) in den unteren Teil des Ofens waagrecht eingeführt. Um die Kohleelektroden zu schonen, werden sie durch die Fülltrichter *MM* mit zerkleinerter Kohle bedeckt, von welcher der Strom in die Beschickung übergeht.

In der Decke des Ofens wird durch ein gasdicht schließendes Ventil die Kohle eingefüllt. Der Schwefel wird in den Hohlraum *H H*, der den Ofen ring-

förmig umgibt, eingebracht; er schmilzt durch die Ofenhitze, fließt nach unten auf den Boden des Ofens *F*, verwandelt sich in Dampf und steigt in der hohen Kohleschicht *C* aufwärts, wobei er sich

mit der glühenden Kohle zu Schwefelkohlenstoff vereinigt, der abdestilliert. Der Ofen ist 12 m hoch und hat 5 m Durchmesser; er verbraucht 4000 Ampère bei 40 bis 60 Volt. In 24 Stunden liefert er 5000 kg Schwefelkohlenstoff. Der Ofen regelt sich selbst; steigt die Temperatur zu hoch, so fließt mehr geschmolzener Schwefel in den Ofen und steigt bis an die Elektroden, die er zum Teil bedeckt; dann wächst der Widerstand, weil Schwefel nicht leitet; die Stromstärke sinkt und damit auch die Temperatur des Ofens, bis wieder die normalen Verhältnisse eingetreten sind. Ein solcher Ofen ist 17 Monate hintereinander ununterbrochen in Betrieb gewesen.

Der Schwefelkohlenstoff, eine leicht flüchtige Flüssigkeit, wird, weil er Fette und Kautschuk löst, trotz seiner Feuergefährlichkeit in der Industrie vielfach verwandt.

Eisen.

Die zahlreichen Versuche, aus Eisenerzen im elektrischen Ofen metallisches Eisen auszuschmelzen, haben im allgemeinen keinen rechten Erfolg gehabt; dagegen hat sich bei der Erzeugung von Stahl aus Roheisen die Elektrizität bewährt, weil sie eine gute Regelung des Vorganges gestattet und ein sehr reines Erzeugnis liefert.

Die elektrische Erhitzung erscheint aus wirtschaftlichen Gründen in solchen an Erz reichen Gegenden empfehlenswert, wo Kohlen fehlen, aber große Wasserkräfte zur Verfügung stehen. In Oberitalien hat E. Stassano ausgedehnte Versuche gemacht, aus den dortigen vorzüglichen Eisenerzen (gemischt mit Kohle und Kalk) durch den Lichtbogen Roheisen oder sogleich Stahl von bestimmter Zusammensetzung zu erschmelzen. Stassano berechnet, daß die Verarbeitung von 1 Tonne Erz etwa 50 Mk. kostet. Gegenwärtig arbeitet z. B. ein von Stassano erbauter Ofen in den Artilleriewerkstätten zu Turin, der die Eisenabfälle aufarbeitet und in 24 Stunden 2400 kg Stahl liefert, bei einem Aufwande von 1,4 Kilowatt-Stunden für 1 kg Stahl.

Die Schwierigkeit, bei der elektrischen Stahlerzeugung das Eisen an der Aufnahme von Kohlenstoff aus den Elektroden zu hindern, wurde von Héroult in der Weise gehoben, daß er den Stahl durch Widerstandserhitzung schmolz und die Schmelze vor der Berührung mit den Kohlenelektroden schützte, indem er sie nur in eine Schicht von flüssiger Schlacke, die das Eisen bedeckt,

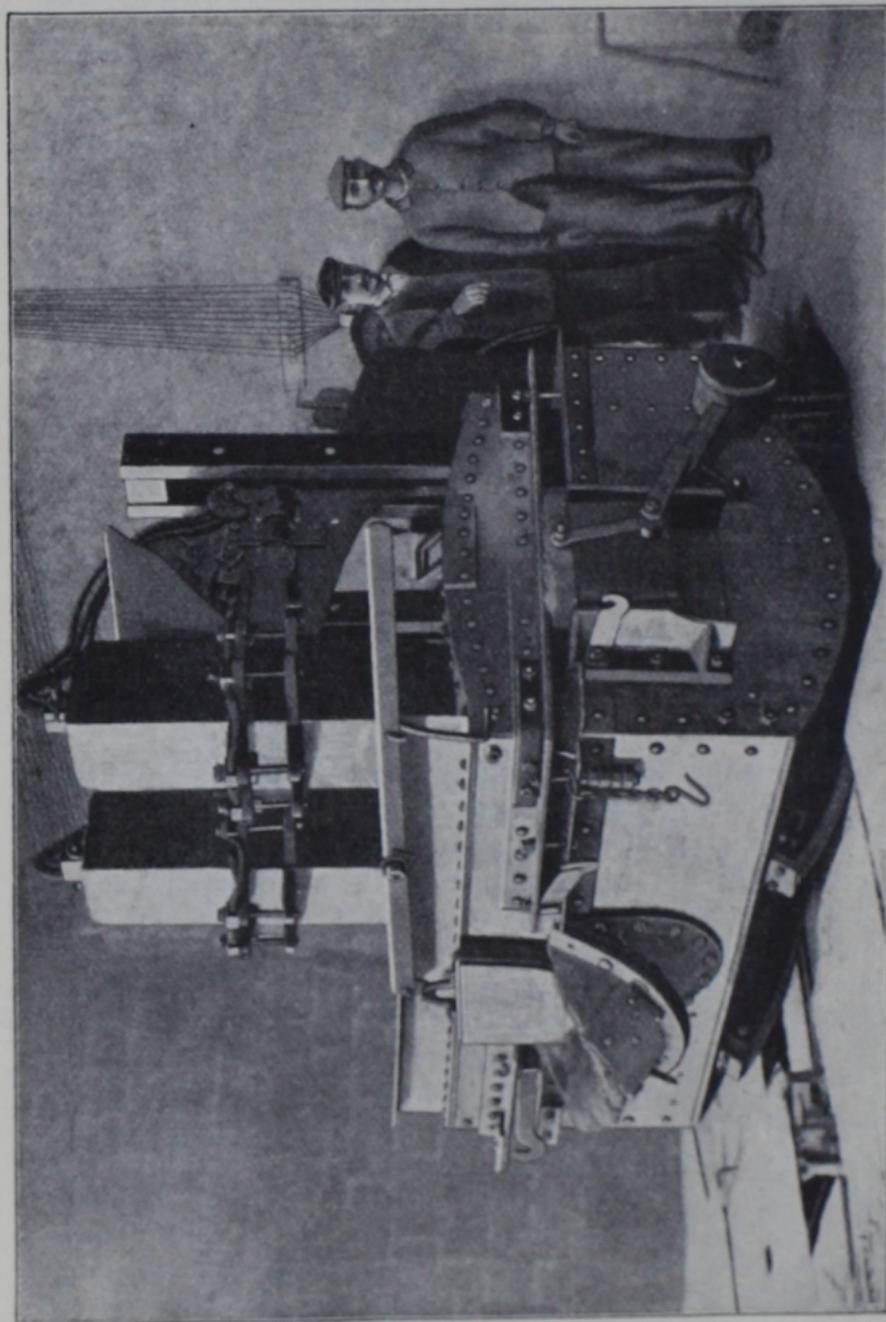


Fig. 55.

eintauchen ließ. Da die Schlacke schlecht leitet, so geht der Strom nur zum kleineren Teil den nächsten Weg durch die Schlackendecke, zum größeren Teil durch das darunter liegende Eisen. Fig. 33 zeigt einen von Héroult nach diesem Grundsatz konstruierten Ofen, eine Art Bessemerbirne. Aus dem wannenförmigen Schmelztiigel schauen durch den Deckel die beiden dicken Elektrodenblöcke hervor.

In einer neueren Anordnung läßt Héroult die Kohlen nicht in die Schlacke eintauchen, sondern erzeugt zwischen ihnen und der Schlacke einen 4—5 cm langen Lichtbogen.

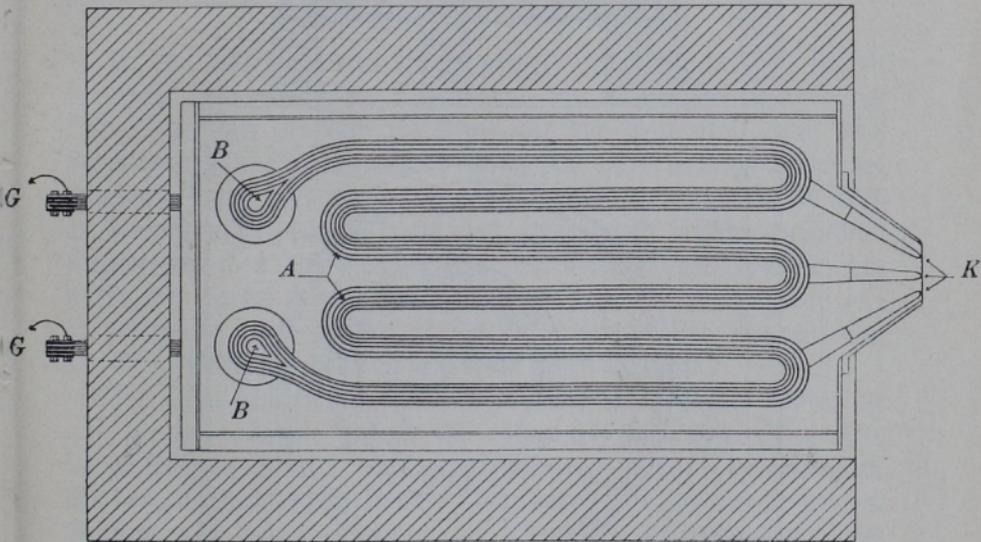


Fig. 34.

Ein vermeidet die Kohlenelektroden ganz, indem er an ihrer Stelle zwei große Stahlblöcke verwendet, die von innen durch Wasser gekühlt werden, so daß sie nicht schmelzen. Der Ofen besteht aus einem hin- und hergewundenen Kanal von großer Länge und geringem Querschnitt, den Fig. 34 in der Aufsicht zeigt; er ist in feuerfestem Mauerwerke ausgespart und endet in die gekühlten Stahlblöcke *B B*. Der ganze Ofen läuft auf Schienen und wird unter ein Gewölbe gefahren, um die Hitze zusammenzuhalten. Durch eine Öffnung in der Gewölbedecke wird flüssiges Roheisen in den Ofen gegossen; es wird durch den elektrischen Strom im Fluß erhalten und nun durch Zusatz von Eisenoxyd

entkohlt. Durch andere passende Zusätze wird der Schwefel und der Phosphor aus dem Eisen entfernt.

In ganz anderer Weise löst Kjellin die Elektrodenfrage, indem er überhaupt keine Elektroden verwendet, sondern das in

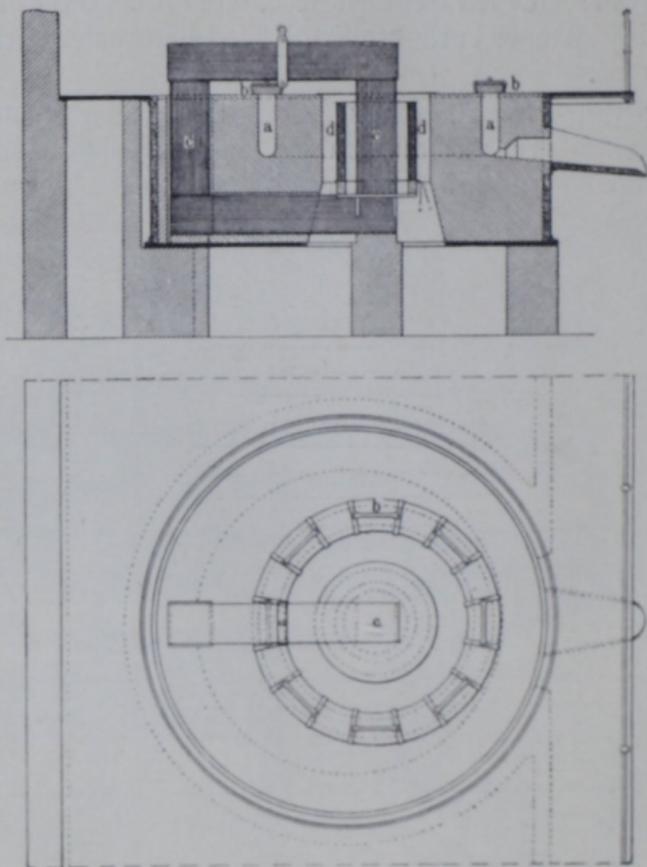


Fig. 35 und 36.

einem ringförmigen Kanal befindliche Eisen durch induzierte Ströme erhitzt. Fig. 35 und 36 zeigen den Ofen im Querschnitt und in der Aufsicht. Eine kreisförmige Rinne *a a* bildet den Schmelzraum, der durch Deckel *b b* verschlossen wird. In diesen Ring greift ein viereckiger, aus dünnen Eisenblechen zusammengesetzter Rahmen wie ein Kettenglied in das andere ein; die aufrechten Seiten dieses Rahmens sind mit Bindungen von Kupferrohr, das von Kühlwasser durchströmt wird, umgeben. Das ganze bildet einen großen Transformator. Wird durch die Rohrwindungen

ein Wechselstrom geschickt, so entsteht in der mit Eisen gefüllten Rinne, welche die Sekundärwindung des Transformators bildet, ein Wechselstrom von sehr niedriger Spannung, aber gewaltiger Stromstärke. Auf diesem Wege kann man einen Stahl von höchster Reinheit erhalten, der hoch bezahlt wird.

Weitere Vorzüge dieses elektrischen Verfahrens gegenüber der bisherigen Raffination in Schmelztiegeln liegen darin, daß viel größere Stahlmengen mit einmal hergestellt werden können, und daß weniger geschulte Arbeiter gebraucht werden; die Kosten sollen nur halb so groß sein wie beim Siemensofen (25 Mk. für die Tonne Stahl gegen 50 Mk.).

Salpetersäure aus der Luft.

In den letzten Jahren ist die altbekannte Tatsache, daß sich in der Hitze des elektrischen Lichtbogens die beiden Bestandteile der Luft, der sonst so träge Stickstoff und der Sauerstoff, zum Teil vereinigen, zur technischen Darstellung von Salpetersäure verwertet worden. Nach dem Verfahren von Birkeland und Eyde wird in Notodden (Norwegen) zwischen zwei durch Wasser gekühlten Kupferelektroden ein riesiger Wechselstromlichtbogen erzeugt, der durch ein starkes magnetisches Feld zu einer flachen Scheibe zerblasen wird; durch diese wird ein Luftstrom geleitet, der mit etwa 1—2% Stickoxyd beladen aus dem Ofen austritt.

Die Ofen besitzen äußerlich die Gestalt einer flachen Dose, die auf die hohe Kante gestellt ist. Fig. 37 zeigt das Ofeninnere im senkrechten Schnitt. *A* ist die Ofenwand, *B* ein Elektromagnet, der den zwischen den Elektroden (von denen hier nur eine in gerader Aufsicht als kleiner Kreis *C* zu sehen ist) übergehenden Lichtbogen zur Scheibe auseinanderbläst. Die durch *I* und *I'* eintretende Luft wird zunächst in einer den Ofen umlaufenden Röhrenleitung vorgewärmt, tritt dann aus *K* und *K'* in die Kammern *F* und *G* und aus diesen durch die Löcherreihen *D* und *E* in den von der Flamme erfüllten Mittelraum, den sie schließlich durch *H* und *L* wieder verläßt. Jeder der Ofen arbeitet mit der gewaltigen Elektrizitätsmenge von 500 Kilowatt (gleich fast 700 Pferdestärken). Je höhere Temperatur die Luft im Ofen annimmt, um so reicher wird sie an Stickoxyd; je langsamer sie sich aber abkühlt, um so mehr Stickoxyd zerfällt wieder in Stickstoff und Sauerstoff. Man muß also die aus dem Lichtbogen austretende Luft möglichst rasch wieder abkühlen; bei 1000° ist die Zerfallsgeschwindigkeit des Stickoxyds schon verhältnismäßig klein.

Die Elektroden, zwischen denen sich der Lichtbogen bildet, sind nur etwa 1 cm von einander entfernt. In der Minute durchströmen 75 Kubikmeter Luft den Ofen.

Die stickoxydhaltige Luft wird in Kühlkammern und Absorptionstürme, die mit Wasser und mit Kalkmilch besetzt werden, ge-

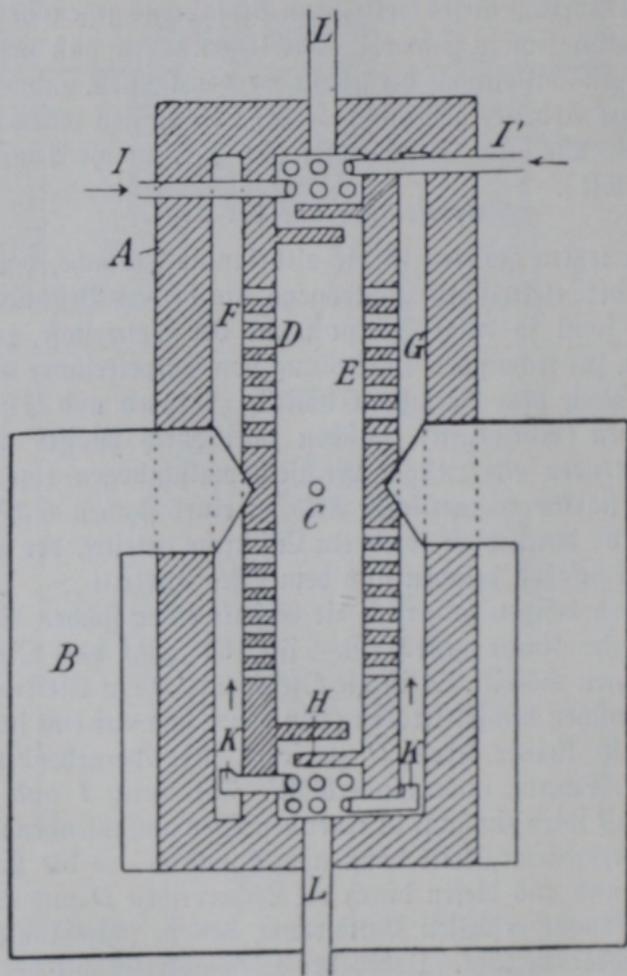


Fig. 37.

leitet. Die Ausbeute soll bis zu 179 Gramm Salpetersäure auf die Kilowattstunde betragen. Das Endprodukt ist salpetersaurer Kalk, der als Düngemittel dient.

Neuerdings ist die Badische Anilin- und Sodafabrik mit einer etwas abweichenden Anordnung hervorgetreten, bei der ein langer

fadenförmiger Lichtbogen in der Achse eines Rohres brennt und die Luft schraubenförmig um den ruhig brennenden Bogen herumgeleitet wird. Nach diesem Verfahren arbeitet seit einem Jahre eine Versuchsfabrik zu Christiansand in Südnorwegen mit drei Öfen, von denen jeder 600 PS verbraucht. Der Lichtbogen ist etwa 5 Meter lang. Diese riesigen Lichtbögen brennen leicht und sicher, trotzdem Wechselstrom von 50 Perioden benutzt wird, also der Strom hundertmal in der Sekunde aussetzt. Durch die aus dem Ofen tretenden, mit Stickoxyden beladenen Gase wird zunächst die neue Luft auf 500° vorgewärmt und dann weitere Hitze an Dampfkessel abgegeben; die abgekühlten Gase treten in die Absorptionskammern. Wesentlich ist für den Erfolg die richtige Bemessung der Rohre und gute Kühlung am oberen Ende des Ofens.

Die „Badische“ hat sich mit den Besitzern des Birkeland-Gyde-Verfahrens zu gemeinsamer Arbeit verbunden. In Norwegen werden zu diesem Zwecke bereits 120 000 PS an Wasserkraft ausgebaut.

Besonders wichtig wird diese aussichtsreiche Gewinnung von Salpeter aus der Luft dann werden, sobald die für unsere Landwirte so wichtigen Lager von Natronsalpeter im nördlichen Chile erschöpft sind.¹⁾ Von der einen Seite berechnete man, daß diese Erschöpfung schon nach 15 Jahren bevorsteht, von der anderen Seite wird dieser verhängnisvolle Zeitpunkt noch in weite Ferne geschoben.

Im ganzen sollen bis jetzt etwa 50 Millionen Mark in diesem neuen Industriezweige festgelegt sein.

Siebenter Abschnitt.

Chemische Wirkungen der stillen elektrischen Entladung.

Stickoxydbildung durch Elektronenstoß.

In neuester Zeit ist man zweifelhaft geworden, ob die Stickoxydbildung im Lichtbogen lediglich der hohen Temperatur zu verdanken ist, oder ob sie auch auf einer direkten Umwandlung von elektrischer in chemische Energie beruht. Man kann sich denken, daß die Moleküle der chemischen Stoffe durch den heftigen

1) Die deutsche Landwirtschaft verbraucht jährlich fast 500 Millionen Kilogramm Salpeter; Chile liefert jetzt 1800 Millionen Kilogramm jährlich.