

Zeitschrift für angewandte Chemie.

1892. Heft 16.

Über Verdampfeinrichtungen der chemischen Grossindustrie.¹⁾

Von

J. Dannien in Magdeburg.

Unter Vorausschickung der Grundgesetze der Wärmelehre bezüglich Siedepunkt und Wärmeübertragung, wird zunächst der Wärmebedarf, um Wasser in Dampf von der Temperatur t zu verwandeln, nach der Regnault'schen Formel $606,5 + 0,305 t$ W. E. erläutert und hervorgehoben, dass die latente Wärme (85 Proc. des Gesamtaufwands) des Wasserdampfs im Betriebe noch meistens verloren geht. Vortragender ordnet sodann die in der chemischen Grossindustrie benutzten Verdampfapparate nach den verwendeten Wärmequellen: des Wasserdampfs und der Verbrennung der verschiedenen Brennstoffe, letztere entweder für Unterfeuer oder für Oberfeuer. An Hand von Zeichnungen ausgeführter Anlagen werden besprochen:

I. Die Unterfeuertpfannen mit flachem Boden, wie sie in den Salinen, Schwefelsäure- und Sodafabriken noch in Anwendung sind, mit den Nachtheilen der theuren Reparaturen, auch hohen Arbeitslöhnen, sobald Salzausscheidungen stattfinden. Ferner

die Bootpfannen und Halbkugelmessel zum Verkochen der caustischen Soda mit dem Nachtheil der geringen Wärmeausnutzung und

die Wolfspfannen mit sattelförmigem Boden und die jetzt in der Stassfurter Industrie benutzten Pfannen mit drei Flammrohren, welche nach Dr. Precht's Ausführung (siehe A der Abbildung) innerhalb der Pfanne mit zwei Stützen vom Mittel- zu den Seitenrohren verbunden sind. Es fällt bei beiden Constructionen das Anbrennen der ausgekochten Salze fort, welche sich als Schlamm auf dem nicht geheizten Pfannenboden ansammeln und durch Fortschwemmen von Zeit zu Zeit entfernt werden. Endlich die selbstthätigen

Thelenpfannen mit Halbkreisboden, mechanischem Rührwerk und Ent-

fernung der Salze. Bei erheblich verminderten Reparaturkosten fallen die Arbeitslöhne für Bedienung fast ganz fort. Nach Wegfall der Patentgebühr haben sich die Kosten dieser Construction verringert. Der Apparat hat sich bei den verschiedensten Laugen bewährt.

II. Die Oberfeuertpfannen der Sodafabriken in Verbindung mit Hand- oder Revolveröfen und dieselben als Pfannenöfen zum Eindampfen von Alaun- und Phosphorsäurelaugen und zum Eindicken und Calciniren für Potasche und Soda mit Ätznatrongehalt, sämmtlich mit den Nachtheilen der Einwirkung der Verbrennungsgase (SO_2 , CO_2), des nicht ununterbrochenen Betriebes und der Flugasche auf die hergestellte Waare.

Die beim Verdampfen auftretenden Salze, welche den Laugenspiegel bald mit einer Salzdecke überziehen, behindern die Wärmeübertragung der Heizgase an die Lauge. Diese Decke muss durch Handarbeit oder mechanisches Rührwerk zerstört werden, wie beim Eindampfen von Melassenschlempe zur Herstellung von Rohpotasche. Diese Rührwerkschnecke hat öfter eine grössere Zahl von Blechscheiben von 1,2 m Durchmesser, welche theilweise in den Verdampftrog eintauchen. Eine Bodenschnecke und Baggerkette schafft die Salze ununterbrochen aus dem Ofen. Es sind aber öftere Reparaturen an diesem mechanischen Apparat erforderlich. Zu diesen Gruppen gehören auch die bekannten Thürme, welche in der Schwefelsäurefabrikation als Gloverapparate gleichzeitig zum Verdampfen und Denitriren benutzt werden, und die Laugenthürme mit Füllung von eisernen Röhren, Blecheinlagen, Drahtseilen oder Ketten, die in der Leblancpotasche- und Sodafabrikation zum Verdampfen, Carbonisiren und Oxydiren der Laugen dienen.

Geringe Reparaturen, kleiner Grundriss und gute Wärmeausnutzung empfehlen diese Thurmverdampfer.

III. Von Verdampfapparaten mit Dampfheizung in horizontal oder vertical angeordneten Schlangenrohren werden die Constructionen zum Eindampfen von Schwefelsäure, Thonerdesulfat und Kalisalpeter, letztere mit mechanischem Rührwerk zum Reinhalten der Rohroberflächen, vorgeführt. Es ist ein sauberes Arbeiten damit verbun-

¹⁾ Nach dem im Bezirksverein für Sachsen und Anhalt am 15. März d. J. (vgl. S. 383 d. Z.) gehaltenen Vortrage.

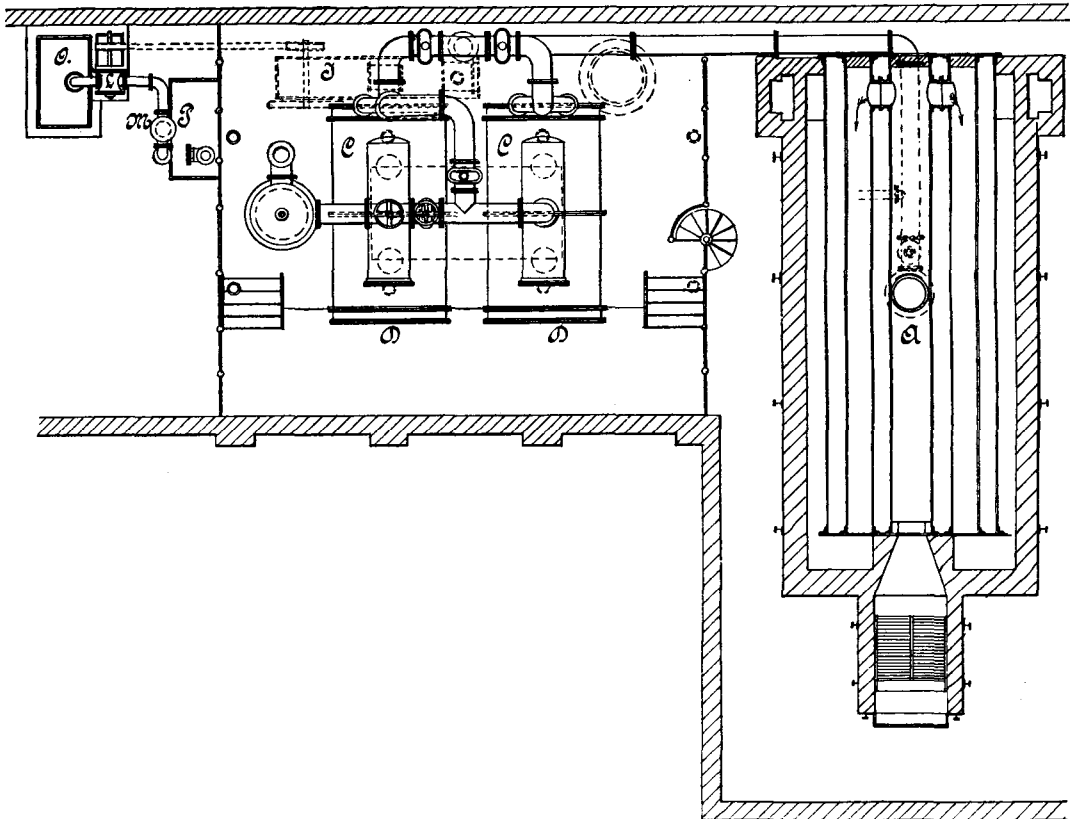
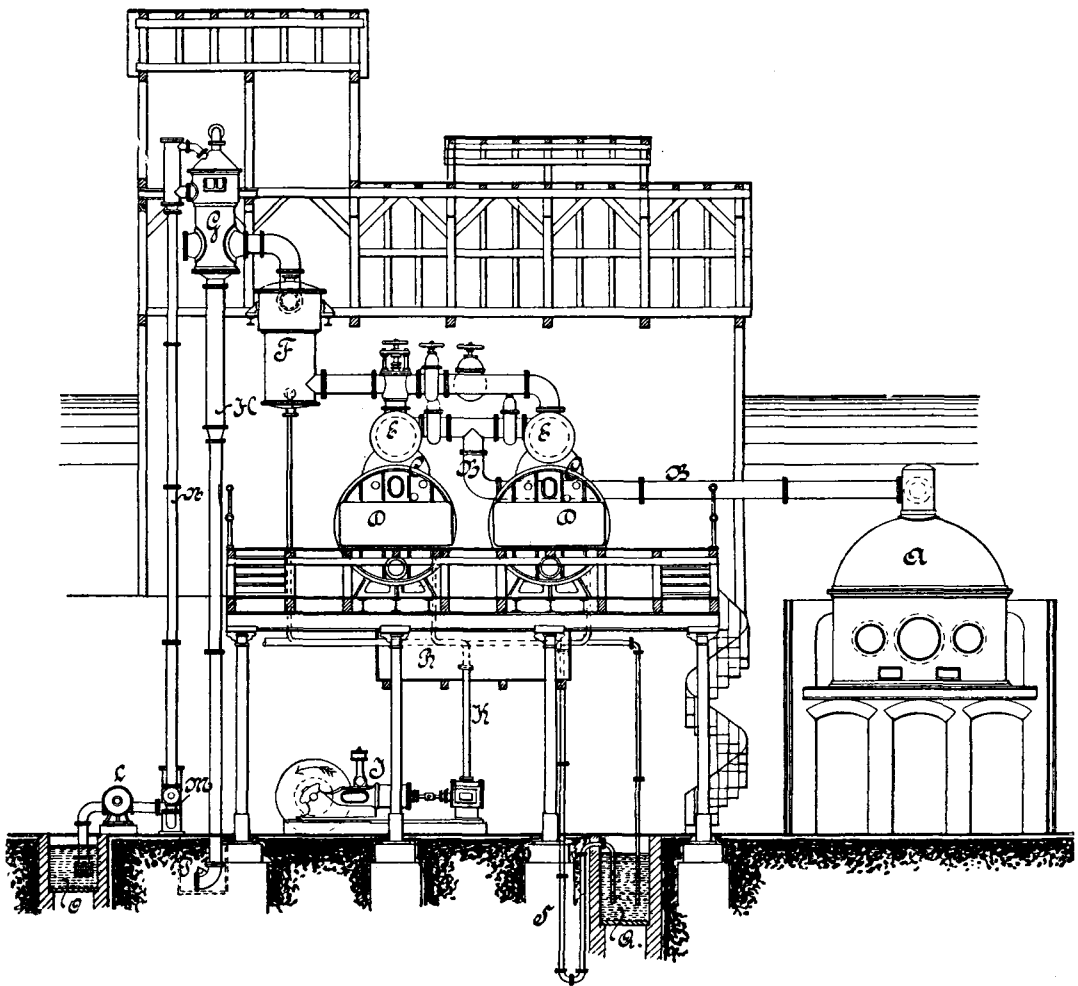


Fig. 228 und 229.

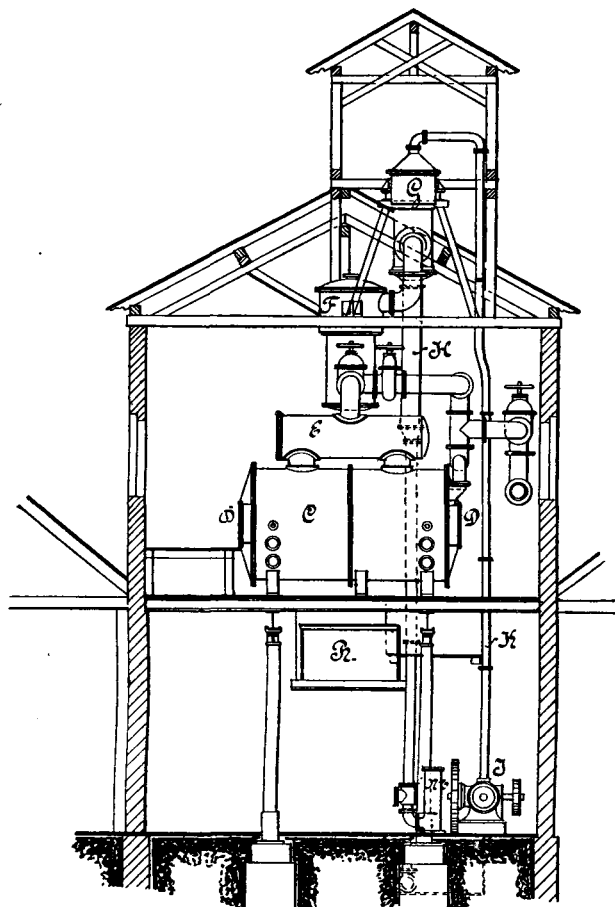


Fig. 230.

- A. Dreiflammrohrpfanne mit Feuerung.
- B. Rohrleitung mit Wechselventilen für den Heizdampf.
- C. Verdampfkörper mit Armatur.
- D. Heizrohrkammer.
- E. Übersteiger mit Verbindungsrohren und Wechselventilen.
- F. Röhrenvorwärmer.
- G. Gegenstrom-Cataract-Condensator.
- H. Freifallrohr mit Rückschlagklappe für das Kühlwasser.
- I. Schieberluftpumpe mit Dampfcylinder.
- K. Rohrleitung nach der Luftpumpe.
- L. Riemscheibe-Rotationspumpe für Kaltwasser.
- M. Luftabscheider.
- N. Druckleitung mit Rückschlagventil zum Condensator.
- O. Kasten für Kaltwasser.
- P. - - Fallwasser.
- Q. - - Condenswasser.
- R. Salzfilter.
- S. Trompetenrohr.

den, aber meistens geht auch bei diesen Einrichtungen die latente Wärme des Wasserdampfes verloren. Zur Nutzbarmachung desselben hängt man wohl häufig Vorwärmer an, oder man hat bei geschlossenem Verdampfapparat die Wasserdämpfe condensirt und

mit Luftpumpe gearbeitet, um den Vortheil der Druckverminderung und damit ein Versieden unter 100° herbeizuführen, wie z. B. in der Zuckerfabrikation beim Kochen im einfach wirkenden Vacuum.

IV. Die größten Vortheile gewährt die mehrfache Benutzung der Wärme des Wasserdampfes, wie sie in hunderten von Apparaten der Zuckerindustrie stattfindet dank den Erfolgen von Howard, Tischbein und Rillieux. Die chemische Industrie ist langsamer und erst seit 1880 zur Anwendung dieses Principes übergegangen. Wüstenhagen in Stassfurt gebührt das Verdienst, einen solchen Verdampfapparat für Chlorkaliumlaugen praktisch und erfolgreich eingeführt zu haben. Inzwischen haben sich die dazu gehörigen Einrichtungen vereinfacht. Die Construction und das zu wählende Metall sind jedem einzelnen Fall anzupassen. Solche Apparate, mit Heizflächen von 30 bis 300 qm, arbeiten jetzt z. B.

In der Ammoniak-Sodaindustrie zum Verdampfen von Ätznatronlauge,

in der Kaliindustrie zum Verdampfen von Chlorkalium-, Chlormagnesium-, Sulfat- und Potasche-laugen,

in der Strontian-Entzuckerung zum Verdampfen von Schlempelauge,

in der Salpeterindustrie zum Verdampfen von Kochsalzlauge.

Nach den hierbei gemachten Erfahrungen sind die Vortheile dieser Verdampfapparate: Ersparniss an Brennstoff, Vermeidung von Salzverlust durch Wegfall des Auslaufs und Belästigung durch die Brüdendämpfe.

Bei theuren Kohlenpreisen und hochwerthigen Fabrikaten kommen diese Vortheile am meisten zum Ausdruck. Billige Wasserbeschaffung erhöht den Gewinn.

Das bekannte Princip für die mehrfache Benutzung der Wärme des Wasserdampfes ist dieses: Wasserdampf tritt in einen Apparat von zwei oder mehr geschlossenen Verdampfkörpern mit Rohrsystemen von grossen Heizflächen und mit entsprechenden Verbindungen bei gleichzeitiger Druckverminderung im letzten Körper durch Luftverdünnung. Beim Zweikörperapparat strömt Kochdampf (Maschinenabdampf oder Kesseldampf, auch von niedriger Spannung) in die Heizkammer des I. Körpers, verflüssigt sich hier unter Abgabe der latenten Wärme an die zu verdampfende Flüssigkeit, welche bei normalem Druck oder doch geringem Vacuum zum Kochen kommt, also neue Wasserdämpfe entwickelt. Diese Laugendämpfe dienen zur Heizung der Rohrkammer des II. Körpers, in welchem eine neue Flüssigkeitsmenge kocht bei einem mittels Luftpumpe tiefer gelegten Siede-

punkt. In der Heizkammer II bildet sich eine neue Menge 100° warmen Condenswassers. Die Laugendämpfe des letzten Körpers werden in einer vor der Luftpumpe angeordneten Condensationseinrichtung niedergeschlagen und liefern warmes Wasser für beliebige Verwendung. Öfter ist ein III. Körper angehängt.

Die Construction eines Mehrkörperapparates umfasst also 3 Haupttheile: 1. die eigentlichen Verdampfkörper, 2. den Condensator, 3. die Luftpumpe.

Alle Theile bedürfen sorgsamer Erwägung von Fall zu Fall für richtige Wahl der Construction. Vorauf geht die Prüfung, ob die Bedingungen für vortheilhaften Betrieb des Apparats überhaupt vorhanden sind.

Durch Berechnung wird dann die Grösse der Heizfläche, des Heizdampfes, des Condensators, der Luftpumpe und des Wasserbedarfs festgestellt. Dafür sind maassgebend: das Temperaturgefälle (d. i. Differenz der Temperaturen des Kochdampfes und des Siedepunktes im letzten Körper) und der Wärmedurchgangscoefficient für qm Heizfläche und Grad Celsius, mit Correctur gemäss Resultaten aus der Praxis. Letzteren kann man für Salzlösungen auf 12 bis 16 W. E. die Minute annehmen. Die Grösse der Temperaturdifferenz ist von der Güte der Luftpumpe abhängig. Ist die Luftleere 68 cm (entsprechend 47° Kochtemperatur für Wasser) und die Temperatur des Eintrittsdampfes 107° (entsprechend 1,3 Atm. absolut), so stehen 60° Temperaturgefälle zur Verfügung, d. i. 30° für jeden Körper, falls ein Zweikörperapparat gewählt ist. Bewährte Schieberluftpumpen hat hierfür u. A. die Sangerhäuser Maschinenfabrik nach der Construction Burchard & Weiss mit Druckausgleich geliefert. Selbstredend ist möglichste Vorwärmung der zu verdampfenden Laugen am Platz, um die Grösse der Verdampfstation, also die Anlagekosten zu vermindern.

Für die Öconomie des Betriebs ist ferner eine rationelle Condensationsanlage wichtig, damit thunlichst wenig Wasser verbraucht wird und dieses mit einer Temperatur nahe dem Siedepunkt des letzten Körpers abläuft. Gegenstromcondensatoren (Pat. J. F. Weiss) mit 10m langem Fallrohr (siehe *G H* der Abbildung) so construirt, dass unten die Brügendämpfe einströmen, oben aber sowohl das kalte Wasser zufließen, wie die Luft abströmen können, wie solche sich auch bei Dampfmaschinen mit Condensation bewährt haben, sind empfehlenswerth (Stahleisen 1889, No. 8).

Bezüglich der Verdampfkörper selbst ist

es für Laugen rathsam, den Zweikörperapparat zu wählen. Die Erfahrung hat ferner für die liegende Construction der einzelnen Körper entschieden, falls Salzausscheidungen beim Verkochen auftreten. Durch lebhaftes Kochen wird die Incrustation der Heizrohre verhindert und die Anbringung von Rührwerken ganz überflüssig. Die ausgekochten Salze, welche sich im unteren freien Raum des Verdampfkörpers sammeln, werden durch Öffnungen in den Stirnwänden periodisch mit der fertigen Lauge über ein Salzfilter abgezogen. Von Erheblichkeit ist endlich die unausgesetzte Beseitigung des condensirten Wassers aus den Heizröhrenkammern durch Trompetenrohre mit Wassertöpfen oder durch besondere kleine Brüdenwasserpumpen.

Für die Ausführung der Verdampfkörper ist die Wahl des Metalls von Fall zu Fall wichtig. Die Heizkammern sind theils mit Kupfer, theils mit patentgeschweissten Eisenrohren ausgestattet. Die Körper selbst in Gusseisen oder Eisenblech und zwar in Qualitätseisen, je nach der Lauge ausprobt. Dasselbe gilt für die Armatur.

Die Arbeit am Apparat wird durch einen Mann ausgeführt. Sie geht einfach und sauber vor sich. Dem Blick durch die Schaugläser zeigt sich ein überraschend lebhaftes Kochen. Die Reinigung der Heizrohre von Incrustationen wird schnell und leicht durch Einlass von heissem Wasser bewirkt.

Bezüglich der Leistung der Vacuumverdampfapparate verdampft nach Jellineck unter der Annahme eines auf 75° vorgewärmten Wassers, eines Temperaturgefälles von 52° und eines Wärmedurchgangscoefficienten von 22 mit 1 k Heizdampf:

der Einkörper-Apparat	0,90 k Wasser
- Zweikörper-	1,96 -
- Dreikörper-	2,83 -

In der Praxis hat sich dort, wo die erforderlichen Bedingungen für die Anwendung des Mehrkörperapparats, gegeben sind, eine erhebliche Kohlenersparniss auch dann herausgestellt, wenn Abdampf nicht zur Verfügung ist, sondern eine besondere Dampferzeugung vorgenommen wird, und selbst bei der zweckmässigen Beschränkung auf den Zweikörperapparat. Die steigenden Kohlenpreise werden dem Vacuumverdampfapparat mehr und mehr Eingang in den chemischen Grossbetrieb verschaffen.

Vortragender legt die Zeichnungen von mehreren für die chemische Industrie ausgeführten Anlagen mit stehenden und liegenden Verdampfkörpern vor.

Fig. 228 bis 230 zeigen die schematische Anordnung einer Zweikörperverdampfanlage

für salzhaltige Flüssigkeit in Verbindung mit mehreren durch Kohlen gefeuerten, überbauten Flammrohrpfannen, welche den Heizdampf von etwa 0,3 At. Überdruck liefern. Die beiden Körper für sich, mit Übersteigern, Vorwärmer und Luftpumpe beanspruchen ein Gebäude von 90 qm Grundfläche. Die Heizfläche des Zweikörperapparats beträgt 215 qm. Für die Flammrohrpfannen ist die Heizfläche reichlich zu 280 qm angenommen. Die Leistung dieser Anlage ist auf täglich 110000 k Wasserverdampfung bei 16stündiger Kochdauer geschätzt. Die Gesamtwirkung des Heizmaterials ist dreifach.

Neuere Verdampfapparate von Yargan, Greiner u. A., welche in der Zuckerfabrikation versuchsweise eingeführt sind auf Grund des Berieselungsprinzips, sollen die Vortheile bezüglich Kohlenersparniss, Vermehrung der Leistung der Heizfläche und Ausnützung des Wärmegefälles noch erhöhen.

Über die Bildung von Schwefelaluminium.

Von

Alfred H. Bucherer.

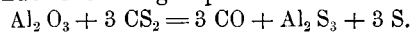
Der immer mehr zunehmende Verbrauch von Aluminium macht die Frage zeitgemäss, ob das jetzt zur Darstellung des werthvollen Metalles angewandte Verfahren sich auf die Dauer behaupten kann, oder ob ein rein chemisches Verfahren an seine Stelle treten kann. Das Ausgangsmaterial, aus dem Aluminium jetzt fabrikmässig dargestellt wird, ist das Oxyd. Dasselbe wird bekanntlich elektrolytisch reducirt, in der Weise, dass Thonerde in einem geschmolzenen Bade von Kryolith gelöst und von dem elektrischen Strome zersetzt wird. Zur Klärung der öconomischen Seite dieses Verfahrens ist es vortheilhaft, die zur Darstellung von 1 k Aluminium theoretisch erforderliche Energie mit der praktisch verwandten zu vergleichen.

Die Darstellung von 1 k Aluminium nach Cowles erfordert nach Messungen des Verf. bei Anwendung eines Stromes von etwa 3000 Ampères 44,5 elektrische Stunden-Pferdekraft. Da nun eine Stunden-Pferdekraft 636,8 W. E. gleichkommt, so erfordert also die Herstellung von 1 k Aluminium einen Energieaufwand entsprechend 28337 W. E. Hierzu müssen 10 Proc. addirt werden für den bei der Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie durchschnittlich stattfindenden Verlust, somit zusammen

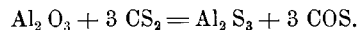
31000 W. E. Nun wird bei der Oxydation von 1 k Aluminium zu Al_2O_3 eine Wärmemenge von 7260 W. E. frei; dieselbe Energie muss natürlich zur Spaltung von Aluminiumoxyd in Metall und Sauerstoff angewandt werden. Da aber die Verbrennung der positiven Kohlenelektrode Energie dem Bade zuführt, so muss der Betrag der so entwickelten Wärme von den 7260 W. E. abgezogen werden, so dass 5630 W. E. übrig bleiben. Hieraus geht hervor, dass nur $5630 : 28337 = \frac{1}{5}$ der gesammten elektrischen Energie zu chemischer, d. h. elektrolytischer Arbeit verwandt werden; $\frac{4}{5}$ werden in Form von Wärme ausgestrahlt. Nimmt man ferner an, dass die elektrische Energie von einer durch Dampfkraft getriebenen Dynamo geliefert wurde und dass nur 7 Proc. der potenziellen Energie der Kohle durchschnittlich in mechanische Energie übergeführt wird, so ist es einleuchtend, wie kostspielig die Benutzung von Electricität sein muss, wenn metallurgische Reductionen in flüssigem Bade vorgenommen werden, und die Frage erscheint wichtig, ob eine öconomische Darstellung von Aluminium auf dem chemischen Wege nicht doch noch möglich ist.

Das alte, von Deville entwickelte Aluminiumverfahren, welches bekanntlich in der Zersetzung von Natriumaluminiumchlorid durch Natrium bestand, kann sich nicht mehr neben dem jetzt angewandten elektrolytischen Verfahren halten, hauptsächlich wegen der Herstellungskosten von Aluminiumchlorid. Dass sich dies in Zukunft ändern könnte, lässt sich nicht annehmen.

Im Winter 1890 gelang es mir, Schwefelaluminium zu elektrolysiren. Ohne aber auf diese elektrometallurgische Arbeit hier einzugehen, will ich eine von mir erfundene Methode der Darstellung von Schwefelaluminium beschreiben. Von allen vorgeschlagenen Methoden zur Bildung dieser Verbindung wird nur die des Überleitens von Schwefelkohlenstoffdämpfen über hellroth glühendes Oxyd als erfolgreich allgemein anerkannt. Letztere Reaction wird durch folgende Gleichung repräsentirt:



J. W. Richards stellt in seinem umfangreichen Werke über Aluminium die Gleichung auf:



Richards übersieht aber die Thatsache, dass Kohlenstoffoxydsulfid sich schon bei Rothglut zersetzt, während die Bildung von Schwefelaluminium erst bei heller Rothglut vor sich geht. Allerdings vereinigen sich Kohlenoxyd und Schwefel im weniger heissen