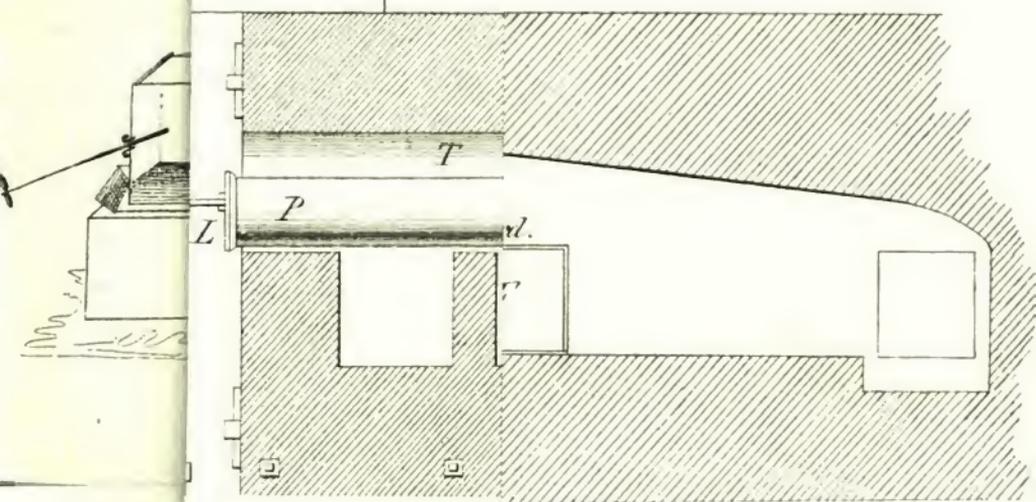


Figl.



Die Darstellung des Aluminiums, Kaliums,
Natriums, Magnesiums, Baryums, ...

Eduard Uhlenhuth

LIBRARY

OF THE

University of California.

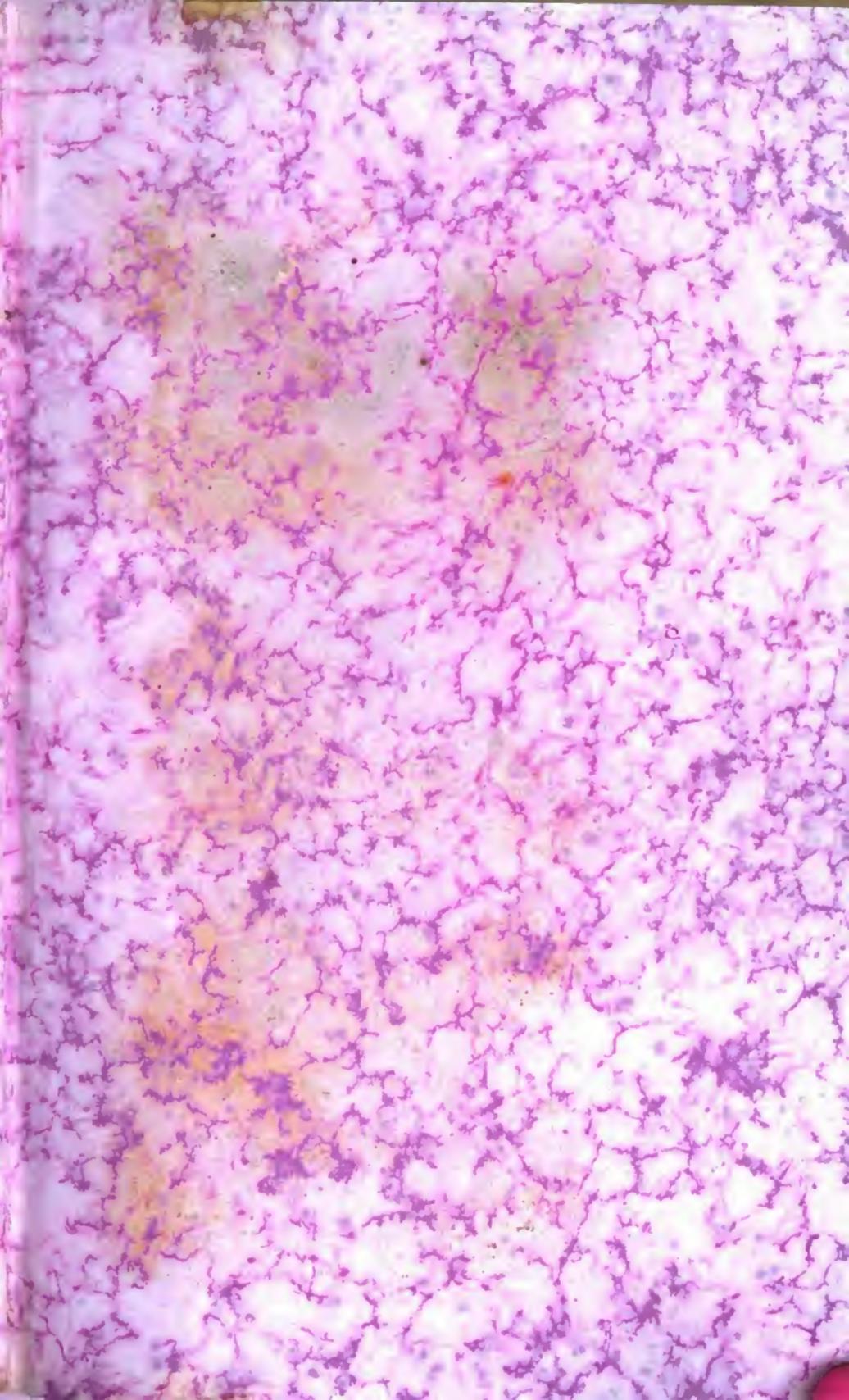
No. *Aluminum* 3198

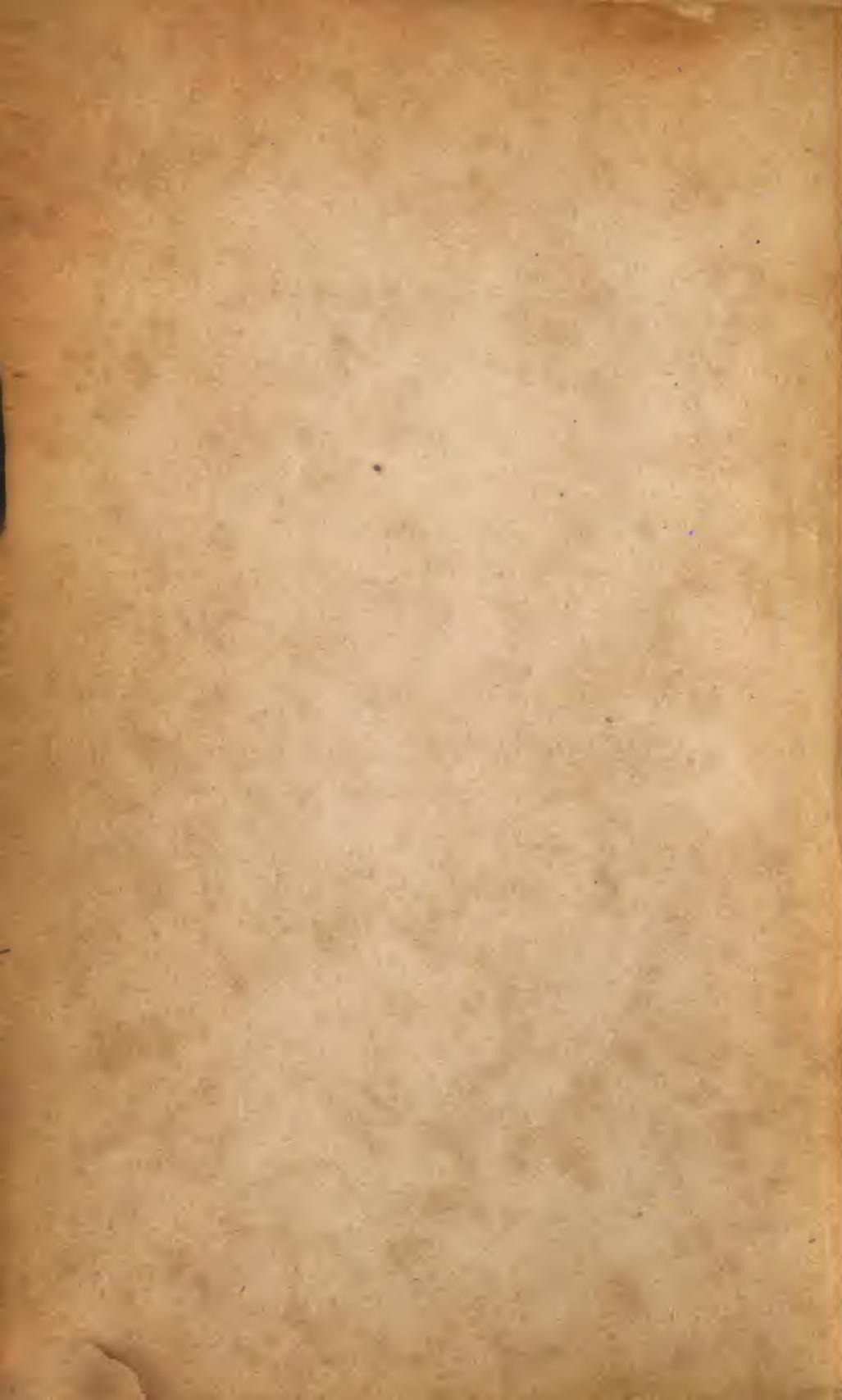
Division

Range

Shelf

Received *Feb* 1870.





Die Darstellung
des
Aluminiums,

Kaliums, Natriums, Magnesiums, Baryums, Strontiums und Calciums

und der

Metalloide Bor und Silicium.

Nach den neuesten Arbeiten

von

**Saint-Clair Deville, Wöhler, Heinrich Rose, Brunner,
Bunsen u. A.**

zusammengestellt

von

Ed. Uhlenhuth.

Mit 1 Tafel Abbildungen.

QUEDLINBURG,

Druck und Verlag von G. Basse.

1858.

TNTT5
44

Inhalt.

| | Seite |
|---|-------|
| Geschichtliche Einleitung | 1 |
| Versuche zur Darstellung des Aluminiums aus Chloraluminium . . . | 5 |
| Eigenschaften des Chloraluminiums | 8 |
| Reduction des Aluminiums aus Chloraluminium | 9 |
| Deville's erste Versuche zur Aluminium-Darstellung | 10 |
| H. Rose's Darstellung des Aluminiums aus Kryolith | 11 |
| Deville's Modificationen des Roseschen Verfahrens | 15 |
| Fr. Wöhler's Versuche, aus Kryolith das Aluminium darzustellen . | 18 |
| Reduction des Aluminiums durch den galvanischen Strom. Elektro- lyse | 19 |
| Darstellung des Kaliums nach der älteren Methode | 20 |
| Der schwarze Körper, die Krogen oder Rhodizinsubstanz | 27 |
| Donny und Mareska's verbesserte Darstellungsmethode des Kaliums | 28 |
| Rectification des rohen Kaliums durch wiederholte Destillation . . . | 32 |
| Natrium-Darstellung im Kleinen, nach Deville | 34 |
| Continuirliche Fabrikation des Natriums in Cylindern, nach Deville | 39 |
| Darstellung des Aluminiums aus Chloraluminium im Grossen, nach Deville | 43 |
| Eigenschaften des Aluminiums | 48 |
| Legirungen des Aluminiums | 52 |
| Darstellung der Erdalkalimetalle, des Magnesiums, Baryums, Stron- tiums und Calciums | 58 |
| Das Bor | 62 |
| Das Silicium | 65 |

Geschichtliche Einleitung.

Nachdem Davy im Jahre 1807 gezeigt hatte, dass Kali und Natron die Oxyde neuer eigenthümlicher Metalle seien, dass letztere sich aus ihnen mit Hülfe einer kräftigen galvanischen Batterie darstellen lassen, folgten bald weitere Versuche, um auch auf rein chemischem Wege jene merkwürdigen Metalle abzuscheiden. Gay Lussac und Thénard fanden, dass Kali in der Weissglühhitze durch Eisen zersetzt werde; Cureau deau bemerkte, dass auch Kohle statt des Eisens angewandt werden könne, endlich gab Brunner eine Methode an, welche bis jetzt zur Darstellung des Kalium befolgt worden ist, aus Kohle und kohlen saurem Kali dasselbe zu reduciren. Dass sich auch die Radicale der Erdalkalien auf elektrischem Wege reduciren lassen, war bereits durch Davy 1808 durch die Darstellung des Baryums bewiesen und auch für Calcium, Strontium und Magnesium in Aussicht gestellt; indessen beschäftigte sich erst viel später Bussy, nach einer von Wöhler angegebenen Methode, das Magnesium aus seinen Chlorverbindungen abzuscheiden, bis es endlich Bunsen gelang, auf elektrolytischem Wege bequem grössere Mengen von Magnesium zu erhalten.

Das Aluminium war zuerst von Wöhler als ein graues Pulver dargestellt, ihm gebührt die Ehre der Entdeckung dieses merkwürdigen Metalles; zugleich aber gab er den Weg an, auf welchem Saint Claire Deville's Bemühungen, dieses Metall in grossen Massen darzustellen, mit so ausgezeichnetem Erfolge gekrönt wurden.

Auf Kosten des französischen Kaisers Napoleon III. wurden von Deville im Laboratorium zu Javel die umfassendsten Versuche für eine fabrikmässige Darstellung gemacht,

und die letzte Pariser Industrie-Ausstellung vom Jahre 1855 brachte dort Barren von 1 Fuss Länge, 1 Zoll Breite und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke von dem merkwürdigen Metalle vor, welches man bisher nur als amorphes Pulver gekannt hatte. Deville übergab ausser Barren von Aluminium und metallischem Natrium auch schöne Massen von Chloraluminium. Dumas wurde der Lobredner des neuen Fortschrittes. 300 Kilogramm Aluminium, also fast 6 Ctr., waren bereits dargestellt, so dass man annehmen konnte, dass die bisherige Bereitungsart sich bereits für einen technischen Betrieb im Grossen eignen werde. Das Aluminium wurde mit Hülfe des Natriums aus seinen Verbindungen reducirt. Als man die Versuche anfang, kostete das Natrium per Kilogramm 1000 Francs, und danach musste sich der Preis eines Kilogramms Aluminiums auf 3000 Francs stellen. Moigno aber konnte bereits im Juni 1855 berichten, dass das Kilogramm Natrium, welches bisher 800 — 1000 Francs gekostet, bereits sich zu 30 Francs darstellen lasse. Es war sonach Aussicht vorhanden, dass die Materialien zu 1 Kilogramm Aluminium sich kaum höher als 32 Francs stellen würden. Jetzt ist freilich das reine Aluminium immer noch sehr theuer, das Loth findet man in Preis-Couranten der Droguisten mit 2 Thlr. berechnet; wenn aber erst volle Sicherheit in dieser Fabrikationsmethode erlangt sein wird, so lässt sich hoffen, dass das Kilogramm Aluminium nicht höher als 5 Francs (= 1 Thlr. 10 Sgr.), also etwas theurer als Zinn à Pfd. 20 Sgr., zu stehen kommt. Dumas weist auf Marseille, als den zweckmässigsten Platz für diese billigste Aluminium-Fabrikation, denn dort würden grosse Mengen von Salzsäure producirt, die sich zur Chloraluminium-Bereitung verwenden lassen, jetzt aber nutzlos verloren gehen; die Schwefelsäure sei dort ausserordentlich billig, und das kohlen-saure Natron werde ebendasselbst in ungeheurer Menge (Salzgärten) fabricirt.

Die Arbeiten zu Javel haben, nach Dumas' Aussprache, der Technik und Wissenschaft ein Reagens von der äussersten Wichtigkeit, das Natrium gesichert; die Natrium-Darstellung ist als gelöstes Problem zu betrachten, die Bereitung desselben hat nicht die Schwierigkeiten der Kalium-Bereitung,

die Handhabung der Apparate ist leicht und gefahrlos, und seine Darstellung vielleicht eben so bequem als die des Zinks. Es kann das Natrium in vollem Flusse mit der Luft in Berührung kommen, ohne sich zu entzünden, es wird unmittelbar rein und aus ununterbrochen betriebenen Apparaten erhalten. Ein so kräftiges Agens wie das Natrium, welches dem Kalium nur wenig nachsteht, muss gestaltend auf Wissenschaft und Kunst einwirken, wenn es billig zur Verfügung steht; es wird neue Wege für die metallurgische Industrie zeigen; mit Hülfe des Natrium lassen sich die Metalle aus ihren wasserfreien Oxyden abscheiden, und die Darstellung von Calcium, Magnesium, Silicium, Borium u. s. w. hat keine Schwierigkeiten. Somit fallen nun auch die reinen Erd- und Alkalimetalle vollständig in den Bereich der industriellen Thätigkeit.

Es konnte nicht fehlen, dass ein so interessanter Körper wie das Aluminium die Aufmerksamkeit der Chemiker und Physiker in hohem Masse erregte. Man brachte Aluminiumstücke von der Pariser Ausstellung mit nach Hause, um seine Eigenschaft zu prüfen; man bezahlte sie zu hohem Preise (das Gramm à 3 Francs), denn es war nicht so viel Metall vorhanden, als begehrt wurde. — Es wurden von Chemikern neue einfachere Darstellungsmethoden versucht; unser Heinr. Rose wies zuerst darauf hin, statt des Chloraluminiums sich der Fluoraluminium-Verbindungen zur Darstellung des Aluminiums zu bedienen; Berzelius hatte bereits durch Anwendung der Alkali-Metalle auf Fluorverbindungen, die vorher noch nicht isolirten Radicale des Siliciums, Zirkoniums dargestellt, er setzte deren Fluorverbindungen in der Hitze den Dämpfen des Kaliums aus; auf die Erdalkali-Metalle hat er jedoch diese Behandlung noch nicht ausgedehnt. Da kam Heinr. Rose auf den Gedanken, aus dem Kryolith, einer Verbindung von Fluoraluminium und Natrium, das Aluminium abzuschneiden. Ein Stück Kryolith hatte er durch Kranz in Bonn erhalten, mit allem Eifer machte der geniale Chemiker seine Versuche, bald liess sich auch das Aluminium mit grösster Leichtigkeit reduciren; allein es schien das Material Kryolith selten zu sein, vielleicht war es Zufall, dass H.

Rose zu einem guten Stück gelangt war! — Es zeigte sich indess, dass grosse Mengen einer gepulverten Steinmasse nach Berlin an die Seifensieder unter dem Namen von Mineralsoda von Kopenhagen her eingeführt wurden, welche sich bald als reiner Kryolith erwiesen, es liess sich der Centner davon mit 3 Thlr. in Berlin kaufen.

Inzwischen hatte man erfahren, dass ein mächtiges Kryolithlager in West-Grönland bei Evigtok im Arksut-Fjord aufgefunden sei. Ein Engländer, Taylor, hatte in das 80 Fuss mächtige Lager einen Schacht von 40 Fuss Tiefe treiben lassen, und betrieb den Abbau bergmännisch. Der Kryolith zeigte sich oben halb weiss, tiefer dunkler, nach unten wurde er fast schwarz, indess war die Farbe unwesentlich, da sie durch leichtes Brennen sich schon verlor. So waren die Besorgnisse, dass dieses Rohmaterial bald mal fehlen könnte, auf welche Brunner hingewiesen, und die ihm Veranlassung zur künstlichen Darstellung der Fluor-Aluminium-Natrium-Verbindungen gegeben hatten, vorläufig zerstreut, und es konnte sich jetzt Jeder mit der Aluminium-Darstellung beschäftigen.

Wenn nun aber auch die Benutzung der natürlichen Fluorverbindung des Aluminiums mit Natrium statt der künstlichen des Chloraluminiums nach Wöhler und Deville schon Vortheile darbietet (wiewohl bis jetzt noch nicht der ganze Aluminiumgehalt des Kryolith gewonnen wird), so ist doch die Anwendung von reinem Natrium, so wohlfeil es auch immer werden mag, immer misslich und kostspielig; man wird also immer noch Versuche anzustellen haben, bei denen die Reindarstellung des Natriums umgangen werden könnte. In dieser Beziehung könnten aber die Arbeiten von Calvert und Johnson, welche primitiv Legirungen aus Eisen oder Kupfer mit Aluminium darstellten, einen bedeutenden Fingerzeig geben, da sich das Aluminium leicht mit Eisen legirt und das Eisen durch Säuren heraus gelöst wird.

So bleibt die Aluminium-Fabrikation immer noch eine offene Frage, und zu deren Lösung beizutragen, haben wir zur Orientirung das Nachfolgende zusammengestellt.

Das Aluminium wird durch seine merkwürdigen Eigen-

schaften die mannigfachsten Anwendungen in der Industrie finden, aber es wird auch der Wissenschaft Dienste leisten, wie es denn Wöhler und Deville schon gedient hat, das Bor in seinen drei verschiedenen Modificationen darzustellen, von welchen die krystallinische, welche dem Diamant an Glanz und namentlich an Härte, wenn nicht voran, doch gleich steht, ein glänzender Beleg ist.

Wir haben neben der durch Deville vervollkommeneten Natrium-Darstellung noch Donny und Mareska, auch in der Kalium-Bereitung, wie sie sich bereits in grösseren Lehrbüchern (Otto) beschrieben findet, des Ueberblicks wegen aufgenommen, ebenso musste auch das, was man über Darstellung und Eigenschaften der andern Erdmetalle, des Magnesium, Calcium, Baryum bereits aufgezeichnet, herbeigezogen werden, um ein Gesamtbild des Charakters der ganzen Erd- und Alkali-Metallgruppe zu geben, und die Blicke speculativer junger Chemiker auf diese interessanten Körper zu lenken.

Wie im Obigen erwähnt, werden zwei Darstellungsweisen des Aluminiums verfolgt:

- 1) mit Chloraluminium und Natrium,
- 2) mit Fluoraluminiumnatrium und Natrium.

Versuche zur Darstellung des Aluminiums aus Chloraluminium.

Es wird sich hier zunächst darum handeln, Chloraluminium darzustellen. Um diess zu erhalten, wird Chlor über Thonerde, die mit Kohle gemengt ist, geleitet.

Es muss also zunächst Thonerde bereitet werden. Das Material dazu ist entweder Ammoniak-Alaun oder, da dieser nicht so wohlfeil ist, der gewöhnliche Alaun, das Doppelsalz von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali zu verwenden.

1. Bereitung von Thonerdehydrat.

Alaun, welcher durch Krystallisation von Eisenoxyd gereinigt ist, wird in kochendem Wasser gelöst und kohlen-saures Kali oder Natron zugesetzt, so lange als dadurch noch ein Niederschlag entsteht. Mit einem kleinen Ueberschuss wird

nun die Masse in mässiger Wärme eine Zeitlang digerirt, um die basisch schwefelsaure Thonerde zu zersetzen, welche von dem kohlsauren Kali anfangs niedergeschlagen wird. Die weisse gallertartige voluminöse Masse wird sorgfältig ausgewaschen; man übergiesst sie wiederholt mit einer grossen Menge Wasser, lässt absetzen und giesst das Wasser ab. Hierauf wird in Salzsäure gelöst, filtrirt und mit kohlsaurem Ammoniak gefällt, um das kohlsaure Kali oder Natron zu entfernen. Gleich mit Ammoniak gefällt würde basisch schwefelsaure Thonerde niederfallen, und die Schwefelsäure also nicht vollständig entzogen werden; man setzt einen Ueberschuss von Ammoniak hinzu und wäscht wiederum sorgfältig aus.

Man erhält eine gallertartig durchscheinende kleisterähnliche Substanz, welche zu einer gummiähnlichen Masse in der Kälte zusammentrocknend, ein weisses pulvriges trocknes Hydrat giebt.

Es ist in Wasser unlöslich, etwas löslich in kohlsaurem Wasser, leicht in Säuren, welche lösliche Salze bilden, in Kali- oder Natronlauge. Bei starkem Glühen verliert sie ihr Wasser, es bleibt Thonerde in glänzenden gummiähnlichen Krystallen zurück, als weisses erdiges Pulver, welches ebenso unlöslich ist als Kieselerde.

Unmittelbar kann man wasserfreie Thonerde aus schwefelsaurer Thonerde, durch Glühen mit kohlsaurem Natron zusammen und durch Auslaugen erhalten.

Das so eben beschriebene Verfahren, Thonerde mittelst kohlsauren Ammoniaks niederzuschlagen, ist sehr schwer ausführbar, das Auswaschen des gelatinösen Thonerdehydrats erfordert viel Geduld und Ausdauer, ausserdem veranlasst aber der Gebrauch des Ammoniaks als Fällungsmittel grosse Ausgaben.

Aus Ammoniak-Alaun lässt sich zwar Thonerde durch blosses Glühen bereiten, aber derselbe ist nicht überall zu haben, also bleibt Kali-Alaun, und es handelt sich nur darum, die Thonerde bequemer daraus zu erhalten.

Man nimmt also nach Brunner möglichst eisenfreien Alaun und brennt denselben, und zwar erhitzt man ihn so weit,

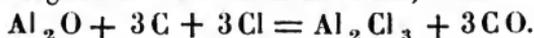
dass bereits Dämpfe von Schwefelsäure zu entweichen anfangen. Alsdann wird die Masse zur Raumersparniss (es blüht sich der Alaun bekanntlich beim Erhitzen auf) zu einem gröblichen Pulver gestossen und diess in einem Tiegel, etwa zwei Stunden, einer guten Rothgluth ausgesetzt. Nach dem Erkalten wird die zusammengesinterte Masse zerrieben, und mit Wasser annähernd ausgewaschen. Die so erhaltene Thonerde enthält noch geringe Mengen von Schwefelsäure (indem wahrscheinlich ein basisches Salz zurückbleibt), sie lässt sich aber gut auswaschen. Die gewaschene Masse wird so weit getrocknet, dass sie sich vom Filtrum losmachen lässt; man rührt sie nun mit einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron zusammen; hierzu ist nur eine geringe Menge, $\frac{1}{10}$ des ursprünglich in Arbeit genommenen Alauns nöthig.

Das breiartige Gemenge wird eingetrocknet, und der Rückstand etwa $\frac{1}{2}$ Stunde lang mässig geglüht. Durch diese Operation wird der basisch schwefelsauren Thonerde die Säure vollständig entzogen. Kocht man die Masse mit Wasser aus, so ist der Rückstand reine Thonerde, welche sich leicht und vollständig auswaschen lässt. Man muss übrigens nicht zu viel Natron nehmen, weil sich sonst Thonerde in diesem löst und so beim Auswaschen verloren geht.

Man kann Thonerdehydrat dadurch wasserfrei und zugleich mit Kohle innig gemengt erhalten, dass man das erstere mit Lampenruss oder Stärkekleister mengt, Cylinder oder Kugeln daraus formt und in einem Tiegel heftig erhitzt.

2. Bereitung des Chloraluminiums.

Durch Kohle und Chlor wird die Thonerde in der Hitze zerlegt, es bildet sich Kohlenoxydgas, welches entweicht, und das Chlor begiebt sich an das Aluminium, denn



Es wird demnach zur Bereitung des Chloraluminiums reine Thonerde, mit der der Formel entsprechenden Menge Kohle gemengt, in einen $1\frac{1}{2}$ Liter fassenden weithalsigen Kolben, welcher mit einem dicken Beschlage aus Lehm, Kuhhaaren und Hammerschlag versehen ist, gebracht und in einen geräumigen Ofen gelegt, so dass der Hals des Kolbens aus der mit Lehm vermauerten Ofenthüröffnung 3 — 5 Zoll her-

aus tritt und zwar in horizontaler Lage. Ueber den Hals des Kolbens wird der Hals eines andern weitem Kolbens gesteckt, dessen Boden durchbohrt ist. Durch diese Bodenöffnung und durch den Hals der beiden Kolben wird ein Rohr von schwer schmelzbarem Glase eingeschoben, und durch dieses ein Strom von trockenem Chlorgas, bis mitten in den im Ofen liegenden Kolben, in dessen Füllung, eingeleitet. *Fig. 1.* giebt ein Bild dieser Einrichtung.

Man erhitzt zuerst den Kolben bis zu schwacher Rothgluth und leitet dann das Chlorgas hinein; es sublimirt leicht und vollständig Chloraluminium, und es lässt sich bald in der Vorlage $\frac{1}{2}$ Pfd. davon erhalten.

Deville giebt diese Operation mit geringen Abänderungen so an: Geglühte Thonerde und Kohle werden gemengt und mit Oel zu einem Teige angerührt, welcher in einem irdenen Tiegel erhitzt wird. Mit der zerkleinerten Masse wird eine tubulirte Steingutretorte angefüllt, dieselbe bis zum dunkeln Rothglühen erhitzt und ein Strom Chlorgas rasch eingeleitet, welcher zuerst das noch im Apparate befindliche Wasser austreibt und hierauf Chloraluminium bildet; dieses wird dann in einer, über den aus dem Ofen ein wenig vorstehenden Hals der Retorte aufgesetzten glockenförmigen Vorlage aufgefangen, deren weitere Oeffnung mit einem aufgekitteten Trichter verschlossen ist. Deville erhielt mit diesem Apparate, der in *Fig. 2.* aufgezeichnet ist, in einem Tage nahezu 5 Kilogramm Chloraluminium. Das dabei entweichende Kohlenoxydgas wird angezündet, um seine giftigen Wirkungen zu vernichten.

Eigenschaften des Chloraluminiums.

Das Aluminium-Chlorid ist flüchtig, sublimirt und verdichtet sich im kalten Theile des Kolbens; es stellt eine halbgeschmolzene blättrig krystallinische Masse dar, welche sich leicht vom Glase lösen lässt, ist grünlichgelb und etwas durchscheinend; an der Luft raucht es ein wenig und verbreitet dabei den Geruch nach Salzsäure und zerfließt durch Anziehen des Wassers; es ist also stark hygroskopisch, wie fast alle Chlorverbindungen.

In Wasser löst es sich leicht und unter starker Erhitzung, es kann aus der Auflösung aber nicht wieder wasserfrei erhalten werden. Auch in Alkohol ist es löslich und in Wasserstoffgas ohne Zersetzung sublimirbar.

Thonerde in Salzsäure gelöst giebt Wasser und Aluminiumchlorid $3\text{HCl} + \text{Al}_2\text{O}_3 = 3\text{HO} + \text{Al}_2\text{Cl}_3$; es liefert in freier Luft verdunstet Krystalle mit 12 Atom Wasser (47,7 Procent); es ist eine an der Luft leicht zerfliessliche Salzmasse. Durch Erwärmung entsteht Wasserzersetzung, das Chlor entweicht als Salzsäure und es bleibt Thonerde zurück $\text{Al}_2\text{Cl}_3 + 3\text{HO} = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{HCl}$.

Reduction des Aluminiums aus Chloraluminium.

Wöhler's erste Versuche.

8—10 Gramm Kalium wurden in einem Tiegel mit der nöthigen Quantität Chloraluminium überdeckt, welche annähernd die Menge Chlor enthält, welche zur Bildung von Chlorkalium nöthig ist. Der Deckel des Tiegels wurde mit Drath befestigt und der Tiegel erhitzt. *Fig. 3.* Es entsteht eine heftige, von starker Wärmeentwicklung begleitete Reaction. Man wirft nach dem Erkalten den Tiegel mit seinem Inhalte in eine grosse Menge Wasser, das Chlorkalium löst sich auf und Aluminium bleibt zurück. Offenbar verdampft das Kalium durch die Chlorverbindung hindurch und verbindet sich hierbei mit dem Chlor, und das Aluminium sinkt im flüssigen Chlorkalium herunter.

Zweckmässiger schien es Wöhler, das Chlorid und Kalium jedes besonders zu erhitzen, so dass das Kalium im Dampfe des Chlorids geschmolzen wird.

Ein 18 Zoll langes Platinrohr wird an einer Seite mit einem Platinstöpsel verschlossen, ein nachenförmiges Gefäss, mit Kalium gefüllt, eingeschoben und zwischen Kohlen erhitzt. *Fig. 4.*

Oder ein kleiner Tiegel, mit Kaliumkugeln gefüllt, wird in einen grösseren gestellt und der Zwischenraum mit Chloraluminium angefüllt.

Man erhält auf eine der beschriebenen Weisen ein graues Metall, Aluminium, von eigenthümlicher Beschaffenheit; es

leitet die Elektrizität nicht. Die Theilchen, aus denen es besteht, können durch Schmelzen einander genähert werden, aber es wird eine Schmelzhitze erfordert, die höher ist als die zum Gusseisen nöthige; das Pulver ist magnetisch. Poggendorf und Riess.

Deville's erste Versuche zur Aluminium-Darstellung.

Man bringt in ein Glasrohr *Fig. 2.*, von etwa 4 Centimeter Durchmesser, 200 — 300 Gramm Chloraluminium zwischen zwei Asbestpfropfen, lässt durch eine der Mündungen des Rohres reines und trocknes Wasserstoffgas einströmen, und erhitzt das Aluminium in der Wasserstoff-Atmosphäre mittelst Kohlen, um den Chlorwasserstoff, Chlorschwefel und das Chlorsilicium auszutreiben, welche sich in dem Chloraluminium immer vorfinden. Man bringt alsdann in das Glasrohr möglichst grosse Porzellanschiffchen, deren jedes einige Gramm vorher zwischen trockenem Fliesspapier zerdrückten Natriums enthält. Ist das Glasrohr ganz mit Wasserstoff angefüllt, so schmelzt man das Natrium und erhitzt das Chloraluminium bis zum Verdampfen, welches dann durch das Natrium unter Erglühen zersetzt wird. Die Intensität der Einwirkung lässt sich gut reguliren. Ist alles Natrium verschwunden und das gebildete Chlornatrium mit Chloraluminium gesättigt, so zieht man die Porzellanschiffchen aus dem Glasrohr heraus, und bringt sie in ein weites Porzellanrohr, an das man eine Vorlage anlegt, und durch welches man einen Strom von reinem trockenem Wasserstoffgas streichen lässt. Man erhitzt bis zur starken Rothgluth; das Chloraluminium-Natrium destillirt und man findet dann in jedem Porzellanschiffchen das Aluminium in eine oder zwei Metallmassen vereinigt. Man wäscht diese mit Wasser, welches etwas Salz und braunes Silicium beseitigt, von der Einwirkung des Natriums und des Aluminiums auf das Porzellan herrührend. Zum Zusammenschmelzen der Aluminiumkörner schmilzt man in einem Porzellanschälchen etwas Chloraluminium-Natrium, und wenn alle Entwicklung von Salzsäure (durch zurückgehaltene Salzsäure veranlasst) aufgehört hat, bringt man das Aluminium hinein und erhitzt bis nahe zum Schmelzpunkte.

des Silbers, wo das Aluminium zu einer Masse zusammenschmilzt. Man giesst das überschüssige Chloraluminium-Natrium ab und erhitzt dann das reducirte Metall in einem bedeckten Porzellantiegel bis zum völligen Verschwinden der Dämpfe von Chloraluminium-Natrium.

Bei Anwendung des Chloraluminiums und seinen Verbindungen mit dem alkalischen Chlormetalle ist einestheils ihre Flüchtigkeit unbequem, anderentheils der Umstand, dass sie leicht Feuchtigkeit anziehen, daher denn der Zutritt der Luft bei Behandlung mit Natrium sorgfältig vermieden werden muss. Dieser Umstand veranlasste Rose, die Anwendung einer Fluorverbindung, welche obige übeln Eigenschaften nicht hat, zu versuchen, und zwar das Fluor-Aluminiumnatrium $3\text{Na F} + \text{Al}_2\text{F}_3$ den Kryolith. *)

H. Rose's Darstellung des Aluminiums aus Kryolith.

Das Fluoraluminium hat grosse Verwandtschaft zu Fluorkalium und Fluornatrium. Damit eignet es sich eben so gut, als Chlor-Aluminiumnatrium; es ist, wie schon angeführt, nicht flüchtig und zieht kein Wasser an, lässt, leicht zerreiblich, sich in das feinste Pulver verwandeln, und bietet somit grosse Vortheile für die Aluminium-Bereitung.

Die Versuche zur Darstellung des Aluminiums wurden von H. Rose in Gemeinschaft mit Weber angestellt, und zwar wurden eiserne Tiegel dazu angewendet von $1\frac{3}{4}$ Zoll Höhe und $1\frac{3}{8}$ Zoll Weite. Das Kryolithpulver wurde schichtweise mit Natriumschnitten in den Tiegel eingestampft und mit einer Chlorkaliumdecke als Flussmittel versehen. Dieses hat das geringste spezifische Gewicht, also kann das Aluminium darin untersinken, das Chlorkalium schmilzt ausserdem

*) Wie schon Eingangs erwähnt, wurde Kryolith unter dem Namen von Mineralsoda in Berlin eingeführt und Probeweise à 40 Pfd. an die Seifensieder abgegeben; es kostete vor einigen Jahren der Ctr. 3 Thlr. Mittelst gebrannten Kalks lässt sich eine thonerdehaltige Natronlauge darstellen, die sehr gut wegen ihres Thonerdehydrats zur Seife geeignet ist. Kryolith mit Aetzkalk und Wasser gekocht, wurde vollständig zersetzt, Fluorkalium gebildet und Natronhydrat, welches Thonerde gelöst enthält.

mit dem Chlornatrium zu einer leichter schmelzbaren Masse zusammen, als dieses für sich allein.

Man nehme eben so viel Chlorkalium als Kryolith und auf 5 Theile Kryolith 3 Theile Natrium. Es wird nun mit der Flamme von Leuchtgas mit atmosphärischer Luft gemengt, unter den Vorkehrungen, wie sie in Laboratorien, wo Leuchtgas der vorhandenen städtischen Gasanstalten als Heizmittel verwendet wird, eine halbe Stunde lang starke Rothgluth unterhalten. Der Tiegel, der eben zu glühen beginnt, wird plötzlich stark glühend, dadurch dass die Zersetzung der Verbindung erfolgt. Man darf dann die Hitze nicht schwächen, sondern muss mit derselben fortfahren. Hört man nach erfolgtem starken Erglühen des Tiegels, nach 5—10 Minuten, auf zu erhitzen, so ist die Ausbeute gering, denn das Aluminium wird pulverförmig erhalten und verbrennt deshalb leicht beim Erkalten des Tiegels; ebenso zeigt sich aber auch, dass nach einer zwei Stunden lang fortgesetzten Erhitzung die Aluminium-Kugeln nicht grösser wurden; man hat vielmehr durch Einwirkung des Chlorkaliums auf das Aluminium einen Verlust. Man erhitzt also genau nur eine halbe Stunde, wobei der Tiegel sorgfältig verschlossen bleibt.

Es zeigt sich die Masse gut geflossen. Nach dem Erkalten bringt man die Masse, so gut es geht, mit einem Meissel aus dem Tiegel, wobei man die Arbeit durch Hammerschläge von aussen unterstützt. Ein Tiegel kann mehrere Schmelzungen aushalten.

Die geschmolzene Masse wird nun in einer Platin- oder Silberschale mit Wasser übergossen; Glas- oder Porzellanschalen würden vom Fluornatrium angegriffen werden; es zeigt nur eine höchst geringe, fast gar keine Gasentwicklung. Die kleine Menge von Wasserstoff hat den üblen Geruch des Gases, welches durch Uebergiessen von Gusseisen mit Salzsäure entsteht. Eine Abscheidung von Kohle rührt von Steinöl her.

Es würde sich Fluornatrium schwer lösen, aber Fluorkalium mildert dessen Schwerlöslichkeit. Nach 12 Stunden sind die Klumpen so weit erweicht, dass man sie in einem Porzellanmörser zerdrücken kann, und es werden nun die

grossen Kugeln des Aluminiums von 0,3 — 0,4 Gramm Gewicht ausgesucht. Rose erhielt neuerdings Kugeln von 0,5 Gramm. Die kleineren Massen werden mit verdünnter Salpetersäure in der Kälte behandelt, wobei die Thonerde nicht gelöst wird, und die Kugeln glänzend werden. Man trocknet hierauf, und entfernt durch Reiben auf seidnem Mouselin die feinen Metallkugeln von Kryolith und Thonerde.

Die durch Stehen in einer grossen Silberschale geklärten Lösungen kann man in einer Platinschale abdampfen, und so das Fluornatrium mit Fluorkalium verunreinigt gewinnen.

Die kleinen Kugeln von Aluminium werden nun vor dem Gebläse unter einer Decke von Chlorkalium zusammengesmolzen; ohne diese Schmelzung vereinigen sie sich nicht, wie dies auch bei Silberkugeln der Fall ist, denn es bildet sich eine fast unsichtbare Oxydhaut. Das Zusammenschmelzen unter einer Chlorkalium-Decke ist immer mit Verlust verbunden; eine Kugel von 3,85 Gramm verlor 0,05 Gramm an Gewicht, wahrscheinlich weil Chloraluminium und Kalium durch Schmelzen sich verflüchtigte; die Kugeln zeigten kleine Vertiefungen, überhaupt eine matte Oberfläche. Diess veranlasste Rose, die Schmelzung nach Deville's Angabe unter einer Decke von Chloraluminium-Natrium vorzunehmen. Letzteres wurde zuerst in einem bedeckten Porzellantiegel geschmolzen, und dann das Aluminium eingetragen, es zeigte sich nicht nur kein Verlust, sondern die Kugeln hatten auch eine vollkommen glatte Oberfläche. *)

*) Bereitung von Chloraluminium-Natrium: In eine Glasröhre von möglichst grossem Durchmesser bringt man ein Gemenge von Thonerde und Kohle, in die grössere Röhre bringt man eine kleinere Glasröhre, welche an beiden Seiten offen ist. Diese ist mit geschmolzenem und gepulvertem Kochsalz gefüllt. Während nun die Stelle, wo das Thonerdegemenge liegt, sehr stark, die, wo das Kochsalz sich befindet, schwächer erhitzt wird, leitet man einen Strom von trockenem Chlorgas von der Seite durch, wo die Thonerdemischung liegt. Das gebildete Chloraluminium wird vom Kochsalz heftig absorbirt, und die ganze Masse des Chloraluminium-Natriums, welches sich hierbei bildet, findet sich in der kleinern Glasröhre. An andern Stellen setzt sich durchaus kein Chloraluminium ab, jedoch ist die Menge des Chloraluminium-Natriums, welches der Thonerde näher liegt, gleichsam concentrirter.

Die Ausbeute an Aluminium war bei derselben Menge des Materials und derselben Behandlung verschieden.

Der ganze Gehalt des Kryoliths (13 Procent) an Aluminium wurde nie gewonnen. Von 10 Gramm Kryolith, zu einer Schmelzung angewandt, war die günstigste Ausbeute 0,8 Gramm Aluminium statt 1,3; indess waren 0,6 und 0,4 Gramm immer noch günstig; oft wurden nur 0,3 erhalten.

Offenbar hängt dieser ungünstige Erfolg von der Erhitzung ab. Je stärker dieselbe ist, desto besser geht die Vereinigung der Kügelchen vor sich; es entsteht kein feines Pulver, welches sich beim nachherigen Erkalten und Auswaschen zu Thonerde oxydirt. Rose erhielt ein Mal nur eine als einzige Kugel von 0,5 Gramm, die ganze Aluminiummasse bei sehr starker Hitze.

Es wurden noch andere Versuche gemacht. 35 Gramm Kryolith, 14 Gramm in Scheiben geschnittenes Natrium wurden mit der entsprechenden Chlorkaliumdecke versehen und in einem Porzellantiegel, der seinerseits wieder in einen Thontiegel gestellt war, in einem gut ziehenden Windofen nur 1 Stunde lang kräftig erhitzt. Es gelang nur 0,135 Gramm Aluminium abzuscheiden; es war hier viel Kryolithpulver der Zersetzung entgangen; je mehr Natrium man anwendet, desto weniger ist dies der Fall. Aber der hohe Preis des Natrium, wenn 4 Theile desselben auf 10 Theile Kryolith genommen werden, machte diese Vermehrung bald unthunlich. Um die Verluste zu vermeiden, wurden noch weitere Versuche von Rose angestellt.

In einem Flintenlaufe wurde Kryolith unter Durchleitung eines Wasserstoffgasstromes erhitzt. Da, wo das Wasserstoffgasrohr einmündete, war Natrium in den Lauf eingeschoben. Als sich das Kryolithpulver in der heftigsten Hitze befand, schob man den Lauf, mit der Stelle wo das Natrium lag, ins Feuer und liess nun, durch Wasserstoffgas fortgetrieben, dessen Dämpfe auf den Kryolith einwirken; den Apparat liess man im Wasserstoffgasstrom erkalten. Die Ausbeute war zufriedenstellend; zwar löste sich das Fluornatrium schwer, und es zeigte sich dabei ein schwarzes Pulver, von Eisen herrührend, dessen Lösung in Salzsäure nur wenig Thonerde zeigte.

Andere Abänderungen der Versuche, gegen den oben angeführten, zeigten sich meist ohne Erfolg. Es wurde Natrium auf den Boden gelegt, darüber Kryolith und dann Chlorkalium oben auf als Flussmittel, aber die Natriumdämpfe entwichen bei stärkerer Erhitzung, was durch Erscheinen einer stark gelben Flamme angezeigt wurde, ohne ihre reducirende Wirkung geäussert zu haben. Diess war nicht der Fall, wenn Kryolith mit Natrium geschichtet war; in diesem Falle geht also der Prozess am besten vor sich.

Es wurde ferner das Kryolithpulver mit einem Theile des Flussmittels des Chlorkaliums gemengt und dann eingeschichtet, aber auch ohne erhebliche Mehrausbeute.

Man wandte statt Chlorkalium trocknes decrepitirtes Kochsalz an, ohne Erfolg; die Hitze musste hier nur noch grösser sein als beim Chlorkalium; man bedeckte die Kryolithmasse, welche mit Natrium geschichtet war, mit Chloraluminium-Natrium ohne Vortheil.

Wenn Tiegel aus feuerfestem, unglasirtem Steinzeug angewandt werden, so ist leicht an einer oder mehreren Stellen durch Einwirkung des Fluornatriums eine Schmelzung zu befürchten, ja selbst gusseiserne Tiegel schmelzen oft bei heftigem Kohlenfeuer.

Deville's Modificationen des Roseschen Verfahrens.

Deville schichtete in einen Porzellantiegel Kryolith, welcher mit etwas trockenem Kochsalz gemengt war, mit Natrium, stellte den ersteren in einem hessischen grösseren Tiegel und unterhielt eine lebhafte Rothgluth bis zum Schmelzen der Masse, es wurde mit einem thönernen Rührer umgerührt. Er liess hierauf erkalten, alles Aluminium fand sich am Boden, zu einem einzigen Regulus vereinigt. Während die Masse flüssig, und selbst noch nachdem die Oberfläche derselben theilweise erstarrt war, entband sich ein Gas, welches die Kruste hob und sich an der Luft entzündete; wahrscheinlich ist dies Phosphorwasserstoffgas, denn die Untersuchung des Kryoliths mit molybdänsaurem Ammoniak wies wirklich Phosphorsäure nach.

Fluorkalium und Fluornatrium, welche die Thonerde auf-

lösen, lassen sich sehr wohl als Flussmittel bei der Aluminium-Bereitung anwenden. Deville versuchte daher bei der Darstellung des Aluminiums als Chloraluminium etwas Fluornatrium zuzusetzen; der Erfolg entsprach seinen Erwartungen, und es wurden auf diese Weise mehrere hundert Gramm sehr reines Aluminium erhalten.

Die Betrachtung der Zusammensetzung des natürlichen Kryoliths führte Deville bald auf die Idee, denselben künstlich darzustellen *). Wenn saures flusssaures Natron und gegläute Thonerde gemengt, in einem Platintiegel erhitzt werden, so entweicht eine geringe Menge Flusssäure, und bei einer nicht hohen Temperatur erhält man eine dünnflüssige wasserklare Masse vom spezifischen Gewicht des natürlichen Kryoliths; es ist also ein künstlicher Kryolith hiermit erhalten.

Ebenso wird Kryolith erhalten, wenn man Thonerde mit Fluornatrium oder Fluorkalium (letzteres im Ueberschuss) mengt, welches mit concentrirter Flusssäure benetzt ist. Die Masse erhitzt sich, sie wird getrocknet geschmolzen und kann nun zur Aluminium-Bereitung benutzt werden. Die, mit Fluorkalium im Ueberschuss, mit Flusssäure benetzt behandelte Thonerde liefert einen Kryolith mit Kalibasis. Sie ist krystallinisch, sehr schmelzbar und lässt sich nachträglich leicht mit Wasser behandeln.

Aus dem natürlichen Kryolith ist die Ausbeute, wie wir bei Rose's Versuchen sahen, gering; aus dem künstlichen Kryolith ist sie jedoch noch geringer, auch ist nach Deville's Erfahrungen das Silicium schwer auszuscheiden bei der Bereitung des Aluminiums aus diesem künstlichen Kryolith.

Auf einem andern Wege als Deville sucht Brunner (Berner Mittheilungen, 1856, Nro. 366.) die künstliche Darstellung eines Fluoraluminiums zur Aluminium-Bereitung. Nach ihm wird reine gegläute Thonerde (siehe deren Bereitung nach Brunner oben) den Dämpfen der Fluorwasserstoffsäure

*) Die Zusammensetzung des natürlichen Kryoliths entspricht der Formel $\text{Al}_2 \text{Fl}_3 + 3 (\text{Na Fl})$ oder auch $\text{Al}_2 \frac{1}{3} \text{Fl}$, Na Fl ; vergleicht man letztere Formel mit der des sauren flusssauren Natrons H Fl Na Fl , so sieht man, dass in diesem Salze nur H durch Al_3 zu ersetzen ist, um Kryolith zu erhalten.

ausgesetzt, es bildet sich Wasser und Fluoraluminium. — Zu dem Ende bringt man die Thonerde in geringen Portionen, z. B. zu 8 Gramm, wenn im Kleinen Versuche gemacht werden sollen, in einen Platintiegel, hängt diesen mittelst eines Eisendraths über einer Spirituslampe oder einem Kohlenfeuer in schiefer Stellung auf, und erhitzt ihn bis zu anfangendem Glühen. Alsdann lässt man die Fluorwasserstoffsäuren-Dämpfe, die aus einer Bleiretorte entwickelt werden, mitten in die Thonerde eindringen, die man, um alle Theile mit dem Gase in Berührung zu bringen, mit einem Platinspatel umrührt.

Da bei dieser Operation das Thonerdepulver nicht merklich sein Ansehen verändert, so muss man an der Gewichtszunahme das Ende der Arbeit durch wiederholte Wägungen der verwandten Thonerdemasse erproben. Der Tiegel mit Inhalt wird also tarirt, und nun so lange der Prozess fortgesetzt, bis das Gewicht von 100 Theilen auf 150 — 163 sich vermehrt hat. Es geht hierbei Al_2O_3 in Al_2F_6 über. Ein richtiger Wärmegrad ist von äusserster Wichtigkeit; eine kaum anfangende Glühhitze scheint am günstigsten; bei zu hoher oder zu niedriger Temperatur entsteht die Verbindung schwieriger; bei grösseren Massen muss fortwährend umgerührt werden. Für 8 Gramm Thonerde dauert der Prozess $1\frac{1}{2}$ Stunde. Es tritt eine Volumvergrösserung der ursprünglichen Thonerde auf das Doppelte ein; besonders zeigt sich diess gegen Ende der Operation.

Um hieraus Aluminium darzustellen, wird Natrium auf einer Unterlage von mehrfach zusammengeschlagenem Fliesspapier von anhängendem Steinöl getrocknet und mit einem Pistill breit gedrückt, so dass eine daraus entstehende Platte fast die Breite des ganzen Tiegels einnimmt, und nun mit Fluoraluminium mit $\frac{1}{2}$ Natrium in einen Tiegel gebracht, fest eingestampft und oben auf $\frac{1}{2}$ Zoll hoch geschmolzenes und pulverisirtes Kochsalz aufgeschüttet und festgedrückt. Mit einem feuerfesten Stein bedeckt kommt nun der Tiegel in einen Gebläse- oder Sefströmschen Ofen. Es wird gute Rothgluth, nicht Weissgluth gegeben. Es entsteht ein Zischen und Krachen, indem die Reduction vor sich geht. Nicht lange lässt man hiernach die Hitze andauern, weil die Tiegel durch

Fluornatrium leicht durchbohrt werden. Man erhitzt höchstens noch einige Minuten nach jenem Geräusch, rührt mit einem thönernen Pfeifenstiel um, wobei das Aluminium in einen Regulus zusammenfließt. Das Feuer wird nun schnell erstickt, indem alle Ofen-Oeffnungen verschlossen werden. Nach vollständigem Erkalten wird der Tiegel in ein Gefäß mit Wasser gelegt; die graue Salzmasse löst sich und kann heraus genommen werden; auf dem Boden findet sich das Aluminium. Die Salzmasse wird geschlämmt, um noch kleinere Aluminiumkugeln, welche sich beim Zerdrücken der Salzmasse im Achatmörser zeigen, zu gewinnen. Das Wasser zum Auflösen der Salzmasse muss öfters erneuert werden, damit die sich bildende Lösung nicht oxydirend auf das Metall einwirke. Ein übelriechendes Wasserstoffgas entwickelt sich beim Schlämmen. Das amorphe Pulver wird nicht berücksichtigt.

Fr. Wöhler's Versuche, aus Kryolith das Aluminium darzustellen.

Es schien Wöhler von praktischem Vortheil zu sein, statt der Eisentiegel gewöhnliche Thontiegel anwenden zu können. Es ist nöthig, den Kryolith recht fein zu reiben und gut zu trocknen. Derselbe wird mit dem gleichen Theile eines Gemenges, welches aus 7 Theilen Chlornatrium und 9 Theilen Chlorkalium, am besten vorher zusammengeschmolzen und feingerieben, vermischt, und diese Masse in abwechselnden Schichten mit Scheiben von Natrium in den Tiegel gefüllt, indem man die einzelnen Lagen stark zusammendrückt; auf 50 Gramm des Salzgemenges nimmt man 8 — 10 Gramm Natrium. Der Tiegel muss vorher stark ausgetrocknet sein; man stellt ihn nun in einen schon vorher geheizten gut ziehenden Windofen, umgibt ihn am besten mit schon glühenden Kohlen und bringt ihn rasch zum vollen Glühen. Im Moment der Reduction vernimmt man, wie schon öfters angegeben, ein Geräusch, und es entweicht Natrium, welches mit Flamme brennt.

Nachdem diess aufgehört hat, giebt man etwa noch $\frac{1}{4}$ Stunde lang gutes Feuer, um die Masse in gehörigen Fluss zu

bringen, und lässt dann den Tiegel erkalten. Beim Zerschlagen findet man gewöhnlich das Aluminium in einem einzigen blanken Regulus, in der Regel mit gestriekt krystallinischer Oberfläche zusammenschmolzen; bisweilen finden sich auch noch einzelne Körner, aber nie so klein, dass sie nicht herausgeschlagen werden könnten. Von 50 Gramm des Gemenges, also von 25 Gramm Kryolith, wurden stets über 1 Gramm schwere Reguli erhalten. Bei Versuchen mit 100 Gramm des Gemenges wogen die Reguli 2,3 — 2,4 Gramm. Das Verbrennen von Natrium schien Wöhler auf eine Verminderung desselben hinzuweisen.

Die oben angegebene Masse ist leicht schmelzbar, sie durchbohrt den Tiegel nicht und das Aluminium ist frei von Silicium. Kleinere Aluminiumkörner werden am besten unter einer Decke von Chlormagnesium in einem Porzellantiegel zusammenschmolzen. Das Salz ist leichter darzustellen, als das Chloraluminiumnatrium und greift das Aluminium nicht an. (Annal. d. Chemie u. Pharmacie. August 1856, S. 255.)

Reduction des Aluminiums durch den galvanischen Strom. Elektrolyse.

Es gelingt nicht, aus wässrigen Lösungen, welche das Aluminium enthalten, durch den galvanischen Strom zu reduciren, wohl aber ist es möglich, dasselbe aus einer Verbindung, welche einen niedrigen Schmelzpunkt von 185° C. hat, dem Chloraluminiumnatrium *), durch Elektrolyse darzustellen; die Methode war zuerst für das Magnesium von Bunsen gezeigt worden.

Deville hielt Chloraluminiumnatrium in einem Porzellantiegel geschmolzen; durch den Deckel ist nahe am Rande

*) Deville stellt diese Verbindung durch Mengen von 2 Theilen Chloraluminium und 1 Theil geschmolzenem gepulvertem Kochsalz in einer Porzellanschale bei etwa 200° C. dar; die Vereinigung geht unter Wärmeentwicklung und Schmelzen vor sich. Für ihre Zusammensetzung fand er:

| | | berechnet entspricht diess: | |
|-----------|------------|-----------------------------|-------|
| Chlor | . . . 73,5 | 4 Cl = | 73,6 |
| Aluminium | . . . 14,5 | 2 Al = | 14,5 |
| Natrium | . . . 12,0 | 1 Na = | 11,9 |
| | 100,0 | | 100,0 |

eine breite, als negativer Pol dienende Platinplatte und durch die Mitte eine poröse Thonzelle gesteckt. Platinplatte und Zelle tauchen in das Aluminium; die Zelle wird gleichfalls mit geschmolzenem Chloraluminium so hoch gefüllt, dass es gleich hoch mit dem ausserhalb befindlichen steht. In dieses wird ein als positiver Pol dienender Cylinder von dichter Kohle eingetaucht. Wenige galvanische Elemente genügen zur Zersetzung des Chloraluminiumnatriums. An dem negativen Pole scheiden sich Aluminium und Chlornatrium aus, in die Zelle muss deshalb öfters gepulvertes und geschmolzenes Chlornatrium zugegeben werden. Man nimmt von Zeit zu Zeit die Platinplatte heraus, lässt sie erkalten und befreit sie nach dem Erkalten rasch von dem darauf entstandenen Ueberzuge von Metall und Salz, und taucht sie wieder ein. Die gesammelten Ueberzüge schmelzt man in einem Porzellantiegel, behandelt die erhaltene Masse mit Wasser, welches viel Chlornatrium auflöst und schmelzt das rückständige graue Metallpulver unter Chloraluminiumnatrium zusammen.

Die bei dieser elektrolytischen Zersetzung sich zuerst abscheidenden Aluminiumschichten sind unrein, Kohle und Silicium haltig.

Darstellung des Kaliums nach der älteren Methode.

Unter den Versuchen, die Leichtmetalle zu reduciren, hat man zuerst die schwierigere Aufgabe gewählt: die Darstellung des Kaliums.

Wie schon oben erwähnt, lässt sich Kali sowohl durch Eisen als durch Kohle bei Weissglühhitze zerlegen; aber das Kalihydrat ist flüchtig. Es handelt sich also darum, ein Kalisalz zu benutzen, welches bei hoher Temperatur nicht verdampft; hierzu würde sich das kohlen saure Kali eignen. Aber das Salz muss noch einer weiteren Bedingung genügen; es darf sich nicht vom Reductionsmittel abscheiden, während es flüssig ist; diess ist leider bei dem gewöhnlichen kohlen sauren Kali der Fall; es schmilzt in der Hitze, und die zur Reduction zugesetzte Kohle schwimmt dann als bedeutend leichter oben auf. Um diese Abscheidung zu verhindern, wird deshalb das kohlen saure Kali angewendet, welches sich bei

der Verbrennung des Weinstein bildet. Glühet man das saure weinsaure Kali, so bildet sich Wasser und Kohlensäure, letztere aber begiebt sich an das Kali, und Kohle, diese aber zieht schwammartig das eben gebildete kohlen saure Kali in sich hinein. Wird diess Kalisalz selbst bis zur Weissgluth erhitzt, so bleibt es doch stets mit Kohle gemengt; zu dieser schon vorhandenen Kohle lässt sich nun noch so viel frische Kohle zumischen, als zur Reduction des Kalium erforderlich ist.

Man glüht also Weinstein in einem bedeckten Tiegel, mit etwas grobkörniger Kohle gemengt, so lange als noch brennbare Gase entweichen; die hierbei entstehende schwarze Masse wird noch warm, etwa mit $\frac{1}{10}$ vom Gewicht des angewandten Weinstein grobgepulverter Kohle, von welcher das feine Pulver abgesiebt ist, gemischt.

Bei der in der Weissglühhitze erfolgenden Reduction tritt das Kalium dampfförmig auf, daher muss man dasselbe in Apparaten, ähnlich dem Kühlapparat der trocknen Destillation abzukühlen suchen.

Die Operation der Erhitzung wird am besten in einer sogenannten Quecksilberflasche (käuflich zu 18 Sgr. zu haben) vorgenommen, dieselbe ist von Schmiedeeisen; die Ausgussöffnung, gewöhnlich mit einer Schraube versehen, lässt man glatt ausbohren, und setzt ein passendes, 3 — 4 Zoll langes eisernes Abzugsrohr ein, welches man, durch Einschmirmeln in die Oeffnung, dicht macht.

Die etwa noch in der Quecksilberflasche vorhandenen Quecksilbertheile werden zuvor durch Ausglühen entfernt, wobei man zur besseren Beseitigung der Quecksilberdämpfe zugleich Luft einbläst.

Da die Erhitzung der Retorte bis zur anhaltenden Weissgluth gesteigert werden muss, so ist eine solche von Gusseisen nicht anwendbar, es muss sogar die Einwirkung des Feuers, selbst bei einer schmiedeeisernen, dadurch für die Oberfläche möglichst unschädlich gemacht werden, dass man dieselbe mit einem schützenden Beschlage überzieht. Man umstrickt daher die Retorte zuerst lose mit Drath und umklebt sie hierauf mit einem Gemenge aus feuerfestem weissen Thon

gepochter Schmelztiigelmasse, welche mit Wasser zu einem Brei geknetet und durch Kuhhaare zusammenhaltbar gemacht worden. Man kann die Retorte indess auch, wie es Donny und Mareska thun, mit einem feuerbeständigen Salze glaziren, mit Borax. Dieses Salz wird auf die Retorte aufgestreut, nachdem sie glühend geworden ist.

Füllung der Retorte.

Das Gemenge aus kohlenurem Kali und Kohle muss frisch bereitet sein, weil es sonst Wasser anzieht. Das Gewicht, welches auf ein Mal für eine grosse Quecksilberflasche zur Füllung genommen wird, kann 1 Pfd. 8 Lth. betragen, erhalten aus $3\frac{1}{2}$ Pfd. Weinstein (der Centner roher Weinstein kostet jetzt 28 Thlr., der gereinigte 45 Thlr.).

Der Ofen. Die Temperatur des Ofens muss zur Weissgluth gebracht werden können, entweder mit Hülfe eines Gebläses, oder durch den Zug einer hohen Esse; damit der Ofen sie ertragen könne, muss derselbe aus feuerfesten Steinen erbaut sein; er hat die Form eines sogenannten Probirofens, wie er auf Eisen- und Silberhütten gebräuchlich ist.

Fig. 5. zeigt den Retortenofen *AA* im Durchschnitt, *bb* ist der Rost, beweglich, *c* der Aschenfall, *d* eine Platte, die oben den Ofen schliesst, sich in Angeln dreht und aufgeklappt werden kann; sie ist von dickem Eisenblech mit umgeschlagenen Rändern, so dass sie sich mit feuerfester Masse ausfütern lässt, wie diess gewöhnlich bei Feuerthüren der Puddelöfen geschieht; die obere Oeffnung dient dazu, um Kohlen aufzugeben. Die Retorte *B* ruht ziemlich hoch, etwa 5—6 Zoll, über dem Roste recht in der Mitte des Ofens auf Chamottesteinen, welche oben ausgehöhlt sind, um der Retorte eine sichere Lage zu geben, doch so, dass dabei dem Feuer die Einwirkung nicht zu sehr geschmälert wird. Mit einem Thonklumpen, damit sie recht fest liege, befestigt man die Retorte noch gegen die Hinterwand des Ofens. *e* ist der Abzug in die Esse *h*.

Das Abzugsrohr *p* ist, wie angegeben, nur kurz, damit es möglichst überall glühend werde, selbst noch ausserhalb des Ofens; dasselbe wird durch eine dicke gusseiserne Platte gesteckt, welche in der Stirnseite des Ofens in einer Aus-

sparung des Mauerwerks eingesetzt werden und befestigt werden kann.

Die Vorlage. Man hat zwei Formen von Vorlagen zum Auffangen des reducirten, sich dampfförmig entwickelnden Kaliums, von denen die ältere aus einem cylinderförmigen kupfernen Kasten, der durch eine Zwischenwand in zwei Abtheilungen getheilt ist, besteht, letztere aus einem flachen, gleichsam zusammengedrückten Cylinder, einem gusseisernen Kasten; letztere Form entspricht offenbar dem Zweck, den er beim Prozess zu erfüllen hat, am besten; allein der Vollständigkeit wegen, und um auf die bei der Destillation des Kalium möglichen Vorkommnisse hinzuweisen, müssen wir doch die erstere alte Form hier darstellen und durch eine Zeichnung *Fig. 6.* erläutern.

Die ältere Vorlage besteht also aus zwei, mehr ovalen als runden Kapseln von hart gelöthetem Kupfer; die untere grössere *M* ist unten geschlossen, oben offen; die kleinere *N* oben geschlossen und unten offen; letztere ist durch eine Scheidewand *o p* in zwei Abtheilungen getheilt. Die Kapseln haben solche Dimensionen, dass sich die kleinere in die grössere einstülpen lässt, wobei sie zugleich mittelst eines dachartigen äusseren Randes *n n* auf der unteren so aufsitzt, dass sie nicht bis zum Boden des Unterkastens einsinken kann. Der Unterkasten wird bis zu $\frac{1}{3}$ mit sauerstofffreiem (nicht kreosothaltigem) rectificirtem Steinöl gefüllt. Um nun namentlich den oberen Kasten kühl zu erhalten, wird ein Drathcylinder auf den dachartigen Rand *n n* aufgesetzt und dieser mit Eis gefüllt, der so entstehende Zwischenraum und der obere Boden des Kastens *N* damit bedeckt; von dem Rande läuft das abthauende Wasser in ein Gefäss ab, in welches der ganze Apparat gestellt ist. An zwei gegenüber liegenden Stellen hat der Oberkasten Löcher mit Kupferrohransätzen; der Richtung entspricht auch eine Öffnung in der Zwischenwand *o p* bei *t*. Das Abzugsrohr der Retorte passt in die Muffe bei *r* sehr genau, was durch theilweises Aufschneiden derselben bis auf eine geringe Tiefe, so dass die Ränder federnd werden, bewirkt werden kann; das Rohr *s* kann durch einen Kork verschlossen werden. Es ist nun aber möglich, auf dem

Wege *r t s* mit einer eisernen Stange, die an ihrer Spitze holzbohrähnlich eingerichtet ist, in das Abzugsrohr bis in die Retorte zu gelangen, um namentlich Stopfungen im Abzugsrohr zu beseitigen.

Ausserdem ist nun noch eine dritte Oeffnung *u* vorhanden, in welche durch einen Kork ein Glasrohr gesteckt wird, so dass entstehende Gase entweichen können. — Der ganze Kühler steht in einer Schale mit kaltem Wasser.

Leitung der Kaliumdestillation.

Es wird zuerst die mit ihrer Füllung versehene Flasche in dem Ofen gut festgelegt, dann angeheizt und die Hitze allmählig gesteigert, wobei der Zug durch den Schieber im Schornstein regulirt werden kann. — Zuerst entweicht noch vorhandene Feuchtigkeit, Quecksilberdämpfe; erst bei Weissglühhitze bilden sich abwechselnd weisse, graue oder schwarze Dämpfe, die entzündlich sind, endlich erscheint der gelbe Dampf des reducirten Kaliums. Jetzt erst wird die Vorlage angelegt. Natürlich ist die Verbindung anfänglich nicht dicht, doch die Fugen verstopfen sich bald durch das zu Kali verbrennende Kalium. Jetzt muss nun auch für eine energische Kühlung gesorgt werden.

Aus KOCO_2 und 2C bildet sich K und 3CO , also Kalium und Kohlenoxydgas.

Es scheint sonach die Darstellung des Kaliums höchst einfach; aber es treten Nebenerscheinungen auf, welche den Prozess höchst verwickelt und die Kaliumdarstellung sogar zu einer gefährlichen Operation machen. Es bildet sich nämlich gleichzeitig mit Kalium eine eigenthümliche Verbindung, das Kohlenoxydkalium. Das durch Reduction frei gewordene Kalium wirkt nämlich bei bestimmten Temperaturen zersetzend auf das Kohlenoxydgas ein, und zwar bei niedriger Temperatur, bei dunkler Rothgluth; es wird aus Kohlenoxyd Sauerstoff abgeschieden, welcher sich mit Kalium zu Kali gebildet, die abgeschiedene Kohle aber absorbirt Kalium, welches mit Kohlenoxyd zu Kohlenoxydkalium sich verbindet. Bei ganz niedriger Temperatur findet diese Einwirkung nicht statt.

Denkt man sich nun die Dämpfe des Kaliums zusammen mit dem Kohlenoxydgase in die Vorlage durch das Abzugs-

rohr eintretend, so durchläuft die Temperatur derselben alle Grade, bis zur vollständigen Abkühlung; es wird also nothwendig auch ein Zeitpunkt eintreten, wo die Bildung des Kohlenoxydkaliums die günstigste Temperatur findet. Wenn das Abzugsrohr lang ist, so kann diess schon in diesem stattfinden. — Durch Kali, Kohle, Kohlenoxydkalium kann das Rohr leicht verstopft werden; dann ist es nothwendig, mit einem langen eisernen, mit einem Holzgriffe versehenen Stabe, welcher vorn bohrartig zugerichtet ist, den Destillationsweg so schnell als möglich frei zu machen. Man darf aber den Zeitpunkt der vollständigen Verstopfung nicht erst abwarten, vielmehr muss man, sobald die Gasentwicklung sparsamer wird, die Röhre reinigen. Ist die Röhre einmal vollständig verstopft, so gelingt das Oeffnen derselben schwer, und wenn es erfolgt, schleudert das bis dahin in der Retorte comprimirt Gas glühende Kalimassen heraus, was gefährliche Brandwunden erzeugen kann. Man muss deshalb die Hand beim Bohren mit einem Handschuh versehen und sich seitwärts stellen.

Im Fall es nun aber gar nicht gelingt, das Rohr wieder zu öffnen, so muss der Prozess sofort unterbrochen werden, was dadurch am bequemsten geschieht, dass man die brennenden Kohlen durch Herunterlassen des Rostes, der für diesen Fall beweglich sein muss, in den Aschenraum fallen lässt.

Ist der Prozess vollendet, was man am Aufhören der Dampfentwicklung aus der Glasröhre — obgleich das Rohr der Retorte kalt aber frei und offen und die Retorte selbst in hoher Gluth ist — bemerkt, so wird die Vorlage vom Rohre abgezogen, wobei man die Lösung durch gelinde Hammerschläge unterstützt. Man verschliesst nun sorgfältig die Oeffnung *r* und *s* und das Glasrohr durch Korke, trocknet die Vorlage sorgfältig ab, und setzt sie eine Weile bei Seite, damit sich die Dämpfe vollständig abkühlen.

Hierauf nimmt man den Obertheil der Vorlage ab, befeuchtet schnell die an seiner Innenseite, wie an der des Untertheils anhängenden Kaliummassen mit Steinöl, kratzt sie ab und bringt sie unter Steinöl.

Sollte sich hierbei das Steinöl noch entzünden, so kann

das Weiterbrennen durch Ueberdecken eines Brettes oder Tuches verhindert werden. Die Vorlage darf aber durchaus nicht längere Zeit, etwa über Nacht stehen bleiben, denn es kann sich dann ereignen, dass eine gefährliche Explosion entsteht, wobei die Kaliummassen mit der grössten Heftigkeit umhergeschleudert werden.

In der Vorlage findet sich das Kalium einestheils in grösseren oder kleineren Kugeln oder Klumpen, andernteils ist es in der schwarzen Masse fein zertheilt, ferner in pulveriger Form die oben erwähnte schwarze Masse, und das aus dem Rohre Ausgebohrte.

Man nimmt mit einer Zange die Kaliumkugeln heraus, spült mit Steinöl die schwarze Masse ab, schlägt das Kalium in Leinwand ein und presst es unter Steinöl, welches man bis auf 60° C. erwärmt hat, wobei das Metall flüssig wird, unter Drücken mit einer andern Zange ab. Man erhält so die bekannten glänzenden Kaliumkugeln. Um das in der schwarzen Masse rückständige Metall zu erhalten, wird dieselbe einer wiederholten Destillation unterworfen. Es geschieht diess wiederum in einer Quecksilberflasche von geringerer Grösse, die mit einem knieförmig gebogenen eisernen Abzugsrohr, einem gebogenen Flintenlauf, versehen ist. Die Flasche wird in einem kleinen Gebläseofen erhitzt. Die schwarze Masse wird mit etwas Steinöl in die Retorte gebracht, und die Vorlage, ein eiserner Mörser, mit etwas Steinöl so untergestellt, dass das Abzugsrohr etwa 5—6 Zoll von derselben entfernt ist. Der Mörser ist mit einer durchlöcherten Eisenblechplatte bedeckt, um einer möglichen Entzündung des Steinöls durch die heiss herabfallenden Kaliumkugeln vorzubeugen. Ueber der Oeffnung der Blechplatte liegt senkrecht die Mündung des Abzugsrohrs. *Fig. 6a.*

Man kann indess auch die Hauptmasse des Kaliums, statt zu koliren, durchzupressen, mit der schwarzen Masse zusammen destilliren, und so rein darstellen.

Die Reinigung durch Destillation muss sogleich nach der Darstellung vorgenommen, die schwarze Masse aber entweder sogleich anderweitig verarbeitet, oder vernichtet werden.

Der schwarze Körper, die Kroken- oder Rhodizinsubstanz.

Sie hat ihren Namen daher erhalten, dass sie mit Wasser übergossen das kroken- oder rhodizinsäure Kali giebt. Sie ist ein höchst gefährlicher Körper, und gerade ihr Auftreten bei der Reduction des Kaliums macht diesen Prozess höchst misslich. Die schwarze Masse besteht aus Kali, Kohle imprägnirt mit Kalium und Kohlenoxydkalium; letzterer Körper lässt sich durch Abschlämmen unter Steinöl gesondert erhalten und ist pulverig. Selbst unter Steinöl aufbewahrt, erhält sie nach einiger Zeit die Eigenschaft, mit äusserster Heftigkeit zu explodiren, wenn sie geritzt oder gerieben wird. Hat die Luft Zutritt, so zeigt sie diese Eigenschaft schon nach einigen Stunden. An die Luft gebracht röthet sie sich und explodirt entweder sogleich oder kurze Zeit darauf. Das rohe Kalium enthält immer Spuren der schwarzen Substanz und wird dadurch mit der Zeit explodirend. Enthält dieselbe möglichst wenig Kalium, so lässt sie sich, ohne zu explodiren, in Wasser lösen. Die Lösung ist anfänglich roth, später gelb, und es bildet sich kroken- oder rhodizinsäures Kali. Hat aber zuvor die Luft darauf eingewirkt, so erfolgt beim Uebergiessen mit Wasser Explosion. Es ist also mit dieser Substanz, namentlich mit dem aus dem Abzugsrohr ausgebohrten Theile, die grösste Vorsicht anzurathen. Sie muss sofort nach Beendigung der Kalium-Destillation, wie schon angegeben, auf die erwähnte Kaliumverbindung verarbeitet, oder dadurch, dass man sie in eine grosse Menge Wasser wirft, unschädlich gemacht werden. Der schwarze Rauch, welcher bei der Destillation des Kaliums entweicht, besteht aus Kohlenoxydkalium; er kann in Woulffschen mit Steinöl gefüllten Flaschen oder in einem langen Glasrohre condensirt werden. Es ist dann aber damit dieselbe Vorsicht wie sonst nöthig. Wöhler erwähnt, dass ein solches, zehn Tage lang verschlossen gewesenes Rohr beim Ausschütten der Substanz in eine trockene Porzellanschale, mit furchtbarem Knalle explodirte und die Schale zertrümmerte.

Ausbeute nach Fleischl.

Aus 36 Unzen Weinsteinkohle (entsprechend 6 Pfd. ro-

hem Weinstein), mit 6 Unzen Kohle gemengt, werden erhalten $9\frac{1}{2}$ Unzen Kalium, also etwa $9\frac{1}{4}$ Procent vom Gewichte des angewandten Weinstains, und fast die Hälfte seines Gehalts an Kalium. Meistens ist jedoch die Ausbeute geringer, wegen Unsicherheit des Prozesses.

Donny und Mareska's verbesserte Darstellungsmethode des Kaliums.

Diese beiden Chemiker bemerkten:

- 1) Die bisherige Vorlage ist ungünstig für die Condensation des dampfförmig mit Kohlenoxydgas auftretenden Kaliums, denn die abkühlende Fläche ist gegen den Inhalt viel zu klein und veranlasst ein längeres Verweilen des Kalium-Dampfes zusammen mit dem Kohlenoxydgase.
- 2) Das Verhältniss der Kohle zu kohlensaurem Kali ist von besonderer Wichtigkeit.
- 3) Die Condensation im Verbindungsrohre ist eine Quelle von Gefahren und Verlusten.

Also muss ad 3. die Kaliumcondensation im Verbindungsrohre möglichst verhütet werden.

ad 2. die Vorlage muss rasch condensiren, um das Kalium dem Einflusse des Kohlenoxydgases zu entziehen.

ad 3. die Mischung der Materialien muss so eingerichtet sein, dass der Kohlenstoff im verkohlten Weinstein, in dem kohlen-sauren Kali, so viel als möglich in dem durch die Theorie angezeigten Verhältnisse vorkommt.

Rohrer Weinstein liefert nach Donny und Mareska eine Mischung mit zu viel Kohle, weisser mit zu wenig, aber zu gleichen Theilen, rother und weisser zusammen, ein gutes Verhältniss.

| | |
|---|-------|
| Das Gemisch enthielt kohlen-saures Kali | 77,0 |
| kohlen-sauren Kalk | 9,5 |
| Kohle | 13,5 |
| | 100,0 |

Ein schlechtes Resultat liefern zwei Mischungen mit rohem Weinstein folgender Zusammensetzung:

| | Nro. I. | Nro. II. |
|---------------------|---------|----------|
| kohlensaures Kali = | 57,5 | 64,7 |
| kohlensaurer Kalk = | 14,5 | 11,8 |
| Kohle = | 28,0 | 23,5 |
| | 100,0 | 100,0 |

ein gutes dagegen eine Mischung von rothem und weissem Weinstein, die Masse zeigte:

| | |
|-------------------|--------|
| kohlensaures Kali | 73,9 |
| kohlensauren Kalk | 10,6 |
| Kohle | 15,6 |
| | 100,0. |

Es muss also der Operation eine Analyse des Gemenges vorhergehen. Die Kohle muss hinreichen, das Metall zu reduciren, und die Koblensäure des kohlensauren Kalks in Kohlenoxyd zu verwandeln.

Ofen, Retorte und Vorlage.

Abweichend von dem früher (*Fig. 5.*) angegebenen Ofen, ist dieser *Fig. 7.*, in der Mitte weiter als oben und unten, 14 Zoll. Die Tiefe ist dieser Breite gleich. Die Höhe über dem Roste beträgt $1\frac{1}{2}$ Fuss. Vorn am Ofen befindet sich in einer Oeffnung ein Eisenring von 5 Zoll Durchmesser, und in diesen passt eine Platte von Gusseisen, welche mit einer Oeffnung versehen, das Abzugsrohr durchgehen lässt. Der Rost besteht aus fünf eisernen, beweglichen Stäben von 11 Linien Dicke, welche 10 Linien Zwischenraum lassen. Die Retorte ist die schon erwähnte schmiedeeiserne Quecksilberflasche, ihr Abzugsrohr ist 4 Zoll lang.

Vorlage. Es ist diess eine flache viereckige Büchse von 2 Linien dickem Eisenblech, an einer Seite offen, an der andern in einen Hals zusammen gezogen. Der Kasten ist 11 Zoll lang, $4\frac{1}{2}$ Zoll breit und $2\frac{1}{4}$ Zoll im Lichten. Der Hals, in welchen das Abzugsrohr genau passt, ist $4\frac{1}{2}$ Linien lang. Der obere Deckel des Kastens ist beweglich, abnehmbar, und wird bei der Operation mit Klemmschrauben dicht aufgeschoben. Die Figuren 8, 9, 10 dienen zur Erläuterung. *A* Unterkasten. *B* Oberplatte. *C* der ganze Kasten.

Gang der Operation.

Herstellung der Weinsteinkohle. Ein Gemenge von rohem

und gereinigtem Weinstein, im richtigen Verhältniss der Bestandtheile, wird in einem eisernen Tiegel verkohlt. Der Deckel ist mit einer Oeffnung zum Abziehen der Dämpfe und Gase versehen. Die Masse sinkt bei der Verkohlung zusammen, aber man darf sie nicht zusammendrücken und muss einfach nachfüllen; so bleibt die Masse porös, schwammig und zusammenhängend. Der Tiegel wird hierauf aus dem Feuer genommen, mit befeuchteten Tüchern umschlagen, um eine schnelle Abkühlung zu bewirken und die Bildung von Cyankalium zu verhindern, welche nachträglich eine Verstopfung der Destillationsröhre veranlassen könnte.

Hierauf wird die Masse in haselnussgrosse Stücke getheilt, nicht pulverisirt und ohne weiteren Zusatz von Kohle in die Retorte gebracht. 800 — 900 Gramm, also beinahe 2 Pfd. werden zur Beschickung genommen.

Die Retorte wird im Ofen durch zwei feuerfeste Steine gestützt, welche so zugehauen sind, dass sie die Feuerwirkung auf die Retorte möglichst wenig beeinträchtigen. Damit die Retorte fest liege, wird sie mittelst eines Thonballens an der Hinterseite des Ofens festgedrückt. Das Abzugsrohr darf nur 1 Linie weit aus dem Ofen hervorragen.

Langsam und allmählig erhitzt man nun den Ofen, damit er sich allmählig erwärme. Man giebt abwechselnd Lagen von angebrannten und kalten Holzkohlen und Kohks auf, und lässt das Feuer gleichmässig auf alle Theile der Retorte einwirken. Nachdem sie dunkelrothglühend geworden ist, befreit man ihren oberen Theil von den glühenden Kohlen, und streut gepulverten und geglühten Borax auf. Derselbe fliesst an ihren Seiten herab und überzieht sie auch unterhalb mit einer schützenden Glasurdecke. Hierauf wird wieder frisches Brennmaterial aufgegeben, und das Feuer mit Kohks allein dermassen erhalten, dass die Retorte überall von glühenden Kohlen bedeckt bleibt, und keine kalte Luft dazu kann.

Jetzt entweicht das noch in der Quecksilberflasche enthaltene Quecksilber; hierauf folgen bei zunehmender Hitze Gase mit blauer Flamme brennend, die immer heller wird, zuletzt wird sie von reichlichem weissen Rauche begleitet, von sich verflüchtigendem Kali. Ein Eisenstab, jetzt in das Abzugsrohr

eingeführt, beschlägt mit Kalium, und im Innern der Retorte wird der grüne Dampf des Kaliums bemerkt.

Diese Erscheinung zeigt sich bei eintretender Weissgluth der Retorte meist nach $1\frac{1}{2}$ – 2stündigem Feuer.

Jetzt wird die Vorlage angefügt, mittelst Schrauben auf einer dauerhaften Unterlage befestigt, und mit befeuchteten Tüchern kalt gehalten. Es erscheint sofort eine Flamme am vordern offenen Ende derselben, aber dieselbe enthält nicht viel weissen Rauch (Dampf von regenerirtem Kali), grösstentheils erscheint Kohlenoxydgas. Ist das Feuer zu schwach, verstopft sich die Vorlage, so verschwindet natürlich die Flamme oder wird schwächer. Man muss dann mit dem Krätzer, Bohrer einfahren und gleichzeitig die Hitze im Ofen verstärken. Den Bohrer kann man übrigens gleich von Anfang an in die Vorlage bringen und darin lassen, indem man ihn hin und wieder durch das Rohr stösst.

Bei gehöriger Umsicht geht der Prozess regelmässig und ohne Störung vor sich. Nach einer halben Stunde seit dem Zeitpunkte, wo die Entwicklung anfängt, hat sich alles Kalium in der Vorlage gesammelt, und gewöhnlich fasst eine einzige Vorlage die ganze Menge. Dringt der Bohrer etwa nicht durch die Vorlage, so nimmt man die ganze Vorlage weg und setzt eine andere an. Die Verstopfung findet nämlich nicht im Rohre, sondern stets in der Vorlage statt, und hat hier nichts zu bedeuten. Das Rohr hat die Temperatur des Ofens, so dass sich hier nichts absetzen kann, nach dem Abnehmen der Vorlage ist keine Gefahr vorhanden.

Dass die flachen Vorlagen das Kalium dem Einflusse des Kohlenoxydgases entziehen, ist schon oben angeführt.

Die nach beendigtem Prozesse mit Kalium gefüllte Vorlage wird abgenommen und in ein metallenes Gefäss mit Steinöl gebracht. Fängt das Oel Feuer, so dämpft man es leicht durch Ueberlegen eines Deckels. Ist die Vorlage hinlänglich erkaltet, so nimmt man sie heraus, schraubt die Oberplatte ab, schlägt das Kalium mit einem Meissel heraus, und bringt es in mit Steinöl gefüllte Flaschen.

Die Ausbeute von 800 – 900 Gramm (nicht ganz 2 Pfd.)

Weinsteinkohle beträgt 200 — 250 Gramm, fast $\frac{1}{2}$ Pfd. Kalium, als Minimum 150 Gramm.

Rectification des rohen Kaliums durch wiederholte Destillation.

Bald nach der Darstellung des rohen Kaliums muss die Reinigung desselben vorgenommen werden, um die detonirende schwarze Substanz abzuscheiden.

Es wird hierzu der frühere Ofen und eine Quecksilberflasche als Retorte angewendet. Um das rückständige Quecksilber heraus zu schaffen, leitet man in dieselbe im glühenden Zustande trocknes Wasserstoffgas hinein. — Eine solche Retorte kann 500—600 Gramm (über 1 Pfd.) Kalium aufnehmen. Sie wird mit einem gebogenen Eisenrohr (Flintenlauf) von 10 Zoll Länge versehen. Das Rohr ragt etwa $3\frac{3}{4}$ Zoll aus dem Ofen heraus. Im Uebrigen ist die Retorte nebst Zubehör aufgestellt, wie die *Fig. 11.* veranschaulicht.

Bei beginnender Destillation verflüchtigt sich zunächst das dem Kalium anhängende Steinöl; man fängt diess in einer Glasvorlage auf. Sobald diess aufhört, wird eine besondere Vorlage für das Kalium angelegt. Es ist diess eine kupferne Büchse von parallelepipedischer Form, 10 Zoll hoch, $3\frac{3}{4}$ Zoll breit und 7 Zoll lang, mit einem Deckel versehen. In den schmalen Seiten sind schräg gegenüber Oeffnungen und Rohransätze angebracht, in deren einen der schräg abwärts liegende Flintenlauf passt; durch die andere Oeffnung kann man mit einer Eisenstange (Bohrer) durch den Kasten hindurch in das Rohr des Flintenlaufs gelangen. Die letztere Oeffnung ist stopfbüchsenartig ausgefütert, so dass der Eisenstab, welcher zur Beseitigung etwaiger Verstopfungen des Abzugsrohrs hier durchgeht, sich dicht darin bewegt.

Die Vorlage wird mit etwa $1\frac{1}{2}$ Liter, also etwa zu $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe mit Steinöl gefüllt, gehörig befestigt und nur die Retorte allmählig zum Dunkelrothglühen gebracht. Vor Beginn der Destillation ist der Theil des Rohrs, welcher im Ofen liegt, einer ziemlich hohen Temperatur ausgesetzt, während der andere, ausserhalb befindliche, fast kalt ist; letzterer muss daher durch eine Spiritusflamme stark bis dicht an den Kasten

erhitzt werden, um keine Störungen im Gange der Destillation durch sich condensirendes Kalium zu erzeugen. So tropft das Kalium ruhig in die Vorlage herab. — Ist die Destillation im Gange, so glüht der Flintenlauf auch ausserhalb in einer Länge von 3 Zoll; dann ist eine weitere Erhitzung desselben sogar unzweckmässig; man muss dann sogar die Vorlage durch nasse Tücher abzukühlen suchen. Glühet das Rohr bis zur Vorlage, so muss die Destillation gemässigt werden; man kühlt auch das Abzugsrohr, und entblöst die Retorte im Ofen etwas von den glühenden Kohlen. Glühet dagegen das Rohr nicht, so muss das Feuer verstärkt werden; man muss mit dem Eisenstabe im Rohre Luft machen, weil sich dann leicht das Kalium darin verdichtet.

Das Ende der Destillation wird dadurch angezeigt, dass die Retorte bei vollständigem Glühen sich befindet, das ausserhalb befindliche Rohr dabei offen, aber kalt ist.

Das Kalium findet sich jetzt in der Vorlage in vollkommen glänzenden metallischen Kugeln. Man erhält davon etwa $\frac{2}{3}$ der rohen Kaliummasse. War letztere sehr unrein, so entwickeln sich gegen Ende der Destillation brennbare Gase, und diesen muss man einen Ausweg durch die Stopfbüchse oder durch ein besonderes angebrachtes Rohr verschaffen. Der Rückstand in der Retorte ist eine schwammige Kohle, welche alles Kali enthält. Das Rohr, mit etwas detonirendem Kali gefüllt, wird in Wasser geworfen.

Eigenschaften des Kaliums.

Das Kalium ist bei gewöhnlicher Temperatur starr, aber weich und lässt sich wie Wachs zwischen den Fingern kneten.

Das feste Kalium zeigt sich auf frischer Schnittfläche silberweiss, mit einem Stich ins Bläuliche, stark glänzend, es läuft aber an der Luft schnell an, sich mit einer Oxydhaut bedeckend. Bei 0 Grad ist es spröde und seine Krystallform scheint der Würfel zu sein, bei + 25° C. ist es halbflüssig, bei 55° C. vollkommen flüssig wie Quecksilber; bei schwacher Rothgluth kocht es und lässt sich destilliren, sein Dampf ist schön grün. Sein spez. Gewicht bei + 15° C. ist = 0,865.

Natrium-Darstellung im Kleinen nach Deville.

1. *Materialien.* Zur Natrium-Darstellung dient ein Gemenge aus kohlensaurem Natron, Kreide und Kohle, aus welchem, in schmiedeeisernen Gefässen erhitzt, das Natrium reducirt und in einer Vorlage aufgefangen wird.

Deville hält für die beste Mischung:

kohlensaures Natron 30 Theile

Steinkohle 13 „

Kreide 3 „

Das kohlen saure Natron wird aus dem krystallisirten Salze durch Calcination (Entwässerung) erhalten und, noch warm, fein zerrieben. Ebenso wird auch die Steinkohle und die Kreide pulverisirt und getrocknet. Eine Steinkohle, welche stark gashaltig ist, also mit langer Flamme brennt, ist vortheilhaft; sie wirkt nicht allein reducirend chemisch, sondern auch mechanisch, indem durch ihre Gase ölbildendes Gas und freies Wasserstoff-Gas, die gebildeten Natriumdämpfe rasch aus der Retorte fortgetrieben und der schädlichen Einwirkung des Kohlenoxydgases entzogen werden.

Das Gemenge muss eine solche Zusammensetzung haben, dass es beim Schmelzen nur teigig flüssig, nicht völlig flüssig wird, weil sonst eine Absonderung der Kohle eintritt, und damit ihre Wirkung auf das Natron aufgehoben wird. Daher eignet sich das sogenannte Sodalz (sel de soude) nicht. (Deville benutzte die Steinkohle von Charleroi und eine Kreide von Meudon.)

Die Stoffe werden, jeder einzeln, pulverisirt und gesiebt, dann mit der Hand gemischt und wieder durch ein Sieb geschlagen; es muss nun das Gemenge bald verbraucht werden, damit es nicht Wasser anziehe. Um dies letztere zu verhindern, scheint es vortheilhaft, das Gemenge vorher zu calciniren, weil dasselbe dadurch dichter wird, auf diese Weise davon mehr in die Retorte hineingeht, und somit mehr Natrium mit einem Male in einer Destillation erhalten wird.

2. *Die Retorten* sind die gewöhnlichen grossen Quecksilberflaschen, welche gross genug sind, um 4 Pfd. der gewöhnlichen Masse, von einem bis zum Teigigwerden calcinirten

Gemenge dagegen sogar 7 Pfd. Der Preis der Quecksilberflaschen betrug früher $\frac{1}{2}$ —1 Franc, also 4—8 Sgr.; jetzt von den Goldsuchern in Californien vielfach begehrt, ist ihr Preis auf $2\frac{1}{2}$ —3 Francs, also 20—25 Sgr. gestiegen. Arbeitet man übrigens vorsichtig mit den Retorten, so dass eine Flasche 3—4 Mal benutzt werden kann, so lässt sich das Natrium sehr billig herstellen. Deville erhielt so das Kilogramm (2 Pfd.) mit einem Kostenbetrage von 9 Francs 25 Cent., also das Pfd. etwa für 1 Thlr. 15 Sgr.

3. *Fabrikation des Natrium in Quecksilberflaschen.* Die Apparate bestehen, wie bei der Kalium-Darstellung, aus dem Ofen, der Retorte, dem Abzugsrohr und der Vorlage. Der in Fig. 12. abgebildete Ofen ist im Durchschnitte gezeichnet.

Der Feuerraum *C* ist viereckig, mit feuerfesten Steinen ausgesetzt und steht mit einer gutziehenden Esse in Verbindung, deren Zug durch einen Schieber *p* regulirt wird. Der Rost, aus eisernen beweglichen, also wegnehmbaren Stäben bestehend. Der Abzugskanal *q* geht von der oberen Mitte des Ofens aus, um nicht einen einseitigen Feuerzug im Innern zu bewirken. Auf beiden Seiten des Ofens ist oben bei *O* eine Oeffnung zum Aufgeben des Brennmaterials angebracht. Diese Oeffnungen (leicht hergestellt durch Aussparung von ein Paar Steinen der Ofenmauern) werden durch Brennmaterialschüttung gesperrt.

In einer Höhe von $3\frac{3}{4}$ Zoll über dem Roste hat die Ofenwand eine Oeffnung *x*, um eine Eisenstange einbringen zu können, und mit derselben das gleichmässige Niedersinken des Brennmaterials zu reguliren, damit die Retorte stets genau mit den glühenden Kohlen in Berührung bleibe und keine hohlen Räume entstehen. An der Vorderseite hat der Ofen ferner eine quadratische Oeffnung, die mit einer gusseisernen Platte geschlossen wird, in welcher letzteren sich ein Loch befindet, durch welches das Abzugsrohr der Retorte hindurch geht.

Die Retorte, eine Quecksilberflasche, liegt auf zwei feuerfesten Steinen, die ausgehöhlt sind, damit die Retorte eine feste Lage darin finde. Die Steine müssen $7\frac{1}{2}$ Zoll hoch sein. Da Steine im Handel von solcher Höhe und entsprechender Breite nicht zu bekommen sind, so wird man sich dieselben

wohl aus feuerfestem Thon und gepulverter Charnottmasse selbst anfertigen, trocknen und brennen müssen.

Der Raum zwischen Retorte und Ofenwand beträgt $4\frac{1}{2}$ Zoll, doch kann bei guten Kohks und gehörigem Zuge der Feuerraum enger sein.

Das Abzugsrohr für die Retorte ist ein Stück Flintenlauf von $2\frac{3}{4}$ — 3 Zoll Länge, welcher in den Hals der ersteren eingeschliffen und kaum $\frac{1}{2}$ Zoll aus der vorderen Platte des Ofens herausragt. Das vorstehende Ende ist konisch, damit es gut in die Vorlage passt.

Die Vorlage hat im Allgemeinen die Form von der, von Donny und Mareska für die Kalium-Destillation angewandten, mit wenigen Abänderungen. Um sie herzustellen, nimmt man zwei Platten von 1 — $1\frac{1}{2}$ Linie starkem Eisenblech und schneidet sie in der durch *Fig. 13.* angedeuteten Gestalt; die eine von ihnen *A* bleibt oben mit Ausnahme des Endes bei *C*, wo man durch Hämmern über einem Dorne einen halbcylindrischen Hals von 25 Millimeter (1 Zoll und 2 Linien) Durchmesser gestaltet, welcher mit der Platte *B* durch eine möglichst schmale konische Fläche zusammenhängt, so dass, wenn man beide Platten zusammenlegt, bei *D* eine cylindrische Fläche entsteht, die als die Halsöffnung eines schmalen parallelepipedischen Kastens anzusehen ist. *Fig. 14 a, b* zeigt den Durchschnitt senkrecht gegen die Ebene der beiden Platten. Um den hohlen Raum zwischen beiden Platten zu erhalten, werden die Ränder der zweiten Platte *B* rechtwinklich aufwärts gebogen, so dass sie einen 3 Linien hohen Rand bilden. Dieser Rand, so wie die entsprechende Deckplatte *A'* werden genau plan gefeilt, und auf einander geschliffen, so dass beide genau auf einander passen; bei *DD'* bleibt der Kasten offen.

Eine wenig veränderte Vorlage zeigt *Fig. 15.* Man benutzt sie für den Fall, dass sich die Vorlage vollständig mit Natrium füllen soll. Sie ist auch an der Hinterseite, bis auf eine Oeffnung *O*, zum Entweichen der Gase bestimmt, geschlossen.

Für die beste Retorte hält Deville eine solche, bei der die untere Fläche *J Fig. 16.* geneigt ist, so dass das Natrium

durch die Oeffnung *O'* ausfliessen muss, während die Gase durch die Oeffnung *O* entweichen können. Die Verbindung der Kastenhälften wird durch zwei kräftige Klemmschrauben bewirkt.

Gang der Operation.

Zunächst wird der Ofen bis zur Oberkante der Tragsteine *KK* mit glühenden Kohlen gefüllt, die Retorte wird mit der angegebenen Mischung beschickt, und auf die Steine durch die Oeffnung *U* eingelegt. Die Schlussplatte *VV* über das Abzugsrohr geschoben, in ihrer viereckigen Fassung befestigt und dicht gemacht. Darauf wird der übrige Raum des Ofens mit kalten Kohks ausgeschüttet, der Schieber ganz geöffnet und Zug gegeben. Sehr bald entweicht Gas aus dem Abzugsrohre der Retorte, welches mit gelber Flamme brennt; nach Verlauf von einer halben Stunde folgt ein weisser Rauch von kohlen saurem Natron, welches, wie bekannt, flüchtig ist. Man untersucht nun, ob sich bereits Natrium-Dämpfe entwickeln. Zu dem Ende fährt man mit einer kalten Eisenstange in das Rohr *T*; sobald sich an dem Stabe Natrium niederschlägt, welches herausgezogen an der Luft verbrennt, wird die Vorlage angelegt. Während nun bei guter Entwicklung die Vorlage hinlänglich erhitzt ist, fliesst das Natrium nach *D* hin. Es tropft nun auch bald herab und wird in einem gusseisernen Mörser *L* aufgefangen, in welchen etwa 1 Zoll hoch rectificirtes Schieferöl eingegeben ist. Sobald man bemerkt, dass die Vorlage stark angefüllt ist, und sich verstopfen will, nimmt man sie ab und ersetzt sie durch eine neue, die jedoch zuvor auf 200—300° C. erwärmt sein muss.

Bei Anwendung geschlossener Vorlagen wartet man bis zu dem Zeitpunkte, wo das Natrium bei *O* auszufließen beginnt, trennt sie von der Retorte und bringt sie in einen gusseisernen Kasten, in welchem sich gereinigtes, bis auf 150 Grad C. erhitztes Schieferöl befindet. Das Natrium fliesst dann aus der Vorlage aus, sammelt sich auf dem Boden des Gefässes und kann später, erkaltet, mit einem Sieblöffel herausgenommen werden. Da das Oel im Kasten durch die fortwährend eingetauchten heissen Vorlagen in der gehörigen Temperatur erhalten, bald aber bis zur Entzündung erhitzt wird,

so muss man durch Ueberdecken die ausbrechende Flamme ersticken, was ohne Gefahr leicht geschieht.

Sollte schon vor, oder bei dem Eintauchen der Vorlage Natrium aus derselben ausfliessen, so hat diess nichts auf sich, da sich das Natrium bei Berührung mit der Luft nicht entzündet.

Bei gutem Gange der Operation bekommt man sogleich reines Natrium-Metall, oft Massen von 100 Gramm (fast $\frac{1}{4}$ Pfd.), welches man nur noch unter einer dünnen Schicht Schieferöl zu schmelzen und letzteres, nachdem das Metall flüssig geworden, zu decantiren hat.

Es erscheint der bei der Kalium-Bereitung so unbequeme und gefährliche schwarze Körper hierbei nicht, und die Natrium-Bereitung hat hierdurch entschiedene Vortheile vor jener voraus.

Soll eine schon gebrauchte Vorlage von Neuem angewendet werden, so muss sie zuvor gereinigt sein. Diess geschieht, indem man die beiden Plattenhälften derselben mittelst eines eisernen Rahmens über einen Behälter, welcher einige Zoll hoch Schieferöl enthält, anbringt, und dann das Natrium mit Hülfe eines an einem hölzernen Stiel befindlichen Meissels abschabt.

Die von den Platten abgeschabte Masse wird, nachdem sich eine gewisse Menge gesammelt hat, aus einer kleinern eisernen Quecksilberflasche destillirt. Zuerst wird das anhängende Steinöl in eine Vorlage von Glas abgetrieben, dann die gewöhnliche Vorlage, der flache Kasten, angelegt, nachdem das Feuer verstärkt war. Die Arbeit ist sehr lohnend und liefert viel Natrium.

Das Natrium wird, nachdem es unter einer dünnen Schieferölschicht geschmolzen und decantirt ist, in eiserne Zainformen zu Stäben gegossen. Man muss sich nur vor Wasser hüten, dann sind keine Gefahren zu befürchten. Das rohe Natrium ist vollkommen rein und bedarf keiner wiederholten Destillation.

Die Reduction des Natriums muss rasch betrieben werden; nach Deville soll eine mit 2 Kilogramm gefüllte Flasche in zwei Stunden erhitzt und abdestillirt sein. — Sobald

die aus der Vorlage tretende Flamme klein wird, hört man mit der Erhitzung auf, um nicht unnöthigerweise die Flaschen zu verbrennen, die bei guter Leitung der Operation ohne Ueberzug 3 — 4 Mal aushalten können. Die Reduction des kohlsauren Natrons durch Kohle erfordert keine so hohe Temperatur, als man bisher annahm, da es sich gezeigt hat, dass die Retorten nicht stärker als die Destillationsröhren der Zinköfen zu glühen brauchen. Die Reductionshitze ist je nach der Beschaffenheit des Gemenges und des kohlsauren Natrons verschieden. Rückstand ist Kohle und Kalk. *)

Eigenschaften des Natriums.

Das Natrium ist bei gewöhnlicher Temperatur 15° C. weich, mit den Fingern zusammendrückbar, bei 60° C. knetbar wie Wachs, bei + 90° schmilzt es, und bei Rothglühhitze verdampft es in farblosen Dämpfen. Sein spez. Gewicht ist bei + 15° C. = 0,972. Auf der frischen Schnittfläche ist es silberweiss und stark glänzend, läuft aber wie das Kalium leicht an, sich mit einer dünnen Oxydhaut bedeckend; es oxydirt sich in der Luft nicht so leicht als Kalium. Fast zum Glühen erhitzt, entzündet es sich und brennt mit gelber Flamme. In der Kraft, das Wasser zu zersetzen, steht es dem Kalium nach, denn es entzündet sich nicht, wenn es auf Wasser geworfen wird; es entzündet sich nur, wenn das Wasser über + 60° C. erwärmt ist, oder wenn man die Natriummasse zwingt, auf einer Stelle des Wassers zu verweilen, was durch Zähmachen der Flüssigkeitsfläche, indem man Traganth darin auflöst oder Fliesspapier auflegt, geschieht.

Continuirliche Fabrikation des Natriums in Cylindern, nach Deville.

1. *Der Ofen.* Der von Deville angewandte Ofen ist für zwei lange schmiedeeiserne Retorten bestimmt; er bemerkt über seine Construction, dass er mit ihr noch nicht zufrieden sei, dass er selbst abrathen müsse, ihn ohne erhebliche Abänderungen so zu construiren, wie er ihn in der von uns wie-

*) Die Gebrüder Rousseau stellen das Natrium fabrikmässig dar. Niederlage Rue de l'école de médecine zu Paris.

dergegebenen Skizze angegeben hat, indem die Feuerung weder ganz zweckmässig, noch ökonomisch sei.

In der *Fig. 17.* ist der Devillesche Ofen abgebildet; er hat die Form eines Flammofens, wie er sonst zum Eisenpuddel-Betriebe angewandt zu werden pflegt, jedoch ist hier der Feuerraum ganz mit Kohks und Steinkohlen angefüllt; der eigentliche Arbeitsplatz, wo die Retorten ihre Hitze empfangen, der Herd, wird eigentlich nur nebenher benutzt, zur Calcination der Materialien, welche hier in thönernen Töpfen aufgestellt werden können; ferner nimmt er die Tiegel der mit Schlacke gemengten rohen Aluminiummassen auf (siehe weiter unten die Aluminium-Darstellung).

Der Rost sowohl als der Feuerraum ist durch eine 40—50 Centimeter, 15—18 Zoll, hohe Mauer aus feuerfesten Steinen, auf welcher der mittlere Theil des Reductionscylinders ruht, in zwei gleiche Theile getheilt; also hat man damit eigentlich zwei Oefen, welche durch diese Mauer getrennt sind. Dieselben werden durch seitliche Oefnungen *K* mit Brennmaterial besetzt und mit demselben bis oben hin gefüllt. Auf einer Tafel *M* wird dasselbe angehäuft. Zwischen Ofenwand und Cylindern ist demnach ein Zwischenraum von etwa 30 Centimeter (11 Zoll) für das Brennmaterial, ein Raum, der unzureichend ist, um mit blosser Steinkohle die gehörige Hitze zu geben, daher denn von Deville gleiche Theile Kohks und Steinkohle angewandt werden. Eine Feuerbrücke *A*, etwas höher als die Oberseite der Cylinder, trennt den eigentlichen Ofen vom Herde. Durch diese und durch das über ersteren gesprengte Gewölbe *V* bekommt die Flamme eine aufsteigende Richtung und wird gezwungen, die Cylinder zu umspülen.

Die Hitze im Nebenofen, d. h. im Herde dieses Flammofens, steigt offenbar, wenn der Ofen 24 Stunden im Betriebe ist, bis zur Kirschrothgluth, so dass, wenn man hier die Reductionscylinder angebracht, auch vielleicht noch die genügende Hitze erhalten wäre.

2. *Die Reductionscylinder.* Die von Deville benutzten Retorten waren schmiedeeiserne hohle Cylinder, geschweisst und gezogen (aus der Fabrik von Gandillot), von etwa

4 Fuss Länge, $5\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser im Lichten und einer Wandstärke von 4—5 Linien, an einem Ende offen, am andern geschlossen. Die eiserne Platte *P*, welche die offene Seite an einem Ende schliesst, ist $\frac{3}{4}$ Zoll stark. In die Bodenfläche des geschlossenen Endes ist excentrisch, dicht an der Cylinderwand, ein Loch gebohrt und in dieses wird das Abzugsrohr genau eingesetzt (eingeschmiregelt). Das Abzugsrohr ist nur $2\frac{1}{2}$ Zoll lang und $\frac{3}{4}$ Zoll weit im Lichten. Das Ende tritt konisch in den Hals der Vorlage. Die andere Oeffnung der Retorte, durch welche das Material eingebracht wird, ist durch einen mit einer Handhabe versehenen, gut passenden Deckel *O*, der konisch in das Rohr eingreift, geschlossen.

Schutz der Retorten. Es ist nun zunächst nöthig, diese kostspieligen eisernen Retorten vor der heftigen Einwirkung des Feuers zu schützen. Diess geschieht durch Ueberziehen derselben mit einer Schicht von feuerfestem Thon, Töpferlehm, Kuhhaaren und Sand, welche Masse durch eine Bestricung mit Eisendrath darauf haltbar gemacht wird. So vorgerichtet wird sie in ein weiteres Rohr, von feuerfestem gebranntem Thon, von derselben Länge wie die Retorte, von $1\frac{1}{2}$ Zoll Wanddicke und circa 8 Zoll lichtem Durchmesser, eingeschoben und der Zwischenraum mit Charmottemasse ausgefüllt und letztere festgestampft. Ebenso wird auch die Eisenplatte *P* mit Thon überzogen, damit sie nirgends der freien Flamme ausgesetzt ist.

3. *Die Füllung der Cylinder.* Diese bewirkt Deville auf eine höchst sinnreiche Weise. Er füllt das Gemenge von Kreide, Soda und Kohle in dem oben angegebenen Verhältnisse in papierne Patronen und schiebt diese in die Retorten. Es liegt auf der Hand, dass man auf diese Weise und dadurch, dass man das Gemenge calcinirt anwendet, die grösste Masse einbringen kann; sonst nur 20, so aber 40 Pfd. auf ein Mal.

Man verschliesst nun die Retorten durch den Deckel *O*, welcher leicht hineingehen muss, um sich nachträglich leichter wieder wegnehmen zu lassen. Die Fuge verstreicht man nöthigenfalls mit Thon.

Nach beendeter Reduction, nach circa 4 Stunden, spritzt

man etwas Wasser auf den Deckel; hierdurch lässt er sich leichter abnehmen, und man findet nun nach beendetem Prozess die eingelegten Patronen in ihrer ursprünglichen Gestalt, ein Beweis, dass die Massen nicht in Fluss gekommen sind; nur sind sie bedeutend geschwunden, um $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{8}$ ihres Durchmessers. Der Rückstand ist schwammig, und enthält nur noch sehr wenig unzersetztes kohlensaures Natron, daher wird derselbe, um diess zu gewinnen, ausgelaut.

Damit das Rohr *L* sich nicht durch Staub verunreinige, wird beim Oeffnen der Retorte ein Eisenstab eingeschoben, nach beendeter frischer Beschickung wird derselbe wieder herausgezogen.

Das Einbringen der Patronen geschieht mit einer halbcylindrischen Schaufel; mit einer eisernen Krücke werden sie an ihre Stelle geschoben. — Der Sodastaub ist nur bei nicht calcinirtem Gemenge und bei plötzlicher Erhitzung den Arbeitern unbequem. Die Cylinder werden mit ihrem Deckel wieder geschlossen und, wenn die Natriumdämpfe zu erscheinen beginnen, die Vorlage angelegt.

4. *Vorlage.* Man sollte meinen, dass für grössere Reductions-Apparate (fünf Mal grössere Retorten) auch fünf Mal grössere Vorlagen nöthig wären; diess ist aber nicht der Fall, vielmehr ist es durchaus zweckmässig, die früher angegebene Grösse derselben, wie sie zur Natrium-Bereitung in Quecksilberflaschen diente, auch hier beizubehalten. Sobald eine Vorlage gefüllt ist, wird sie durch eine neue ersetzt. Deville versuchte grössere Vorlagen, die sich ausserdem schwerer handhaben liessen, kam aber auf die kleineren zurück.

Alles was wir früher über die Leitung der Operation bei Darstellung des Natriums aus Quecksilberflaschen gesagt haben, gilt auch hier, so dass in dieser Beziehung nichts zuzufügen ist.

Die Arbeit ist leichter und für die Arbeiter weniger beschwerlich und wohlfeiler in Betreff der Handarbeit, als bei Darstellung des Natriums im Kleinen.

Der Ofen sollte nur noch für mehrere Retorten eingerichtet sein, um das Feuermaterial rationeller benutzen zu lassen. Die Cylinder sammt ihrer Umkleidung fand Deville nach

einem 10tägigen Betriebe unversehrt. (Dingl. polytechn. Journal. Band 41. Seite 303. Annales de Chimie et Physique. April 1856.

Darstellung des Aluminiums aus Chloraluminium im Grossen, nach Deville.

1. Das Material. Chloraluminium-Bereitung.

Die hierzu angewandte Thonerde ist eine durch Calcination von eisenfreiem Alaun dargestellte. Das Calciniren geschieht in gusseisernen Cylindern oder Töpfen, ähnlich denen, welche in der Beinschwarz-Fabrikation angewendet werden. Sie werden in den zur Natrium-Darstellung dienenden Flammofen eingesetzt. Der Alaun wird bis zu starker Rothglühhitze gebracht, darauf pulverisirt und mit Steinkohlentheer bis zu einem beinahe flüssigen Teige zusammengemischt. Der Teig wird gehörig durchgearbeitet, in Töpfe gebracht, diese mit Deckeln bedeckt, in den Ofen gebracht, und darin so lange gelassen, bis keine Theerdämpfe mehr entwickelt werden; die kohlige Masse wird heiss verwendet.

Es folgt nun die Behandlung der Thonerde mit Chlor. Zur Entwicklung des Chlors dient eine Batterie von 8 grossen Steingutflaschen, deren jede 45 Liter Salzsäure enthält. Alle 24 Stunden werden 4 davon beschickt, während die andern sich abkühlen. Die vier gleichzeitig Chlor entwickelnden Flaschen leiten ihr Gas durch bleierne Röhren, die äusserlich gut gekühlt sind, durch eine Flasche mit concentrirter Schwefelsäure, um das Wasser im Chlor zurückzuhalten, hierauf noch durch eine Flasche mit Chlorcalcium für denselben Zweck, dann in das Gemenge der Thonerde.

Die Retorte *C* *Fig.* 18., welche das Gemenge enthält, ist eine thönerne Gasretorte von 300 Liter Inhalt, von nicht ganz der Länge der zur Leuchtgasbereitung im Grossen angewandten. Sie steht vertikal im Ofen *AB*. *F* ist die Feuerung desselben. *gg* der Rost. *c* der Aschenraum. Die Flamme gelangt über die Brücke *P* in die Züge *nnnn*, welche die Retorte spiralförmig umziehen, um zuletzt in die Esse *N* einzumünden. Die Retorte ist unten mit einer durch die Schraube *V* andrückbaren Steinplatte verschliessbaren quadratischen

Oeffnung *X* versehen. Von hinten her mündet durch die Oeffnung *O* ein Porzellanrohr in die Retorte. Diess Rohr mit Thon und Kuhhaaren gedichtet, ist zum Schutze äusserlich noch mit einem durchstossenen hessischen Tiegel umgeben, und führt das Chlorgas bis in die Mitte des Thonerdegemenges.

Eine quadratische, $3\frac{3}{4}$ — 4 Zoll weite Oeffnung am oberen Theile der Retorte, wird durch eine feuerfeste Thonplatte bedeckt. Durch diese Oeffnung wird das Material, das Thonerdepulver, in dem Masse nachgeschüttet, als es bei der Sublimation verschwindet. 10 Zoll unter der Oberplatte hat die Retorte eine Oeffnung *Y*, und ein thönernes Abzugsrohr nach der Kammer *L*, in welcher das dampfförmige Chloraluminium sich verdichtet.

Die Kammer ist viereckig. Ihre Bodenfläche hat 3 Fuss Seitenlänge und ist 3 Fuss 6 Zoll hoch. Sie hat die Wand *B* gemeinschaftlich mit dem Ofen, wodurch sie Wärme von diesem empfängt; die übrigen Wände sind dünn in Ziegelstein aufgeführt und unterhalb mit einem Gewölbe versehen. Die Deckplatte *M* ist beweglich, sie besteht aus einer grossen Fayanceplatte. Das Innere der Kammer ist ebenso mit Fayanceplatten ausgefüttert, und ihre Fugen sind mit fettem Thon gedichtet. Eine an der Unterseite der Kammer angebrachte, 8 — 12 Quadratzoll grosse Oeffnung setzt dieselbe mit beweglichen, innerhalb mit Blei ausgefütterten Holzröhren, in welchen sich fortgerissenes Chloraluminium ansetzt, in Verbindung. Diese Röhren münden mit einer engen Oeffnung in eine gutziehende Esse.

Es versteht sich von selbst, dass man den Ofen ganz allmählich anheizt, dass man zunächst eine vollständige Austrocknung, sowohl der Retorte als der Kammer bewirken muss.

In die Kammer wird zu dem Zwecke ein besonderer kleiner eiserner Ofen gebracht, derselbe geheizt und später herausgenommen. Die Retorte, mit Steinkohlen nur allmählich erwärmt, bleibt vorläufig oben offen, damit sie gut austrockne. Hierauf wird die frisch bereitete, noch warme Thonerde eingetragen, die Platte *Z* aufgelegt und nun kräftiges Feuer gegeben, bis die Retorte überall dunkelrothglühend ist. — Jetzt lässt man durch das Rohr *O* das Chlor eintreten, verschliesst

aber die Oeffnung *W* in der Platte *ZZ* nicht früher, als bis sich reichliche Dämpfe von Chloraluminium daraus entwickeln.

Bei gutem Gange der Operationen setzt sich fast alles Chloraluminium als feste dicke Masse an der Platte *M* an, und es lassen sich unter Umständen Kuchen von 100 Pfd. Gewicht von einer Stärke von 4 Zoll erhalten. Sie besteht aus dicht zusammenliegenden schwefelgelben Krystallen. Ist die Thonerdemasse in der Retorte bis auf die Höhe von 1 Fuss herabgesunken, so öffnet man die Platte *X* und lässt die erschöpfte Masse herausfallen und beschickt von *W* aus von Neuem.

Die Masse geht ganz von selbst in der Retorte herunter. Zum Schutze der Retorte, welche bei der Operation besonders in der Nähe des Rohreintritts *O* stark angegriffen wird, muss unten, wo die Flamme in die Spiralzüge eintritt, mit feuerfesten Steinen verblendet werden. Eine Retorte hält höchstens zwei Monat aus. Bei gutem Gange entweicht mit Kohlenoxydgas etwas Chlorkiesel.

Um zu sehen, ob die Retorte irgendwo Risse bekommen hat, kann man in der Wand der Züge Oeffnungen anbringen, die sich mit Steinen verschliessen lassen. Risse verrathen sich durch bläuliche Flammen austretender Gase, und werden mit einem dicken Brei von Asbest und Wasserglas, wenn sie klein sind, verstopft. Da das Chloraluminium hygroskopisch ist, so muss es bald verbraucht werden.

2. Reduction des Chloraluminiums.

Darstellung des Aluminiums.

Aufrecht steht im Ofen *RR* *Fig.* 19. der Cylinder *A*, welcher bestimmt ist, das Chloraluminium aufzunehmen. Da dasselbe leicht verdampft, so gehört keine grosse Hitze dazu, um es durch die Röhre *Y* in den Cylinder *B* zu treiben. Dieser ist mit 60 – 80 Kilogramm, 1 – 1½ Ctr., eiserner Drathstifte (könnten auch wohl grobe Eisen-Drehspähne sein) gefüllt, und wird durch eine Feuerung *G* zum dunklen Rothglühen erhitzt. In diesem Cylinder wird das im Chloraluminium vorhandene Eisenchlorid in Chlorür verwandelt und so, da dies weniger flüchtig ist, zurückgehalten; ebenso bleibt auch hier die dem Chloraluminium anhängende Salzsäure, ferner

Chlorschwefel, indem Eisenchlorür und Schwefeleisen gebildet werden, zurück.

In dem weiten Rohre *C* setzen sich etwa mechanisch mitgerissene Blättchen von Eisenchlorür ab. Diess Rohr muss, um eine Verdichtung von Chloraluminium zu verhüten, auf 200 — 300° C. erhitzt sein. Der Dampf des Chloraluminiums gelangt nun über die kupfernen Schalen, welche sich im liegenden Cylinder *D* befinden, und mit 500 Gramm (jede einzelne) Natrium gefüllt sind. *)

Der Cylinder *D* ist soweit erhitzt, dass er an seiner Unterseite kaum rothglühend ist; es erfolgt nun eine Einwirkung des Natriums auf das dampfförmige Chloraluminium, wodurch von selbst die Temperatur dermassen gesteigert wird, dass man das Feuer unter *D* wegnehmen muss.

Es bildet sich in den Schalen *J* Chlornatrium, und Aluminium wird frei; da aber fortwährend Chloraluminium zuströmt, so verbindet sich das Chlornatrium mit Chloraluminium zu einem Doppelsalze, welches flüchtig genug ist, um in die nächste Schale zu verdampfen, wo das im Dampf enthaltene Chloraluminium ebenfalls durch das Natrium zersetzt wird. Die Reaction beginnt in einer Schale immer erst, nachdem sie in der vorhergehenden vollendet ist. Findet man bei dem Oeffnen des Deckels *W* das Natrium in der letzten Schale gänzlich in eine warzenförmige schwarze Masse, welche von einer farblosen Flüssigkeit, Chloraluminiumnatrium, umgeben ist, verwandelt, so deutet diess das Ende der Operation an. Die Schalen werden mit ihrem Inhalt herausgenommen und durch neue ersetzt. Die herausgenommenen Schalen lässt man bedeckt erkalten.

Die schwarze warzenähnliche Masse wird nun aus den Schalen herausgenommen, und in eiserne oder thönerne Tiegel in das Glühfeuer des Natriumofens gebracht, auf den Herd *F* der Fig. 17. und so lange darin gelassen, bis die Masse geschmolzen ist, und das Doppelsalz zu verdampfen anfängt. **)

*) Natriumkügelchen, welche Kohlentheile enthalten, müssen sorgfältig ausgelesen werden, weil sie cyansaure Salze oder Cyneide erzeugen, die sich bei nachfolgendem Auswaschen des Aluminiums, bei Berührung mit Wasser, in Ammoniak verwandeln und das Aluminium angreifen.

Man findet das Aluminium am Boden der Tiegel mehr oder weniger rein, darüber eine Schicht von fast reinem Chlornatrium; diese letztere wird weggenommen. Nun sollen jene kleinen Massen, welche eine grosse Oberfläche bieten, für Auflösungsmittel mit Wasser ausgewaschen werden. Hierbei löst sich das Chloraluminium, das Flussmittel, leicht auf und greift die Aluminiummassen stark an, so dass nur diejenigen Kugeln übrig bleiben, die grösser als ein Nadelknopf sind. Offenbar der schwächste Theil der Devilleschen Operationen! Diese Kugeln werden gesammelt, getrocknet und in einem neuen Tiegel zum Rothglühen gebracht, und, wenn sie zum Schmelzen kommen wollen, mit einem thönernen Spatel zerdrückt. Jetzt erst vereinigen sie sich zu einer grösseren Masse, welche in Barren ausgegossen wird.

Aluminium mit überschüssigem Natrium darf nicht zusammengeschmolzen werden, weil sich sonst die Masse entzündet; man schmelzt daher solches Aluminium mit Chloraluminium-Natrium zusammen.

Das so dargestellte Aluminium ist offenbar nicht rein, es hat eine schmutzige unansehnliche Farbe; die Verunreinigungen rühren offenbar von Kupferlegirungen her, welche sich leicht bilden konnten, da von Deville die Schalen XX und der Cylinder D von Kupfer angewandt waren. Das Metall hat dadurch seine Dehnbarkeit eingebüsst (die es im reinen Zustande hat, H. Rose) und schwärzt sich auch nach einigen Monaten.

Die im Obigen angegebenen Apparate waren von Deville angewendet, und im kaiserlichen Laboratorium zu Javel wurden mit ihnen die Aluminiumbarren dargestellt, welche auf der letzten Pariser Industrieausstellung auslagen; das Aluminium war noch unrein. Von den Gebrüdern Rousseau

**) Meistens erfolgt die Reaction des Chloraluminiums und Natriums in den Schalen nicht vollständig, weil das Natrium zum Theil in das gebildete Chlornatrium eingehüllt ist; jedoch reicht das in dem oberen Theile der Schale befindliche Doppelsalz stets hin, um das beim nachherigen Erhitzen der Masse im Tiegel noch vorhandene Natrium in Chlornatrium zu verwandeln, so dass man in den Tiegeln zuletzt Aluminium mit einem grossen Ueberschuss von Chloraluminium hat, was übrigens für das Gelingen der Operation unerlässlich ist.

werden ähnliche Apparate mit einigem Erfolge benutzt, allein Deville gesteht selbst ein, dass dieselben noch einer bedeutenden Verbesserung fähig sind.

Die Reinigung des rohen Aluminiums wollte Deville noch nicht besonders gelingen; er oxydirte bisher die fremden Metalle in einer Muffel. Peligot versuchte mit ziemlichem Erfolge das Abtreiben des Aluminiums mit Blei, und erhielt, wenn auch kleine, doch vollständig hämmerbare Körner.

Der Preis des Aluminiums wird in den Verzeichnissen unserer deutschen Droguisten noch mit 2 Thlr. das Loth angegeben. — Das Loth Natrium kostet ebenfalls 2 Thlr. und das Loth Kalium 2 Thlr. $2\frac{1}{2}$ Sgr. Man sieht, es muss noch viel geschehen, ehe das Aluminium so wohlfeil wird als Zink oder nur Zinn! Die Bereitung aus Chloraluminium mit Natrium scheint hierfür keine Aussicht zu gewähren, aber es bleiben gewiss noch andere Wege übrig, welche die speculative Chemie nur aufzusuchen hat. Von unserem Heinr. Rose ist einer gezeigt, der wahrscheinlich einfacher ist, und die Versuche über Aluminium-Legirungen von Calvert und Johnson weisen schon auf eine metallurgische Behandlung hin.

Eigenschaften des Aluminiums.

In Betreff der Untersuchungen über die chemischen und physischen Eigenschaften des Aluminiums muss von vornherein bemerkt werden, dass dieselben nicht an vollkommen reinem Metall vorgenommen wurden. Das von Deville dargestellte Aluminium erwies sich als eine Legirung von Aluminium mit Eisen, Kupfer und Silicium; denn die Analyse von Salvétat ergab, dass es in 100 Theilen bestand aus:

| | |
|------------------------------|--------|
| Silicium | 2,87 |
| Eisen | 2,40 |
| Kupfer | 6,38 |
| Aluminium, aus der Differenz | |
| bestimmt | 88,35 |
| | 100,00 |

Heeren fand in dem Aluminium, welches er von der Pariser Ausstellung mitbrachte, und worüber er mit Karmarsch

seine Untersuchungen anstellte, 4,6 Procent Eisen, was leicht erklärbar ist, da die Darstellung grösstentheils in eisernen Gefässen geschieht.

Durch die fremden Beimischungen werden aber offenbar die Eigenschaften des reinen Aluminiums bedeutend modificirt, was zur Genüge aus Calvert und Johnson's und Tissier und Debray's Untersuchungen über Aluminium-Legirungen hervorgeht.

a. **Physische Eigenschaften (unreines Metall) nach Karmarsch.**

1. **Schwere.** Die auffallendste Eigenthümlichkeit des Aluminiums ist seine grosse Leichtigkeit; man glaubt ein Stück versilbertes Holz, statt Metall, in der Hand zu halten.

2. **Das spezifische Gewicht** schwankt zwischen 2,73 — 2,79, je nachdem das Metall bloss gegossen oder auch gehämmert ist; man nimmt es im Mittel für reines Metall als 2,76 an.

3. **Farbe.** Eine reine blanke Fläche des Aluminiums erscheint grau-weiss, von einer Nüance, welche zwischen der Farbe des Zinns und Zinks liegt.

4. **Bruch.** Es ist auf dem Bruche körnig, und zwar ist das Korn um so feiner, je mehr das Metall mechanisch bearbeitet ist.

5. **Härte.** Rohgegossen ist das Aluminium härter als Zinn, aber weicher als Zink und Kupfer, etwa von gleicher Härte mit rohgegossenem feinen Silber. Blech und Drath von Silber ritzen den Gussstab von Aluminium.

6. **Verhalten beim Zerbrechen.** Ein leicht eingeschnittener Gussstab bricht leicht, mit uneben zackig, feinkörniger Fläche, auf welcher einzelne Pünktchen schimmern, die aber im Ganzen ohne Glanz sind; ohne Einschnitt biegt sich und bricht ein Aluminiumstab unter Hammerschlägen nur schwierig ab.

7. **Verhalten unter der Feile.** Das Aluminium lässt sich leicht feilen, setzt sich aber in den Feilhieben fest und verstopft sie wie Blei und Zinn.

8. **Dehnbarkeit.** In dieser Beziehung zeigt sich auch das gegossene (überdiess unreine) Aluminium noch ziemlich

geschmeidig, bekommt aber beim starken Ausplatten viele und beträchtliche Kantenrisse. Zwischen Walzen gestreckt, zeigt es die Kantenrisse noch auffallender; es liess sich, gewalzt, leicht zerbrechen, und hatte dabei eine matte, höchst feinkörnige Bruchfläche, etwa wie gehärteter Gussstahl; dabei zeigte es einen bedeutenden Grad von Steifheit, jedoch ohne auffallende Federkraft. Blech, zu Papier dünn gestreckt, verträgt ziemlich das wiederholte Hin- und Herbiegen, bevor es bricht. Das beim Walzen des Zinks angewandte vortheilhafte Anwärmen zeigte beim Aluminium keinen Erfolg. Drathziehen wollte Karmarsch mit Aluminium nicht gelingen.

In Beziehung auf diese letzteren Eigenschaften ist anzuführen, dass dieselben bei einem Aluminium als Legirung nichts Befremdendes haben. *Heinr. Rose* fand das von ihm dargestellte reine Aluminium sehr dehnbar, es liess sich leicht ausplatten und zu dem feinsten Blech auswalzen, ohne dass es Risse bekam. Nur die rohen Aluminiummassen, ohne Kugelform, vom Boden des Tiegels genommen, wahrscheinlich eisenhaltig, bekommen Kantenrisse. Die bei der Darstellung erhaltenen grössten Aluminiumkugeln, die in ihrem Innern oft Höhlungen zeigen, sind äusserlich meist spröde, im Innern aber weich. (*H. Rose.*)

b. Chemische Eigenschaften, nach *Heeren*.

1. Salzsäure wirkt äusserst heftig auf das Aluminium ein, und löst das Metall unter stürmischer Entwicklung von Wasserstoffgas auf zu einer Flüssigkeit, welche bei längerem Kochen an der Luft, in Folge des Eisengehalts, sich gelb färbt.

2. Verdünnte Schwefelsäure löst es langsamer als Salzsäure; concentrirte Schwefelsäure scheint in der Kälte gar nicht einzuwirken, löst aber erhitzt das Metall unter Entwicklung von schwefliger Säure langsam auf.

3. Concentrirte Salpetersäure, sowohl kalt als warm, wirkt nicht im geringsten. Verdünnte Salpetersäure übt in der Kälte und selbst beim Erwärmen eine so geringe Wirkung aus, dass es zweifelhaft scheint, ob die sich entwickelnden Gasbläschen wirklich einer stattfindenden Auflösung oder einer Oxydation zuzuschreiben sind.

4. Essigsäure wirkt in der Kälte sehr wenig, aber doch bemerklich, in der Wärme schneller, wobei sich Wasserstoffgas entwickelt.

5. Aetzende Kalilauge löst das Aluminium mit der grössten Heftigkeit schon in der Kälte auf, mit derselben stürmischen Gasentwicklung, als die Salzsäure. Das beigemengte Eisen scheidet sich dabei in Gestalt eines grauschwarzen, im Sonnenlichte glänzende Flitterchen zeigenden Pulvers ab, welches sich leicht in Salzsäure unter Entwicklung von Wasserstoffgas lösen lässt.

Auf Kohle- und Kieselerdegehalt wurde von Heeren nicht untersucht.

Nach diesem chemischen Verhalten scheint das Aluminium unstreitig zu den elektropositiven Metallen zu gehören, und vielleicht an der Spitze derselben, noch vor dem Zinke, zu stehen. Die Indifferenz gegen Salpetersäure ist zu erklären wie bei dem Eisen, welches dieser concentrirten Säure gegenüber in den sogenannten passiven Zustand übergeht.

Da das Aluminium in Beziehung auf Salzsäure und Kali dem Eisen voransteht, so mag es auch das Eisen in Bezug auf Passivität übertreffen.

Der Schmelzpunkt des Aluminiums (d. h. des unreinen) mag etwa bei 700° C. liegen, der Schmelzpunkt des Zinks = 432° , der des Messings = 900° angenommen. Als Flussmittel beim Schmelzen ist Borax und Salpeter, wie leicht einzusehen, nicht anwendbar, da diese das Metall stark angreifen, wohl aber Chlorkalium und Chloraluminium-Natrium.

Das Aluminium hält sich an der Luft sehr gut, und erträgt selbst Glühhitze, ohne sich merklich zu oxydiren, doch scheint sich, wie beim Zink, ein feines Häutchen von Oxyd (Thonerde) zu bilden, welche dem Weitergreifen der Oxydation Schranken setzt. Dies Häutchen scheint auch das Zusammenfliessen der Aluminiumkügelchen beim Schmelzen zu hindern.

In Betreff der Krystallform scheint das Aluminium nach H. Rose nicht zum regulären System zu gehören, wie Deville annimmt, der octaedrische Krystalle bemerkt haben will.

Legirungen des Aluminiums.

Wir besitzen über diesen interessanten Gegenstand Abhandlungen von Tissier und Debray und von Crace Calvert und Johnson.

Es liegt auf der Hand, dass ein Metall von so geringem spezifischem Gewichte mit anderen Metallen, von sehr hohem spezifischem Gewichte, in grösserer Menge zusammengeschmolzen, durch seine Masse das Ansehn der letzteren, ihre Farbe in hohem Grade modificiren muss. Da das Gold sieben Mal schwerer als das Aluminium ist, so wird $\frac{1}{7}$ Gewichtsmenge Aluminium eine eben so grosse Masse darstellen, als 1 Gewichttheil Gold. Da Silber (spez. Gew. 10,5) fast vier Mal schwerer als Aluminium ist, so wird bei gleichen Massen Aluminium und Silber das erstere nur $\frac{1}{4}$ vom Gewicht des letzteren betragen. Kupfer ist drei Mal schwerer als Aluminium.

Das Aluminium verträgt im Allgemeinen, wie Zink, schwer fremde Metalle. Dieselben ertheilen ihm Härte, ohne ihm seine Hämmerbarkeit ganz zu benehmen. Ein Aluminium, was $\frac{1}{20}$ Eisen oder Kupfer enthält, kann fast gar nicht mehr bearbeitet werden.

Wir betrachten zuerst die Legirungen, in denen fremde Metalle als Zusatz zu Aluminium genommen werden.

10 Theile Kupfer machen das Aluminium so spröde wie Glas und veranlassen das Schwarzwerden der Legirung an der Luft; mit 5 — 6 Procent Kupfer lässt es sich leicht bearbeiten; über 10 Procent Kupfer machen dasselbe weiss und so hart wie das Metall der Teleskopspiegel. Gold und Silber machen es weniger spröde, kleine Mengen von Gold, Zink und Zinn machen es glänzender, aber es bleibt hämmerbar. Eine Legirung von 5 Theilen Silber und 100 Theilen Aluminium lässt sich wie reines Aluminium bearbeiten; sie hat den Vorzug, dass sie härter ist und eine schöne Politur annimmt. 3 Theile Silber und 97 Theile Aluminium haben als Legirung eine sehr schöne Farbe und wird von Schwefelwasserstoff gar nicht verändert. $\frac{1}{100}$ Gold benimmt dem Aluminium nichts von seiner Hämmerbarkeit. Diese Legirung ist weniger hart als die Silberlegirung. $\frac{1}{1000}$ Wismuth macht das

Aluminium so spröde, dass es trotz wiederholten Ausglühens beim Hämmern Kantenrisse bekommt.

97 Theile Aluminium und 3 Theile Zink bilden die interessanteste der Zinklegirungen; sie ist wenig härter als Aluminium, obgleich sehr hämmerbar; an Glanz steht sie hinter keiner andern Legirung des Aluminiums zurück.

Eisen vereinigt sich leicht mit Aluminium; die Haken, mit denen man das flüssige Aluminium im Ofen bei der Darstellung umrührt, überziehen sich dabei mit einer glänzenden Schicht, und sehen wie verzinnt aus. Eine Legirung mit 1—2 Procent Natrium zersetzt das Wasser leicht, was unangenehm bei der Darstellung ist, wie schon früher angegeben wurde; durch Schmelzen mit Kalisalpeter (?) kann man das mit Eisen und Natrium verunreinigte Aluminium schnell davon befreien (?).

Aluminium als Zusatz zu andern Metallen.

In geringer Menge zu andern Metallen gesetzt, verändert das Aluminium deren Eigenschaften vortheilhaft. $\frac{1}{20}$ Aluminium giebt dem Kupfer Glanz und Farbe des Goldes und macht es so hart, dass es eine Münzgold-Legirung ritzt, trotz dem bleibt es vollkommen hämmerbar. $\frac{1}{10}$ Aluminium giebt dem Kupfer eine blasse Goldfarbe und grosse Härte; polirt hat die Legirung Stahlfarbe und ist sehr hämmerbar. 5 Theile Aluminium mit 100 Theilen Silber legirt, giebt ein Metallgemisch, welches so hart ist, wie das mit Kupfer legirte Silber. Hierdurch ist man im Stande, dem Silber eine Härte zu ertheilen, ohne es mit einem giftigen oder sich oxydirenden Metalle zu verbinden; es werden die Eigenschaften des Silbers in diesem Verhältnisse vom Aluminium nicht geändert. 5 Theile Aluminium und 95 Theile Eisen legirt, zeigten für das Eisen keine wesentliche Veränderung; es konnte wie früher gehärtet werden. Eine Legirung von 85 Procent Kupfer fängt an gelb zu werden, vielleicht schon bei 82 Procent ($\text{Cu}_2 \text{Al}$).

Die Aluminiumbronce, 10 Theile Aluminium und 90 Theile Kupfer, ist nicht nur in der Wärme schmiedbar, sondern widersteht auch den Einflüssen der Atmosphäre und von Schwefel-Ammonium; ihre gelbe Farbe ist sehr schön, steht aber hinter der von 95 Kupfer und 5 Aluminium zurück.

Ueber Legirungen von Aluminium mit Eisen, mit Kupfer und Legirungen von Eisen mit Kalium, nach Aequivalenten.

Während die Darstellung von Legirungen bisher nach Gutdünken und Gewohnheit geschah, während man sie für blosse Gemische hielt, gingen Johnson und Calvert für diesen Zweck von dem Gesichtspunkte aus, dieselben sich nach stöchiometrischen Gesetzen bilden zu lassen; denn dass sich unter gewöhnlichen Umständen nach bestimmten Proportionen keine Legirungen bilden, sagen sie, rührt daher, dass ein oder mehrere von den Metallen, aus denen die Legirung besteht, im Ueberschuss vorhanden sind und dass die wirkliche stöchiometrisch zusammengesetzte Verbindung in der Masse des im Ueberschuss vorhandenen Metalls erstarrt, gerade so, wie wenn man Wismuth und Schwefel in einem Tiegel zusammenschmelzt, wobei dann bekanntlich deutliche Krystalle von Wismuth oder Schwefel sich in einem Ueberschuss von Schwefel oder Wismuth befinden, welcher nicht krystallisiren konnte. Ist es doch fast erwiesen, dass das gewöhnliche Glas ein Gemenge von durchsichtigen Glaskrystallen in amorpher Glasmasse ist, wie sich beim Anätzen mit Flusssäure zeigt, wobei die Krystallspitzen zum Vorschein kommen.

Calvert und Johnson suchten hiernach Legirungen in stöchiometrischen Verhältnissen darzustellen, und deren chemische und physische Eigenschaften zu bestimmen. Von ihren Versuchen ist die Darstellung einer Eisenaluminium-Legirung für uns wichtig, da sie einen Fingerzeig für eine wohlfeilere Aluminium-Darstellung geben kann.

| | | | |
|-----------|--------------------------|---|------|
| Es wurden | 8 Aequiv. Chloraluminium | = | 1076 |
| | 4 „ Eisenfeile . . . | = | 1120 |
| | 8 „ Kalk | = | 224 |

mit einander gemischt und zwei Stunden lang der Weissgluth ausgesetzt. Der Kalk wurde zugesetzt, um das Chlor aus dem Chloraluminium zu entfernen, und so das Metall-Aluminium frei zu machen, wird der Kalk als Chlorcalcium von obigem Verhältnisse abgezogen, so hätte man eine Legirung von folgender Zusammensetzung erhalten müssen:

| | | |
|---------------------|-------|--------|
| 1 Aequiv. Aluminium | 14 = | 9,09 |
| 5 „ Eisen . . . | 140 = | 90,91 |
| | | <hr/> |
| | | 100,00 |

Die Legirung, welche am Boden des Tiegels gefunden wurde, bestand jedoch in 100 Theilen aus:

| | |
|-----------|-------|
| Aluminium | 12,00 |
| Eisen . . | 88,00 |
| | 100 |

entsprechend der Formel 1 Aequiv. Alum. = 11,11

| | |
|-----------|---------|
| 4 „ Eisen | = 88,89 |
| | 100,00 |

Die Legirung war ausserordentlich hart, rostete aber an feuchter Luft, konnte jedoch geschweisst und geschmiedet werden.

Als obigen Mischungen wenig, sehr fein gepulverte Holzkohle beigegeben und das Ganze zwei Stunden in einem Schmiedefeuer einer hohen Temperatur ausgesetzt war, wurde eine Legirung erhalten, welche bei der Analyse folgende Zusammensetzung ergab:

| | |
|-----------|-----------|
| Aluminium | 12,09 |
| Eisen . . | 87,91 |
| | 100,00 *) |

In der Masse von Chlorcalcium und Kohle, welche im Tiegel zurückblieb, befand sich aber eine grosse Anzahl Kügelchen von der Grösse einer Erbse bis zu der eines Stecknadelknopfs. Diese Kügelchen waren silberweiss und ausserordentlich hart; sie hatten ausserdem die merkwürdige Eigenschaft, in Berührung mit feuchter Luft (selbst mit Salpetergas) nicht zu rosten.

Ihre Analyse ergab in 100 Theilen:

| | |
|-----------|--------|
| Aluminium | 24,55 |
| Eisen . . | 75,45 |
| | 100,00 |

entsprechend der Formel 2 Aequiv. Alum. 28 = 25,00

| | |
|-----------|------------|
| 3 „ Eisen | 84 = 75,00 |
| | 112 100,00 |

Diese Legirung hat also dieselbe Zusammensetzung wie

*) In unserer Quelle steht:

| | |
|-----------|-------|
| Aluminium | 87,91 |
| Eisen . . | 12,09 |

was offenbar in Betreff der Zahlen eine Verwechslung ist.

die Thonerde, indem das Eisen die Stelle des Sauerstoffs in der letzteren einnimmt.

Diese Kugeln wurden mit schwacher Schwefelsäure behandelt, welche das Eisen auszog und das Aluminium zurückliess, von derselben Form wie vor dem Auflösen des Eisens. Das so gewonnene Aluminium besass alle Eigenschaften des auf dem bisherigen Wege dargestellten.

Eine Mischung von Thonerdesilikat od. Kaolin = 1750 Thle.

Kochsalz = 1200 „

Eisen = 875 „

geben ebenfalls eine metallische Masse und Kügelchen, indess behalten sich Johnson und Calvert, da ihnen die Resultate hierbei noch nicht genügten, vor, auf diesen Versuch später nochmals zurückzukommen.

Legirungen von Aluminium und Kupfer.

Um sie zu erhalten, wird dieselbe chemische Reaction, wie zur Darstellung der Eisenlegirung benutzt, es wurden angewendet:

20 Aequiv. Kupfer . . . = 640

8 „ Chloraluminium = 1076

10 „ Kalk = 280

Die gut gemischten Substanzen wurden eine Stunde einer hohen Temperatur ausgesetzt; es fand sich am Boden des Tiegels eine mit Chlorkupfer bedeckte Masse, und in dieser Kügelchen, welche bei der Analyse folgende Zusammensetzung zeigten:

Kupfer = 91,53

Aluminium = 8,47

100,00

entsprechend der Formel 5 Aequiv. Kupfer . 160 = 91,96

1 „ Aluminium 14 = 8,14

174 100,00

Es wurde wiederum eine Mischung von Chloraluminium mit Kupfer gemacht, aber der Kalk weggelassen, es ergab sich eine Legirung von folgender Zusammensetzung:

Kupfer 87,18

Aluminium 12,82

100,00

| | | | | | |
|-------------------------|------------------|---------|-------|--------|--|
| entsprechend der Formel | 3 Aequiv. Kupfer | 96 = | 87,27 | | |
| | 1 „ | Alumin. | 14 = | 12,73 | |
| | | | 110 | 100,00 | |

Legirung von Eisen und Kalium.

Ein Gemisch von feiner Eisenfeile und Weinstein wurde von Johnson und Calvert in folgendem Verhältniss gemacht:

| | | | | | |
|------------------|-----------|----------------------|---|-----|---------|
| 12 Aequiv. Eisen | 336 Gran | oder 3 Aequiv. Eisen | | | |
| 8 „ | Weinstein | 1504 „ | „ | 2 „ | Kalium. |

Das Gemenge in einem Tiegel einer hohen Temperatur ausgesetzt, gab einen grossen Metallknopf, welcher bei der Analyse ergab:

| | | | | | |
|--------|---|--------|--|--|--|
| Eisen | = | 74,60 | | | |
| Kalium | = | 25,40 | | | |
| | | 100,00 | | | |

welches der Formel entspricht

| | | | | | |
|-----------------|--------|-------|-------|--------|--|
| 4 Aequiv. Eisen | . . | 112 = | 74,17 | | |
| 1 „ | Kalium | . . | 39 = | 25,83 | |
| | | | 151 | 100,00 | |

Anstatt also eine Legirung in dem angewandten stöchiometrischen Verhältniss zu erhalten, bekam man eine, welche mehr Eisen enthielt. Diese Legirung hatte ganz das Ansehn von hämmerbarem Eisen und liess sich schmieden und schweissen; sonderbarer Weise war sie aber ausserordentlich hart, so dass bei gewöhnlichen Temperaturen ein schwerer Vorschlaghammer kaum einen Eindruck hervorbrachte und die Feile sie nur wenig angriff. Ebenso auffallend ist es, dass in dieser Legirung, obgleich sie von einem der stärksten elektropositiven Metalle, dem Kalium, 25 Procent enthielt, doch das Eisen sowohl in der Atmosphäre, als unter Wasser sich rasch oxydirte.

Ein Gemisch von dem angegebenen Verhältniss, von Weinstein und Eisen, mit etwas feingepulverter Kohle gab:

| | | | | | |
|--------|--------|--|--|--|--|
| Eisen | 81,42 | | | | |
| Kalium | 18,58 | | | | |
| | 100,00 | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------|--------|-------|--------|--|
| entsprechend der Formel | 6 Aequiv. Eisen | 168 = | 81,16 | | |
| | 1 „ | Kalium | 39 = | 18,84 | |
| | | | 207 | 100,00 | |

Sie hatte wahrscheinlich einen Ueberschuss an Eisen, war aber der vorigen in den Eigenschaften gleich. Das kohlen-saure Kali statt des Weinstein's anzuwenden, weil billiger, war erfolglos.

Darstellung der Erdalkalimetalle, des Magnesiums, Baryums, Strontiums und Calciums.

I. Electrolytische Darstellung des Magnesiums, nach Bunsen.

Das Material hierzu ist eine wasserfreie Chlorverbindung des Magnesiums, das sogenannte Chlormagnesium.

Um diess darzustellen, wird basischkohlensaure Magnesia (die *Magnesia alba* der Apotheken) in Salzsäure gelöst. Man giebt nun zur Lösung so viel Salmiak, dass Ammoniakflüssigkeit keinen Niederschlag von Magnesia hervorbringt, macht dann die ganze Flüssigkeit durch Ammoniak schwach alkalisch (um geringe Menge von Kieselerde auszufüllen), neutralisirt sie nach der Filtration wieder mit Salzsäure, verdampft zur Trockne, erhitzt den trocknen Rückstand von Salmiak haltigem Chlorammonium-Magnesium bis zur anfangenden Verflüchtigung des Salmiaks, dann zerreibt man ihn möglichst schnell, um Wasseranziehung zu vermeiden, und erhitzt, so lange noch Dämpfe von Salmiak entweichen und bis das zurückgebliebene Chlormagnesium geschmolzen ist. Die ganze Masse wird auf ein Mal erhitzt. Statt eines grossen Platintiegels wird hierbei ein hessischer Tiegel genommen, in dessen unteren Theil eine anschliessende Platinschale gesetzt wird, in welcher sich das geschmolzene Chlormagnesium sammelt.

Das so erhaltene Chlormagnesium ist schon bei schwacher Rothgluth, wie die meisten Verbindungen des Chlors mit Metallen, flüssig, und somit für electrolytische Zersetzung höchst geeignet.

Man wählt nun einen Tiegel von $3\frac{1}{2}$ Zoll Höhe und 2 Zoll oberer Weite und theilt durch eine bis zur Mitte von oben eingesetzte Porzellanplatte denselben in zwei Abtheilungen, siehe *Fig. 20*. Ein Deckel von einer gebrannten Thonplatte, welche an zwei Stellen durchbohrt ist, wird darüber gedeckt. Durch die Oeffnungen des Deckels werden die beiden Pole einer nur aus ein Paar Kohlenzinkketten bestehen-

den Batterie gesteckt. Diese Polenden bestehen aus einer dichten Kohlenmasse, wie sie sonst zu den sogenannten Bunsenschen Elementen angewendet wird; sie sind wie *Fig. 21. a* und *b* gefeilt und werden durch die Kohlenkeilstücke *dd* festgeklemmt. Zugleich befestigt man in der hiermit entstehenden Fuge zwei Platinplatten, welche den Strom vom positiven und negativen Pol der Batterie zuleiten.

In dem Polendstück *a* sind aber sägeförmige Einschnitte gemacht, welche dazu dienen, das metallische Magnesium aufzunehmen. Dasselbe kann sich in ihnen festsetzen, und steigt so nicht, als spezifisch leichter, wie Chlormagnesium an dessen Oberfläche, um hier wieder zu verbrennen.

Man erhitzt nun zuerst den Tiegel mit Deckel und Polstücken versehen, bis zum Rothglühen, füllt ihn mit geschmolzenem Chlormagnesium bis zum Rande, und schliesst die Kette; am positiven Pol wird Chlor entwickelt, vor welchem durch die Thonplatte das am negativen Pol sich abscheidende Metall geschützt wird. Die Reduction des Magnesiums geschieht sehr schnell, und in kurzer Zeit lässt sich ein mehrere Gramme schwerer Metallregulus erhalten.

Reduction des Chlormagnesiums mittelst Kalium.

In eine 3—4 Linien weite Glasröhre, welche an einem Ende zugeschmolzen ist, werden 10—12 erbsengrosse Kaliumkugeln und darüber Chlormagnesium in groben Stücken gebracht. Man erhitzt letzteres bis zum anfangenden Schmelzen des Kaliums, und lässt dann durch Steigen der Röhre dasselbe durch das Chlormagnesium fließen, wobei die Zersetzung unter starker Luftentwicklung erfolgt. (Liebig.)

Oder man leitet die Dämpfe von Kalium, welches sich im hinteren zugeschmolzenen und etwas abwärts gebogenen Theile einer Glasröhre befindet, über erhitztes Chlormagnesium, welches in den horizontalen Theil der Röhre gebracht ist. (Bussy.)

Behandelt man diese auf die eine oder andere Weise erhaltene Masse mit Wasser, so löst sich Chlorkalium, und Magnesium bleibt in Gestalt kleiner Flittern oder Kugeln zurück, welche unter einer Decke von Chlornatrium bei gelinder Roth-

glühhitze zu grösseren Massen zusammen geschmolzen werden können.

Eigenschaften des Magnesiums.

Das mittelst Kalium dargestellte Metall ist sehr dehnbar, so dass es zu dünnen Plättchen ausgehämert werden kann (es enthält etwas Kalium beigemengt). Das durch Elektrolyse dargestellte lässt sich leicht feilen, bohren, sägen und etwas platt schlagen, zeigt aber eine kaum grössere Dehnbarkeit als Zink bei gewöhnlicher Temperatur; es enthält kleine Mengen von Silicium und Aluminium.

Das Magnesium ist auf dem frischen Bruche, je nach Art seiner Zertrümmerung, bald schwach krystallinisch grossblättrig, bald feinkörnig, selbst fadig; im ersteren Falle silberweiss und sehr glänzend, im letzteren Falle mehr bläulichgrau und matt. Seine Härte ist nahe der des Kalkspaths; schon eine mässige Rothgluth bringt es zum Schmelzen; spez. Gew. = 1,743

An trockner Luft ist das Metall unveränderlich, und verliert seinen Glanz an der Oberfläche nicht. In feuchter Atmosphäre dagegen überzieht es sich aber sehr bald mit einer Schicht von Magnesiahydrat. Bis zum Glühen in der Luft erhitzt, entzündet es sich selbst und verbrennt mit intensiv blendend weissem Lichte zu Magnesia. Bei der Verbrennung im Sauerstoff ist die Lichtintensität ausserordentlich. *)

Reines kaltes Wasser wird von dem Magnesium nur sehr langsam zersetzt, säurehaltiges aber sehr schnell. Auf wässrige Salzsäure geworfen, entzündet es sich augenblicklich. Concentrirte Schwefelsäure löst es nur sehr schwierig. Durch ein Gemenge von Schwefelsäure und rauchender Salpetersäure wird es sogar in der Kälte gar nicht angegriffen. In Chlorgas verbrennt es nach vorhergegangener Erhitzung, schwieri-

*) Ein 0,1 Gramm schweres Stück gab beim Verbrennen im Sauerstoffgase eine Lichtintensität = 110 Wachskerzen. Da das im Sauerstoff verbrennende Magnesiumstück um 6 – 8 Mal kleiner, als der wirksame Theil einer Kerzenflamme ist, so lässt sich annehmen, dass bei gleicher Grösse des brennenden Magnesiumstücks die Flamme desselben eine 500 Mal stärkere Lichtintensität hat als eine Kerzenflamme.

ger in Bromgas. In Schwefel- und Joddampf verbrennt es sehr schnell. (Otto.)

2. Darstellung des Baryum.

Aus Baryterde oder kohlen saurem Baryt wurde mit Wasser ein Teig gebildet. Quecksilber in eine Vertiefung des Brei's, welcher auf eine Platinplatte gebracht war, geschüttet und die Platinplatte einerseits, das Quecksilber anderseits mit den Polen einer galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt; es entsteht ein Baryumquecksilberamalgam. Dasselbe wird in einer retortenförmig gebogenen Glasröhre, die mit Wasserstoffgas gefüllt ist, destillirt. (Davy, 1808.)

Ein anderes Verfahren ist, die Baryterde mit Kalium zu zerlegen. In einen offenen Flintenlauf wird Baryterde gebracht, etwas davon entfernt Kaliumstückchen. Zuerst wird trocknes Wasserstoffgas durch das Rohr geleitet, dann die Stelle, wo der Baryt liegt, erhitzt, die Erhitzung theilt sich dem Kalium mit, dieses verflüchtigt sich und reducirt den Baryt. Man lässt unter fortwährendem Wasserstoffgasstrom erkalten, und behandelt das Baryumkali mit Quecksilber; letzteres bildet damit ein Amalgam, welches unter Wasserstoffgas abdestillirt wird; das Baryum bleibt zurück. (Regnault.)

Oder es wird eine gesättigte Chlorbaryumlösung mit Natriumamalgam geschüttelt; es entsteht ein Baryumamalgam, welches, wie das vorige, abdestillirt wird; doch darf man hierbei nicht bis zur Rothgluth erhitzen. (Böttger.)

Eigenschaften des Baryums.

Das Baryummetall ist silberweiss, hämmerbar, schmilzt bei Rothglühhitze, lässt sich aber nicht destilliren; sein spezifisches Gewicht ist über 1,85; also ist es schwerer als Schwefelsäure.

3. Strontium und Calcium.

Diese beiden Metalle lassen sich ähnlich wie Baryum darstellen. Das Calcium ist ein silberweisses, leicht oxydirbares Metall; das Strontium ist ihm ähnlich; auf elektrolytischem Wege gelingt ihre Darstellung nicht (Bunsen); nach Haare soll das Calcium durch Glühen von Jodcalcium in einem Strome von Wasserstoff- oder Ammoniakgas erhalten werden. (Otto, unorganische Chemie: Erdmetalle. 2. Band S. 388.)

Das Bor.

Nachdem man gelernt hatte, das Aluminium in grösseren Massen metallisch darzustellen, schritt man zu Versuchen, die Eigenschaft dieses merkwürdigen Metalls, in höheren Hitzen sich begierig mit Sauerstoff zu verbinden, zur Reduktion anderer Elemente zu benutzen. Unserem Wöhler und Saint Clair Devillé gelang es, das Bor auf diese Weise zu isoliren und in drei Modificationen hinzustellen, welche vielleicht für die einstige Darstellung des krystallisirten Kohlenstoffs wichtige Andeutungen geben können.

Wir besitzen den Schwefel, Phosphor in krystallinischem und amorphem Zustande, den Kohlenstoff in drei Zuständen, im amorphen, graphitartigen und krystallinischen. In allen drei Modificationen wurde nun neuerdings das Bor von beiden Forschern dargestellt, und es ist nicht wenig Aussicht vorhanden, auch das Silicium in ähnlicher Weise zu erhalten.

I. Darstellung des krystallisirten Bors.

In einem Kohlentiegel werden 80 Gramm Aluminium in dicken Stücken und 100 Gramm geschmolzene und zerkleinerte Borsäure zusammengesmolzen. Der Kohlentiegel wird unter Ausfüllung der Zwischenräume in einen Graphittiegel gesetzt, in welchem man die zum Schmelzen des Nickels nöthige Hitze hervorbringen kann. Man erhitzt während 5 Stunden so stark als möglich, und entfernt stets die Schlacken, welche den Rost des Ofens verstopfen können. Nach dem Erkalten zerschlägt man den Tiegel; man findet in ihm zwei deutlich getrennte Schichten, deren eine glasig ist und aus Borsäure und Thonerde besteht, während die andere metallartig, blasig und eisengrau aussieht, und mit kleinen leicht erkennbaren Krystallen von Bor besetzt ist. Letztere Schicht besteht aus Aluminium, das seiner ganzen Masse nach von krystallisirtem Bor durchdrungen ist.

Es handelt sich nun darum, dieses letztere zu trennen. Es wird demnach die metallartige Schicht mit siedender Natronlauge von mittlerer Concentration behandelt, welche das Aluminium auflöst, dann zur Beseitigung des Eisens mit kochender Salzsäure und zuletzt mit einer Mischung von Fluss-

säure und Salpetersäure, um die Spuren von Silicium wegzunehmen, welche nach der Behandlung des Bors mit Natron dem ersteren noch beigemischt sein könnten.

Das so erhaltene Bor ist nicht ganz rein, es enthält Thonerdeplättchen beigemischt, die man mechanisch auslesen muss, da eine chemische Ausscheidung bis jetzt nicht gelang.

Die erwähnte obere glasartige Schicht mit Wasser gekocht, giebt an dieses viel Borsäure ab, und eine gallertartige Schicht entsteht, welche fast reine Thonerde ist. Diese Abscheidung der Thonerde von der Borsäure steht mit der Einwirkung des Wassers^o auf andere Borsäure-Salze mit unlöslichen Basen in Einklang.

Physische Eigenschaften des krystallisirten Bors.

Das Bor ist krystallinisch, durchsichtig, von bald granat-rother, bald honiggelber Farbe. Die Farbe desselben ist, wie bei den Edelsteinen, unwesentlich, da sie von einem kleinen Gehalt an Kohle, Silicium, vielleicht auch amorphem Bor herühren kann. Es lässt sich aber erwarten, dass man das Bor auch noch farblos werde darstellen können.

In Bezug auf Glanz- und Lichtbrechungs-Vermögen ist das Bor nur dem Diamant zu vergleichen. Auf dem grossen Lichtbrechungs-Vermögen beruht auch der Metallglanz, welcher Krystalle von so beträchtlicher Dicke, dass das Licht nicht mehr durchdringen kann, zeigt. Wenn man einst das Bor in grösseren Krystallen wird dargestellt haben, so lässt sich vermuthen, dass es ganz das Aussehen des Diamants haben und dessen bedeutende Reflexion und Refraction des Lichts zeigen werde. In der Härte steht das Bor kaum dem Diamant nach. Der Diamant ritzt den nach ihm härtesten Körper, den Korund; das Bor ritzt aber den Korund mit grosser Leichtigkeit, denn ein geschnittener Saphir verlor, mit Borstaub behandelt, ausserordentlich leicht Ecken und Kanten, und wurde auf den Flächen geritzt. Selbst ein geschnittener Diamant, mit dem Borstaub auf einer Unterlage von polirtem Quarz zerdrückt wurde, zeigte sich an allen Berührungsstellen schwach angegriffen. *)

*) Der Saphir ist eine blaue, der Rubin eine rothe krystallisirte

Sonach kann das Bor, wenn nicht als der härteste Körper, doch dem Diamant in dieser Beziehung als gleichstehend angesehen werden.

Die Krystallform des Bors muss noch bestimmt werden. Es wurden von Wöhler und Deville öfter ziemlich grosse Krystalle erhalten; es zeigte sich aber, dass es verwickelt zusammengesetzte Verwachsungen sehr vieler und kleiner, regelmässig vereinigter Krystall-Individuen waren.

Chemische Eigenschaften.

Das Bor ist unter den Elementen dasjenige, welches am schwierigsten von chemischen Agentien angegriffen wird. Sauerstoff ist auch bei starker Erhitzung des krystallinischen Bors ohne Einfluss auf dasselbe. Bei der Verbrennungstemperatur des Diamants oxydirt es sich nur oberflächlich, indem die sich bildende Borsäureschicht der weiteren Oxydation Grenzen setzt. Chlor wirkt stark auf Bor ein; dasselbe entzündet sich in einer Chloratmosphäre bei Rothgluth und wird zu gasförmigem Chlorbor. Wie fast immer das Chlor nicht ganz wasserfrei ist, so bildet sich auch hier ein weisser Rauch; es scheidet sich etwas Borsäure ab. Im Chlorgas erhitzt verbrennt das Bor ohne Rückstand, und man beobachtet ein ähnliches Aufschwellen der Krystalle, wie Dumas diese Erscheinung beim Verbrennen des Diamants im Sauerstoffgase beobachtet hat.

Krystallisirtes Bor und Platin schmelzen auf der Stelle vor dem Löthrohr zu Borplatin, welches nicht schwer schmelzbar ist. Weder verdünnte noch concentrirte Säuren greifen weder in der Kälte, noch in der Hitze das Bor an.

Schwefelsaures Kali verwandelt es jedoch bei Rothgluth in Borsäure, wobei schweflige Säure entweicht.

Aetznatronlauge, siedend, greift ebenfalls nicht an. Na-

Thonerde; gelbe Krystalle nennt man orientalische Topase; unreine oxydhaltige undurchsichtige Krystalle, welche keine ausgezeichnete, meist eine bräunliche Farbe haben, nennt man Korund; im Urgebirge eingewachsene oder im Gerölle vorkommende Thonerde heisst Smirgel.

Thonerde ist vor dem Knallgasgebläse schmelzbar, und giebt ein farbloses Glas. Dieselbe vorher mit chromsaurem Kali befeuchtet, erschien roth (künstlicher Rubin. Gaudin).

tronhydrat oder kohlen-saures Natron lösen es dagegen bei Rothgluth langsam auf. Salpetersaures Kali scheint bei dieser Temperatur nicht merklich auf das krystallisirte Bor einzuwirken.

2. Graphitartiges Bor.

Das graphitartige Bor erhält man leicht, wenn man Fluorborkalium mit Aluminium behandelt, und als Flussmittel ein Gemenge von Chlorkalium und Chlornatrium zusetzt. Man bekommt dann kleine Massen von Boraluminium. Diese werden in Salzsäure gelöst, wobei das Bor in der graphitartigen Modification zurückbleibt. Es bildet hexagonale Blättchen von Farbe etwas röthlich, stets undurchsichtig, und von Glanz und Form des natürlichen Graphits und des graphitartigen Siliciums. Etwas graphitartiges Bor erhält man bei der Darstellung des krystallinischen; es bleibt im Wasser suspendirt, nachdem ersteres zu Boden gefallen ist.

3. Amorphes Bor.

Es bildet sich ebenfalls bei der Darstellung des krystallisirten Bors. Das Aluminium kann das Bor nicht in der Masse auflösen, als es frei wird. Nach beendigter Auflösung mit Natron und Säuren findet man eine hellchocoladenbraune Masse, welche alle Eigenschaften des von Gay Lysac, Thénard und Berzelius gekannten Bors zeigt.

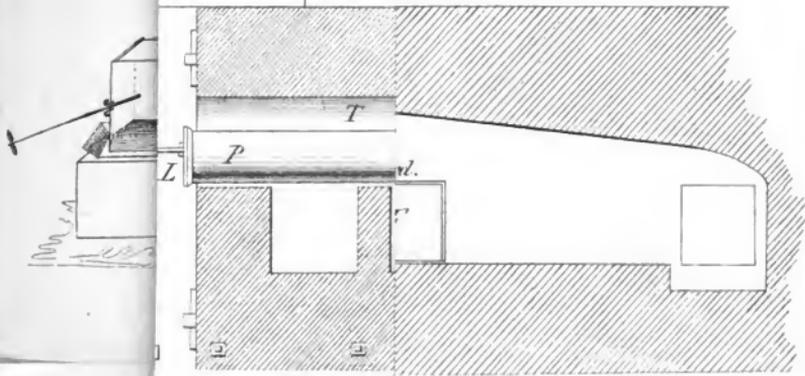
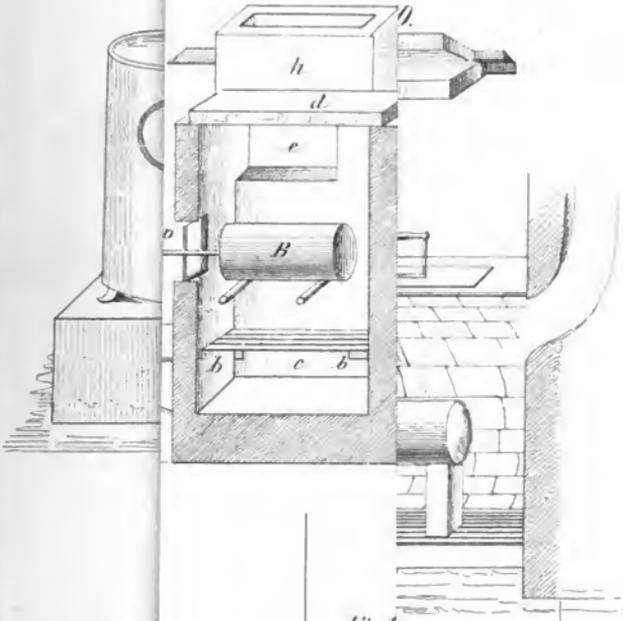
Das amorphe Pulver auf ein Filtrum gesammelt, brennt nach dem Trocknen und Anzünden des Papiers leicht und mit starker Lichtentwicklung zu Borsäure ab, während das graphitartige der Hitze widersteht, und unverändert in der Asche des Papiers gefunden wird.

Das Silicium.

Bei der elektrolytischen Darstellung des Aluminiums aus Chloraluminiumnatrium, wird eine unreine, krystallinische, sehr brüchige Legirung desselben erhalten, welche neben Kohle eine nicht unbeträchtliche Menge Silicium enthält.

Aus dieser Legirung lässt sich, an 10,3 Procent des Aluminiums, Silicium darstellen, welches sich zu dem bisher bekannten pulverförmigen verhält, wie Graphit zur Kohle.

Jenes unreine Aluminium wird in Salzsäure gelöst, es entwickelt sich übelriechendes Wasserstoffgas; nach längerem Kochen mit concentrirter Salzsäure bleibt das Silicium als Rückstand in Form glänzender Krystallblättchen und von ähnlichem Ansehen wie Platinerz. Dieses Silicium kann ohne Veränderung in einem Sauerstoffstrom zum Weissglühen erhitzt werden; es wird durch Flusssäure nicht angegriffen, und von den Säuren löst es nur eine Mischung von Flusssäure und Salpetersäure. Geschmolzenes und rothglühendes Kalihydrat verwandelt es nur schwierig in Kieselerde. Es leitet die Elektrizität wie Graphit, und Deville glaubt überhaupt, dass sich dieses Silicium zu dem bisher bekannten verhalte, wie der Graphit zur gewöhnlichen Kohle.



Die Darstellung
des
Aluminiums,

Kaliums, Natriums, Magnesiums, Bariums, Strontiums und Calciums

und der
Metalloide Bor und Silicium.

Nach den neuesten Arbeiten

von

**Sainte-Claire Deville, Wöhler, Heinrich Rose, Brunner,
Bunsen u. A.**

zusammengestellt

von

Ed. Ulenhuth.

Zweites Heft.

Mit 1 Tafel Abbildungen.

QUEDLINBURG,

Druck und Verlag von G. Basse.

1858.



Inhalt des zweiten Heftes.

Die industrielle Fabrikation des Natriums und Aluminiums
in der Fabrik zu Amfreville-la-Mi-Voie bei Rouen in ihrer neuesten
Vervollkommnung, von den Directoren dieser Anstalt, den Herren Char-
les und Alexander Tissier selbst beschrieben.

Mit erläuternden Figuren.

| | Seite |
|---|-------|
| Einleitung | 3 |
| Erstes Capitel. | |
| Industrielle Fabrikation des Natriums nach der in der Fabrik von Amfreville-la-Mi-Voie angewendeten Methode. | 7 |
| Zweites Capitel. | |
| 1. Ueber die Fabrikation des Natriums und Aluminiums. Von Prof. Dumas in Paris | 13 |
| 2. Ueber die Fabrikation von Aluminium und von Soda aus Kryolith. | 16 |
| 3. Ueber den gegenwärtigen Standpunkt der Erzeugung und Verar- beitung des Aluminiums in Frankreich | 18 |
| 4. Darstellung des Aluminiums, nach Fr. Ch. Knowles. | 21 |
| 5. Verbesserungen bei der Fabrikation des Aluminiums von Gebr. Rousseau und P. Morin | — |
| 6. Ueber die Legirungen des Aluminiums, von Debray. | 23 |
| 7. Ueber die industriellen Anwendungen des Aluminiums. Von H. Sainte-Claire Deville | 24 |
| Drittes Capitel. | |
| Industrielle Fabrikation des Aluminiums | 27 |
| Die Methode mittelst des Chlor-Aluminiums und Natriums | 28 |
| Die Methode mittelst Kryolith | 30 |
| Vortheile, welche das Verfahren, das Aluminium aus Kryolith darzustellen, darbietet. | 31 |
| Viertes Capitel. | |
| Physische und chemische Eigenschaften des Aluminiums. | |
| Physische Eigenschaften | 32 |
| Chemische Eigenschaften | 34 |

Fünftes Capitel.

Ueber die Legirungen des Aluminiums.

| | |
|----------------------------------|----|
| Aluminium und Silicium | 36 |
| Aluminium und Eisen | 37 |
| Aluminium und Zink | — |
| Aluminium und Nickel | 38 |
| Aluminium und Zinn | 39 |
| Aluminium und Blei | 40 |
| Aluminium und Antimon | — |
| Aluminium und Wismuth | — |
| Aluminium und Kupfer | 42 |
| Aluminium und Silber | 44 |
| Aluminium und Gold | 45 |
| Aluminium und Platin | — |

Sechstes Capitel.

| | |
|--|----|
| Wirkung des Aluminiums auf die Metalloxyde | 46 |
|--|----|

Siebentes Capitel.

| | |
|---|----|
| Wirkung des Aluminiums auf die salinischen Lösungen | 47 |
|---|----|

Achstes Capitel.

| | |
|--|----|
| Wirkung des Aluminiums auf einige Zusammensetzungen bei einer hohen Temperatur | 48 |
|--|----|

Neuntes Capitel.

| | |
|--|----|
| Welche Stelle muss man dem Aluminium in den Classificationen anweisen? | 50 |
|--|----|

Zehntes Capitel.

| | |
|---|----|
| Einige Bemerkungen über die Aluminium-Fabrik zu Amfreville-la-Mi-Voie bei Rouen | 52 |
|---|----|

Elftes Capitel.

| | |
|--|----|
| Von der wahrscheinlichen Rolle des Aluminiums in unserm Münzsystem | 55 |
|--|----|

Nachträge.

| | |
|--|----|
| 1. Die trockene galvanische Batterie der Herren J. Lacassagne und R. Thiers, welche als Nebenproduct Aluminium liefert | 62 |
| 2. Ueber Kalium- und Natrium-Darstellung von Prof. Dr. J. R. Wagner in Würzburg | 63 |

Die industrielle Fabrikation
des
Natriums und Aluminiums

in der Fabrik zu Amfreville-la-Mi-Voie bei Rouen in ihrer neuesten Vervollkommnung, von den Directoren dieser Anstalt, den Herren Charles und Alexander Tissier selbst beschrieben.

Mit erläuternden Figuren.

Einleitung.

Man kann sagen, dass das Aluminium das Metall sei, welches mit der grössten verschwenderischen Freigebigkeit in der Zusammensetzung unserer Erdkugel verbreitet worden, wenigstens so viel wir nach der Oberfläche derselben beurtheilen können; denn bekanntlich ist man noch nicht sehr tief in die Rinde der Erde eingedrungen, deren Inneres noch mit dichtem Schleier verhüllt ist. Verbunden mit dem Sauerstoff und dem Silicium, bildet das Aluminium die Basis der granitischen Gebirgsformationen, die man mit Recht als die Grundlagen des Bodens betrachten kann. Der Feldspath, welcher einen der wesentlichen Bestandtheile der granitischen Massen bildet, ist ein Doppelsalz von kieselsaurer Thonerde und Kali. Letztere Basis (das Kali) kann hier ersetzt werden durch das Natron. Man entziehe dem Feldspathe das Aluminium, und man wird diesem Gestein seinen wesentlichen Charakter nehmen. Man lasse dagegen den Feldspath aus dem graniartigen Gestein verschwinden, und es wird keinen Granit mehr geben. *)

Diese primitiven oder plutonischen Felsarten verdanken nun dem Aluminium ihr Aussehen und ihre unterscheidenden charakteristischen Merkmale; und dieses ist so wahr, dass das Kali hier ersetzt werden kann durch das Natron und selbst durch den Kalk, oder die Magnesia, ohne dass sie aufhören, dieselben Eigenschaften zu behalten.

Wenn wir zu den Uebergangsgebirgen, zu den Formationen uns wenden, die man die metamorphischen genannt hat,

*) Der Granit ist zusammengesetzt aus 3 Hauptmineralien, in mehr oder weniger beträchtlichen Verhältnissen gemengt, nämlich dem Quarz, dem Feldspath und dem Glimmer.

weil man geglaubt hat, dass sie ursprünglich durchs Wasser gebildet worden und ihren letzten Zustand der Berührung glühender Felsarten verdanken, so werden wir noch sehen, dass das Aluminium den blättrigen und schieferigen Formationen ein Aussehn mittheilt, welches man nirgends wiederfindet. Die Thonerde ist der unentbehrliche Bestandtheil für die Constitution jener Massen von blättriger Struktur, welche die Geologen Schiefer nennen, und von welchem die Industrie ihren Dachschiefer hernimmt, womit unsere Dächer gedeckt werden.

Aber hauptsächlich in dem Masse, als wir uns der Oberfläche der Erdkugel nähern, sehen wir das Aluminium eine Rolle spielen, die mehr und mehr wichtiger wird. Der Thon bildet in der That jene enormen Schichten, welche die Urformationen bedecken seit den ersten Niederschlägen bis zu denen, die sich noch heutigen Tages bilden. Der Thon ist weiter nichts, als das Produkt der Zersetzung der Granite durch die langsame Wirkung der Luft und des Wassers, welches die löslichen Substanzen, das Kali und das Natron fortführt und eine Mengung von Quarz und kieselaurer Thonerde rückständig lässt; diese letztere Mengung verlässt bald den Quarz mehr oder weniger vollständig, und indem sie sich mit mehr oder weniger beträchtlichen Verhältnissen von kohlensaurem Kalk mengt, bildet sie die sogenannten Mergel.

Die Eigenschaften des Thons sind allgemein bekannt, wodurch er so werthvoll für die Landwirthschaft und für die Künste wird. Man mache nun den Versuch, den Thon mit etwas Anderem, als mit kieselaurer Thonerde herzustellen; man lasse mit einem Wort das Aluminium aus demselben verschwinden, und alle diese Eigenschaften verschwinden dann zugleich mit dem Metall, welches die Basis des Thones bildet.

Ohne Thon keine fruchtbare Länderei, keine nichtdurchlassenden Schichten, welche das Wasser zurückhalten, um es in unsere Brunnen und in unsere Cisternen zu leiten, und welche an der Oberfläche der Erde eine Feuchtigkeit erhalten, welche für die Vegetation so günstig ist.

Ohne Thon keine Töpferwaaren, keine Dachziegel, keine feuerbeständigen Materialien für den Bau unserer Fabriköfen und für die massiven Wände unserer Hohöfen; kein hydraulischer Mörtel für die Construction der Dämme unserer Häfen und für die unterirdischen Canäle unserer Städte.

Ohne Thon endlich keine mögliche Färbung, weil diese Substanz die Basis ist, welche dazu dient, auf unseren Geweben aus Seide, Wolle und Baumwolle jene so reichen und so mannichfaltigen Farben zu fixiren.

Eine merkwürdige Thatsache ist die, dass wenn das Aluminium durch seine Verbindungen mit dem Sauerstoff und dem Silicium die Basis der mineralischen Welt zu bilden scheint, es dagegen sich als ganz unnütz für die Constitution der organischen Welt darstellt; denn die chemische Analyse lehrt uns, dass man die Thonerde oder die anderen Zusammensetzungen des Aluminium als der Constitution der Pflanzen und der Thiere völlig fremd betrachten könne.

Wir haben geglaubt, hier ein Verzeichniss der Hauptfelsarten, wie auch der Edelsteine hinzufügen zu müssen, von denen das Aluminium einen wesentlichen Bestandtheil bildet:

Feldspathartige Felsarten, oder mit Aluminium-Basis.

Pegmatite. — Zusammensetzungen von Feldspath und Quarz; man findet sie in geschichteten Massen in dem unermesslichen Stockwerke des Gneiss.

Gneiss. — Diese Felsart, welche den unteren Theil der Urgebirgsformation bildet, besteht wesentlich aus Feldspath und Glimmer in deutlichen Flittern.

Protogyn. — Eine granitartige Felsart, wesentlich zusammengesetzt aus Talk und Feldspath.

Amphibol. — Ein Mineral, zusammengesetzt aus kiesel-saurer Thonerde, Eisen, Kalk und Magnesia und welches zum grossen Theil die Felsart bildet, die unter dem Namen Amphibolit bekannt ist.

Porphyre. — Felsarten mit dichtem Feldspath von bunter Farbe zur Basis.

Bergkiesel, Eurit. — Dichter Feldspath, fettig, mehr oder weniger mit fremden Substanzen gemengt.

Trachyte. — Vulkanische, poröse, scharf anzufühlende Felsarten, die fast gänzlich aus mikroskopischen Körnern von verworren eingestreutem Feldspath zusammengesetzt sind.

Puzzolanerde. — Ebenfalls eine Art vulkanischen Gesteins. Man hat sie lange Zeit gesucht zur Zusammensetzung hydraulischer Mörtel.

Obsidian. — Eine glasige Felsart mit Feldspath-Basis, sehr häufig von schwarzer Farbe.

Edelsteine mit Aluminium-Basis.

Der Corund, welcher den Rang wegen seiner Schönheit und seines Glanzes fast dem Diamant streitig macht, besteht wesentlich aus Thonerde. Blau gefärbt bildet er den Sapphir; rothgefärbt nimmt er den Namen orientalischer Rubin an und ist dann einer der reichsten und geschätztesten Edelsteine. Bietet er eine gelbe Farbe dar, so nennt man ihn orientalischen Topas.

Der orientalische Amethyst, der orientalische Smaragd sind weiter nichts, als Varietäten des Corunds oder Diamantspaths.

Der Spinell ist eine schöne Substanz, in der Regel roth, ein wenig ins Rosenrothe schimmernd und wesentlich zusammengesetzt aus Thonerde, Magnesia und Eisen.

Wenn derselbe eine schöne rothe Farbe hat, so nennen ihn die Steinschneider Rubin-Spinell und geben ihm ungefähr die Hälfte des Werthes vom Diamant.

Der Topas ist ein sehr schöner glasiger Stein, dessen gewöhnlichste Farbe gelblichweiss bis honiggelb, grünlichweiss bis spargelgrün ist. Die grünen und blauen sind als orientalische oder ächte Aquamarine bekannt; den blassgelben sächsischen macht man durch Glühen farblos, den hochgelben brasilianischen ebenso röthlich. Er besteht aus einer Verbindung von Fluoraluminium und basisch kieselsaurer Thonerde.

Der Smirgel, welcher zum Poliren der Metalle dient, ist weiter nichts, als eine grobe und nicht durchsichtige Varietät von eisenschüssigem Corund.

Erstes Capitel.

Industrielle Fabrikation des Natriums nach der in der Fabrik von Amfreville-la-Mi-Voie angewendeten Methode.

Wir kommen jetzt zur fabrikmässigen Darstellung des Natriums, wie sie gegenwärtig in der Fabrik von Amfreville-la-Mi-Voie bei Rouen, der ersten, die seit 1855 für die specielle Fabrikation des Aluminiums errichtet worden ist, betrieben wird.

Zubereitung der Mengungen. — Die Mengungen, um daraus das Natrium herzustellen, bestanden bisher wesentlich aus kohlen saurem Natron und Kohle, denen man eine gewisse Quantität Kreide zusetzen zu müssen geglaubt hatte, um die Mengungen weniger schmelzbar zu machen und ein Aufblähen derselben zu verhindern. Die Gegenwart dieser Kreide hatte zwei Uebelstände: 1) vermehrte sie die Unreinheit der Rückstände, welche nach jeder Operation in den Cylindern bleiben, und machte den Zusatz einer gewissen Quantität dieser Rückstände zu den neuen Mengungen unmöglich; 2) sie erzeugte Kalk, welcher, da er mit dem kohlen sauren Natron innigst gemengt war, Aetznatron bei der Auslaugung dieser Rückstände erzeugte.

Wir sind dahin gelangt, die Kreide vollständig wegzulassen und der Mengung eine angemessene Härte im Feuer zu geben, indem wir das Verhältniss der Kohle hinlänglich vermehrten.

Nachdem wir unter einem Mühlstein aus Granit die Steinkohle bis zum Grad angemessener Feinheit gebracht haben, vermengt man mit derselben das kohlen saure Natron mittelst der Schaufel, und die Mengung wird der Wirkung des Mühlsteines unterworfen, bis man keine Salzkörner mehr gewahr wird.

Calcination der Mengung. — Die Calcination wird bewirkt in zwei gusseisernen Cylindern von 2,50 Metern Länge und 0,40 Meter Durchmesser. Diese beiden Cylinder liegen horizontal in einem Ofen mit gedrücktem Gewölbe und geheizt mittelst eines kleinen Herdes, der höchstens die Temperatur einer lebhaften Rothgluth geben kann. *Fig. 1* giebt eine Darstellung dieses Ofens.

Die Calcination hat zum Zweck, aus der Mengung alle flüchtigen Substanzen zu vertreiben, die sie verlieren kann, ehe die Kohle auf das kohlen saure Salz zu reagiren beginnt, und auf diese Weise eine Substanz zu erlangen, die geeignet ist, augenblicklich Natrium zu liefern, sobald man sie einer hinlänglichen Temperatur aussetzt.

Bei dieser Operation verliert die Mengung Wasser, Kohlensäure und mehr oder weniger Wasserstoffgase, von der Steinkohle herrührend; sie setzt sich zusammen, indem sie eine gewisse Erweichung erfährt, wird dichter und enthält alsdann weit mehr Substanzen unter einem geringeren Volumen, eine unerlässliche Bedingung für eine gute Entbindung von Natrium.

Die Operation ist beendet, wenn die entweichenden Gase anfangen die gelbliche Farbe zu bekommen, welche der Gegenwart des Natriums charakteristisch ist. In diesem Augenblick wird die Mengung aus den Cylindern herausgenommen und in dünner Schicht auf den Boden der Werkstatt ausgebreitet, der mit Fliesen ausgelegt ist; sie erkaltet rasch, kann dann in Haufen gesetzt und in Hülsen gegeben werden.

Das Eintragen in Hülsen. — Die Füllung der Hülsen mit der Mengung macht die Ladungen viel rascher und leichter. Der Substanzverlust ist um vieles geringer; die Röhre kann vollständig gefüllt werden, und die Ladung ist so zu sagen augenblicklich vollendet.

Reduction der Mengung. — Die Operation, welche definitiv das Natrium liefern soll, geht in eisernen Röhren von 10 bis 12 Centimeter Durchmesser im Lichten und von einer Dicke vor sich, die von 5 bis 30 Millimeter variiren kann. Diese Röhren *Fig. 2.* sind an beiden Enden offen, von denen

das eine zum Eintragen und das andere zur Entbindung dienen soll. Die Oeffnung zum Eintragen wird verschlossen mit einem massiven gusseisernen Stöpsel, und diejenige für die Entbindung mit einem Stöpsel, der mit einem Loche durchbohrt ist, um den Hals der Vorlagen aufzunehmen *).

Diese Röhren liegen horizontal auf einem Ofen, sehr ähnlich den Wärmessen, welche in den Eisenhütten gebräuchlich sind (siehe *Fig. 3.*), und können bis zur schweissenden Weissgluth erhitzt werden. Er ist so verschlossen, das die beiden Röhrenöffnungen frei bleiben, so dass man sie füllen und reinigen kann.

Gang der Operation. — Nachdem man dieses wohl verstanden hat, denken wir uns den Ofen geheizt, den Rost gut von Schlacken befreit und mit einer guten Ladung von Brennmaterial bedeckt, so dass die Röhren bis zur Temperatur der Weissgluth gelangt sind. Ein Arbeiter öffnet nun successiv die Ladungsmündung jeder Röhre und bietet eine blecherne Rinne *Fig. 4.* dar, die Hülse enthaltend, welche die Ladung einer Röhre bildet, während ein anderer Arbeiter sie rasch ins Innere des Cylinders gleiten lässt. Die Röhre ist so geladen binnen sehr kurzer Zeit, und man verliert dabei sehr wenig Substanz. Es erfolgt sogleich eine reichliche Gasentbindung, die in Gestalt eines langen Flammenstrahles zu Tage tritt. Während der ersten Augenblicke haben diese Flammen grosse Aehnlichkeit mit denen des Leuchtgases; sie bestehen hauptsächlich aus einfach gekohltem und doppelt gekohltem Wasserstoffgas, herrührend von der Calcination der Hülse und der Reaction der Kohle auf das Wasser, welches die Mischung durch ihre Exposition an der Luft absorbirt haben kann. Die Flamme wird immer glänzender und nimmt die gelbliche Farbe an, welche dem Natrium charakteristisch ist. Bald vermag das Auge den Glanz kaum zu ertragen; sie giebt dann reichliche Natrondämpfe aus, von der Verbrennung des Natri-

*) Die eben beschriebene Einrichtung ist unsere eigene Erfindung und macht den Gegenstand eines Patentes aus, welches wir darauf im Jahre 1855 genommen haben.

uns herrührend, mit welchem sie beladen ist. In diesem Augenblicke setzt der Arbeiter die Vorlagen ein, denn das Metall wird sich bald verdichten.

Theorie der Reaction. — Nachdem die Mischung die Temperatur erlangt hat, bei welcher die Kohle im Stande ist, auf das kohlen saure Natron zu reagiren, begiebt sich nun Folgendes: Ein Aequivalent der Kohle bemächtigt sich eines Aequivalentes des Sauerstoffes der Kohlensäure und führt es in den Zustand des Kohlenoxyds über, indem es selbst in diesen übergeht; ein anderes Aequivalent der Kohle bemächtigt sich des Sauerstoffes des Natrons, und indem es das Natrium in Freiheit setzt, erzeugt es ein drittes Aequivalent von Kohlenoxyd. Die folgende Gleichung stellt diese Reaction dar.



Das Natrium verdichtet sich nun in den Vorlagen, und das Kohlenoxyd, eine gewisse Quantität dieses Metalles fortführend, bildet glänzende Flammenstrahlen, die aus dem Ende der Apparate hervordringen.

Alles dieses würde, wie man sieht, sehr einfach sein, wenn die fernere Wirkung des Kohlenoxydes auf das Natrium, welches im Begriff steht, sich zu verdichten, die Erscheinung nicht complicirte, wie die Herren Donny und Mareska in ihrer Arbeit über das Kalium so richtig bemerkt haben, und schwarze unschmelzbare Niederschläge von Natron und Kohle erzeugte, die immer ein beträchtliches Verhältniss von Natrium verloren gehen lassen.

Wir haben schon anderweit gesagt, worin die geringen Modificationen bestehen, welche wir an der Vorlage der Herren Donny und Mareska angebracht haben; aber worüber man sich vielleicht wundern wird, ist der Umstand, dass die Dimensionen dieser Vorlage als hinlänglich erfunden worden sind für unsere Cylinder von 1 Meter Länge. Je kleiner in der That der Verdichtungsapparat im Verhältnisse zum Erzeugungsapparate ist, desto mehr entgeht metallisches Natrium der zerstörenden Wirkung des Kohlenoxydes (siehe Fig. 5).

Dauer einer Ladung. — Die Dauer einer Ladung ist abhängig von der Intensität der Wärme und der Qualität der

Mengungen; sie kann variiren von $1\frac{1}{2}$ bis 4 Stunden. Man kann indessen sagen, dass je rascher die Operation vorschreitet (wohl verstanden bis zu einer gewissen Gränze), desto beträchtlicher ist die Quantität des erlangten metallischen Natriums. Von einer andern Seite ist die Dauer der Röhren umgekehrt proportional der Intensität der Wärme.

Wir wollen annehmen, die Operation sei in gutem Gange: Die Vorlagen sind angelegt, sie fangen an, sich mit geschmolzenem Natrium zu füllen, und die Gase, welche genöthigt sind, durch das Metall hindurch zu schnattern, lassen ein eigenthümliches Geräusch vernehmen, welches das Zeichen eines guten Ganges ist. Von Zeit zu Zeit räumt ein Arbeiter mit einer Stange den Hals der Vorlage aus. Bald, wenn er nicht aufmerksam ist, fließt das Metall über und ergießt sich nach auswärts. Ohne diesen Augenblick abzuwarten, muss er die Vorlage abnehmen und das geschmolzene Metall in ein Becken gießen, welches eine gewisse Quantität Schieferöl enthält. Während dieser Zeit legt ein anderer Arbeiter eine neue Vorlage ein.

Die Reinigung der Vorlagen. — Die Vorlagen, aus welchen man das geschmolzene Natrium ausgegossen hat, sind beschmutzt durch eine Mischung von Natron und Kohle, herührend von der Wirkung des Kohlenoxyds auf das Natrium. Diese Mischung ist gesättigt mit einem ziemlich starken Verhältniss von Natrium: sie hat sich so fest angehängt, das sie nur mit Hülfe eines Meissels losgemacht werden kann; aber um diese Arbeit auszuhalten, muss die Substanz vorher im Oele kalt geworden sein, sonst würde sie durch die Wirkung des Werkzeuges Feuer fangen. Um diese Bedingung zu erfüllen, taucht man die Vorlagen, sobald sie hinlänglich kalt geworden, in Schieferöl, welches in gusseisernen Kästen *Fig. 6.* enthalten ist. Sobald sie aus diesen Kästen kommen, werden sie gereinigt, von Neuem zurecht gemacht und sind dann im Stande, den Dienst von Neuem zu leisten. Die Tafel *Fig. 7.* dient zur Reinigung der Vorlagen.

Neue Füllung. — Man sieht, dass die in den Röhren enthaltene Mengung anfängt, sich zu erschöpfen, sobald man be-

merkt, dass die Flamme, welche am Ende der Vorlage sich entbindet, an Intensität abnimmt, obgleich der Hals der Vorlage nicht verstopft ist.

Man muss alsdann zu einer neuen Ladung der Mischung schreiten, die auf dieselbe Weise ausgeführt wird, wie die erste, mit der Differenz, dass man Sorge getragen hat, vorher aus der Röhre den Rückstand von der früheren Operation auszuräumen. Diese letztere Operation wird ausgeführt mittelst eines langen Setzkolbens, von welchem *Fig. 8.* eine Darstellung giebt.

Das Ersetzen einer Röhre. — Man wird gewöhnlich gewahr, dass eine Röhre ausser Dienst sei, wenn sie, verglichen mit den andern Röhren, nur eine schwache Flamme ausgiebt. Das Ausgeben der Flamme kann selbst mit einem Mal aufhören; in solchem Falle macht es sich dringend nöthig, nachzusehen, ob wirklich die Röhre durchbohrt sei, was mittelst eines Registers mit einer grossen Leichtigkeit bewerkstelligt wird. Wenn man das Register vollständig geschlossen hat, d. h. wenn aller Zug im Ofen unterbrochen worden, so kommt die Flamme an der Mündung der Röhre wieder zum Vorschein, und die Durchbohrung oder Durchlöcherung der Röhre ist dann offenbar, weshalb man sie unverzüglich ausleeren muss, um so viel wie möglich die Ergiessung des geschmolzenen Alkalis, welches sie enthält und welches zuletzt die Beschädigung des Ofens herbeiführen würde, zu verhindern.

Das Herausnehmen der Röhre wird bewerkstelligt mittelst einer Art von Wagen *Fig. 9.*, welcher zusammengesetzt ist aus einer beweglichen Axe, welche sich um eine Axe dreht, die selbst auf zwei Rädern getragen wird; diese Axe ist ein starker Eisenstab, einen Hebel bildend, dessen kleinster Schenkel derjenige ist, welcher die Röhren ergreifen soll, und dessen anderer Schenkel von Männern gehalten wird, welche das Herausnehmen bewerkstelligen sollen. Ist einmal die Röhre herausgenommen, so reparirt man so gut wie möglich mit feuerbeständigem Sand die Stelle der Sohle, wo sie lag, und führt dann eine neue ein.

Reinigung des Natriums. — Das durch die beschriebenen

Operationen erzeugte Natrium bildet das rohe Natrium. Man erhält es in Gestalt dicker geschmolzener Massen oder von Granalien, vermischt mit einigen Bruchstücken von Kohle und Natron. Bevor man das Metall anwendet zur Darstellung des Aluminiums, muss es einer Reinigung unterworfen werden, die es von fremden Körpern befreien soll. Diese Phase der Fabrikation wird auf folgende Weise bewirkt: das rohe Natrium, nachdem man es auf einem eisernen Siebe gut vom Oel hat abtropfen lassen, wird in einer gusseisernen Pfanne geschmolzen, welche über gelindem Feuer erhitzt wird.

Das geschmolzene Metall wird mit einem eisernen Löffel ausgeschöpft und in Formen gegossen, wie man sie für angemessen hält.

Ergebniss. — Obgleich das Natrium schon in beträchtlicher Quantität fabricirt wird und sein Preis beträchtlich herabgegangen ist (der Gestehungspreis in der Fabrik von Amfreville vom Kilogramm beträgt ungefähr 30 Franken), so entfernen sich die Ergebnisse doch dergestalt vom theoretischen Ergebniss, dass das erzeugte Natrium kaum den zwanzigsten Theil vom angewendeten kohlensauren Natron darstellt.

Nach einer Abhandlung, welche die Herren Deville, Rousseau und Morin am 13. October 1856 der Akademie der Wissenschaften übermacht haben, wollen dieselben ein Ergebniss erlangt haben, welches dem theoretischen ziemlich nahe kommt. Leider erklärt die Abhandlung nicht, ob dieses Ergebniss direct, oder durch successive Benutzung ihrer Rückstände erlangt worden ist. Wir wollen also dabei beharren, jetzt noch keine Ziffer zu geben, in der Befürchniss, Andere zu einem Irrthume zu verleiten.

Zweites Capitel.

1. Ueber die Fabrikation des Natriums und des Aluminiums. Von Prof. Dumas in Paris.

Dumas legte der Pariser Akademie am 15. October 1856 einige Kilogramm Aluminium vor, welche s von Rousseau und

Morin in Paris in Verbindung mit Herrn Deville dargestellt war, und bemerkte dabei Folgendes:

Die Darstellung des Aluminiums scheint jetzt aus dem Bereich der Wissenschaft in das der Technik übergegangen zu sein. Rousseau und Morin lassen sie jetzt vollständig von einfachen Arbeitern ausführen. Das Verfahren ist zwar immer noch im Wesentlichen das ursprüngliche, aber die Methoden, das Chloraluminium und das Natrium darzustellen, und die Apparate, in denen man diese Stoffe auf einander wirken lässt, haben für die fabrikmässige Ausführung nothwendig modificirt werden müssen.

Die durch Glühen von Ammoniakalaun im Flammofen dargestellte Thonerde ist für die Anwendung in Chloraluminium sehr geeignet. Dieses Salz könnte aber, wie man sich überzeugt hat, auch direct aus Kaolin oder Thon dargestellt werden. Das Chloraluminium war bei der früher angewendeten Manier schwierig zu behandeln. Man musste es in Kammern verdichten und von den Wänden derselben mechanisch ablösen; dabei trat, wegen unvollständiger Verdichtung desselben, Verlust ein, die Arbeiter waren den schädlichen Dämpfen des Chlorids ausgesetzt, und die Operation musste immer abwechselnd unterbrochen werden. Indem man nun, statt des Gemenges von blosser Thonerde und Kohle, ein Gemenge von Thonerde, Kohle und Kochsalz der Einwirkung des Chlors aussetzt, erhält man als Product das Doppelsalz von Chloraluminium und Chlornatrium, welches flüchtig und schmelzbar ist, so dass es in der Wärme wie Wasser fliesst, in der Kälte aber erstarrt. Die Darstellung dieses Doppelsalzes wird continuirlich und ganz einfach und regelmässig, wie eine Destillation ausgeführt. Sie erfordert weiter keine weitere Arbeit, als dass man für die gehörige Entwicklung des Chlors sorgt, und das zersetzende Gemenge nach Bedarf erneuert, und die irdenen Töpfe, in welche das Doppelsalz beim Austritt aus dem Kühlrohr einfliesst und in denen es sich zu Kuchen verdichtet, wechselt.

Auch das Natrium ist gegenwärtig leicht darzustellen und kommt auf wenig mehr als 7 Fr. das Kilogr. zu stehen. Das

Material bildet bekanntlich ein Gemenge von kohlen saurem Natron, Kreide und Kohle; die Reaction ist so vollständig, dass die wirkliche Ausbeute an Natrium mit der berechneten übereinstimmt, und erfolgt so leicht, dass man die noch gewöhnlich angewendeten, aber theuren schmiedeeisernen Flaschen durch beschlagene Ofenröhren wird ersetzen können.

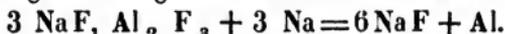
Was die Einwirkung des Natriums auf das Doppelsalz von Chloraluminium und Chlornatrium anbetrifft, so wendet man dazu, nach mancherlei kostspieligen Versuchen, einen Flammofen an. Das Gemenge von Natriumstücken und dem Doppelsalz wird mit einer Schaufel in den vorher zum Glühen erhitzten Flammofen eingetragen. Die Reaction zwischen den beiden Körpern, welche erst nach einiger Zeit eintritt, erfolgt so ruhig, dass man die Operation unbedenklich im grossen Massstabe ausführen kann. Sie hinterlässt Aluminium in Platten, in Kügelchen oder als Pulver; man trennt dasselbe von dem Kochsalz, entweder mechanisch, oder durch Behandlung mit Wasser. Das so erzeugte Aluminium würde per Kilogr. nicht einmal auf 100 Fr. zu stehen kommen, wenn sein Erzeugungspreis nicht durch zufällige Unkosten erhöht würde. Diese Unkosten entspringen daraus, dass die Thonerde, aus Ammoniakalaun gewonnen, zu theuer ist, und dass die Salzsäure und die Soda in Paris verhältnissmässig hoch im Preise stehen. Bei der Fabrikation könnte man übrigens, abgesehen von den nicht zu vermeidenden Verlusten, so viel Kochsalz wieder gewinnen, wie dem zur Darstellung des Doppelchlorids und des Natriums selbst verwendeten entspricht.

Die Versuchsanstalt (von Rousseau und Morin) ist zur Zeit nicht im Stande, im Einzelnen alle Verbesserungen einzuführen, durch welche der Erzeugungspreis des Aluminiums sich noch verringern würde, weshalb der Preis desselben wohl noch einige Zeit höher bleiben wird, als durch die Umstände nothwendig bedingt wird. Die Anstalt erzeugt übrigens jetzt täglich etwa 2 Kilogr. Aluminium. (Compt. rend. T. 43. p. 712.)

2. Ueber die Fabrikation von Aluminium und von Soda aus Kryolith.

Moigno zeigt in der von ihm herausgegebenen Zeitschrift „Cosmos“, Bd. 12 Lief. 16. an, dass, Dank der Geschicklichkeit der Gebrüder Tissier, die Fabrikation von Soda aus Kryolith in Frankreich zu entstehen im Begriff sei, und theilt aus einem von dem Prof. Schrötter in Wien am 1. Februar 1858 gehaltenen Vortrage über die Benutzung des Kryoliths Folgendes mit:

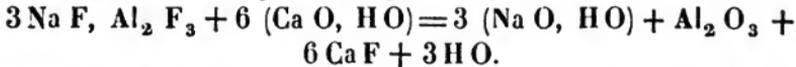
Man hat den Kryolith bis jetzt nur in Grönland gefunden, hier kommt er aber in enormen Quantitäten vor. Von der Mächtigkeit der dortigen Kryolithlager erhält man eine Idee durch die Thatsache, dass die Eigenthümer derselben sich bereit erklären, der Fabrik zu Amfreville-la-Mi-Voie 15 Jahre lang jährlich 3000 Tonneno der 3 Millionen Kilogr. Kryolith zum Preise von 3 Fr. per 100 Kilogr. zu liefern. Der Kryolith enthält 3 Aequivalente oder 32,79 Proc. Natrium, 2 Aequivalente oder 13,02 Proc. Aluminium und 6 Aequivalente oder 54,18 Proc. Fluor. Aus diesen Zahlen geht hervor: 1) dass 100 Th. Kryolith 75,55 Th. kohlensauren Natrons und 24,43 Th. Thonerde entsprechen, und 2) dass man, um aus Kryolith 1 Kilogr. Aluminium zu erhalten, 3 Kilogr. Natrium auf 7,7 Kilogr. Kryolith wirken lassen müsste. Wenn die Zersetzung ohne irgend einen Verlust stattfände, so würde der Gesteinpreis des auf diese Art erhaltenen Aluminiums 25 Franken nicht übersteigen. Die Darstellung des Aluminiums aus Kryolith ist viel leichter, als die aus Chloraluminium; man kann sie überall ausführen, weil dabei kein schädliches Gas in Anwendung kommt, wie es bei der Darstellung des Chloraluminiums der Fall ist. Man erhält ausserdem auf jedes Kilogr. Aluminium als Nebenproduct 9 Kilogr. Fluornatrium, indem die Zersetzung nach folgendem Schema stattfindet:



Das so erhaltene Fluornatrium braucht man nur bei gelinder Hitze mit 6 Kilogr. Kalk zu behandeln, um 8 Kilogr. Fluorcalcium und 8 Kilogr. Natron, die 11 Kilogr. kohlensauren Natrons entsprechen, zu erhalten. Das kohlensaure Natron könnte wieder eine hinreichende Menge Natrium liefern, um

wiederum aus einer neuen Quantität Kryolith 1 Kilogr. Aluminium darzustellen. Das Fluorcalcium fängt an, wegen seiner Wichtigkeit für den thierischen Organismus die Aufmerksamkeit der Chemiker und Physiologen auf sich zu ziehen, und könnte unter andern auch bei der Darstellung von Aluminium aus dem Chloraluminium - Chlornatrium benutzt werden.

Aber nicht bloss zur Darstellung von Aluminium, sondern auch zur Fabrikation von Soda kann der Kryolith sehr wichtig werden. 100 Th. dieses Minerals würden, wenn man sie mit Kalkmilch kochte oder mit kaustischem Kalk glühte, 57 Th. Natronhydrat und 21,4 Th. aufgelöste Thonerde geben, indem eine Zersetzung nach folgendem Schema stattfände



Die Fabrikation von Soda aus Kryolith nach diesem Verfahren würde ohne Zweifel sehr einträglich sein. Die Thonerde könnte man ohne Schwierigkeit beseitigen, indem man in die alkalische Lösung Kohlensäure leitete, wodurch man andererseits ein sehr reines kohlensaures Natron gewinnen würde. Die Thonerde würde zu verschiedenen Zwecken, unter andern vielleicht bei der Seifenbereitung, anwendbar sein; man könnte aber auch die thonerdehaltige alkalische Lauge ohne Weiteres zur Seifenbereitung benutzen, wie es ja auch bereits hier und da geschehen ist. Die Fabrikation von Soda aus Kryolith ist um so mehr möglich, als 100 Th. desselben 57 Theilen festen, reinen, nur 1 Aequivalent Wasser enthaltenden kaustischen Natrons und 24,4 Th. Thonerde entsprechen, während sich andererseits 112 Th. Fluorcalcium geben können. Es ist somit möglich, dass Grönland durch die Lieferung von Kryolith eine ähnliche Wichtigkeit erlangen wird, wie Sicilien durch die Lieferung von Schwefel. Man muss aber wünschen, dass die Geognosten ihr Augenmerk darauf richten, ob nicht auch in anderen Gegenden Kryolith in grösserer Menge vorkommt. In Grönland findet sich dieses, von Giesecke daselbst entdeckte Mineral nördlich von Arksut-Fiord bei Ivikaet, 20 Kilometer von der dänischen Colonie

Julianeshaab. Es kommt daselbst in Lagern im Gneiss vor, in Begleitung von Glimmer, Schwefelkies und Spatheisenstein.

3. Ueber den gegenwärtigen Standpunkt der Erzeugung und Verarbeitung des Aluminiums in Frankreich

hat Prof. A. Schrötter der k. k. Akad. d. Wissensch. in Wien einen Bericht erstattet (Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissensch., Bd. 28 Nr 2), aus welchem wir Folgendes entnehmen, indem wir zugleich auf die vorhergehende Mittheilung verweisen:

Dr. Wilhelm Schwarz, Sectionsrath und Canzleidirector im k. k. österr. Consulate zu Paris, fasste den glücklichen Gedanken, eine Sammlung verschiedenartiger Gegenstände aus Aluminium und mehreren seiner Legirungen, wie derlei gegenwärtig in Paris in täglich wachsender Menge verfertigt werden, zusammenzustellen und nach Wien zu senden.

Deville hat von dem unbeschränkten Credite, welchen ihm Kaiser Napoleon III. zur Ausführung seiner Versuche im Grossen bewilligte, nur 36000 Francs verbraucht.

Bezüglich der Eigenschaften des Aluminiums führt der Verf. an, dass wir dieselben noch nicht mit hinreichender Schärfe kennen, da fast alle Versuche, sie zu erforschen, mit nicht ganz reinem Metalle angestellt wurden.

Ein Blick auf die erwähnte Sammlung von Gegenständen aus Aluminium, welche 159 Nummern zählt und einen Werth von 7000 Francs repräsentirt, zeigt unwiderleglich, dass dieses Metall sowohl für sich, als in mehreren seiner Legirungen vollkommen geeignet ist, nach den bekannten Verfahrungsarten verarbeitet zu werden. In der That enthält die Sammlung gegossene, dann kalt gestreckte Barren, ferner Bleche und Dräthe von äusserster Feinheit und gezogene Röhren. Ferner von verarbeitetem Metall, grosse und kleine Löffel, Gabeln, Becher, elegante, theilweise galvanisch vergoldete, ciselirte Tassen und andere Gefässe, Bracelets, Brillengestelle von allen Formen, Perspective, Busennadeln von ciselirter Arbeit, zum Theil vergoldet, Hemdknöpfchen, Medaillons u. s. w. Da sich das Aluminium vortrefflich feilen, abdrehen, drücken

und radiren lässt, somit auch für feine Theilungen sehr geeignet ist, so wird es ohne Zweifel für physikalische, geodätische und astronomische Instrumente, bei denen es so oft auf Leichtigkeit ankommt und deren Theilungen an der Luft unverändert bleiben müssen, eine bedeutende Verwendung finden.

Von den Legirungen sind besonders hervorzuheben die mit Zinn, die mit Silber und die mit Kupfer.

Die mit Zinn (3 Theile Aluminium auf 100 Theile Zinn) ist härter und wird weniger von Säuren angegriffen, als dieses. Sie verspricht eine grosse Anwendung und wird das reine Zinn bei seinem mannigfaltigen Gebrauche verdrängen.

Die Legirung mit Silber, und zwar aus 5 Theilen von diesem mit 100 Theilen Aluminium, wird ihrer Härte und Elasticität wegen bereits in beträchtlicher Menge zu Obst- und Dessertmessern verarbeitet. Bei 100 Theilen Silber mit 5 Theilen Aluminium eignet sich die Legirung besonders für Münzen, und es dürfte das Aluminium in nicht allzu ferner Zeit das Kupfer als Beimischung des Silbers bei Münzen ersetzen, wodurch nicht bloss die Schönheit und Dauerhaftigkeit der Münzen erhöht, sondern auch noch andere Vortheile erreicht würden.

Die grösste Wichtigkeit dürfte jedoch die Legirung von Kupfer und Aluminium erlangen, indem dieselbe bei 5 bis 10 Proc. Aluminium (Bronce d'aluminium) an Farbe vollkommen dem Golde gleicht und durch Härte, Festigkeit, Elasticität und Unveränderlichkeit in der Luft, in Salzlaugen und sauren Flüssigkeiten ausgezeichnet ist. Diese Legirung wird das Messing und Tombak in allen seinen Anwendungen, wo es sich um Schönheit der Farbe handelt, ersetzen; schon jetzt zieht dieselbe die Aufmerksamkeit der Bijoutiers und Bronze-Arbeiter in hohem Grade auf sich und wird in nicht unbeträchtlicher Menge verarbeitet.

Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass das Aluminium zur Darstellung seiner Legirungen vielleicht in noch grösserer Menge verbraucht werden wird, als in reinem Zustande.

Was den Preis des Aluminiums betrifft, so dürfte der-

selbe für die allgemeine Verwendung dieses Metalles kein Hinderniss mehr sein. Er ist bereits von 1200 auf 300 Francs per Kilogramm gesunken, ja er wird sogar bei Abnahme von grossen Parteen, wie 100 Kilogr. auf 100 Francs für das Kilogr. gestellt. Und doch beschäftigen sich gegenwärtig nur erst zwei Fabriken in Frankreich mit der Erzeugung dieses Metalles. Die eine befindet sich zwei Stunden von Paris zu Nanterre und steht unter der Leitung des Hrn. Paul Morin; sie wurde von Deville gegründet und ist das erste Etablissement für Aluminium und Natrium; die zweite wurde von Hrn. William Martin gegründet und befindet sich zu Amfreville-la-Mi-Voie bei Rouen; sie steht unter der Leitung der Hrn. Charles und Alexander Tissier. Die erste erzeugt gegenwärtig monatlich 60, die zweite 80 Kilogr. Aluminium. Die letztere ist dadurch besonders merkwürdig, dass sie nicht, wie die zu Nanterre, das Natrium-Aluminiumchlorid NaCl , Al_2Cl_3 , sondern den Kryolith 3NaF , Al_2F_3 nach der Anregung, die Heinrich Rose hierzu gegeben hat, verarbeitet. Der Kryolith findet sich nämlich in so enormen Massen an den Küsten Grönlands, dass er zu 3 Francs per 100 Kilogr., das ist 40 Kreuzer per Centner, in einen französischen Hafen gestellt wird, und zwar 3000 Tonnen per Jahr, wozu sich die Eigenthümer der Grube durch 20 Jahre verpflichten.

Da der Kryolith nicht bloss ungleich bequemer zu gebrauchen und seiner Reinheit wegen auch noch mit anderen Vortheilen verknüpft ist, ferner als Nebenproduct Fluornatrium giebt, das leicht in Soda und Flussspath umgewandelt werden kann, so muss dessen Verwendung zur Erzeugung des Aluminiums einen günstigen Einfluss auf den Preis des letzteren üben, und man darf annehmen, dass dieser bis auf 50 Francs per Kilogr. herabsinken werde.

Es hängt dies vorzugsweise von dem Preise ab, um welchen der Fabrikant sich das Natrium verschaffen kann; denn dieses bleibt wohl noch für lange Zeit die Basis der ganzen Aluminium-Industrie. Nach Deville betragen die Gesteungskosten des Natriums aber nur noch 9 Francs per Kilogr.,

und man braucht 3 Kilogr. davon, um 1 Kilogr. Aluminium zu erzeugen.

Setzt man den Preis des Aluminiums auf 100 Francs per Kilogr., so ist der des Silbers $2\frac{1}{2}$ Mal höher, da dieses Metall per Kilogr. 220 Francs kostet. Da aber die Dichte des Aluminiums nur $\frac{1}{4}$ von der des Silbers beträgt, so würde mit Rücksicht auf das Volumen der Preis des Aluminiums nur etwas über $\frac{1}{2}$ von jenem des Silbers betragen. Dass dieses günstige Verhältniss eintritt, hängt also nur noch von dem gesteigerten Verbräuche und der dadurch bedingten Concurrenz ab, und es ist bei den vortreflichen Eigenschaften dieses Metalls, insbesondere bei seiner absoluten Unschädlichkeit und grossen Widerstandsfähigkeit gegen alle im gewöhnlichen Leben vorkommende Flüssigkeiten, so wie bei seiner Verwendbarkeit zu Legirungen, mit Sicherheit zu erwarten, dass in nicht allzu ferner Zeit diese Hoffnung realisirt sein wird. (Journ. f. pract. Chem., Bd. 73 S. 499.)

4. Darstellung des Aluminiums, nach Fr. Ch. Knowles.

Nach Knowles kann man Aluminium auf die Weise darstellen, dass man Cyanalium oder Cyannatrium in der Hitze auf Chloraluminium wirken lässt, wobei Chlorkalium oder Chlornatrium entsteht und Aluminium frei wird. Das Cyanalium oder Cyannatrium kann man erhalten, indem man durch ein glühendes Gemenge von kohlen-saurem Kali oder Natron und Kohle die Gichtgase eines Hohofens leitet und das dabei entstehende Cyanmetall, welches mit den Gasen dampfförmig entweicht, in einer Kammer verdichtet. (Rep. of pat. inv., March 1858 p. 249.)

5. Verbesserungen bei der Fabrikation des Aluminiums von Gebr. Rousseau und P. Morin.

Zur Reduction des Aluminiums kann man tiegel- oder topfförmige Gefässe von Gusseisen oder Schmiedeeisen benutzen. Den Verf. gelang sie auch bei Anwendung von Kammern aus feuerfesten Steinen, die man entweder nach Art der Flammöfen, oder bloss von aussen erhitzt. Sie wenden jedoch

vorzugsweise einen Flammofen an, dessen Herd, welcher einen geneigten Theil hat, so eingerichtet ist, dass das Metall, in dem Masse, als es reducirt wird, sich sammeln kann. Ein gewöhnlicher Sodaofen ist für den vorliegenden Zweck benutzbar.

Das zur Darstellung des Aluminiums dienende Gemenge haben die Verfasser in der Art zu modificiren gesucht, dass die Operation selbst bei kleinen Mengen sicher gelingt. Man gelangt dahin, indem man das Chlornatrium, welches bisher dem Chloraluminium, dem Doppelsalz von Chloraluminium und Chlornatrium, oder dem Doppelsalz von Fluoraluminium und Fluornatrium (Kryolith) gewöhnlich zugesetzt wurde, ganz oder grösstentheils weglässt und dagegen eine abgemessene Quantität Fluorcalcium zugesetzt. Bei Anwendung des Doppelsalzes von Chloraluminium und Chlornatrium hat man bisher das letztere Salz in dem Verhältniss von 50 Th. auf 100 Th. des Doppelsalzes angewendet. Die Erfahrung hat aber gelehrt, dass man mehr Aluminium erhält, wenn man das Chlornatrium in geringerer Menge anwendet, oder es ganz weglässt. Wenn man das Aluminium aus dem Doppelsalz von Chloraluminium und Chlornatrium darstellen will, nimmt man auf 100 Theile desselben 50 Th. Fluorcalcium und 20 Th. Natrium, welche Verhältnisse indess nach Umständen abgeändert werden können. Die Stoffe werden mit einander gemengt und dann auf den Herd des Ofens gebracht, der vorher zum Rothglühen erhitzt wurde. Nachdem der Rost gut mit Brennmaterial beschickt ist, schliesst man den Ofen. Die Reaction findet darauf statt, und indem man die Masse umrührt, vereinigt das Aluminium sich zu einer Masse auf dem geneigten Theile des Herdes, von wo man es abfliessen lassen kann. Indem man zuerst den weissesten und flüssigsten Theil der Schlacke, welcher hauptsächlich aus dem entstandenen Chlornatrium besteht, abfliessen lässt, kann man auch das Fluoraluminium, welches ein Nebenprodukt der Operation ist, daraus gewinnen. (Le Technologiste, Mai 1857 p. 406.)

6. Ueber die Legirungen des Aluminiums, von Debray.

Das Aluminium lässt sich mit den meisten andern Metallen legiren, und seine Verbindung mit denselben erfolgt in vielen Fällen unter lebhafter Wärmeentwicklung. Man kann aus dem Aluminium ganz homogene Legirungen darstellen, die sich gut bearbeiten lassen und wichtige Anwendung erlangen können. Die Legirung von 10 Th. Aluminium mit 90 Th. Kupfer z. B. ist härter, als gewöhnliche Bronze und lässt sich in der Hitze leichter, als das beste weiche Eisen verarbeiten. Die Legirungen fallen im Allgemeinen um so härter aus, je grösser der Zusatz von Aluminium genommen wird, und werden spröde, wenn dieser Zusatz eine gewisse Gränze überschreitet, die bei Gold und Kupfer sehr beschränkt ist. Diese Metalle werden zugleich blasser und verlieren bei grösserem Aluminium-Zusatz ihre Farbe ganz und gar.

Der Zusatz anderer Metalle zum Aluminium ertheilt demselben neue Eigenschaften. Es wird glänzender und etwas härter, bleibt aber mit Zink, Zinn, Gold oder Silber in kleinen Mengen versetzt, dehnbar. Eisen und Kupfer ertheilen ihm keine besonders nachtheilige Eigenschaften, wenn sie nicht in sehr grosser Menge zugesetzt werden. Natrium giebt, in der Quantität von nur 2 Proc. dem Aluminium zugesetzt, eine Legirung, die schon bei gewöhnlicher Temperatur das Wasser mit Leichtigkeit zersetzt.

Bezüglich der Anwendbarkeit des Aluminiums kommt viel darauf an, ob dasselbe etwas eisenhaltig ist. Aluminium, welches 7 bis 8 Proc. Eisen enthält, ist hinsichtlich seiner Dehnbarkeit und Zähigkeit nicht sehr von dem reinen Aluminium verschieden. Aluminium und Eisen verbinden sich übrigens leicht mit einander. Die eisernen Werkzeuge, mit denen man bei der Darstellung des Aluminiums die flüssige Masse in dem Ofen umrührt, überziehen sich mit einer glänzenden Schicht dieses Metalls, welche ihrer Oberfläche ein ähnliches Ansehen giebt, wie eine Verzinnung. Man reinigt das eisenhaltige Aluminium ebenso leicht, wie das natriumbaltige, indem man es mit Salpeter schmilzt.

Das Aluminium vereinigt sich leicht mit Zink und giebt

damit Legirungen, von denen die aus 97 Th. Aluminium und 3 Th. Zink die interessanteste ist. Diese Legirung ist etwas härter, als das reine Aluminium, aber gleichwohl sehr dehnbar, und eben so glänzend, wie irgend eine andere Aluminium-Legirung.

Das Aluminium kann bis 10 Proc. Kupfer aufnehmen, ohne seine Dehnbarkeit ganz zu verlieren; wenn es 5 bis 6 Proc. dieses Metalls enthält, lässt es sich noch leicht verarbeiten. Man kann dem Aluminium 80 Proc. Kupfer zusetzen, ohne dass es gelb wird; eine solche Legirung ist dem Spiegelmetall ähnlich und sehr spröde. Bei 15 Proc. Aluminium fängt die Legirung, die auch bei diesem Verhältniss sehr spröde ist, an, gelb zu werden. Die oben erwähnte, aus 10 Th. Aluminium und 90 Th. Kupfer bestehende Aluminiumbronze, welche sich in der Hitze schmieden lässt, verhält sich gegen Schwefelammonium ziemlich unveränderlich und besitzt eine ziemlich schöne gelbe Farbe, steht aber hinsichtlich des Glanzes der Legirung von 95 Kupfer und 5 Aluminium nach.

Die Legirung aus 3 Th. Silber und 97 Th. Aluminium besitzt eine sehr schöne Farbe und ist unveränderlich gegen Schwefelwasserstoff. Silber und Aluminium, zu gleichen Theilen mit einander vereinigt, geben eine Legirung, die eben so hart ist, als Bronze.

Die Legirung aus 99 Th. Gold und 1 Th. Aluminium ist sehr hart, aber doch dehnbar; ihre Farbe ist der des grünen Goldes ähnlich. Die Legirung aus 10 Th. Aluminium und 90 Th. Gold ist farblos, krystallinisch und also spröde. (Le Technologiste. Janv. 1857 p. 178.)

7. Ueber die industriellen Anwendungen des Aluminiums. Von H. Sainte-Claire Deville.

Das Aluminium ist fast so weiss wie Silber. Das Weissieden ist aber für dasselbe ebenso nothwendig, wie für das Silber. Letzteres hätte bekanntlich ohne diese Behandlung kein schönes Ansehen. Die zum Sieden des Silbers gebräuchlichen Verfahrensarten sind jedoch für das Aluminium nicht anwendbar, und bis jetzt kann man das Weissieden des Alu-

miniums noch nicht in genügender Weise bewerkstelligen. Hinsichtlich des Glanzes steht das Aluminium dem Silber nach. Das Silber giebt nach mehreren auf einander folgenden Reflexionen ein gelbes Licht; nach Allem muss man annehmen, dass das Aluminium unter denselben Verhältnissen ein bläuliches Licht geben würde.

Das Aluminium besitzt mehr Elasticität, als das Silber; es kann zu eben so feinem und sogar noch feinerem Drath gezogen werden. Wir vergleichen hier das reine Aluminium mit dem legirten Silber; das reine Silber würde man fast in jeder Hinsicht, selbst in der Schönheit, dem reinen Aluminium weit nachstehend finden. Die Legirungen des Aluminiums sind noch nicht genügend untersucht worden; ist dieses einmal geschehen, so wird die Industrie aus denselben ohne Zweifel grosse Vortheile ziehen. Das specifische Gewicht des Aluminiums ist bekanntlich sehr klein; seine Dichtigkeit beträgt nur ein Viertel von derjenigen des Silbers. Der Luft ausgesetzt, bleibt das Aluminium ganz unverändert. Ein Blech desselben wurde 1 Jahr lang in einem Hofe gelassen, worauf man es im Ansehen und an Gewicht nicht im Geringsten verändert fand. Das Schwefelwasserstoffgas wirkt gar nicht auf das Aluminium, und in dieser Hinsicht hat es also einen grossen Vorzug vor dem Silber. Ciselirte Gegenstände aus Aluminium besitzen nach dreijähriger Aufbewahrung vollkommen denselben anfänglichen Farbenton. Salpetersäure greift das Aluminium nicht an, ebenso wenig Schwefelsäure. Zu Nancy und an mehreren Orten in Deutschland benutzt man Volta'sche Säulen, worin das Platin durch Aluminium ersetzt ist, und welche ohne Vergleich länger dauern. Salzsäure greift das Aluminium an, aber langsam, wenn das Metall rein ist. Die Alkalien greifen es an, auch wenn sie in einer grossen Menge Wasser aufgelöst sind. Ein Gemisch von Essigsäure und Kochsalz greift das Aluminium an, aber gewiss weniger schnell, als das Silber. Wenn man Salzwasser lange Zeit in einem Aluminiumgefäss kochen lässt, so greift die in dem gewöhnlichen Kochsalz enthaltene salzsaure Bittererde

(das Chlormagnesium) das Gefäss immer ein wenig an, dasselbe geschieht aber auch bei einem Silbergefäss.

Das Aluminium ist von allen Metallen das unschädlichste. Wenn daher bei Anwendung von Küchengefässen aus Aluminium eine kleine Menge des Metalls sich auflösen könnte, so wäre davon gar kein Nachtheil zu befürchten, und dies ist ein sehr grosser Vorzug, welchen das Aluminium dem Kupfer gegenüber besitzt. Selbst das Zinn ist nicht unschädlich. Das Aluminium, welches sich bei der Bereitung der Speisen aufgelöst haben könnte, wäre essigsäure Thonerde, diese würde sich durch das Kochen in Essigsäure und Thonerde zersetzen, zwei ebenfalls unschädliche Substanzen; erstere würde übrigens in Dampfgestalt entweichen.

Der Schmelzpunkt des Aluminiums ist die helle Rothgluth, er ist also niedriger, als derjenige des Silbers. Aber das lebhafteste Küchenfeuer wäre unzureichend, um Aluminiumgefässe zu schmelzen. Dieses Metall gehört unter diejenigen, deren specifische Wärme die beträchtlichste ist; man würde leichter 3 Kilogr. Silber schmelzen, als ein einziges Kilogr. Aluminium. Ist das Aluminium einmal heiss, so behält es sehr lange seine Temperatur. Es sind mehrere Stunden erforderlich, damit die aus der Zainform genommenen Aluminiumbarren so weit abkühlen, dass man sie in der Hand halten kann. Das Aluminium lässt sich kupelliren, wie das Silber. Man kann es an der Luft giessen, ohne dass es sich im Geringsten verändert; das Metall zeigt bei dieser Operation das Ansehen einer etwas fetten Substanz.

Man kann das Aluminium mittelst der galvanischen Säule vergolden; der bläuliche Ton dieses Metalles steht gut zu demjenigen des Goldes; es liesse sich auf diese Weise vielleicht das Problem von Verzierungen in Gold und Silber lösen; die beiden letzteren Metalle können nämlich nicht mit einander angewendet werden, weil das Silber sich schwärzt, während das Gold unverändert bleibt.

Unter den von Deville ausgestellten Gegenständen erblickt man Röhren, durch Drücken auf der Drehbank dargestellt, welche zur Anfertigung von Operguckern bestimmt sind;

das Aluminium eignet sich wegen seiner Leichtigkeit ausgezeichnet zu diesem Zweck; die Instrumente würden so einen Theil des Gewichts verlieren, welches sie unbequem macht. Ueberhaupt lassen die durch Drücken auf der Drehbank und durch Treiben oder Hämmern dargestellten Gegenstände nichts zu wünschen übrig, aber das Loth ist noch unvollkommen; man musste dazu das Zinn anwenden, welches jedoch wenig Festigkeit giebt; hier ist also ein Fortschritt zu machen. Einstweilen vereinigt man die Stücke durch Nietten, wie es vor noch nicht langer Zeit auch bei den Silberarbeiten geschah. Die Henkel der Gefässe werden hohl gegossen.

Für industrielle Zwecke wendet man das Aluminium noch nicht im reinen Zustande an. Ungeachtet der Verbesserungen seiner Fabrikation durch Morin enthält dieses Metall immer eine kleine Quantität Kupfer. Uebrigens liefert die Legirung des Kupfers mit dem Aluminium Bronzen, welche eine sehr vortheilhafte Anwendung gestatten. Die Legirung, welche die besten Resultate gab, enthält 10 Proc. Aluminium; sie ist dem Eisen ähnlich, mit welchem fast alle ihre physikalischen Eigenschaften übereinstimmen, und kann zu Drath gezogen werden, welcher an Festigkeit den Drath aus reinem Eisen übertrifft. Wenn einmal das Leitungsvermögen dieser Legirung für die Elektrizität bestimmt worden ist, wird man sie vielleicht zur Anfertigung der Dräthe für elektrische Telegraphen benutzen; solche Dräthe könnten, nach der Bemerkung von Dumas, wegen ihrer grossen Leichtigkeit bei der Herstellung unterseeischer Taue vorzügliche Dienste leisten.

Gegenwärtig wird das Kilogramm Aluminium für 300 Frcs. verkauft, und es ist nicht anzunehmen, das dieser Preis in der Folge erhöht wird. (*Dingler's polyt. Journal*, Bd. 147 S. 124.)

Drittes Capitel.

Industrielle Fabrikation des Aluminiums.

Zwei Methoden sind gegenwärtig in Frankreich für die Fabrikation des Aluminiums im Grossen gebräuchlich. Beide

wenden das Natrium als reducirendes Agens an; aber nach der einen dieser Methoden lässt man es auf das Chlor-Aluminium und Natrium reagiren; nach der andern wendet man Fluor-Aluminium und Natrium oder Kryolith an.

Die Methode mittelst des Chlor-Aluminiums und Natriums.

Wir nehmen hier die Textesworte zweier Patente, von denen das eine die Gebrüder Rousseau, das andere diese Fabrikanten und Paul Morin genommen haben. Diese beiden Patente werden einen Begriff von dem Verfahren geben, welches zuerst die Gebrüder Rousseau in ihrer Fabrik la Glacière bei Paris angewendet haben und welches nach der Zeit von Paul Morin in die Fabrik von Nanterre übergetragen worden ist. Dasselbe ist weiter nichts als eine Erweiterung des Verfahrens, welches Deville, Morin und Debray angegeben haben:

„Die Thonerde oder die thonerdehaltige Substanz (Töpferthon, Kaolin etc.) wird, nachdem sie in Pulver verwandelt worden, zuerst innigst gemischt mit einem acquivalenten Verhältniss von Seesalz oder Chlorkalium; alsdann vereinigt man mit der Mischung entweder Holzkohlen-, Steinkohlenpulver oder eine organische Substanz, die leicht durch die Wärme zersetzt wird, wie z. B. Theer, Schiffstheer, Asphalt, irgend ein Harz, ein mineralisches oder vegetabilisches Oel etc.; je nach der Natur der angewendeten Substanz variirt man die Quantität dergestalt, dass in der Mischung die für die Reaction hinlängliche Quantität Kohle bleibt. Man erhitzt Alles im verschlossenen Gefäss bis zur vollständigen Calcination, sodann bringt man die calcinirte Mischung in einen Destillirapparat, der dazu geeignet ist, die einfache wasserfreie Chlorverbindung zu liefern. Man erhitzt und lässt das trockene Chlor übergehen. Nachdem die Temperatur eine hinlängliche Höhe erlangt hat, reagirt das Chlor, und die Doppelverbindung des Chlors destillirt in Gestalt einer Flüssigkeit über, die man in einem geschlossenen Gefässe sammelt.

„Dem Chlor kann man die gasförmige Hydrochloresäure substituiren.

Man kann in die Mischung entweder reine Thonerde von vorausgegangener Calcination des Alauns oder der schwefelsauren Thonerde herrührend, oder unreine Thonerden, wie sie z. B. der Pfeifenthon, der graue Töpferthon, das Kaolin liefern, mit einem Worte alle thonerdehaltigen Substanzen bringen.

„Wenn die thonerdehaltigen Substanzen zu stark eisen-schüssig sind, und wenn es sich nothwendig macht, sie vom Eisen zu reinigen, so vermischt man sie vorher mit einer der weiter oben erwähnten kohlehaltigen Substanzen und calcinirt sie. Nachdem das Eisen auf diese Weise in den metallischen Zustand zurückgeführt worden, befreit man sich von demselben leicht, indem man das Produkt der Calcination mit einer mehr oder weniger verdünnten Säure behandelt.

„Nach der Behandlung mit Säure wäscht man die Mischung und trocknet sie, worauf sie für die Erzeugung der doppelten oder der einfachen Chlorverbindung geeignet ist.“

Das eben beschriebene Verfahren ist, wie gesagt, der Gegenstand eines Patentes, welches die Gebrüder Rousseau am 21. April 1856 genommen haben.

Folgendes ist die Methode, welche diese Fabrikanten zur Reduction der Doppelchlorverbindung mit Natrium anwenden und worauf sie am 28. Junius 1856 ein anderes Patent genommen haben. Man nimmt:

| | |
|---|-----|
| Chloraluminium und Natrium (ein Doppelsalz) . | 100 |
| Fluorcalcium | 50 |
| Natrium | 20 |

„Nachdem diese verschiedenen Substanzen mit einander gemischt worden, bringt man sie auf die Sohle eines Flammofens, ähnlich den Oefen, welche zur Natronfabrikation angewendet werden, und der vorher bis zur Rothgluth geheizt worden. Nachdem der Rost des Herdes gut mit Brennmaterial versorgt worden, verschliesst man den Ofen; die Reaction findet nun statt, und durch Umrühren vereinigt man an dem abhängigen Theile der Sohle alles Aluminium zu einer einzigen Masse, die man schmelzen lässt. Wenn man zuerst den weissesten und flüssigsten Theil der Schlacken decantirt, welche

zum grössern Theil zusammengesetzt sind aus Seesalz, welches während der Reaction entstanden ist, so kann man das Fluor-Aluminium herausnehmen, welches auch ein accessorisches Product der Reaction ist.

„Das Aussehen der rückständigen Schlacke ist nach dem Erkalten ganz eigenthümlich. Die Färbung ist schwach und nähert sich dem Gelblichgrau. Diese Schlacke enthält kein Aluminiumpulver mehr, sondern bloss einige ziemlich voluminöse Kügelchen, die man durch Pulverisiren und Waschen leicht sammeln kann.

„Das auf diese Weise erzeugte Aluminium bedarf bloss noch einer zweiten Schmelzung, um in Stangen verwandelt und dem Handel übergeben zu werden“.

Die Methode mittelst Kryolith.

Nichts ist einfacher, als die Darstellung des Aluminiums mit Hülfe dieser Substanz, die sich unter Bedingungen der Reinheit darbietet, wie sie schwierig zu erhalten ist für die Doppelchlorverbindung. Nachdem man den Kryolith in feines Pulver verwandelt hat, vermischt man letzteres mit einer gewissen Quantität Seesalz, schichtet es dann mit Natrium nach dem von Heinrich Rose angegebenen Verhältnissen in grossen feuerbeständigen Schmelztiiegeln. Diese Schmelztiiegel werden entweder in Flammöfen oder in Windöfen (*Fig. 10.*) erhitzt, welche eine ziemlich hohe Temperatur erzeugen können, um das durch die Reaction entstandene Fluor-Natrium zu schmelzen. Da das Fluor-Natrium eine ziemlich hohe Temperatur verlangt, um zu schmelzen, so muss die Temperatur nothwendig höher sein, als bei der Reduction der Doppelchlorverbindung. Nachdem der Inhalt der Schmelztiiegel dergestalt geschmolzen ist, dass er ganz flüssig geworden, giesst man ihn in gusseiserne Gefässe, auf deren Boden man das Aluminium in Gestalt eines oder mehrerer Körner vereinigt findet. Es ist nun weiter nichts übrig zu thun, als das Metall nochmals zu schmelzen und es in Stangen zu giessen.

Vortheile, welche das Verfahren, das Aluminium aus Kryolith darzustellen, darbietet.

Wenn man bedenkt, dass der Kryolith oder die Doppelverbindung von Fluor-Aluminium und Natrium genau der Doppelverbindung von Chlor-Aluminium und Natrium entspricht, deren sich H. Deville bediente, und dass mittelst der Vervollkommnungen, welche wir in die Anwendung dieses Metalles gebracht haben, die Ergebnisse an Aluminium und die zur Reduction angewendeten Verhältnisse von Natrium identisch sind, so wird man begreifen, welcher grosser Vortheil aus seiner Anwendung für die Darstellung des neuen Metalles hervorgeht. Die Doppelverbindung von Chlor-Aluminium und Natrium verändert sich äusserst leicht an der Luft; sie giebt immer bei der Fabrikation mehr oder weniger schädliche und ätzende Dämpfe aus; ihr Preis ist immer sehr hoch, weil sie nur mit Chlor vortheilhaft dargestellt werden kann, und weil für jedes Aequivalent dieses Gases man 1 Aequivalent von Doppelmanganoxyd und 2 Aequivalente Hydrochloresäure anwenden muss. Der Kryolith kann für einen ziemlich niedrigen Preis nach Frankreich gebracht werden, so dass man auf den Gedanken gekommen ist, ihn mit Vortheil in kohlen-saures Natron des Handels (Soda) umzuwandeln.

Der Kryolith ist unveränderlich an der Luft und giebt keine nachtheiligen Dämpfe aus, ist also viel leichter zu handhaben, als die Doppelchlorverbindung.

Vergleicht man nun die Rückstände der beiden Fabrikationen, so findet man, dass die Fabrikation mittelst der Doppelchlorverbindung Chlornatrium entstehen lässt, was fast ohne Werth ist; wogegen die Fabrikation mittelst Kryolith Fluornatrium giebt, welches fast ohne Kosten in Aetznatron oder kohlen-saures Natron verwandelt werden kann, welche völlig den Preis des zur Darstellung des Aluminiums verwendeten Kryoliths bezahlen.

Der wichtigste Einwand, den man gegen Anwendung des Kryoliths zur Darstellung des Aluminiums machen könnte, ist der, dass die Lager dieses Minerals bis jetzt sehr beschränkt sind und die Darstellung des Aluminiums sich für die Zukunft

nothwendig auf die Umwandlung der Thonarten in Chlor - Aluminium stützen muss; zugegeben aber, dass andere Kryolithlager in der Folge nicht entdeckt würden, so wird die Reichhaltigkeit der Grönländischen noch lange Zeit gestatten, dass man der Darstellung des Aluminiums aus Kryolith den Vorzug giebt.

Viertes Capitel.

Physische und chemische Eigenschaften des Aluminiums.

Physische Eigenschaften.

Farbe. — Das Zinn ist, wie Wöhler sagt, dasjenige Metall, dem sich das Aluminium hinsichtlich seiner Farbe am meisten nähert. Nachdem seine Molecule einander entweder durch die Wirkung des Hammers, oder durch diejenige des Plättwerks einander genähert sind, so nimmt es eine deutlich ausgesprochene blaue Farbe an *).

Hämmerbarkeit und Streckbarkeit. — Das reine Aluminium scheint fast unbegrenzt hämmerbar zu sein; man kann es in sehr dünne Blätter oder sehr feine Dräthe verwandeln, ohne genöthigt zu sein, es dabei glühen zu müssen.

Zähigkeit. — Seine Zähigkeit, obgleich grösser, als diejenige des Silbers, scheint indessen geringer zu sein, als diejenige des Kupfers; indessen liegt kein entscheidender Versuch in dieser Beziehung vor.

Härte. — Wenn das Metall ganz rein ist, so bietet es fast dieselbe Härte, wie das gediegene Silber dar und lässt sich leicht mit dem Messer schneiden.

Elasticität. — Gleich den meisten reinen Metallen besitzt

*) Der Industrie ist es gelungen, diesen Fehler zum grossen Theil dadurch zu verbessern, dass sie so viel wie möglich die polirten Oberflächen vermeidet. Indem die pariser Künstler auf eine intelligente Weise die verschiedenen Theile des Metalls punktirten, guillochirten, moirirten, sind sie dahin gelangt, das Aluminium viel zur Fabrikation von Gegenständen der Kunst benutzen zu können.

das Aluminium nicht im hohen Grade diese Eigenschaft, welche es durch die Legirung mit andern Metallen erlangt.

Klangreiche Beschaffenheit. — Das Aluminium ist äusserst klangreich und giebt, wenn man eine Stange dieses Metalles schlägt, einen Ton von sich, welcher grosse Aehnlichkeit mit dem Tone des Krystalles hat. Seine Schwingungen scheinen sehr lange zu dauern. Um sehr klangreich zu sein, darf das Metall nur an einer sehr beschränkten Portion seiner Oberfläche aufgehangen sein, was vielleicht darin seinen Grund hat, dass das Metall ein sehr guter Leiter ist.

Nach neuen Versuchen wäre das Aluminium der beste Tonleiter.

Ausdehnbarkeit. — Das Aluminium scheint die Fähigkeit zu besitzen, von der Wärme stark ausgedehnt zu werden, denn indem es aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht, findet ein sehr beträchtliches Schwinden statt; indessen fehlen noch entscheidende Versuche in dieser Beziehung.

Dichtigkeit. — Die Dichtigkeit des Aluminiums ist nach den übereinstimmenden Versuchen von Wöhler und Deville 2,56, wenn es bloss geschmolzen ist, und 2,67, wenn das Metall die Wirkung des Plättwerks oder der Streckwalzen erfahren hat, woraus eine sehr grosse Verdichtung der Molecule hervorgehen würde.

Magnetische Kraft. — Nach H. Deville, wie nach Pogendorff und Riess wäre das Aluminium schwach magnetisch.

Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität. — Man hat noch keine Versuche hinsichtlich der Wärmeleitungsfähigkeit gemacht; hinsichtlich der Leitungsfähigkeit für die Elektrizität würde das Aluminium, nach Deville, diese Flüssigkeit achtmal besser leiten, als das Eisen, oder sogar noch etwas besser.

Schmelzpunkt. — Obgleich noch nichts Genaueres in diesem Betreff entschieden ist, so nimmt man an, dass der Schmelzpunkt des Aluminiums zwischen demjenigen des Zinks und des Silbers liegt.

Specifische Wärme. — Dieselbe ist noch nicht bestimmt
(Aluminium II.)

worden, indessen muss sie in Berücksichtigung des wenig hohen Aequivalentes dieses Metalles sehr beträchtlich sein.

Krystallisation. — Das Aluminium krystallisirt, nachdem es geschmolzen ist, mit der grössten Leichtigkeit durch langsames Erkalten. H. Deville hat auf diese Weise Krystalle erhalten, die ihm als regelmässige Octaëder erschienen sind *).

Chemische Eigenschaften.

Aequivalent. — Die Zahl, welche gegenwärtig als Aequivalent des Aluminiums angenommen wird, ist 13,75, das Wasserstoffgas als Einheit angenommen.

Wirkung des Sauerstoffs. — Das Aluminium widersteht, ohne sich zu oxydiren, der höchsten Temperatur, die man in einem Coupellirofen hervorbringen kann; das Blei brennt, die Bleiglätte schmilzt neben dem Aluminium, ohne dass sich letzteres verändert.

Wenn man die Gränzen der Weissgluth überschreitet, um zur Temperatur der Schweisshitze zu gelangen, alsdann brennt das Aluminium mit lebhafter Weissgluth, und die Oxydation wird nur noch begränzt durch die Thonerdeschicht, welche die Oberfläche des Metalles bildet.

Die Wirkung der Reagentien auf kaltem Wege auf das Aluminium ist von Ch. und A. Tissier besprochen worden: *Compte rendu de l'Académie*, 29 déc. 1856.

Wirkung des Wassers. — Folgendes sagt Deville über die Wirkung des Wassers auf das Aluminium:

„Das Wasser hat keine Wirkung auf das Aluminium, weder bei gewöhnlicher Temperatur, noch bei derjenigen der Siedehitze, noch selbst bei der Temperatur der düstern Rothgluth, die dem Schmelzpunkte des Metalles nahe liegt. Um eine merkliche Wirkung zu erlangen, muss man die höchste Temperatur anwenden, die ein Flammofen hervorbringen kann, auf welchen noch eine blecherne Röhre von ungefähr 1 Meter Länge aufgesetzt ist. Selbst dann ist die Oxydation so schwach, dass sie sich nur stellenweise entwickelt, und man bekommt

*) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3. série, t. LXIII.

Kügelchen aus dem Schiffchen äusserst glänzend, welche offenbar keine Veränderung erfahren haben.“

Wirkung der atmosphärischen Luft. — Die Luft bringt bei gewöhnlicher Temperatur am Aluminium keine Veränderung hervor, wie man sich hat überzeugen können, seit dieses Metall im Handel verbreitet ist.

Wirkung der Metalloide. — Der Wasserstoff, der Stickstoff, der Schwefel- und der Kohlenstoff sind ohne alle Wirkung auf das Aluminium; das Chlor greift das Metall mit grosser Heftigkeit an, und dasselbe soll der Fall sein mit dem Jod, dem Brom und dem Fluor. Das Borium und das Silicium verbinden sich mit ihm zu Borium- und Silicium-Verbindungen; die Wirkung des Phosphors und diejenige des Arsens ist noch nicht studirt worden.

Wirkung der Sauerstoffsäuren. — Die reine Salpetersäure wirkt im Kalten sehr schwach auf das Aluminium; erwärmt und mit Hülfe anhaltenden Kochens löst sie von ihm merkliche Quantitäten auf.

Die verdünnte Schwefelsäure wirkt sehr wenig auf dieses Metall. Deville hat gegen 3 Monate lang in verdünnter Schwefelsäure einige Milligramme Aluminium liegen lassen, ohne dass das Metall eine merkliche Veränderung erfahren hätte. Was die vegetabilischen Säuren anlangt, wie z. B. die Essigsäure, die Oxalsäure, die Weinsteinsäure, so haben sie nur eine schwache Wirkung auf das Metall.

Wirkung der Wasserstoffsäuren. — In erster Linie findet man die Chlorwasserstoffsäure, welche sicherlich das ächte Auflösungsmittel des Aluminiums ist. So oft in einer Mischung von Flüssigkeiten die Chlorwasserstoffsäure entstehen kann, wird das Aluminium stark angegriffen. Die Wirkung der Jodwasserstoffsäure, der Bromwasserstoffsäure und der Fluorwasserstoffsäure, obschon sie noch nicht versucht worden sind, muss derjenigen der Chlorwasserstoffsäure ähnlich sein. Was dem Schwefelwasserstoff anlangt, so hat er keine Wirkung, weder in der Kälte, noch in der Wärme auf das Aluminium, welches der Wirkung dieses Gases einen merkwürdigen Widerstand entgegensetzt.

Die Wirkung der Alkalien. — Die Hydrate des Kalis und des Natrons, im Wasser aufgelöst, greifen das Aluminium mit Heftigkeit an, indem sie eine reichliche Entbindung von Wasserstoffgas bewirken und thonerdesaure Alkalien erzeugen, die sich auflösen.

Das Kalkwasser übt auf das Aluminium dieselbe Wirkung aus, ausser dass der unlösliche thonerdesaure Kalk gefällt wird. Das flüssige Ammoniak äussert nur eine sehr schwache Wirkung auf dieses Metall, indem es unlösliche Thonerde erzeugt (Ch. Tissier).

Nach Deville greifen das geschmolzene Kali und Natron das Aluminium nicht merklich an, wenn diese Basen nur das Aequivalent Wasser enthalten, welches sie im Zustande des Hydrates darstellt *).

Fünftes Capitel.

Ueber die Legirungen des Aluminiums.

Wir geben hier den Text der Abhandlung, welche Hr. Tissier am 3. Nov. 1856 der Akademie der Wissenschaften über die Legirungen des Aluminiums überreichte **).

Aluminium und Silicium.

Das Silicium, wie Deville ganz richtig bemerkt, ist weit davon entfernt, der Hämmerbarkeit des Aluminiums zu schaden, wie es das Eisen und das Kupfer thun würden. Wir haben Gelegenheit gehabt, eine Probe Aluminium zu analysiren, welche, obschon sie sich schwierig bearbeiten liess, doch zur Verfertigung verschiedener Gegenstände verwendet werden konnte; diese Probe liess indessen, von der Chlorwasserstoffsäure angegriffen, nicht weniger als 15,67 Proc. unlöslichen Rückstand.

Wenn wir nun, nach Deville, annehmen, dass dieser

*) Chemische Eigenschaften des Aluminiums und Variationen der Verwandtschaft mit der Temperatur (Acad. des Sciences, 5 Janv. 1856).

**) Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 3 nov. 1856.

unlösliche Rückstand zu gleicher Zeit wie das Silicium eine beträchtliche Portion Aluminium zurückgehalten habe, so glauben wir doch, dass man die wirkliche Quantität des Siliciums, welche in dieser Probe enthalten war, auf wenigstens 10 Proc. bestimmen kann.

Aluminium und Eisen.

| | |
|-------------------|-----------|
| Aluminium | 10 Gramme |
| Eisen | 0,50 - |

Diese Legirung ist mit sehr feinem Eisendrath gemacht worden, den man um Aluminiumstücke gewickelt hatte, mit welchen man ihn legiren wollte. Alles wurde nun in einen Schmelztiegel gegeben, der vorher geschmolzenes Seesalz enthielt; auf diese Weise konnte sich das Eisen nicht oxydiren, und die Legirung wurde mit einer grossen Leichtigkeit bewerkstelligt. So haben wir uns überzeugen können, dass schwache Quantitäten Eisen dem Aluminium die Eigenschaft zu krystallisiren mittheilen und zum grossen Theil seine Hämmerbarkeit zerstören. Wenn erst das Aluminium einen billigeren Preis erlangt haben wird, dann wird es interessant sein, zu sehen, welche Eigenschaften es dem Schmiedeeisen, dem Gusseisen und dem Stahl mitzuthemen vermag, wenn man es mit ihnen in grösserer oder geringerer Quantität verbindet.

Das Eisen verzögert den Schmelzpunkt des Aluminiums, so dass wir z. B. eisenfreies Aluminium auf Aluminium schmelzen könnten, welches 4 bis 5 Proc. Eisen enthielt.

Aluminium und Zink.

| | |
|-------------------|-----|
| I. Zink | 100 |
| Aluminium | 10 |

Eine brüchige Legirung vom Aussehen des Zinkes, schmelzbarer als Aluminium, weniger schmelzbar als Zink.

| | |
|--------------------|-----|
| II. Zink | 100 |
| Aluminium | 25 |

Eine Legirung von feinem und dichtem Korn, brüchig, schmelzbarer als das Aluminium, weniger schmelzbar als das Zink.

| | |
|---------------------|-----|
| III. Zink | 100 |
| Aluminium | 50 |

Diese Legirung scheint nicht homogen zu sein; erhitzt auf einem Aluminiumblech, scheidet sie sich in eine schmelzbare Portion und in eine Portion, welche nicht vor dem Aluminium schmilzt.

Diese verschiedenen Legirungen sind versucht worden, um das Aluminium zu löthen, denn bis jetzt waren es die Legirungen dieses Metalles mit dem Zink, welche beim Löthen die besten Resultate gaben; leider aber werden sie dick und fließen schwierig, sobald sie geschmolzen sind, so dass man sie ausbreiten muss, indem man ein etwas ähnliches Verfahren anwendet, wie jenes, dessen man sich bedient, wenn man das Blei oder das Zinn mit einem Eisen löthet. Dergleichen Löthungen vertragen sehr schwierig die Wirkung des Hammers.

Aluminium und Nickel.

| | | |
|---------------------|------------------------|----|
| I. Nickel | 10 Gram. in Hunderteln | 50 |
| Aluminium | 5 - - - - | 50 |

Die Verbindung wird bewirkt unter Seesalz mit einer so starken Erhöhung der Temperatur, dass die Masse davon weissglühend wird. Diese Legirung bleibt teigig bei der Schmelzhitze des Kupfers; sie ist so brüchig, dass sie sich unter dem Hammer in Körner zertheilt.

| | |
|------------------------------|---------|
| II. Legirung Nr. 1 | 10 Grm. |
| Aluminium | 10 - |

dieses beträgt in Hunderteln:

| | |
|---------------------|-----|
| Aluminium | 100 |
| Nickel | 25 |

Diese Legirung ist weniger schmelzbar, als das Aluminium; sie ist eben so brüchig, als die vorhergehende.

| | |
|-------------------------------|--------|
| III. Legirung Nr. 2 | 5 Grm. |
| Aluminium | 16 - |

oder in Hunderteln:

| | |
|---------------------|-----|
| Aluminium | 100 |
| Nickel | 5 |

Diese Legirung ist weit weniger brüchig, als die vorher-

gehenden, demnach aber weit davon entfernt, leicht bearbeitet werden zu können.

IV. Legirung Nr. 3 49,87

Aluminium 29,13

oder in Hunderteln:

Aluminium 100

Nickel 3

Mit diesem Nickelverhältniss bearbeitet sich das Aluminium leicht und erlangt auf diese Weise mehr Härte und Steifheit.

Eine merkwürdige Erscheinung, welche diese Legirung ausserdem noch darbietet, ist die, dass sie auf einem Aluminiumbleche geschmolzen werden kann; ihr Schmelzpunkt ist also weniger hoch, als derjenige des reinen Metalles; gerade die umgekehrte Wirkung bringt das Eisen hervor, welches in denselben Verhältnissen die Schmelzbarkeit des neuen Metalles vermindert.

Kurzum die Wirkung des Nickels auf das Aluminium hat grosse Aehnlichkeit mit derjenigen des Eisens; wie dieses letztere Metall erzeugt das Nickel mit Aluminium krystallisirbare Legirungen, und mit Sparsamkeit angewendet, giebt es ihm gewisse Eigenschaften, wie z. B. die Härte, die Elasticität etc.

Aluminium und Zinn.

100 Theile Aluminium und 3 Theile Zinn geben eine spröde und brüchige Legirung, etwas schmelzbarer, als das Aluminium. Dieses zu beobachten, haben wir Gelegenheit gehabt bei einer Legirung, die aus folgenden Quantitäten dargestellt war:

Aluminium 30 Gramme

Zinn 0,90 -

Diese Legirung wurde unter Seesalz gemacht, dann wieder geschmolzen, um in Barren gegossen zu werden (dieses ist übrigens die Methode, welche wir gewöhnlich anwenden); ihr Korn ist äusserst fein und dicht und sie selbst zerbricht bei den ersten Hammerschlägen.

Wenn das Zinn, selbst in geringer Quantität, den Qua-

litäten des Aluminiums schadet, so kann dagegen dieses letztere Metall dem Zinn die Härte und die Zähigkeit geben, die ihm fehlen, nur darf es demselben nicht in zu beträchtlichem Verhältniss zugesetzt werden. Man erreicht diesen Zweck mit 5 Theilen Aluminium und 100 Theilen Zinn.

100 Theile Zinn und 10 Theile Aluminium geben eine Legirung, die nicht homogen ist, denn sie besteht aus 2 Schichten, einer oberen brüchigen, etwas schmelzbareren, als das Aluminium, und aus einer unteren, welche fast alles Zinn enthält, nur ist letzteres durch eine kleine Quantität Aluminium härter und weniger schmelzbar geworden.

Eben so wie die Legirungen mit Zink können die Legirungen mit Zinn und Aluminium zum Löthen des letzteren Metalles angewandt werden und zwar wegen ihrer Schmelzbarkeit und der Leichtigkeit, mit welcher sie auf der gebeizten Oberfläche haften; aber sie haben dieselben Uebelstände, wie die Lothe mit Zinkbasis, d. h. eine dicke Consistenz und eine Brüchigkeit, in Folge welcher sie unter dem Hammer brechen.

Aluminium und Blei.

Wie Deville in seiner ersten Arbeit *) bemerkt hat, haben diese beiden Metalle so wenig Neigung, sich zu verbinden, dass man an dem untern Theile des Aluminium-Regulus die schwächsten Quantitäten Blei wiederfindet, die zufällig in das Metall gelangt sein konnten.

Aluminium und Antimon.

Das Aluminium scheint eben so wenig Neigung zu besitzen, sich mit dem Antimon zu vereinigen, als sich mit dem Blei zu legiren. Es ist uns nicht gelungen, eine homogene Legirung aus diesen beiden Metallen zu erhalten.

Aluminium und Wismuth.

Die Verbindung erfolgt mit Leichtigkeit und giebt sehr

*) Annales de Chimie et de Physique, 3. série, t. XLIII.

schmelzbare Legirungen, die sich aber sehr rasch oxydiren, nachdem sie geschmolzen sind. Sie sind auch bei gewöhnlicher Temperatur sehr veränderlich an der Luft, wenn das Verhältniss des Wismuths beträchtlich ist.

Uebrigens scheinen diese beiden Metalle nicht fähig zu sein, sich in allen Verhältnissen mit einander zu legiren, wie sich aus dem folgenden Beispiele zu ergeben scheint.

Wir haben zusammen geschmolzen:

| | |
|---------------------|---------|
| Aluminium | 10 Grm. |
| Wismuth | 20 - |

Die Verbindung wurde bewirkt unter Salz, und obwohl schon sorgfältig umgerührt worden war, zeigte sich doch der Regulus zusammengesetzt aus 2 Schichten: einer unteren Schicht, aus fast reinem Wismuth bestehend, und einer oberen weit hämmerbareren, die sich von der unteren Schicht durch den Hammer trennen liess und 13,45 Gramme wog. Angenommen, dass diese Schicht das sämmtliche Aluminium enthielt, was richtig zu sein scheint, so würde diese Legirung ziemlich genau in Hunderteln folgende Zusammensetzung gehabt haben:

| | |
|---------------------|----|
| Aluminium | 75 |
| Wismuth | 25 |

Dieses heisst mit andern Worten, das Aluminium kann mit nicht mehr, als mit 25 Proc. seines Gewichtes Wismuth legirt werden.

| | | |
|---------------------|-----------------------|-----|
| Aluminium | 20 Grm. in Hunderteln | 100 |
| Wismuth | 2 - - - | 10 |

Diese Legirung ist sehr hart, ziemlich hämmerbar, nimmt eine schöne Politur an, wird von der Salpetersäure nicht angegriffen und vom Schwefelwasserstoff nicht geschwärzt.

Wir sagen, dass diese Legirung ziemlich hämmerbar sei, weil sie sich in der That während einer gewissen Zeit unter dem Hammer schmieden lässt, und Alles lässt glauben, dass man sie deshalb gut benutzen könne; aber ungeachtet häufigen Anwärmens bekommt sie doch bald Risse nach allen Richtungen, und man muss es aufgeben, sie zu bearbeiten.

Wir haben den Versuch gemacht, indem wir mehr und

mehr das Verhältniss des Wismuthes verminderten, diese üble Eigenschaft zu beseitigen; für diesen Zweck nun haben wir folgende Legirungen dargestellt:

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------|-----|-----|-----|------|
| Aluminium | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Wismuth | 5 | 3 | 2,5 | 0,50 |

ohne zufrieden stellende Resultate erlangen zu können.

Aluminium und Kupfer.

Die Legirungen des Kupfers und des Aluminiums sind diejenigen, mit denen man sich am lebhaftesten beschäftigt hat. Seit dem Anfange seiner ersten Arbeiten über dieses Metall kündigte Deville an (Annales de Chimie et de Physique, 3. série, tome XLIII.), dass es ihm gelungen sei, das Aluminium mit dem Kupfer zu verbinden und dass er auf diese Weise leichte, sehr harte und weisse Legirungen erhalten habe, die eine sehr schöne Politur annehmen; später fand man, dass sehr geringe Quantitäten Kupfer zum grossen Theil die Hämmerbarkeit des Aluminiums zerstören, ihm eine bläuliche Farbe und die Fähigkeit mittheilen, sich an der Luft zu schwärzen.

Hr. Deville hat in seiner letzten Arbeit auseinander gesetzt, wie sehr ihm die Anwendung kupferner Apparate für die Darstellung des Aluminiums geschadet habe.

Als wir noch unlängst Gelegenheit hatten, eine gewisse Quantität der Legirung darzustellen, bei welcher wir nur 2,5 Kupfer auf 100 Aluminium angewendet hatten, war es uns unmöglich, die Legirung zu schmieden.

Ebenso wie das Kupfer die Härte des Aluminiums vermehrt, erhöht auch letzteres Metall, in schwachen Verhältnissen angewendet, die Härte des Kupfers, ohne sonderlich seiner Hämmerbarkeit zu schaden, macht es fähig, eine schöne Politur anzunehmen, und kann, je nach den angewendeten Verhältnissen, seine Farbe vom Tone des rothen Goldes bis zum Tone des blassen Goldes variiren. Dieses hatte schon vor einiger Zeit in England der Dr. Percy angekündigt, der diese Legirungen darstellte, indem er den Kryolith durch Na-

trium reducirte und schon vorher in die Mischung das Verhältniss des Kupfers brachte, welches er mit dem Aluminium legiren wollte.

Wir haben ziemlich grosse Quantitäten dieser Legirungen dargestellt und müssen sagen, dass sie hinsichtlich des Glanzes und der Farbe als eine Nachahmung des Goldes nichts zu wünschen übrig lassen.

Sie verändern sich viel weniger durch die successiven Schmelzungen, als die Legirungen des Kupfers mit dem Zink und dem Zinn, welche für denselben Zweck angewendet werden.

Wenn man 100 Kupfer und 10 Aluminium mit einander verbindet, so erhält man eine härtere Legirung, als diejenige, welche gegenwärtig zur Fabrikation unserer Scheidemünze angewendet wird.

Sie nimmt einen grossen Glanz an durch den Polirstahl und nähert sich hinsichtlich ihrer Farbe gar sehr dem blassen Golde der Juwelierer. Die Legirung lässt sich ganz wie das Kupfer schmieden und bearbeiten.

Eine Legirung, die aus 100 Kupfer und 5 Aluminium zusammengesetzt wird, ist weniger hart, als die vorhergehende, nimmt gleich ihr eine schöne Politur an und nähert sich durch ihre Farbe weit mehr dem reinen Golde.

Eine Legirung aus 100 Kupfer und 20 Aluminium hat grosse Aehnlichkeit mit dem Wismuth und besitzt dessen gelblichweisse Farbe. Diese Legirung krystallisirt in grossen Lamellen, wird pulverisirt unter der Wirkung der Mörserkeule, ganz wie das Wismuth, oder das Antimon.

Bei den Legirungen von Kupfer mit 5 und 10 Proc. Aluminium kann man die Farbe willkürlich durch ein Abbrennen entweder in Salpetersäure variiren, welche das Kupfer beseitigt und das Aluminium rückständig lässt, oder in Chlorwasserstoffsäure, welche das Aluminium vorzugsweise vor dem Kupfer beseitigt.

Der Widerstand, die Härte und die Elasticität, die man dem Kupfer mittheilen kann, wenn man demselben kleine

Quantitäten Aluminium zusetzt, werden sicherlich eines Tages diese Legirungen in der Industrie anwenden lassen.

Aluminium und Silber.

Das Silber ist das Metall, welches am angemessensten erscheint, um die Eigenschaften des Aluminiums vortheilhaft zu modificiren.

5 Theile Silber zu 100 Theilen Aluminium zugefügt, geben diesem letzteren Metall die Elasticität, die ihm mangelt, vermehren seine Härte und folglich die Fähigkeit, Politur anzunehmen, und zwar ohne seiner Hämmerbarkeit im Geringsten zu schaden.

Wir haben der Industrie eine ziemlich ansehnliche Quantität dieser Legirung überlassen, um die Eigenschaften, von denen eben die Rede war, augenfällig machen zu können.

Alle Legirungen mit Silber bis zu dem Verhältniss von 50 Silber auf 100 Aluminium sind schmelzbarer, als das Aluminium; die Schmelzbarkeit nimmt zu mit dem Verhältniss des Silbers.

Die Legirung aus 100 Theilen Aluminium und 50 Theilen Silber ist hinlänglich schmelzbar, um zum Löthen zu dienen; aber gleich denen von Zink und Zinn fliesst sie schwierig und giebt eine brüchige Löthung.

Mit 10 Procent seines Gewichtes Silber verträgt das Aluminium die Wirkung des Hammers nicht mehr. Die Legirung von gleichem Gewicht Aluminium und Silber bricht wie diejenigen von Kupfer.

Man wird immer auf eine sichere Weise die Gegenwart von Silber im Aluminium an der Wirkung erkennen, welche auf diese Legirung eine mittelmässig concentrirte Auflösung von Aetzkali ausübt. Man weiss in der That, dass das Aluminium in dieser Auflösung weiss wird. Das Entgegengesetzte findet nun statt, wenn dieses Metall Silber enthält; indem letzteres in Folge der Auflösung des Aluminiums in der alkalischen Flüssigkeit blossgelegt wird, so giebt es letzterem eine schwarze Farbe.

Bringt man unter das Silber 5 Proc. Aluminium, so theilt

man demselben die Härte mit, welche die zum Münzen benutzte Legirung besitzt; man hat auf diese Weise den Vortheil, eine Legirung zu besitzen, welche einer schönen Politur fähig ist, 95 Proc. Silber statt 90 Proc. enthält und kein so veränderliches Metall wie das Kupfer einschliesst. Diese Legirung ist leicht von jener zu unterscheiden, welche Kupfer enthält, und zwar durch eine Probe mit Scheidewasser, welches die Legirung weiss macht, statt sie zu schwärzen.

Aluminium und Gold.

Das Gold ist das Metall, welches das Aluminium in grösster Quantität verträgt, ohne dass seine Streckbarkeit dabei verliert; wir sind deshalb dahin gelangt, eine Legirung darzustellen, welche 10 Proc. Gold enthält.

Diese Legirung schmiedet sich eben so gut, als das Aluminium, ist ein wenig härter, als Letzteres, polirt sich aber schwerlich besser; seine Farbe ist übrigens schwärzlichbraun und diejenige des schwach geschwefelten Zinnes.

Mit 15 Proc. Gold lässt sich das Aluminium nicht mehr schmieden.

Was die Modificationen anlangt, welche auf das Gold schwache Quantitäten Aluminium hervorbringen, so wird es leicht sein, sich davon einen Begriff zu machen, wenn wir gesagt haben werden, dass man 100 Theilen Gold nur 5 Theile Aluminium zuzusetzen brauche, um das Gold weiss zu machen und so brüchig wie Glas.

Aluminium und Platin.

Das Aluminium vereinigt sich mit grosser Leichtigkeit mit dem Platin und bildet mit ihm eine Legirung, die mehr oder weniger schmelzbar ist, je nach den Verhältnissen des Aluminiums.

5 Theile Platin und 100 Theile Aluminium erzeugen eine Legirung, die nicht hinlänglich hämmerbar ist, um sich bearbeiten zu lassen; indem man das Verhältniss des Platins verminderte, würde man wahrscheinlich eine angemessene Legirung hervorbringen. Was übrigens die Farbe anlangt, so

scheint sich diese Legirung derjenigen von 5 Procent Silber zu nähern.

Sechstes Capitel.

Wirkung des Aluminiums auf die Metalloxyde.

Dieser Theil der Geschichte des Aluminiums ist einer Arbeit entnommen, die wir unter dem Titel:

Wirkung der Reagentien des trocknen Weges auf das Aluminium *). — Bei unsern Versuchen sind wir nun folgendermassen zu Werke gegangen: Das Aluminium wurde in Feilspäne verwandelt und dann sorgfältig mit dem Metalloxyd gemengt, auf welches man experimentiren wollte; alsdann wurde die Mengung in eine kleine Porzellanschale gebracht und Letztere nun in einem kleinen irdenen Tiegel erhitzt, der als Muffel diente.

Wirkung des Aluminiums auf das Manganoxyd. — Das Aluminium übt keine Wirkung auf das Manganoxyd aus.

Auf das Eisen-Sesquioxyd. — Wenn man 1 Aequivalent von Eisen-Sesquioxyd mit 3 Aequivalenten Aluminium bis zur Weissgluth erhitzt, so erfolgt die Reaction ohne Detonation, und wenn man hinlänglich erhitzt hat, so findet man einen gut geschmolzenen metallischen Regulus, so hart und so brüchig, wie das Gusseisen, dem man folgende Zusammensetzung zuweisen kann:

| | |
|---------------------|-------|
| Eisen | 69,30 |
| Aluminium | 30,70 |

Dieses heisst mit andern Worten, dass der Regulus ziemlich genau 1 Aequivalent Eisen und 1 Aequivalent Aluminium enthält und die Formel $Al Fe$ erhalten kann.

Demnach scheint es, dass die Zersetzung des Eisenoxys nicht die Grenze überschreitet, wo die Quantität des reducir-

*) Comptes rendus de l'Académie des sciences du 29 décembre 1856.

ten Eisens bloss ausreichend ist, um mit dem Aluminium eine Legirung von gleichem Aequivalenten zu bilden.

Auf das Zinkoxyd. — Eine Mengung von Aluminium-Feilspänen und Zinkoxyd, bis zur Weissgluth erhitzt, hat nicht die geringste Spur von Zersetzung dargeboten.

Auf Bleioxyd. — Wenn man 2 Aequivalente Bleioxyd mit 1 Aequivalent Aluminium mengt und nach und nach diese Mengung in einem Schmelztiegel bis zur Weissgluth erhitzt, so reagirt das Aluminium bald auf das Bleioxyd mit einer solchen Intensität, dass eine ziemlich starke Detonation erfolgt.

Als wir diesen Versuch mit 50 Grammen Bleiglätte und 2,90 Grammen Aluminium-Feilspäne gemacht hatten, so wurde der Schmelztiegel in tausend Stücke zerbrochen und die Thüren des Ofens weit weggeschleudert.

Auf Kupferoxyd. — 3 Gram. Kupferoxyd, gemengt mit 1,03 Gram. Aluminium, detonirten, indem sie eine sehr starke Explosion bewirkten, als die Temperatur bis zur Weissgluth gestiegen war.

Siebentes Capitel.

Wirkung des Aluminiums auf die salinischen Lösungen.

Salze, welche fähig sind, das Aluminium anzugreifen. — Unter den eigentlichen Salzen finden wir die kohlen-sauren, die phosphorsaurer, die kieselsaurer und die borsaurer Alkalien, welche alle durch ihre alkalische Reaction wirken.

Die Schwefelalkalien wirken auf das Aluminium nicht durch den Schwefel, sondern durch das Alkali, welches sie fast immer im Zustande von Hydrat oder von kohlen-saurem Salz enthalten.

Alle Chlorverbindungen *) greifen das Aluminium an; ebenso verhält es sich mit den Cyanverbindungen.

*) Fernerweite Versuche haben uns gezeigt, dass das Seesalz in Auflösung auch nach und nach das Aluminium angriff.

Auch so oft man zwei salinische Lösungen mit einander vermischt, welche eine Chlorverbindung erzeugen können, hauptsächlich wenn es andere Chlorverbindungen sind, als diejenigen der alkalischen und der alkalisch-erdigen Metalle, wird das Aluminium angegriffen; dieses geschieht nun, wenn man das Aluminium in eine Flüssigkeit taucht, welche Seesalz und schwefelsaures Kupfer, oder jedes andere metallische Salz enthält, weil, obgleich kein Ansehen irgend einer Spur von doppelter Zersetzung vorhanden ist, die Theilung der Basen und der Säuren immer stattfindet.

Unter den Chlorverbindungen reagirt hauptsächlich diejenige des Aluminiums mit merkwürdiger Intensität und erzeugt eine basisch-chlorwasserstoffsäure Thonerde, während sich sogleich Wasserstoffgas entbindet.

Daraus erklärt es sich, warum eine Mischung von Alaun oder jedem andern Thonerdesalz mit Seesalz das Aluminium mit Entbindung von Wasserstoffgas auflöst.

Alles lässt glauben, dass die Bromverbindungen, die Jodverbindungen und die Fluorverbindungen wie die Chlorverbindungen wirken.

Achstes Capitel.

Wirkung des Aluminiums auf einige Zusammensetzungen bei einer hohen Temperatur *).

Salpetersaures Kali. — Wenn man Aluminium im geschmolzenen Salpeter bei der Temperatur erhitzt, wo dieses Salz anfängt, sich zu zersetzen, so brennt das Aluminium mit einer schönen blauen Flamme; es entsteht zu gleicher Zeit eine Art von Deflagration, und glänzende Funken von brennendem Metall sprühen von allen Seiten aus.

Kohlensaures Kali oder Natron. — Wird das Aluminium

*) Ch. und A. Tissier, Comptes rendus de l'Académie des sciences, 29 décembre 1856.

mit einem kohlen-sauren Alkali erhitzt, so oxydirt es sich nach und nach auf Kosten der Kohlensäure; die Kohle wird blossgelegt, und es entsteht ein thonsaures Salz; diese Reaction erfolgt übrigens ohne alle Deflagration.

Schwefelsaures Kali oder Natron. — Bloss 9,65 Gramme Aluminium in schwefelsaures Natron gebracht, welches in der Rothglühhitze geschmolzen war, haben dieses Salz mit einer solchen Intensität zersetzt, dass der Schmelztiegel, in welchem der Versuch gemacht wurde, in tausend Stücke zertrümmert und die Thüren des Ofens weit weggeschleudert wurden.

Kieselsaure Alkalien; Glas. — Wird Aluminium in weissem gewöhnlichen Glas geschmolzen, so oxydirt es sich auf Kosten der Kieselsäure, und indem das Silicium blossgelegt wird, verbindet sich die so gebildete Thonerde mit den Alkalien zu einem thonsauren Salz.

Bei dem Versuche, den wir machten, hatte sich das Aluminium mit einer dicken Schicht von Silicium überzogen, das rückständige Metall aber hatte nichts von seiner Hämmerbarkeit verloren und schien nicht mit Silicium verbunden zu sein.

Borax. — Die Wirkung des Borax ist von Wöhler studirt worden, welcher, als er den Versuch machte, mit Hilfe dieses Flussmittels die erhaltenen kleinen Aluminiumkügelchen zu vereinigen, sie verschwinden sah, indem sie sich mit einer grünlichen Schicht von Boron überzogen; auf gleiche Weise, wie mit den kieselsauren und den kohlen-sauren Salzen, erzeugt das Aluminium in diesem Falle thonsaures Alkali.

Fluorcalcium. — Dieses Salz ist ohne Wirkung auf das Aluminium und bildet eins der bessern Flussmittel desselben, hauptsächlich wegen seiner Eigenschaft, die Thonerde aufzulösen, mit welcher vielleicht das Metall verunreinigt sein kann, und dadurch seine Vereinigung zu erleichtern.

Chlor-Natrium. — Dieses ist das Flussmittel, welches man täglich zum Umschmelzen des Aluminium anwendet; es besitzt indessen nicht, wie das Fluornatrium, die Eigenschaft, die Thonerde aufzulösen und hat die Unannehmlichkeit, mit dem Thon der Schmelztiegel eine sehr ansehnliche Quantität

von Chloraluminium zu erzeugen, welches mit der Berührung der Luft dazu beitragen kann, dass man eine gewisse Quantität des Metalles verliert.

Phosphorsaurer Kalk. — Man hat eine Mischung von reinem phosphorsauren Kalk und Aluminium-Feilspänen bis zur Weissgluth erhitzt, ohne dass das Metall etwas von seinem metallischen Ansehen verloren hat; der phosphorsaure Kalk scheint also keine Wirkung auf das Aluminium zu haben.

Neuntes Capitel.

Welche Stelle muss man dem Aluminium in den Classificationen anweisen?

„Das Aluminium und das Eisen, sagt Deville, sind sehr häufig mit einander verglichen worden; ich betrachte in der That diese beiden Metalle als auch dem Chrom sehr nahe liegend, obschon sie nicht alle drei dieselben Oxydationsgrade besitzen. Hauptsächlich durch die Eigenschaften ihrer Sesquioxide nähern sie sich einander; diese äusserst isomorphen Substanzen, die einander überall und unter allen Umständen ersetzen, besitzen eine exceptionelle Stabilität in der Reihe der oxydirten Verbindungen eines jeden dieser Metalle.“

„Aber das Eisen besitzt ein Oxyd, welches ohne Zweifel für das Aluminium nicht existirt und welches sich allemal bildet, wenn man Eisen in Sauerstoff verbrennt, oder dasselbe durch Wasserdampf oxydirt; dieses ist das magnetische Oxyd. Wenn das Oxyd $Al^3 O^4$ entstehen könnte, so würde wahrscheinlich das Aluminium ebenfalls in der Luft verbrennbar sein und sich auch im Wasser verändern, wie das Eisen selbst.“

In einer Arbeit, welche der Akademie der Wissenschaften überreicht worden ist, *) drückt sich Einer von Uns, welcher

*) Note sur les anomalies que présente l'aluminium au point de vue de la philosophie chimique, par M. Charles Tissier. (Comptes rendus, 16 Février 1857.)

die Meinung Deville's theilt, über die Stelle, die er dem Aluminium neben dem Eisen anweist, in folgender Art aus:

„Das Aluminium stellt sich nicht entfernt vom Silber durch seine Wirkung auf das Wasser und den Sauerstoff, nähert sich den alkalischen Metallen durch seine Wirkung auf die Kieselsäure, die Borsäure und die Kohlensäure, und nähert sich auch dem Eisen durch seine Wirkung auf die Metalloxyde. Es zersetzt in der That alle Oxyde, welche das Eisen zersetzt, mit Ausnahme des Zinkoxyds. Nach dieser letztern Eigenschaft hätte das Aluminium weniger Verwandtschaft zum Sauerstoff, als das Eisen und könnte neben dieses Metall, aber erst nach ihm, gestellt werden.“

Wenn man in Erwägung zieht, welche Stelle das Aluminium in der elektrochemischen Ordnung einzunehmen habe, so findet man, dass es alle Metalle aus ihren Chlorverbindungen niederschlägt, bis auf das Blei und das Cadmium einschliesslich, und dass es folglich zwischen das Cadmium und das Eisen zu stehen kommt *).

Kurz, man kann jetzt noch nicht daran denken, dem Aluminium in den Classificationen eine feste Stelle anzuweisen und muss diess so lange aufschieben, bis die Chemie in dieser Beziehung weitere Fortschritte gemacht haben wird. Indessen dürfte das Aluminium, nach Deville, sicherlich neben dem Eisen am wenigsten falsch gestellt sein. Es ist in der That bekannt, dass auch das Eisen bei einer hohen Temperatur die Kieselsäure, die Borsäure und die Kohlensäure zersetzt, und wenn das Aluminium auf den Sauerstoff und auf das Wasser nicht dieselbe Wirkung hat, wie das Eisen, so rührt dieses davon her, wie Deville bemerklich macht, dass man kein Aluminiumoxyd von der Formel $R^3 O^4$ kennt, welches Oxyd das Eisen immer geneigt ist, bei einer hohen Temperatur zu erzeugen. Wenn man endlich auf die elektrochemischen Eigenschaften Rücksicht nimmt, so muss man eben-

*) Das Chloreisen, das Chlorzink und das Chlormangan werden nicht von ihm gefällt.

falls dem Aluminium seine Stelle in der Nähe des Eisens anweisen.

Zehntes Capitel

Einige Bemerkungen über die Aluminium-Fabrik zu Amfreville-la-Mi-Voie bei Rouen.

Wir glauben, dass man nicht ohne Interesse einige Details über obige Aluminium-Fabrik lesen wird, wo die Darstellung dieses neuen Metalls mit Hülfe des Kryoliths und nach der Methode ausgeführt wird, welche wir weiter oben bereits auseinander gesetzt haben.

Seit dem Monat Julius 1855 vereinigten sich die Herren Malétra, Chanu und Davey zu Rouen zu einer Gesellschaft, welche die industrielle Erzeugung des Aluminiums zum Zweck hatte; wir wurden speciell mit der Organisation und der Direction dieses neuen Industriezweiges beauftragt und haben uns seit jener Zeit damit ohne Unterbrechung beschäftigt.

Wie bei den meisten neuen Unternehmungen, waren die Anfänge der Aluminium-Fabrikation nicht glücklich; es boten sich in der That viele Schwierigkeiten dar, nicht bloss in der Metallurgie dieses Metalles, sondern auch in den industriellen Verwendungen. Zu theuer im Bezug auf seine Eigenschaften (es wurde zu jener Zeit das Kilogramm noch für 1000 Franken verkauft), war sein Preis ein unübersteigliches Hinderniss für seine Anwendung in den Künsten. Das schwache Capital, welches zu unserer Verfügung gestellt war, konnte nicht ausreichend sein für die Einrichtungskosten, für die allgemeinen Kosten und für die Verluste, welche durch unerlässliche Versuche für die Regulirung der Processe verursacht wurden; am 28. Februar löste sich deshalb die Gesellschaft auf.

Im Monat April desselben Jahres war Herr William Martin geneigt, uns seine Unterstützung angedeihen zu lassen, nachdem er die schon erlangten Resultate geprüft und diejenigen in Erwägung gezogen hatte, die man noch mit Recht

erwarten konnte. Von diesem Augenblick an bestätigten tägliche Vervollkommnungen die Erwartungen des Herrn Martin, und im Jahr 1857 war die Fabrik von Amfreville im Stande, das Kilogramm des Metalles für 300 Franken in den Handel zu bringen. Das Laboratorium dieser Fabrik wurde zu Untersuchungen bestimmt, wo Alles, was auf das Aluminium sowohl hinsichtlich seiner Darstellung, als auch seiner Verwendungen Bezug hatte, der Gegenstand specieller Studien wurde.

Möge Hr. William Martin hier den aufrichtigen Ausdruck unserer Dankbarkeit für das Wohlwollen empfangen, mit welchem er Alles zu ermuthigen verstand, was dazu beitragen konnte, die Fabrikation des Aluminiums zu fördern.

Die Bijouterie macht nun fast seit zwei Jahren einen immer häufigeren Gebrauch vom Aluminium. Die Leichtigkeit dieses Metalles verleiht demselben in der That einen grossen Werth, um daraus Armspangen, wie auch Käbme, Nadeln etc. zu fertigen; es prägt sich sehr gut, weil es sehr streckbar ist, und wegen seiner Schmelzbarkeit lässt es sich sehr leicht zu allerhand Gegenständen des Gusses verwenden; auch nimmt die Zahl der gegossenen Gegenstände, wie z. B. Uhrberlocken, Petschafte etc. alle Tage mehr zu; die Leichtigkeit, mit welcher sich das Metall ciseliren lässt, die Unveränderlichkeit seines Glanzes in Berührung mit der Luft, selbst seine Farbe, deren matter Ton sich sehr gut für die Ciselirung und die Ornamentirung eignet, lassen ihm in vielen Umständen den Vorzug vor dem Silber einräumen.

Uebrigens wird das Aluminium nicht bloss zur Fabrikation von Schmuckgegenständen verwendet, sondern von Tag zu Tag erlangt es ausgebreitete Benutzung. Wie gesagt, die Leichtigkeit, mit welcher dieses Metall gegossen, geprägt und ciselirt werden kann, macht es sehr geeignet zur Fabrikation von vielen tausend kleinen Gegenständen, die den Nationen Bedürfnisse geworden sind, welche einen sehr hohen Grad der Civilisation erlangt haben.

Bei der Fabrikation von Reisekästchen macht man z. B. einen sehr häufigen Gebrauch von diesem neuen Metall und verwendet es unter tausend verschiedenen Formen; man be-

nutzt es zu eingelassenen Arbeiten der feinen Tischlerei, oder man überzieht damit die symmetrisch geordneten Felder an Kästchen und macht daraus Deckel für die Krystallgefässe, die zu den Reisekästchen gehören, wenn man diese Gefässe nicht vielleicht ganz aus Aluminium herstellt, was dann diesen kleinen Gegenständen eine unschätzbare Leichtigkeit verleiht.

Es würde schwierig sein, eine vollständige Aufzählung aller der Gegenstände zu machen, bei welchen das Aluminium mit Vortheil das Silber oder versilberte Gegenstände ersetzen kann, wie z. B. Fingerhüte, Nadelbüchsen, Schnürnadeln, Petschafte, Federhalter, Bleistifthalter, Porte-Monnaies, Papierpressen, Stockknöpfe, Reitpeitschen, Statuetten und Medallions, Verzierungen von Stutzuhren, Becher, Vasen etc. etc. *).

Das Aluminium ist ausserdem von einer sehr schönen Wirkung in der Verzierung der Luxusmeublen, wo seine Leichtigkeit es häufig zu einem sehr glücklichen Hülfsmittel gestaltet.

Eine nützlichere Anwendung ist sicherlich diejenige des neuen Metalles zur Verfertigung von Brilleneinfassungen, von Ferngläsern und Augengläsern, für welche es sehr werthvoll ist, nicht allein durch seine Leichtigkeit, sondern auch noch durch den Vortheil, den es gewährt, nicht, gleich dem Silber, die Haut zu schwärzen.

Das Aluminium und seine Legirungen, die Aluminium-bronze z. B., werden sicherlich bald in sehr grossen Quantitäten von der Uhrmacherei zur Herstellung von Taschenchronometern oder genau gehenden Uhren benutzt werden, die bis jetzt immer noch von einer ziemlich belästigenden Schwere waren.

Die Unveränderlichkeit des Aluminiums an der Luft und in Schwefeldämpfen gewährt ihm einen grossen Vortheil bei der Fabrikation von Reflectoren für die Gasbrenner, für welche

*) Hr. Louis Bishop zu Paris ist sicherlich derjenige, welcher am meisten dazu beigetragen hat, das Aluminium zur Fabrikation aller dieser verschiedenen Gegenstände zu verwenden.

man bis jetzt weder das Silber, noch versilberte Gegenstände, noch Messing anwenden konnte, wegen der Leichtigkeit, mit welcher sich diese, in Berührung mit Leuchtgas, mit dem Schwefel zu verbinden pflegten.

Das Aluminium könnte noch eine sehr ausgedehnte Anwendung in der Vergoldung und der Versilberung finden, wenn wichtige Ankäufe es zu weniger hohen Preisen herzustellen erlaubten, als es gegenwärtig der Fall ist, oder mit andern Worten, man könnte durch Vergoldung und Versilberung desselben eine Art Ruoltz-Aluminium erhalten, welches mit einer schätzbaren Leichtigkeit begabt sein würde für schwere Stücke der Goldarbeiterkunst z. B., für hohe Leuchter, für Candelaber, für Tafelaufsätze etc.

Elftes Capitel.

Von der wahrscheinlichen Rolle des Aluminiums in unserm Münzsystem.

Zum Schlusse dieses Gegenstandes halten wir es für nützlich, einige Stellen eines neuen Schriftchens mitzutheilen, welches den Titel führt: „Das Aluminium als Münzmetall betrachtet“, welches von Herrn Henry Montucci unter dem pseudonymen Namen H. M. Ward *) erschienen ist, und welches ganz neue Gedanken enthält.

Man hat gegen die Anwendung des Aluminiums zu Münzen die Reichhaltigkeit und den geringen Werth seines Vorkommens eingewendet (es bildet den grössern Theil der Gebirgsformationen), ferner die Wandelbarkeit, welche sein Werth unter vielen Umständen erfahren könne.

„Was die so allgemeine Verbreitung des Aluminiums, des Metalles anlangt, welches einen Theil des Thons ausmacht, den wir mit unsern Füßen treten, sagt der Verf., so möchte ich antworten, dass wir ihn schon lange Zeit mit unsern Füßen getreten haben, und dass folglich ein

*) Bei Dentu, galerie d'Orleans, 13, Palais-Royal.

unermesslicher Unterschied zwischen einer allgemeinen Verbreitung und einer leichten Darstellung obwaltet. Die Chemie zeigt uns bis jetzt keine Substanz, welche so hartnäckig den mächtigen Mitteln widerstanden hat, um die Natur zu zwingen. Die Thonerde hat der elektrischen Säule widerstanden, und dieses will viel sagen; auch kennen wir unter den alkalischen Metallen nur ein einziges, das Natrium, welches im Stande ist, ohne Nachtheil eine so energische Wirkung hervorzubringen, um uns den gedachten neuen Elementarkörper zu verschaffen. Es ist gelungen, den Preis des Aluminiums von 3000 bis auf 300 Franken per Kilogramm herabzubringen; man könnte ihn vielleicht noch etwas mehr herabbringen, wenn man nach einem grossen Massstabe operirte; aber jeder billige Preis hat seine Grenzen, und nach dem, was in dieser Hinsicht bereits geschehen ist, dürfte es ein weit logischerer Schluss sein, dass nichts mehr in dieser Hinsicht gethan werden kann *), als anzunehmen, dass der Preis ohne Grenzen herabgebracht werden könne. Heutiges Tages vervollkommen sich die Operationen, durch welche man das Aluminium darstellt, sehr schnell, und es ist also wenig Hoffnung der Vereinfachung von dieser Seite her. Hofft man vielleicht ein anderes Reagensmittel noch zu finden? Die gegenwärtige Chemie bietet keins dar. Mit einem Wort, ich sehe nicht ein, worauf man sich gründet, um dem Traume eines unbeschränkten Herabsinkens des Preises Wirklichkeit zu verschaffen.“

Herr H. Montucci wendet sich nun, nachdem er die Haupteigenschaften des Aluminiums durchgegangen ist, zur eigentlichen Frage hinsichtlich der Anwendung des neuen Metalles in unserm Münzsysteme in folgender Weise:

„Man hat einmal daran gedacht, das Silber durch das Aluminium zu ersetzen, dagegen hat man nicht im Geringsten an eine Sache gedacht, die von selbst in die Augen springt,

*) Wir sind weit davon entfernt, die Meinung des Herrn Montucci in diesem Betreff zu theilen, denn es bleibt noch viel zu thun übrig.

nämlich unsere schwere und unbequeme Kupfermünze durch dieses treffliche Metall zu ersetzen.

„Nehmen wir an, dass das Aluminium dem Gewichte nach den Werth des Silbers erreicht habe.

„Man nehme ein 20 Centimenstück, so wird ein Stück reines Aluminium von derselben Grösse genau 5 Centimen kosten und nur den vierten Theil so schwer, als ein 20 Centimenstück sein!

„Das 10 Centimenstück aus Aluminium würde etwas kleiner sein, als das gegenwärtige 50 Centimenstück.

„Auf diese Weise würden unsere dicken, schweren und schmutzigen Sous durch weisse Münzen ersetzt werden, die von der Luft nicht angegriffen werden und genau 20 Mal leichter sind.

„Man kann dann für 25 Franken Sous aus Aluminium in der hohlen Hand bergen und hätte nur ein Gewicht von 125 Grammen.

„Aber, wird man einwenden, die Aehnlichkeit des Aluminiums mit dem Silber wird tausend Irrthümer erzeugen. Wie soll man auf den ersten Blick ein 5 Centimenstück unterscheiden?“

Hier macht Hr. Montucci den Vorschlag, den Münzen aus Aluminium eine andere Form, als denen aus Silber zu geben, z. B. Halbkreise an den Seiten eines gleichseitigen Dreiecks, eines Quadrates, eines Fünfecks u. s. w. beschrieben.

Würde es nicht einfacher sein, diesen Münzen die kreisrunde Gestalt zu lassen und sie bloss in der Mitte mit einem mehr oder weniger grossen Loche zu versehen, ganz so, wie die ältesten Münzen der Bretagner jenseits des Kanales vor dem Einfalle Cäsars, so dass man alle Münzstücke an eine Schnur reihen könnte, die auf diese Weise den Geldbeutel ersetzte. Dieses System, welches sehr alt ist, besteht noch gegenwärtig in China und ist von Japan und allen den Ländern angenommen worden, die durch ihre Sitten den Chinesen mehr oder weniger nahe stehen.

Auf diese Weise würden die Münzen aus Aluminium hinlänglich zu unterscheiden sein von den Silbermünzen, um alle

Verwechselungen der einen mit der andern zu vermeiden, zu gleicher Zeit würde ihr Durchmesser grösser und dadurch ihre Aehnlichkeit mit den Silbermünzen geringer werden, und dennoch würden sie besser zu handhaben sein, ohne dass ihr Gewicht deshalb beträchtlicher zu sein brauchte.

„Angenommen, das Aluminium sinke im Preise, sagt noch Hr. Montucci, würden wir dann einem beständigen Umschmelzen der kleinen Münze ausgesetzt sein?

„Zuerst behaupte ich, dass der Fall wenig wahrscheinlich sei und dass, wenn wirklich ein Sinken des Preises sich einstellen sollte, es sich nur sehr allmählig bemerklich machen würde. Endlich muss man dem Grundsätze Rechnung tragen, den schon der Gesetzgeber bei der gegenwärtigen Kupfermünze aufgestellt hat, dass die Scheidemünze ohne Nachtheil die Rolle einer reinen Vertrauensmünze spielen könne und dass sie sehr lange Zeit einen Werth darstellen könne, den sie in Wirklichkeit nicht besitzt, ohne dadurch dem kleinen Handel zu schaden. Das Aluminium würde also um die Hälfte seines gegenwärtigen Werthes sinken können, und die 5 und 10 Centimenstücke würden dennoch vom Publikum genommen werden, ohne dass sich ein Umschmelzen derselben nöthig machte.

„Nehmen wir aber den äussersten Fall an und zwar, dass das Aluminium endlich auf den Preis eines gleichen Kupfervolumens herabsinke, dass nämlich 1 Kilogr. Aluminium ebenso viel koste als $3\frac{1}{2}$ Kilogr. Kupfer. Dazu würde gehören, dass die Rohstoffe gar nichts, dass die Handarbeit fast nichts koste, dass endlich die Fabriken, die Werkzeuge, das Brennmaterial fast keinen Werth haben; aber zugegeben, dass dieser Fall eintrete, so wird man dann ohne Zweifel eine Aluminiummünze von gleichem Volumen mit der gegenwärtigen Kupfermünze, aber von einem $3\frac{1}{2}$ mal geringeren Gewicht und von einer Sauberkeit, einer weissen Farbe haben, die derjenigen des Silbers gleich kommt.

„Mit einem Wort, die Nützlichkeit des Aluminiums für kleine Werthe lässt sich nicht läugnen.“

Betrachten wir jetzt mit dem Verfasser eine Frage von einer Hauptwichtigkeit.

„Aus welchem Beweggrunde lässt man jetzt das gemünzte Gold und Silber aus der Cirkulation verschwinden und bringt es in den Schmelztiegel?

„Offenbar aus dem Grunde, um den Werth, seine Toleranz im Mehrbetrage, zu benutzen, indem man diese Metalle ins Ausland sendet, um eine Prämie zu gewinnen.

„Man beraube diese Metalle dieses Vortheiles.

„Das goldene 20 Frankenstück wiegt 6,452 Grammen und enthält 5,806 Grammen feines Gold, welches zu dem Preise von 3,44 Franken einen reellen Werth von 19,97 Franken und einen Rest von 0,646 Kupfer ergibt.

Der Einschmelzer verliert also 3 Centimen an jedem 20 Frankenstück. Diesen Verlust kann er ertragen.

„Macht man nun eine Legirung unter den Bedingungen, wie sie Dr. Percy aufgestellt hat, d. h. in dem Verhältniss von 19 Theilen Gold und 1 Theil Aluminium, so würde der Einschmelzer ungefähr 10 Centimen verlieren; denn das Gold und das Aluminium lassen sich nur mit dem ganzen Verluste des Aluminiums scheiden, welches, zum Silberpreise veranschlagt, ungefähr 7 Centimen kosten würde. Dieses ist ein Vortheil, der mir hinlängliche Wichtigkeit zu haben scheint.

„Aber so viel ist ausgemacht, dass wenn wir zu den Silbermünzen eine Legirung von 9 Theilen Silber $\frac{1}{4}$ Gold und $\frac{3}{4}$ Aluminium nehmen wollten, so würde der Verlust des Einschmelzers enorm sein.

„Wenn wir dem Aluminium den Werth des Silbers geben, einen geringern Werth als es gegenwärtig besitzt, so würde das Gramm dieser Legirung 54 Centimen kosten.

„Das 5 Frankenstück enthält 22,5 Grm. feines Silber, welches 4 Franken 99 $\frac{1}{2}$ Centimen kostet, wenn wir den Preis vom Grm. Silber zu 22 Centimen annehmen.

Der Einschmelzer verliert also hier nur $\frac{1}{2}$ Centime.

„Ersetzen wir die 2,5 Grm. Kupfer durch 2,5 Grm. einer Legirung von gleichen Theilen Gold und Aluminium, so wird alsdann die Legirung nicht mehr 4 Franken 99 $\frac{1}{2}$ Centimen kosten, sondern 7 Franken 55 Centimen, wovon 41 Centimen Aluminium den Verlust des Schmelzers an 7 Franken 55 Cen-

timen ausmachen; denn er kann zwar das Silber scheiden, aber um das Gold vom Rückstande zu scheiden, muss er das sämmtliche Aluminium aufopfern.

„Uebrigens würde eine Masse dieser Legirung, derjenigen gleichkommend, welche mit Kupfer 100 Fünffrankenstücke geben würde, 151 solcher Fünffrankenstücke liefern.

„Wenn der Einschmelzer auf den Gedanken kommen sollte, das Gold nicht vom Aluminium zu scheiden, so würde ihm eine ganz nutzlose Legirung rückständig bleiben, die er vortheilhaft weder mit Kupfer, noch mit einem andern geringeren Metalle legiren könnte; denn wir haben die Wirkung des Kupfers gesehen; das Zink, das Zinn und das Blei würden eben so schlecht sein. Die Legirung, welche ihm als Rückstand verbleibt, würde weder benutzt werden können, um daraus Münzen zu prägen, noch Arbeiten der Goldarbeiterkunst daraus zu fertigen; seine Industrie würde ganz unmöglich werden.

„Wenn es eine erwiesene Thatsache ist, dass man ohne Erfolg alle chemischen Mittel erschöpft hat, um das Aluminium vom Silber zu scheiden (und die entschiedene Art, mit welcher man es versichert, lässt mich glauben, dass es eine bereits entschiedene Frage sei), so könnte man alsdann das Gold ganz weglassen und die 2,5 Gramme Kupfer durch eben so viel Aluminium ersetzen, wodurch der Einschmelzer bei jedem 5 Frankenstück einen Verlust von 55 Centimen hätte.

„Das Publikum würde dann den Vortheil einer Münze haben von einem reellen Werth, welcher seinem nominellen Werthe vollkommen gleich wäre, und die niemals aus dem Lande ginge.

„Wenn man aber, wird eingewendet werden, eine unverwandelbare Münze in Circulation setzt, so nimmt man ihr gerade durch diese Eigenschaft ihren Werth. Wenn das geprägte Silber in unsern Augen Werth hat, so ist der Grund davon der, dass man es in Barren, in Stangen, in Silberwaaren verwandeln kann; dass man sich mit einem Wort dieses Silbers als Waare bedienen kann.

Wenn man ihm diese Eigenschaft nimmt, so beraubt man es seines Werthes.

„Muss man also annehmen, dass das gemünzte Silber keinen Werth habe, sobald es nicht das Mittel darbietet, gegen die Gesetze des Landes zu handeln, welche diese Art von Industrie bestimmt verbieten? Das gemünzte Silber hat die Bestimmung, im Lande zu circuliren; für den Verkehr mit dem Auslande hat man das Gold und das Silber in Barren. Die Regierung hat das Recht, uns zu sagen: Ich Sorge für die Bedürfnisse des Landes, indem ich mehrere Arten Münzen liefere, die einen für die Zahlungen im Grossen, die andern für den kleinen Verkehr; ich berechne nach den Angaben der Erfahrung das Verhältniss einer jeden; wenn ihr nun diese Münzen einschmelzt, so verursacht ihr eine Störung im Münzsysteme und fügt dem öffentlichen Vermögen einen Nachtheil zu *), ihr nöthigt, ungesetzliche Prämien zu bezahlen, ihr begünstigt die Agiotage. Dieses darf ich nun nicht dulden; und um der Sache ein Ende zu machen, gebe ich auch eine Münze, welche den Werth besitzt, den sie darstellt, nur könnt ihr euch derselben bloss für den einzigen Zweck bedienen, für welchen sie bestimmt ist, nämlich für die Circulation. Die Silbermünze ist ein conventionelles Werthzeichen; sie hat weiter keinen Gebrauch und soll auch keinen andern haben, als den eines Kassenscheines au porteur. Wenn ihr einen Bankzettel von 100 Franken bekommt, so wisst ihr recht gut, dass man denselben nicht einschmelzen kann, und dennoch nehmt ihr ihn ohne Schwierigkeit. Warum? Weil ihr wisst, dass ihr ihn in einen reellen Werth verwandeln könnt, sobald es euch beliebt. Eben so verhält es sich nun mit einer Münze aus Silber und Aluminium: ihr könnt sie nicht einschmelzen, dagegen, sobald es euch beliebt, gegen Gold von gesetzlichem Gehalt umwechseln. Dieses zu verlangen, habt ihr ein Recht, nicht mehr und nicht weniger, und dieses gesteh' ich euch zu.

„Aber die andern Länder? Das 5 Frankenstück, welches

*) Moniteur vom 9. October 1856.

bis jetzt in Rom, in Florenz, in Turin, in Deutschland, in Spanien frei circulirte, wird dort keine Abnehmer mehr finden!

Dieses würde eben, sagt Hr. H. Montuucci, kein so grosses Unglück sein; aber es wird nicht eintreten. Nicht der innere Werth lässt die 5 Frankenstücke circuliren, sondern der Credit Frankreichs. Man weiss recht gut, dass selbst eine bleierne Münze, aus der Münze Frankreichs mit einem fingirtem Werth hervorgegangen, daselbst für denselben Werth wieder angenommen werden würde, gleich einem Wechselbriefe, den man honorirt, obgleich er weiter nichts, als ein Stück Papier ist.

„Aber es kommt noch besser. Beraubt der Hilfsquelle des französischen Silbers, wird der Einschmelzer Silber anderswoher zu bekommen suchen, und bald werden die andern Länder Europas allein den Schaden zu tragen haben, den jetzt Frankreich zum Theil mitträgt.

„Alsdann werden die ausländischen Regierungen sich genöthigt sehen, zu demselben Mittel ihre Zuflucht zu nehmen, um ihr Silbergeld zu retten, und bald wird das Gleichgewicht wieder hergestellt sein, und niemand wird dabei verlieren als allein die strafbare Industrie des Einschmelzers silberner Münzen.

N a c h t r ä g e .

1. Die trockene galvanische Batterie der Herren J. Lacassagne und R. Thiers, welche als Nebenproduct Aluminium liefert.

Die Erfindung dieser neuen galvanischen Batterie ist auf ein ganz neues Princip gegründet, indem dadurch eine Aufgabe gelöst worden ist, mit deren Lösung sich Gelehrte und Industrielle bis heute erfolglos beschäftigten, nämlich einen trockenen galvanischen Apparat von bedeutender Wirkung herzustellen. Der neue Apparat liefert nicht nur starke elektrische Ströme, sondern als Nebenproduct zugleich ein Metall,

welches für die Industrie noch eine grosse Wichtigkeit erlangen wird, namentlich wenn es, wie es hier der Fall ist, billig hergestellt werden kann, nämlich das Aluminium.

Der Apparat oder das galvanische Element der genannten Erfinder besteht aus zwei cylinderförmigen, concentrisch in einander stehenden Schmelztiegeln, welche durch einen eisernen Cylinder von einander getrennt sind. In dem innern Tiegel befindet sich ein Kohlenstück. Der eine Tiegel wird mit Kochsalz (Chlornatrium), der andere mit einem Thonerdesalz (nach dem „Cosmos“ mit Kryolith) gefüllt. Der Apparat wird nun bis zum Rothglühen erhitzt; man sieht die beiden Salze schmelzen und zugleich wird auch der elektrische Strom thätig, sobald nur die an den Eisencylinder und dem Kohlenstücke befestigten Poldräthe vereinigt werden. Ein mit den letzt-erwähnten Dräthen in der bekannten Weise in Verbindung gesetzter Elektromagnet wurde so stark magnetisch, wie mittelst einer Zink-Kohlenbatterie von grosser Dimension.

Nachdem die Herren Lacassagne und Thiers das Element, mit welchem sie einen Versuch anstellten, ungefähr zwei Stunden den Wirkungen des Feuers ausgesetzt hatten, wurde es aus dem Ofen genommen und vor den Augen der Zuschauer zerbrochen. Jeder der Letzteren war erstaunt, auf dem Grunde des Schmelztiegels eine Ablagerung von Aluminium zu sehen, welche noch von einer Menge Körnern desselben Metalls umgeben war. Es genügt dann, das Ganze nochmals zu schmelzen, um das Metall in ganz reinem Zustande zu erhalten.

Die Herren Erfinder dieser Batterie hoffen die zur elektrischen Beleuchtung erforderliche Electricität auf diesem Wege so billig zu erzeugen und zwar durch die Gewinnung eines kostbaren Metalles als Nebenproduct, dass diese Beleuchtungsart bald allgemeine Anwendung finden werde.

2. Ueber Kalium- und Natrium-Darstellung von Prof. Dr. J. R. Wagner in Würzburg.

Der hohe Preis des Aluminiums und die Seltenheit von Magnesium, Calcium, Strontium, Baryum und andern Metal-

len sind bekanntlich allein eine Folge des hohen Preises des zu ihrer Abscheidung aus ihren Verbindungen angewendeten Natrium oder Kalium. Ein von dem Verf. bereits vor 5 Jahren gemachter Vorschlag zu Zwecken, wo das Kalium oder Natrium nur als Reduktionsmittel wirken soll, eine Legirung beider Metalle anzuwenden, scheint in der Technik unbeachtet geblieben zu sein, obgleich sich von demselben ein günstiger Erfolg voraussehen liesse. Sein Vorschlag gründet sich darauf, dass, da der Schmelzpunkt eine Legirung von Kalium und Natrium weit niedriger ist, als der Schmelzpunkt eines jeden der beiden Metalle für sich, auch der Siedepunkt und die zur Reduktion erforderliche Temperatur der Kalium-Natriumlegirung niedriger sein wird, als der eines jeden der Bestandtheile. Es möchte deshalb zu versuchen sein, direct eine Legirung des Kaliums mit dem Natrium durch Erhitzen eines Gemenges von Soda, Pottasche, Kreide und Kohlenpulver, nach dem Verfahren von Deville darzustellen und diese zur Bereitung von Aluminium etc. anzuwenden. Dumas (in seinem Handbuche der angewandten Chemie. Bd. II. S. 245) hat übrigens schon vor 25 Jahren empfohlen, um die Reduction des Natronsalzes bei der Bereitung des Natriums zu erleichtern, das zu zersetzende kohlenaure oder ätzende Natron mit etwas Kali zu mengen, und die entstehende Legirung von Natrium und Kalium mittelst langsamer Oxydation von einander zu trennen. (Dr. Dingler's polytech. Journal. B. 143 S. 343).

5.

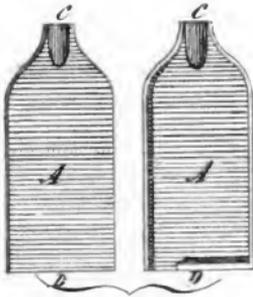


Fig. 6.

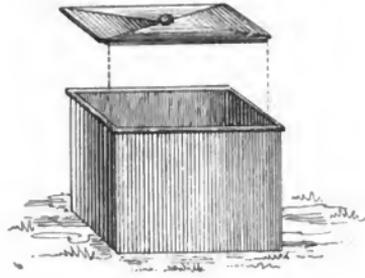


Fig. 7.

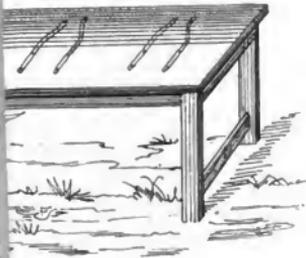
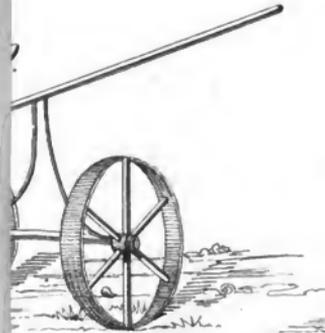
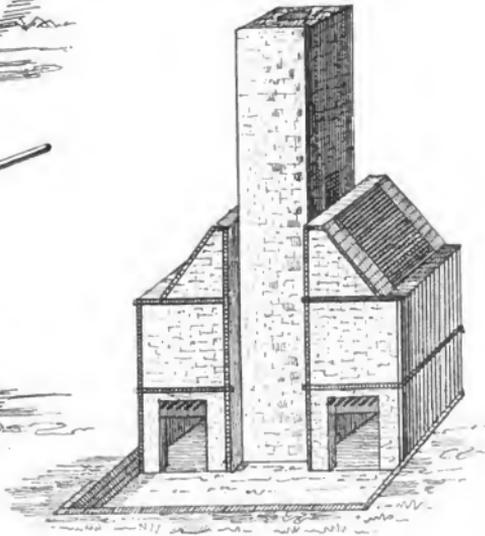


Fig. 10.



8.





Die Darstellung
des
Aluminiums,

Kaliums, Natriums, Magnesiums, Bariums, Strontiums und Calciums

und der

Metalloide Bor und Silicium.

Nach den neuesten Arbeiten

von

**Sainte-Claire Deville, Wöhler, Heinrich Rose, Brunner,
Bunsen u. A.**

zusammengestellt

von

Ed. Uhlenthuth.

Drittes Heft.

Mit 1 Tafel Abbildungen.

QUEDLINBURG,

Druck und Verlag von G. Basse.

1859.

Ueber das Aluminium, seine Eigenschaften, seine Fabrikation und seine Anwendungen.

Von

H. Sainte-Claire Deville,

Ritter der Ehrenlegion, correspondirendem Mitgliede der königl. Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Ehrenmitglied der Royal Institution in London, der physikalischen Gesellschaft zu Genf etc.

In's Deutsche übertragen von Dr. *Christian Heintz Schmidt*.



Vorrede.

Die Metalle, welche die Menschen in den civilisirten Ländern für die gewöhnlichen Bedürfnisse des Lebens anwenden, machen eine sehr kleine Zahl aus; sie zerfallen in zwei deutlich geschiedene und von einander sehr entfernte Gruppen, nämlich in die *edeln* und in die *gemeinen* Metalle. Zu den erstern gehören das Gold und das Silber, zu den andern das Kupfer, das Zinn, das Eisen, das Blei und endlich erst seit einigen Jahren das Zink. Zwischen den gemeinen Metallen und den edlen giebt es keine zwischenliegende Substanz. Diese Lücke, die man mittelst einiger Legirungen auszufüllen gesucht hat, die dann wegen ihres Preises und hauptsächlich wegen ihrer Uebelstände wieder aufgegeben wurden, besteht noch gegenwärtig auf eine sehr offenkundige und äusserst belästigende Weise. Als mich vor einigen Jahren der Zufall einige der so interessanten Eigenschaften des Aluminiums entdecken liess, war mein erster Gedanke, dass ich dieses Zwischenmetall aufgefunden, dessen Stellung in den Gebräuchen und den Bedürfnissen der Menschen an dem Tage sich entscheiden werde, wo man das Mittel entdecken würde, es aus dem Laboratorium der Chemiker in die Industrie übertreten zu lassen. Diese Voraussicht, welche sich mit jedem Tag zu erfüllen scheint, und der gegenwärtige Zustand der Aluminium-Industrie bestätigen aufs vollständigste die Schlussfolgerungen meiner ersten Abhandlung, welche ich zu Anfang des Jahres 1855 veröffentlichte und welche ich wörtlich wiederholen will:

„Aus den Thatsachen, welche diese Abhandlung enthält, folgere ich, dass das Aluminium ein Metall ist, welches, wegen seiner interessanten Eigenschaften, seiner Unveränderlichkeit an der Luft, selbst in der mit Schwefelwasserstoff verunreinigten Luft, wegen seiner Unempfindlichkeit gegen die Wirkung der Säuren, mit Ausnahme der Salzsäure, wegen seiner Schmelzbarkeit, wegen der Schönheit seiner Farbe und seiner physischen Eigenschaften, die es mit dem Silber zu vergleichen gestatten, fähig ist, ein Metall von gewöhnlichem Gebrauch zu werden. Seine geringe spe-

cifische Schwere, die kaum derjenigen des Glases gleich kommt, sichert ihm specielle Anwendungen. Vermöge einiger seiner Eigenschaften steht es zwischen den gewöhnlichen Metallen und den edlen Metallen, hat den Vorzug vor Ersteren zu den Verwendungen der Hauswirthschaft wegen der absoluten Unschädlichkeit seiner Verbindungen mit den schwachen Säuren, was hauptsächlich daher rührt, dass dieselben unter der Einwirkung einer schwachen Wärme nicht stabil sind. Wenn man übrigens in Erwägung zieht, dass das Aluminium in beträchtlichem Verhältniss in den Thonarten vorhanden ist und dass dieses Verhältniss bis zum vierten Theile ihres Gewichtes bei einigen der gemeinsten Substanzen gehen kann, so muss man wünschen, dass das Aluminium früher oder später in die Industrie eingeführt werde. Es wird ohne Zweifel genügen, die von mir beschriebenen Verfahrensarten sehr wenig zu modificiren, um sie für die ökonomische Darstellung des Aluminiums anwendbar zu machen.“

Ich wünsche in diesem Werke auf das vollständigste nachzuweisen, wie weit gegenwärtig die Fabrikation des Aluminiums gediehen ist; ich wünsche auch die verschiedenen Methoden anzugeben, die befolgt worden sind, obschon man einige derselben wieder aufgegeben hat. Sogar die Fehler kennen zu lernen, wird von Nutzen sein, weil man gerade dadurch immer Belehrung und manchmal den Keim neuer Verbesserung erhält. Vor allem aber wünsche ich, meine Leser mit den schönen Arbeiten des Mannes bekannt zu machen, der mir in dem Studium dieses Gegenstandes vorangegangen ist.

Historisches. — Ich gestehe mit Vergnügen, dass ich es für ein unerwartetes Glück halte, auf einer Bahn einige Vorschritte machen zu können, welche der berühmte Nachfolger von *Berzelius* in Deutschland eröffnet hat. Der Gegenstand musste in der That Schwierigkeiten ganz besonderer Art darbieten, um nicht ganz erschöpft aus den Händen des Herrn *Wöhler* hervorzugehen; und alles, was ich mehr gesehen habe, als er, im Ganzen vielleicht sehr wenig, hat darin seinen Grund, dass ich mit beträchtlicheren Metallmassen gearbeitet habe, welche die Arbeiten der Herren *Brunner*, *Mitscherlich*, *Donny* und *Mareska* in Betreff des Kaliums mir zu verschaffen, mich in den Stand gesetzt haben.

Im Jahre 1827 entdeckte *Wöhler* das Aluminium. In dieser ersten Arbeit findet man die merkwürdige Methode erläutert, welche er angewendete und an welcher wir bis auf den heutigen Tag weiter nichts gethan haben, als dieselbe zu vergrössern und zu vervollkommen. In einer vollständigeren Abhandlung, die *Wöhler* im Jahre 1845 veröffentlichte, hatte er das Metall mit einer unerhörten Vollkommenheit und einem ausserordentlichen Verdienst studirt, besonders wenn man in Erwägung zieht, dass

er gehemmt war durch materielle Schwierigkeiten jeder Art, durch den damals hohen Preis des Kaliums, und dass er sich deshalb kaum einen Metallstaub und Kügelchen verschaffen konnte, deren grösstes das Volumen eines Stecknadelkopfes besass. Ich gestehe gern, dass ich seit länger als einem Jahre in meinem Laboratorium für die damalige Zeit beträchtliche Quantitäten jenes grauen Staubes besessen habe, den ich in Kügelchen zusammenzuschmelzen nur durch sehr grossen Zufall und nach Versuchen aller Art erst im Stande gewesen bin. Ein wenig Natrium, ein wenig Platin, oder Silicium, dessen Eigenschaften damals fast unbekannt waren, ein wenig Chloraluminium verhinderten auf eine so absolute Weise, dass das Aluminium sich wie ein gewöhnliches Metall verhielt. Folgendes ist die Stelle meiner Abhandlung, wo ich dieser Thatsachen Erwähnung thue:

„Wenn man Aluminium nimmt, zubereitet nach den Vorschriften *Wöhler's*, gut gewaschen und gut getrocknet, wenn man dasselbe in eine bis zur Rothgluth erhitzte und vorher mit Wasserstoffgas angefüllte Glasröhre bringt, und wenn man auf das Metall Chloraluminiumdampf streichen lässt, der durch eine Wasserstoffströmung fortgerissen wird, so sieht man bald eine ölige Substanz destilliren, welche bei einer Temperatur von 150 — 200° C. erstarrt. Dieses ist das Doppelsalz von Chloraluminium und Natrium, welches ich analysirt habe. Zu Ende des Versuches findet man in der Röhre eine von Aluminiumschwamm ganz verschiedene Substanz. Sie besteht aus einem gut geschmolzenen Metall, vereinigt in starken Tröpfchen, und ist dann ganz frei von Natrium. Dieser Versuch, den ich zu Anfang meiner Arbeit in der Absicht angestellt hatte, ein Aluminium-Chlorür zu erhalten, hat mir, indem er mich über die wahren Eigenschaften des Metalles aufklärte, eine Reinigungsart verschafft und die nothwendigen Bedingungen angezeigt, um es mit allen den Eigenschaften zu erlangen, die ich weiter oben angegeben habe.“

Man wird sich noch deutlicher einen Begriff von den speciellen Schwierigkeiten machen, welche die Darstellung des Aluminiums im Zustande absoluter Reinheit darbieten kann, sobald man weiss, dass es, selbst wenn man 10 Kilogramm Aluminium auf einmal in einem Schmelztiegel schmelzt, es ausserordentlicher Sorgfalt bedarf, um es von den Schlacken zu befreien, welche dasselbe bei seiner Fabrikation begleiten.

Aluminium durch die galvanische Säule dargestellt. — Sobald ich ganz vollkommen die Eigenschaften des Aluminiums erkannt hatte, und dieses geschah in den ersten Monaten des Jahres 1854, so sann ich auch darauf, eine ökonomische Methode aufzufinden, um dieses Metall fabrikmässig darstellen zu können. Gestützt auf die schönen Arbeiten *Bunsen's* über die elektrische Zersetzung des Chlormagnesiums, versuchte ich zuerst die Reduction des Alu-

miniums mit Hülfe der galvanischen Säule, was sehr gut gelang; offenbar aber musste diese Methode, wegen des schwachen Aluminium-Aequivalentes im Verhältniss zum Zink, ein Metall liefern von einem sehr beträchtlichen Gesteigungspreise.

Natrium. — Ich musste mich also zur Methode der alkalischen Metalle nach dem Verfahren *Wöhler's* wenden, welche ich nun successiv in allen Theilen mit Hülfe von Versuchen studiren musste, die wenigstens nach einem mittelmässigen Massstabe an gestellt wurden.

Gegen die Mitte des Jahres 1854 dachte ich an das Natrium, ohne alle seine Eigenschaften zu kennen, durch welche es einen so grossen Vorzug vor dem Kalium hat, sondern bloss wegen des schwachen Aequivalentes (23) des Natriums im Verhältniss zum Aequivalent des Kaliums (39) und des Handelswerthes der Salze mit Natronbasis.

Ich studirte zuerst die Fabrikation des Natriums in meinem Laboratorium mit Hülfe des Herrn *Debray*. Meine Versuche wurden wiederholt zum erstenmal in der Fabrik der Gebrüder *Rousseau*, wo das Natrium nach der neuen Methode in solcher Quantität fabricirt wurde, dass diese Herren es damals um einen sehr herabgesetzten Preis in den Handel brachten. Diese Versuche sind für mich von ausserordentlichem Nutzen gewesen, und ich schätze mich sehr glücklich, dieses in einer Anerkennung anerkannt zu haben, die sich in meiner Abhandlung über die Fabrikation des Natriums vorfindet und die ich hier mittheile:

„Seit ich diese Versuche unternommen habe, haben die Gebrüder *Rousseau* die Gefälligkeit gehabt, sie nach einem grossen Massstabe in ihrer Fabrik chemischer Producte in Anwendung zu bringen. Ich verdanke ihnen schätzbare Beobachtungen, die sie aus der Praxis geschöpft haben, und seit der Zeit haben sie die Erzeugung des Natriums in einigen wichtigen Einzelheiten vervollkommenet; sie haben mir auf die zuverlässigste Weise die Möglichkeit nachgewiesen, dieses Metall um wohlfeilen Preis der Industrie zu überlassen, sobald sie dasselbe in etwas beträchtlicheren Quantitäten verlangen wird.“

Seit diesen ersten Versuchen sah ich die Möglichkeit ein, zur fabrikmässigen Fabrikation eines Metalles zu gelangen, dessen physische und chemische Eigenschaften damals kaum gekannt und so verschieden von den Eigenschaften des Kaliums waren, auch die leichteste Handhabung und Anwendung im Grossen gestatteteten.

Versuche von Javel. — Zu Anfang des Jahres 1855 regte mich Hr. *Dumas*, der die Güte gehabt hat, mich bei jeder Vorkommenheit mit seinen Rathschlägen und seiner Hülfe zu unterstützen, sehr an, die fabrikmässige Ausführung, die ich damals kaum erst begonnen, fortzusetzen. Seiner wohlwollenden Ver-

wendung hatte ich es auch zu danken, dass Se. Majestät der Kaiser mich zu sich zu rufen und mir anzukündigen gerubeten, dass er alle Fonds, die zu einer solchen Unternehmung sich nöthig machen würden, zu meiner Verfügung stelle.

Ich begab mich nun an's Werk und konnte meine Einrichtung unter einem Schoppen treffen, welcher zur Fabrik chemischer Producte zu Javel gehörte, und den der Director, Herr *de Sussex*, zu meiner Verfügung zu stellen die Güte hatte.

Nach viermonatlichen Arbeiten im Grossen, ohne Verantwortlichkeit von meiner Seite unternommen, und folglich mit einer Gemüthsruhe, welche häufig den Fabrikanten fehlt, ohne mich hinsichtlich des Aufwandes kümmern zu müssen, den Se. Majestät der Kaiser trug, dessen Generosität mir alle Freiheit gelassen hatte, täglich unterstützt von einem ausgezeichneten Gelehrten, dem Herrn Colonel *Favé*, Ordonnanz-Offizier des Kaisers und Professor an der polytechnischen Schule, hoffe ich, die ökonomische Frage gefördert zu haben, und werde in der Folge sagen, wo ich sie am 29. Juni 1855 gelassen habe, zu welcher Zeit nämlich meine Operationen unterbrochen worden sind.

Meine Versuche wurden beschrieben in einer Abhandlung, die ich 1856 veröffentlichte, und in welcher alle Resultate, die ich zu Javel auf Kosten des Kaisers und alle Vervollkommnungen, die ich seit der Zeit in meinem Laboratorium erlangt habe, angegeben sind: sie gehören gänzlich dem Publicum an.

Fabrik zu Rouen. — Ungefähr zu derselben Zeit gründete Herr *Chanu*, einer der ehrenwerthesten Fabrikanten von Rouen, eine Fabrik, in welcher meine Verfahrensarten zur Anwendung kommen sollten. Dieselbe wurde eingerichtet zu Amfreville-la-Mi-Voie bei Rouen. Die Direction derselben wurde den Herren *Charles* und *Alexander Tissier*, jungen Chemikern, anvertraut, welche im Laboratorium der Fabrik von Javel beschäftigt waren, als ich daselbst meine Versuche anfang. Nachdem sie mir etwa 2 Monate lang bei der Herstellung meiner Apparate behülflich gewesen waren, mussten sie, in Folge eines Missverständnisses, welches zwischen ihnen und Herrn *de Sussex* eingetreten war, die Fabrik verlassen, fanden Aufnahme in meinem Laboratorium der Ecole Normale und wurden von mir selbst mit allen Verfahrensarten bekannt gemacht, die sie später anwenden sollten.

Kryolith. — Ein wenig später wurde in meinem Laboratorium, auf den Wunsch des Herrn *Chanu* und der Herren *Tissier*, die Zersetzung eines Minerals, ganz neuerdings unter dem Namen mineralische Soda oder Kryolith, im Handel Dänemarks und Preussens vorkommend, durch Natrium studirt. Der Dr. *Percy* in London und *Heinrich Rose* in Berlin hatten schon eine gewisse Quantität dieses interessanten Minerals bekommen und durch ein sehr einfaches Verfahren Aluminium daraus dargestellt. Die Un-

tersuchungen, welche in meinem Laboratorium mit Hülfe der Herren *Morin* und *Debray* ausgeführt worden waren, wurden in meiner zweiten Abhandlung über das Aluminium bekannt gemacht und sind eine der Grundlagen des neuen Verfahrens geworden, welches man bei der Fabrikation des Aluminiums gegenwärtig befolgt.

Fabrik in der Glacière. — Im Frühling des Jahres 1856 wurde die Fabrik von Rouen geschlossen, und ich nahm mir vor, die Aufgabe, welche ich der Industrie gestellt hatte, nicht ohne Lösung fallen zu lassen. Damals verband ich mich mit Herrn *Debray*, mit Herrn *Paul Morin* und den Herren Gebrüdern *Rousseau*, Fabrikanten chemischer Producte in der Glacière, und die Versuche von *Javel* mit der Beihülfe dieser Herren und in ihrer Fabrik fortzusetzen, wo man schon Aluminium fabricirte seit dem Anfange der Ausstellung des Jahres 1855. Wir haben zum Vortheil der gemeinschaftlichen Unternehmung ein Capital angewendet, welches wir allein lieferten, und eine ununterbrochene Arbeit von länger als einem Jahre, während welcher Zeit eine Gesammtheit von Verfahrensarten gegründet wurde, welche im Verlaufe dieses Werkes beschrieben werden sollen. In Folge dieser Versuche, die im Frühling 1856 begonnen wurden, konnte der Preis des Aluminiums um mehr als $\frac{2}{3}$ des Betrages, den er damals hatte, vermindert werden, und konnte zu Paris das Kilogramm für 300 Franken verkauft werden. Dieses wichtige Resultat für die Zukunft der neuen Industrie wurde von uns im Monat 1856 erlangt.

Neue Fabrik zu Rouen. — In diesem Zwischenraume hatte eine Gesellschaft, an deren Spitze ein sehr gebildeter Capitalist von Rouen, Herr *W. Martin*, stand, die Fabrik von Amfreville unter der Leitung der Herren Gebrüder *Tissier* wieder in's Leben gerufen.

Fabrik zu Nanterre. — Endlich im Monat April 1857 war die kleine Fabrik der Glacière, welche sich in einer Vorstadt von Paris mitten unter Häusern und Gemüse-Gärten befand und in die Atmosphäre Dämpfe mit Natron und Chlor beladen ausströmte, in Folge der allgemeinen Klagen genöthigt worden, ihre Aluminiumfabrikation einzustellen. Sie wurde versetzt nach Nanterre, wo sie jetzt unter der Leitung des Herrn *Paul Morin* nach einem so grossen Massstabe errichtet worden ist, um eine vierfach grössere Consumption, als die gegenwärtig bestehende, zu befriedigen. Dieser beträchtliche Fortschritt, dem man vielleicht die Zukunft des Aluminiums verdankt, wenn es eine solche haben soll, rührt her von einer kleinen Zahl von Personen, von denen einige meine Brüder und meine Verwandten sind, und die in Gesellschaft mit mir die Kosten zu dieser neuen Unternehmung bestritten haben.

Es sei mir hier verstattet, aus Dankbarkeit des Herrn von

Eichthal Erwähnung zu thun, der uns seine Unterstützung geliebt hat, ungeachtet der Unsicherheit des Erfolges, die ihm nicht unbekannt war, und ohne Zweifel aus dem reinen Wunsche, den Interessen der Wissenschaft zu dienen, welcher er schon so nützlich gewesen ist.

Endlich haben Herr *Lechatelier*, Oberingenieur der Bergwerke, Herr *Jacquemart*, ehemaliger Zögling der polytechnischen Schule und einer der wichtigsten Alaunfabrikanten des Departements de l'Aisne, und meine Person zusammen alle wissenschaftlichen und industriellen Theile studirt, deren Lösung die neue Fabrikation interessirte.

Dieses wäre mit wenigen Worten die Geschichte dieser aufwachsenden Industrie, die, nach dem Urtheile vieler Personen, ihrer Wiege noch zu nahe steht, um die Ehre einer Bekanntmachung dieser Art zu verdienen. Ich will aufrichtig gestehen, dass dieses so ziemlich meine Meinung sei und dass ich mich nicht entschieden habe, die Feder zu ergreifen, um von einem Werk zu sprechen, als um zu vermeiden, es verringert und entstellt zu sehen, wie es neuerdings geschehen ist in einem Buche, welches die Herren Gebrüder *Tissier* über das Aluminium herausgegeben haben.

Ich habe geglaubt, ein sehr kurzes Capitel über einen Gegenstand von zuverlässigem industriellen Interesse hinzufügen zu müssen, den man mit dem Aluminium herstellen kann: es handelt sich nämlich vom Boron-Diamant, dessen Glanz und Schönheit ihn als Edelstein dienen lassen könnten, wenn man ihn in grossen Krystallen erhielte, der aber sicher schon jetzt, wegen seiner Härte benutzt werden kann, indem er sich zum Schneiden des Diamantes und der harten Steine benutzen lässt.

Erstes Capitel.

Physische Eigenschaften des Aluminiums.

Farbe. — Das Aluminium ist ein Metall von einer schönen weissen Farbe, welche schwach ins Blaue schillert, besonders wenn es stark gehämmert worden ist. Um die wirkliche Farbe zu beurtheilen, muss man eine gutgeschlagene Medaille nehmen, nachdem sie ausgeglüht und in Salpetersäure gelegt worden ist, wie es gegenwärtig Herr *Enfert*, Controleur der Medaillen in der Pariser Münze, zu thun pflegt. Wenn man eine solche Medaille neben eine silberne legt, so kann man, wenn die beiden metallischen Oberflächen vollkommen vergleichbar sind, finden, dass die Differenz ihrer Farben offenbar ganz verschwindet. Indessen ist das Silber und hauptsächlich das mit Kupfer legirte Silber, nach den Versuchen des Herrn *Prévost* zu Genf, gelb gefärbt, welche Farbe sehr deutlich wird, wenn man mehrmals das Licht auf polirte und angemessen gegen einander geneigte Silberplatten reflectiren lässt. Das Zinn ist noch gelber als das Silber, so dass das Aluminium eine eigenthümliche Färbung besitzt, welche sich mit der Farbe keines andern gebräuchlichen Metalles vergleichen lässt.

Mattirung. — Das Aluminium kann, gleich dem Silber, eine sehr schöne Mattirung annehmen, die sich auf unbeschränkt lange Zeit an der Luft erhält. Man erlangt dieselbe leicht, wenn man die Oberfläche einen Augenblick in sehr verdünntes Aetznatron taucht, in reichlichem Wasser wäscht und endlich in starker Salpetersäure digeriren lässt. Unter diesen Bedingungen lösen sich alle fremden Substanzen, welche seine Reinheit beschmutzen könnten, bis auf das Silicium, wenn es in starkem Verhältniss vorhanden ist, auf und lassen das Aluminium ganz weiss und von sehr angenehmem Ansehen zurück. So behandelt man die Gruppen und die eisilirten Gegenstände, deren Details dann mit einer grossen Reinheit und einer Weichheit des Tones erscheinen, die sehr geschätzt wird von den Personen, welche sich des Aluminiums bedienen, um daraus Gegenstände der Kunst zu fertigen.

Politur, Glätte. — Das Aluminium lässt sich leicht poliren und glätten, aber man muss als Zwischensubstanz zwischen dem glättenden Stein, oder dem Pulver, welches zum Poliren dient, eine Mischung von Stearinsäure und Terpentinessenz anwenden, den Beschluss macht man mit reiner Terpentinessenz. In der Regel sind die polirten Oberflächen von einer weniger angenehmen Farbe, als die mattirten Oberflächen. Die bläuliche Farbe des Aluminiums tritt deutlicher hervor. Uebrigens sind in allen diesen Punkten die Erfahrungen und die Praxis der Arbeiter noch lange nicht vollständig. Da jedes Metall eine specielle Bearbeitungsart erheischt, so muss man noch bei einer so neuen Substanz Fortschritte erwarten, welche sich alle Tage zu verwirklichen scheinen.

Geruch. — Der Geruch des reinen Aluminiums ist ganz = 0; aber das stark mit Silicium beladene Metall kann den Geruch von Kieselwasserstoff aushauchen, welcher genau dargestellt wird durch den Geruch des Gusseisens. Selbst unter diesen ungünstigen Umständen ist der Geruch des Metalls nur erkennbar für die Personen, die sich gewöhnt haben, die leichtesten Empfindungen in dieser Art zu entdecken.

Geschmack. — Der Geschmack des reinen Aluminiums ist ebenfalls = 0; aber alles unreine und riechende Aluminium muss einen Eisengeschmack haben, der in allen Fällen wenig hervortritt.

Hämmerbarkeit. — Das Aluminium lässt sich warm wie kalt mit gleicher Vollkommenheit schmieden, wie das Gold und das Silber. Es verhält sich gleich ihnen unter dem Walzwerk, und ein sehr geschickter Goldschläger, Herr *Rousseau*, hat Aluminiumblätter von gleicher Feinheit, wie die Gold- oder Silberblätter, hergestellt, die man in Bücher legt und welche man zum Vergolden oder Versilbern benutzt; kein anderes gebräuchliches Metall ist mir bekannt, welches diese Probe aushalten könnte.

Bevor man eine Barre von Aluminium unter das Walzwerk bringt, thut man wohl, das Metall auf die Weise vorzubereiten, dass man es in allen Richtungen schmiedet und das Strecken mit dem Hammer beginnt.

Bei dieser Operation macht man das Aluminium bis zur ganz dunkeln Rothgluth warm und wärmt die Metallplatte, bis die schwarze Spur, die auf der Oberfläche ein abgesetzter Oeltropfen zurücklässt, indem er sich verkohlt, gänzlich verschwunden ist.

Dehnbarkeit. — Das Aluminium verhält sich sehr gut im Drathzuge. Herr *Vaugeois* hat im Jahre 1855 mit einem Metalle, welches noch lange nicht untadelhaft war, Dräthe von ausserordentlicher Feinheit erhalten, welche zu Versuchen der Posamentirkunst mit Aluminium bestimmt waren; bei dieser Operation

wird nur das Aluminium beträchtlich härter, und die Fäden werden nur geschmeidig nach einem, wegen der Dünnhheit der Fäden und der Schmelzbarkeit des Metalles, sehr feinen Anwärmen; die Wärme der Luftströmung, die aus einer Argand'schen Lampe über dem Glasschlote hervortritt, ist für ein solches Anwärmen ausreichend.

Elasticität, Zähigkeit, Härte. — Die Elasticität des Aluminiums ist, nach Herrn *Wertheim*, genau dieselbe, wie diejenige des Silbers; seine Zähigkeit ist auch so ziemlich dieselbe. In dem Augenblicke, wo es eben gegossen worden, besitzt das Aluminium ungefähr die Härte des gediegenen Silbers; nachdem es gehämmert worden, kommt es beinahe dem weichen Eisen gleich, wird elastisch, indem es eine grosse Steifheit annimmt und den Klang des Stahles von sich giebt, wenn man es auf einen harten Körper fallen lässt.

Klangreiche Beschaffenheit. — Eine sehr interessante Eigenschaft und welche das Aluminium mit um desto grösserer Intensität bekundet, je feiner dasselbe ist, liegt in seiner hohen klangreichen Beschaffenheit, so dass eine Stange Aluminium, an einem feinen Drath aufgehängt und mit einem kurzen Schlag getroffen, den Klang einer Krystallglocke von sich giebt. Herr *Lissajous*, der mit mir diese Eigenschaft auffand, hat sie benutzt, um aus Aluminium Stimmgabeln zu verfertigen, die sehr gut vibriren.

Ich habe auch den Versuch gemacht, eine Glocke aus Aluminium giessen zu lassen, welche auf den Wunsch meines ehrenwerthen Freundes, *J. Barlow*, Vicepräsident und Secretair der Royal Institution in London, dieser Anstalt zugesendet worden ist. Diese Glocke, nach einem Modell gegossen, welches sich für die Quantität des Metalles nicht eignete, gab einen scharfen Ton von beträchtlicher Intensität, der aber nicht fort dauerte, gleichsam als ob der Klöpfel oder der Träger der Glocke den Ton ersticke, welcher, auf diese Weise modificirt, keinesweges angenehm war. Der Ton, den die Metallbarren von sich geben, ist dagegen rein und von sehr langer Dauer.

Bei den Versuchen, welche im Laboratorium *Faraday's* an gestellt worden sind, war, wie mir dieser berühmte Physiker bemerklich macht, der Ton, den eine Aluminiumbarre von sich gab, nicht ein einziger. Man bemerkt sehr leicht, wenn man die schwingende Barre sich umdrehen lässt, zwei sehr nabeliegende Töne, rasch auf einander folgen, je nachdem die eine oder die andere ihrer beiden nichtparallelen Seiten vor dem Ohre vorüber passirt.

Dichtigkeit. — Das Aluminium ist um vieles leichter, als jedes der gebräuchlichen Metalle, und die Empfindung, welche man erfährt, wenn man eine Barre dieses Metalles handhabt, setzt immer in lebhaftes Erstaunen, selbst wenn man mit dieser

Eigenthümlichkeit bereits bekannt ist. Seine Dichtigkeit beträgt 2,56. Durch die Wirkung des Streckwerkes nimmt diese Dichtigkeit beträchtlich zu, so dass sie 2,67 erreicht und eine beträchtliche Annäherung der Molecule anzeigt, woraus sich die Differenzen erklären, die zwischen den physischen Eigenschaften des Metalles bestehen, je nachdem dasselbe angewärmt, oder gehämmert worden ist. Wenn man das Metall bis auf 100° C. erwärmt, und wieder abkühlen lässt, so wird es dadurch sehr wenig verändert, denn seine Dichtigkeit beträgt noch 2,65.

Aus nachstehender Tabelle ergeben sich die verglichenen Dichtigkeiten der Metalle und des Aluminiums

| Metalle. | Dichtigkeit. | Verhältniss zur Dichtigkeit des Aluminiums. |
|---------------------|----------------|---|
| Platin | 21,5 | 8,6 |
| Gold | 19,3 | 7,7 |
| Blei | 11,4 | 4,8 |
| Silber | 10,5 | 4,2 |
| Kupfer | 8,9 | 3,6 |
| Eisen | 7,8 | 2,9 |
| Zinn | 7,3 | 2,8 |
| Zink | 7,1 | 2,8 |
| Aluminium | 2,5 | 1,0. |

Seit das Aluminium sich im Handel befindet, wurde es um einen sehr hohen Preis verkauft. Heut zu Tage liefert man verhältnissmässig beträchtliche Quantitäten desselben zu 300 Franken das Kilogramm, also etwas theurer als das Silber. Aber wegen der Differenz ihrer Dichtigkeiten ist, wenn das Aluminium und das Silber gleichen Werth haben, das Erstere in der That viermal wohlfeiler, als das Zweite in gleichem Volumen, und in gleichem Volumen besitzt das Aluminium eine grössere Steifheit, als das Silber. So kann man z. B. gegenwärtig annehmen, dass das Aluminium im Verhältniss zum Silber, welches 220 Franken gilt, nur 75 Franken per Kilogr. koste.

Schmelzbarkeit. — Das Aluminium schmilzt bei einer höheren Temperatur, als das Zink und bei einer niederen Temperatur, als das Silber, so dass es sich in dieser Beziehung vielleicht dem Zink mehr nähert, als dem Silber: es ist also ein sehr schmelzbares Metall.

Anzuwendende Vorsichtsmassregeln beim Schmelzen des Aluminiums. — Um das Aluminium zu schmelzen, muss man einen gewöhnlichen irdenen Schmelztiegel anwenden und keinerlei Art von Zuschlag (Flussmittel) hinzusetzen. Letztere sind immer unnütz und fast immer nachtheilig. Die ausserordentlichen chemischen Eigenschaften dieses Metalles sind hiervon die Ursache: Es greift sehr lebhaft den Borax und das Glas an, mit welchem man sich vielleicht versucht fühlt, dasselbe zu bedecken, um seine Oxy-

dation zu verhindern. Glücklicher Weise erfolgt diese Oxydation nicht, selbst bei einer hohen Temperatur. Wenn seine Oberfläche gut befreit worden ist von allen Unreinigkeiten, die an den Barren oder an den Schmelztiiegeln sassen, so verliert es seinen Glanz nicht.

Das Aluminium schmilzt äusserst langsam, sowohl wegen seiner beträchtlichen specifischen Wärme, als auch wegen seiner latenten Wärme, die auch sehr gross zu sein scheint. Man muss die Feuerung etwas schwächer halten, als beim Schmelzen des Silbers, und das Schmelzen alsdann abwarten. Man kann sehr gut operiren bei offenem Schmelztiiegel. Wenn man Aluminiumstücke schmilzt, so genügt es, um sie zu vereinigen, den Schmelztiiegel umzurühren, oder die metallische Masse mit einer cylindrischen Barre von Gusseisen zusammen zu drücken, wobei man letztere nicht reinigt, bevor man sich ihrer bedient. So hat man auch zu verfahren, um Feilspäne, Drehspäne und andere Abfälle einzuschmelzen. Man scheidet, so viel nur möglich, die fremden Metalle ab, und um zu vermeiden, dass sie sich mit dem Aluminium verbinden, so wärmt man das zertheilte Metall bei einer so schwachen Temperatur, als nur möglich, die jedoch zum Schmelzen ausreichend ist. Das Oel, die organischen Substanzen brennen und liefern eine Asche, welche die Vereinigung des Metalles verhindern würde, wenn man nicht die Sorgfalt anwendete, mit der Barre von Gusseisen stark zu drücken. Das Metall schmilzt dann sehr leicht, und man findet auf dem Boden des Schmelztiiegels ein wenig Asche, in welcher sich noch eine gewisse Quantität von Aluminium in Kügelchen befindet. Man trennt sie sehr leicht, indem man sie in einem Mörser breit drückt und dann auf ein Sieb bringt, auf welchem die breitgedrückten Kügelchen zurückbleiben.

Das Giessen. — Man giesst das Aluminium mit der grössten Leichtigkeit in metallische Formen und besser noch in Sand für Gegenstände von complicirter Form.

Die Form muss sehr trocken sein, hergestellt aus einem porösen Sand, und muss der Luft Durchgang gewähren, welche durch das Metall ausgetrieben wird, welches klebrig ist, nachdem es gegossen worden. Die Zahl der Luftlöcher muss sehr gross sein, und zuletzt muss man einen langen und vollkommen cylindrischen Einguss anbringen. Das rothwarme Aluminium muss ziemlich rasch gegossen werden. Man giesst noch ein wenig geschmolzenes Metall auf das Gussloch, selbst wenn es schon voll ist, um die Zusammenziehung der Substanz im Augenblicke der Erstarrung zu berücksichtigen.

Diese Vorsichtsmassregel ist in der Regel anzuwenden, selbst wenn man in Gussformen aus Gusseisen oder jeder andern Sub-

stanz giesst. Die geschlossenen Gussformen sind diejenigen, welche das beste Metall für das Plättwerk liefern.

Wenn man alle diese Vorsichtsmassregeln befolgt, so kann man Güsse von sehr grosser Feinheit erlangen; aber man darf sich nicht verhehlen, dass, um bei dieser Art von Operationen einen vollständigen und sichern Erfolg zu erlangen, es beim Aluminium, wie bei den andern Metallen, einer speciellen Kenntniss des Gegenstandes bedarf, welche die Praxis allein verleihen kann.

Beim Schmelzen von unreinem Aluminium kann man sehr verschiedene Erscheinungen, je nach der Beschaffenheit der fremden Substanz, welche die Verunreinigung herbeiführt, beobachten. Das eisenschüssige Metall lässt häufig ein weniger schmelzbares Gerippe zurück, welches sehr reich an Eisen ist. Dieses ist eine Art Saigerung, welche zum Vortheil der Reinheit des geschmolzenen Metalles stattgefunden hat.

Wenn das Aluminium Silicium enthält, so ist diese Saigerung nicht mehr möglich, oder sie ist wenigstens sehr schwierig, und ich habe zuweilen im Handel sehr siliciumhaltige Proben gesehen, welche die Arbeiter nicht mehr einschmelzen konnten. Das Aluminium, welches man gegenwärtig fabricirt, ist aber weit reiner.

Feuerbeständigkeit. — Das Aluminium ist absolut feuerbeständig und verliert keinen Theil seines Gewichtes, wenn es in einem Kohlentiegel im Schmiedefeuer heftig erhitzt wird.

Elektrische Leitungsfähigkeit. — Die Zahlen, welche man in den Lehrbüchern der Physik findet, um die elektrische Leitungsfähigkeit der Metalle zu bezeichnen, variiren ausserordentlich, je nach den Verfassern, von welchen diese Bestimmungen herühren, sicherlich wegen der ausserordentlich grossen Verschiedenheit der Metalle in ihrer Reinheit und in ihren physischen Eigenschaften.

Es ist in der That sehr schwierig, sich ganz reine oder unter einander vergleichbare Metalle zu verschaffen, sehr schwierig auch, einen Drath zu fabriciren, der als ein ununterbrochener Cylinder in seiner ganzen Länge betrachtet werden kann.

Für das Aluminium ist diese Bemerkung ganz besonders wahr; denn selbst wegen seiner Leichtigkeit kann es in seiner Substanz eine gewisse Quantität Zuschläge oder Substanzen zurückhalten, die zu seiner Fabrication gedient haben, sobald dieselben nicht sehr flüchtig sind und man sie nicht durch eine starke Hitze ausgetrieben hat. In diesem letztern Falle befindet sich das mit Chlorverbindung dargestellte Aluminium, so wie ich dasselbe zu den Versuchen angewendet habe, die beschrieben werden sollen.

Das Aluminium leitet die Elektrizität mit einer ausserordentlichen Vollkommenheit, so dass man es als einen der besten bekannten Leiter betrachten und vielleicht sogar in dieser Beziehung mit dem Silber vergleichen kann. Die Bestimmung seiner Leitungsfähigkeit ist mittelst des Apparates des Herrn *Wheatstone* gemacht worden, indem man suchte, welches die Dimensionen eines eisernen Clavierdrathes und eines Aluminiumdrathes sind, welche dem Durchgange der Elektrizität denselben Widerstand entgegensetzen. Für den Eisendrath habe ich gefunden:

Länge . . . 665 Millimeter

Durchmesser . . 0,762 „

Für den Aluminiumdrath:

Länge . . . 665 „

Durchmesser . . 0,270 „

Man folgert aus diesen Versuchen, dass das Aluminium die Elektrizität acht Mal besser leitet, als das Eisen.

Buff ist zu Resultaten gelangt, die von den meinigen offenbar verschieden sind, obgleich wir nicht denselben Vergleichungsmaassstab angewendet haben. Dieses rührt ohne Zweifel davon her, dass das Metall, welches er bei seinen Bestimmungen anwendete, ein wenig Kryolith und schmelzbare Substanzen enthielt, deren Dichtigkeit jener des Aluminiums sehr nahe liegt und aus deren Mitte er sein Metall erhalten hat, wie sich dieses bei einer grossen Zahl von Proben leicht nachweisen lässt. Diese Trennung des Metalles und seines Schmelzmittels ist in der That eine mechanische Operation, welche gewisse Schwierigkeiten darbietet, wovon ich später sprechen werde bei Gelegenheit der Fabrikation, und womit man sich unnütz beschäftigt, sobald dieses Schmelzmittel flüchtiger Art ist. Hierin liegt eine Bedingung, welcher man sich unterwerfen muss, wenn man das Aluminium vollkommen rein erlangen will.

Leitungsfähigkeit der Wärme. -- Man nimmt in der Regel an, dass die Leitungsfähigkeit der Elektrizität und die Leitungsfähigkeit der Wärme bei den verschiedenen Metallen einander genau entsprechend sind. Ein sehr einfacher Versuch, den *Faraday* mit mir in seinem Laboratorium gemacht hat, scheint in der That dem Aluminium einen sehr hohen Rang unter den leitenden Metallen anzuweisen. Wenn man einen Kupferdrath erwärmt, einen Silberdrath und einen Aluminiumdrath, die sich in einem Punkte kreuzen, und Sorge trägt, auf diesen Punkt allein die Wirkung der Wärme zu richten, so kann man eine kleine Wachskugel in gleiche Entfernung von diesem Mittelpunkte bringt, den Rang dieser drei Metalle auf der Skale der Leitungsfähigkeit bestimmen, indem man den Moment aufzeichnet, wo das Wachskügelchen sich ablöst, indem es auf dem Metalldrath, der es trägt, schmilzt. Man konnte auf diese Weise sehen, dass die

Wachskugel des Aluminiumdrathes zuerst schmolz, dann diejenige des Silberdrathes und zuletzt endlich diejenige des Kupferdrathes. Diese Metalle sind sonach, wenn auch im Groben, nach ihrer Leitungsfähigkeit für die Wärme classificirt.

Specifische Wärme. — Nach den Versuchen des Herrn *Regnault* entspricht die spec. Wärme des Aluminiums seinem Aequivalent 13,75, woraus man folgert, dass sie sehr gross sei im Verhältniss zu den sämmtlichen gewöhnlichen Metallen. Man wird leicht diese interessante Eigenschaft aus der beträchtlichen Zeit gewahr, welche eine Barre Aluminium nöthig hat, um kalt zu werden. Man kann selbst sagen, dass eine dicke, stark erhitze Platte dieses Metalles den Dienst einer trefflichen Wärmepfanne leisten müsse. Ein anderer Versuch macht diese Folgerung schlagend. *Paul Morin* hatte den Gedanken, Aluminium als Schlüssel anzuwenden, die Eier zu sieden, deren Schwefel so leicht das Silber angreift, und er erlangte damit treffliche Resultate. Aber er bemerkte noch ausserdem, dass die Schlüssel sich warm erhielt während einer weit längern Zeit, als gewöhnlich. Diese Ausnahmeseigenschaft wird, wie ich hoffe, benutzt werden.

Krystallinische Form. — Das Aluminium bietet häufig ein krystallinisches Aussehen dar, wenn man es langsam hat erkalten lassen. Wenn es nicht rein ist, so sind die kleinen Krystalle, welche sich bilden, nadelförmig und kreuzen sich in allen Richtungen. Wenn es fast rein ist, so krystallisirt es noch durch Schmelzung, aber schwierig, und man kann an der Oberfläche der Barren Sechsecke bemerken, welche regelmässig erscheinen mit Radien, welche sich bis zum Mittelpunkte des Vieleckes verlängern. Man würde Unrecht haben, aus dieser Beobachtung zu folgern, dass das Aluminium im rhomboëdrischen Systeme krystallisire. Es ist einleuchtend, dass ein Krystall des regelmässigen Systemes einen sechseckigen Durchschnitt darbieten kann, und als ich andererseits das Aluminium bei niedriger Temperatur mittelst der galvanischen Säule darstellte, habe ich vollständige Oktaëder beobachtet, deren Messung zwar unmöglich war, deren Winkel aber sich gleich zu sein schienen.

Magnetismus. — Ich habe, gleich den Herren *Poggendorff* und *Riess*, gefunden, dass das Aluminium sehr schwach magnetisch sei.

Zweites Capitel.

Chemische Eigenschaften.

Allgemeine Bemerkungen. — Die chemischen Eigenschaften des Aluminiums, welche man in einer Abhandlung (Annales de Chimie et de Physique, T. XLIII. p. 5) dargelegt findet, sind studirt worden an vollkommen reinen Proben, deren Darstellung weiter unten beschrieben werden soll. Seit dieser Zeit hat man mehr oder weniger unreines Metall in den Handel gebracht, was bloß die Unvollkommenheit der Verfahrungsarten einer beginnenden Industrie bekundet. Heut zu Tage ist die Fabrikation beträchtlich verbessert worden. Und dennoch könnte das Aluminium des Handels noch nicht als Typus dienen, um die chemischen Eigenschaften des Metalles nachzuweisen, eben so wenig als das mit Kupfer legirte Silber, welches für die Benutzung des gewöhnlichen Lebens bestimmt ist, eine genaue Vorstellung von den chemischen Reactionen des Silbers geben könnte.

Wirkung der Luft. — Die Wirkung der trocknen oder feuchten Luft auf das Aluminium ist ganz = 0, und dieses ist eine der werthvollsten Eigenschaften des Metalles, auf welche man sich bei seinen gegenwärtigen Verwendungen stützt. Keine zu meiner Kenntniß gelangte Beobachtung hat bis jetzt dieser Behauptung widersprochen, deren materieller Beweis sich gegenwärtig in den Händen Jedermanns befindet. Ich will davon einige Beispiele anführen, die sich auf selbst unreines Aluminium beziehen, so wie es in meiner Werkstatt zu Javel im Jahr 1855 dargestellt wurde. Herr Collot, ein geschickter Waagenbauer, hat im August des Jahres 1855 einen Waagbalken gefertigt, welcher in seiner Werkstatt drei Jahre lang geblieben, von Jedermann gehandhabt und Ausdünstungen aller Art, denen das Silber nicht widersteht, ausgesetzt gewesen ist und heutiges Tages noch keine Spur von Veränderung wahrnehmen läßt.

Eben so verhält es sich mit einem mit Aluminium plattirten Kupferblech und fabricirt von Herrn Savard, das noch nichts von seinem Glanze in einem der Schränke meines Laboratoriums verloren hat, während das Kupfer, auf welches das Aluminium plattirt worden, beinahe schwarz geworden ist.

Ein plattirtes Aluminiumblech, welches während der Monate des Herbstes und des Winters beständig und ohne allen Schutz der Wirkung der Luft und des Regens ausgesetzt war, hat noch nicht die geringste Veränderung erfahren.

Die Luft der grossen Städte enthält anscheinliche Quantitäten von Schwefelwasserstoffgas, hauptsächlich an den Orten, welche mit Gas beleuchtet werden. Das Silber verliert daselbst seine Farbe und seine Politur mit ausserordentlicher Geschwindigkeit. Ein mit Aluminium plattirter Reflector war an einem Gasbrenner

in einer Laterne angebracht und diente zur Beleuchtung der Eingangsthür des Hôtels der Compagnie des Credit mobilier, er war folglich der gleichzeitigen Wirkung des Wassers, des Schwefelwasserstoffes bei einer hohen Temperatur ausgesetzt, denn die Flamme berührte ihn sogar häufig, und während der sehr langen Zeit, welche der Versuch gedauert hat, ohne dass der Reflector gereinigt worden wäre, hat derselbe keine merkliche Veränderung erfahren. Neben demselben angebrachtes Silber war ganz schwarz geworden.

Wir haben gesehen, dass man Aluminium ohne Nachtheil an der Luft schmelzen kann. Folglich erfährt es durch die Luft und somit durch das Wasserstoffgas keine merkliche Veränderung. Es widersteht diesem Agens bei der sehr hohen Temperatur, die ich in einem Cupolofen hervorbringen konnte, einer Temperatur, die weit höher war, als sie die Goldproben nöthig machen. Dieser Versuch ist schagend, hauptsächlich wenn das Metallkorn von einer Oxydschicht eingehüllt ist, die ihm den Glanz nimmt; die Ausdehnung des Metalles lässt aus seiner Oberfläche glänzende Tröpfchen hervortreten, welche ungeachtet der oxydirenden Atmosphäre, welche sie umgiebt, ihren Glanz nicht verlieren. *Wöhler* hatte schon diese Eigenschaften bemerkt, als er das Metall mit dem Löthrohre zu schmelzen versuchte, und *Péligot* hat sie benutzt, um das Aluminium zu cupelliren. Ich habe Knöpfe von unreinem Aluminium gesehen, die er auf der Cupelle mit Blei behandelt hatte, und die sehr hämmerbar geworden waren.

Bei reinem Aluminium ist der Widerstand des Metalles gegen die directe Oxydation so beträchtlich, dass bei der Schmelztemperatur des Platins, wie sie durch das Knallgaslöthrohr hervorgerufen wird, dieselbe kaum merklich wird, und das Metall nichts von seinem Glanze verliert. Es versteht sich von selbst, dass die oxydirbareren Metalle ihm diese Eigenschaft zum Theil entziehen würden. Aber selbst das Silicium, welches, gleich dem Aluminium, sehr wenig oxydirbar ist, bewirkt, wenn es mit ihm legirt ist, dass es mit vielem Glanze brennt, weil sich dann eine kieselsaure Thonerde bilden kann. Folgendes ist ein Versuch in diesem Betreff, den ich häufig in meinen Vorlesungen an der Sorbonne angestellt habe. Man giebt auf einen Treibscherven ein wenig pulverisirtes Glas und in die Mitte desselben ein Aluminiumkugelchen, welches man direct erhitzt, ohne dass es oxydirt wird, und zwar mit der Flamme eines Knallgaslöthrohres. Aber wenn man das umgebende Glas schmelzt und das Aluminiumkugelchen einige Augenblicke lang mit geschmolzenem Glas umgiebt, so nimmt jedes nach und nach Silicium auf, und wenn das Verhältniss hinlänglich ist, so entzündet sich das Kiesaluminium und brennt mit einem sehr merk-

würdigen Glanz in dem Augenblick, wo man mit der Flamme des Löthrohrs das Metallbad entblösst.

Wirkung des Wassers. — Das Wasser hat keine Wirkung auf das Aluminium, weder bei der gewöhnlichen Temperatur, wie man immer angenommen hat, noch bei der Temperatur des Kochens, noch selbst bei einer Temperatur des Rothglühens, die dem Schmelzpunkte des Metalles sehr nahe liegt.

Bei 100° C. — Um diese Thatsache gut nachzuweisen, habe ich die folgenden Versuche angestellt. Ein sehr feiner Aluminiumdrath, der 149,8 Milligramme wog, wurde länger als eine halbe Stunde lang in dem kochenden Wasser eines gläsernen Gefässes gelassen: Seine Oberfläche war nicht glanzlos geworden, das Wasser hatte nicht seine Klarheit verloren, und als der Drath wieder auf die Waage gebracht wurde, hatte er sein Gewicht nicht verändert. Während des Kochens bilden sich alle Dampfbläschen auf dem Aluminium, welches bei seiner grossen Leichtigkeit stark in der Flüssigkeit bewegt wird. Man ist geneigt, an eine Entbindung von Wassergas zu glauben. Aber mit dem Platin geben sich dieselben Erscheinungen kund, und die Dampfbläschen entwickeln sich noch um das Metall herum sehr lange Zeit nachdem man das Gefäss vom Feuer genommen hat.

Bei der Rothgluth. — Derselbe Aluminiumdrath, in eine Glasröhre gebracht, die über einer Weingeistlampe erhitzt wird und durch welche man eine Dampfströmung leitet, erfährt während mehreren Stunden keine Veränderung, die aus dem Verluste seines Glanzes, oder durch eine Zunahme seines Gewichtes bemerklich wäre.

In der Weissgluth. — Um eine merkliche Wirkung zu erhalten, muss man bei der höchsten Temperatur, die man in einem Flammofen erzeugen kann, der mit einem blechernen Rohr von ungefähr 1 Meter Länge aufgesetzt ist, operiren. Selbst alsdann ist die Oxydation so schwach, dass sie sich nur stellenweise entwickelt und indem sie fast zu vernachlässigende Quantitäten weisser Thonerde erzeugt. Man bekommt aus dem Porzellanschiffchen, welches ein wenig durch das Metall angegriffen ist, sehr glänzende Kügelchen von Aluminium, die offenbar keine Veränderung erfahren haben. Man könnte befürchten, dass die Spuren von Kohlensäure, welche sich im Wasser entwickeln, selbst nach einem langen Kochen, die Erscheinung complicirt gemacht und der Beobachtung eine falsche Richtung gegeben haben. Diese leichte Veränderung und die Analogieen des Metalles können indessen eine obschon sehr schwache Zersetzung des Wassers annehmen lassen. Ich muss noch bemerken, dass ich für alle diese Versuche mit der grössten Sorgfalt die Anwendung eines Metalles vermieden habe, welches Natrium oder Fluoralkalien enthielt, wie es häufig der Fall ist bei dem Alumi-

nium, welches ohne die grösste Vorsicht aus dem Kryolith nach dem Verfahren des Dr. *Percy* und des Herrn *H. Rose* oder auch aus einem Metall dargestellt worden ist, welches mit Schlacken verunreinigt war, die aus Chloraluminium und Chlornatrium bestanden, wenn man das Verfahren *Wöhlers* in Anwendung bringt. Das Chloraluminium in Gegenwart von Wasser vertritt in der That in Beziehung auf das Metall die Wirkung der Säure, und es entbindet sich Wasserstoffgas mit Erzeugung von basischer chlorwasserstoffsaurer Thonerde, die löslich im Wasser ist und deren Zusammensetzung mir noch nicht bekannt ist, oder von einer andern unlöslichen Zusammensetzung, deren Gegenwart durch den folgenden Versuch ausser Zweifel gesetzt wird. Wenn man einen Aluminiumdrath in verdünnte Chlorwasserstoffsäure eintaucht und ihn sogleich wieder herausnimmt, so sieht man auf seiner Oberfläche eine Vegetation von weisser Substanz entstehen, welche eine beträchtliche Quantität Metall zerstört und zwar ohne Aufsayung von Sauerstoff aus der Luft, denn auf dem Quecksilber und in einer beschränkten Atmosphäre dauert die Erscheinung fort, nicht allein ohne eine Veränderung des Druckes, sondern auch verbunden mit einem schwachen Sinken des Quecksilberniveau's.

Wenn das Aluminium unter diesen Bedingungen im Wasser den Glanz verliert, so kann man sicher sein, dass das Wasser nach dem Sieden das salpetersaure Silber durch die Gegenwart einer Chlorverbindung niederschlagen wird.

Schwefelwasserstoff. — Der Schwefelwasserstoff übt keine Wirkung auf das Aluminium aus, wie man beweisen kann, wenn man das Metall in Berührung mit einer Auflösung der Säure lässt. Unter diesen Umständen werden fast alle Metalle und hauptsächlich das Silber mit einer ausserordentlichen Geschwindigkeit geschwärzt. Man kann auf einem Blech von Aluminium schwefelwasserstoffsaurer Ammoniak verdampfen lassen, welches auf dem Metall nur einen Niederschlag von Schwefel zurücklässt, der sich durch die geringste Wärme vertreiben lässt.

Schwefel. — Man kann Aluminium in einer Glasröhre mitten im Schwefeldampf bis zur Rothgluth erhitzen, ohne dass das Metall dadurch verändert wird. Dieser Widerstand ist selbst von solcher Art, dass wenn man eine geschwefelte Schwefelverbindung von kupferhaltigem oder eisenhaltigem Kalium und Aluminium zusammenschmelzt, das Kupfer und das Eisen sich angreifen, ohne dass das Aluminium auf eine merkliche Weise davon afficirt wird. Leider ist diese Art der Reinigung keiner Anwendung fähig, wegen des Schutzes, den das Aluminium dem fremden Metalle gewährt. Unter denselben Umständen würden sich das Gold und das Silber mit der grössten Leichtigkeit auf-

lösen. Inzwischen habe ich doch bei einer sehr hohen Temperatur die Beobachtung gemacht, dass das Aluminium sich direct mit dem Schwefel zu Schwefelaluminium verband. Wir werden etwas weiter unten finden, wie diese mit der Temperatur so veränderlichen Eigenschaften eins der speciellen charakteristischen Merkmale des Aluminiums und seiner Gattungsgenossen bilden.

Schwefelsäure. — Die Schwefelsäure, in den angemessensten Verhältnissen verdünnt, um die Metalle anzugreifen, welche das Wasser zersetzen, äussert keine Wirkung auf das Aluminium, und die Berührung eines fremden Metalles begünstigt nicht, wie es beim reinen Zink der Fall ist, nach der Beobachtung des Herrn *de la Rive*, die Auflösung des Metalls. Diese merkwürdige Thatsache entfernt das Aluminium beträchtlich von den gemeinen Metallen. Um dieses besser zu beweisen, habe ich mehrere Monate lang Kügelchen von Aluminium, die kaum einige Milligramme wogen, mit verdünnter Schwefelsäure in Berührung gelassen, ohne dass dieselben eine merkliche Veränderung erfahren hätten. Die Säure wurde indessen durch Ammoniak schwach niedergeschlagen.

Salpetersäure. — Schwache oder concentrirte Salpetersäure wirkt bei gewöhnlicher Temperatur nicht auf das Aluminium. In kochender Salpetersäure erfolgt die Auflösung mit einer solchen Langsamkeit, dass ich auf diese Art des Angriffes bei meinen Analysen habe Verzicht leisten müssen. Beim Kaltwerden der Flüssigkeit hört jede Wirkung auf.

Diese Thatsachen erklären sehr gut, wie Herr *Hulot* sehr gute Resultate bekommen konnte, als er das Platin der *Grove'schen* galvanischen Säule durch Aluminium ersetzte, und er hat gleich mir diese Unempfindlichkeit des Metalles in Gegenwart von Salpetersäure beobachtet, obgleich er Aluminium und unreine Säuren in Anwendung gebracht hatte.

Chlorwasserstoffsäure. — Das eigentliche Auflösungsmittel des Aluminiums ist schwache oder concentrirte Chlorwasserstoffsäure; indessen wenn das Metall vollkommen rein ist, erfolgt die Reaction so langsam, dass Herr *Favre* aus Marseille, mit welchem ich diesen Versuch anstellte, auf diese Art des Angriffes Verzicht leisten musste, um die Verbrennungswärme des Aluminiums zu bestimmen. Aber mit unreinem Aluminium ist die Reaction sehr energisch, und die Auflösung erfolgt sehr rasch.

Bei einer sehr niedrigen Temperatur greift die gasförmige Chlorwasserstoffsäure das Aluminium an und verwandelt es in eine sehr flüchtige wasserleere Chlorverbindung. In diesem Falle scheint das Eisen nicht verändert zu werden; das wenig flüchtige Eisenchlorür kann ohne Zweifel Schutz gewähren, und die Metallsubstanz bleibt unversehrt, indem sie von ihm mit einer sehr

dünnen Schicht überzogen wird. Dieser Versuch lässt mich annehmen, dass es die Chlorwasserstoffsäure und nicht das Wasser ist, welche von dem Aluminium zersetzt wird; und in der That wird das Metall um desto leichter angegriffen, je concentrirter die Säure ist. Man kann sich auf diese Weise die Verschiedenheit der Wirkung zwischen den Lösungen der Chlorwasserstoffsäure und der Schwefelsäure erklären, indem letztere fast wirkungslos ist. Dieses Raisonnement leidet in gleicher Weise Anwendung auf das Zinn.

Kieselwasserstoff. — Wenn das Aluminium Silicium enthält, so entbindet es bei seiner Auflösung in Chlorwasserstoffsäure Wasserstoffgas von einem noch übleren Geruch, als jener, welcher durch das Gusseisen unter denselben Umständen entbunden wird. Der Grund davon liegt in der Erzeugung jenes merkwürdigen Körpers, des Kieselwasserstoffes, der ganz neuerdings von den Herren *Wöhler* und *Buff* entdeckt worden ist.

Rückstände von der Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure. — Wenn das Verhältniss des Siliciums schwach ist, so entweicht es gänzlich im Zustande von Gas; wenn es ein wenig stärker ist, so bleibt es aufgelöst im Zustande von Kieselerde mit Thonerde, und es macht die grösste Mühe, die beiden Erden genau von einander zu scheiden, selbst wenn man die Thonerdelösung bis zur Trockniss abgeraucht hat. Wenn das Verhältniss des Siliciums bis zu 3 oder 5 Procent beträgt, so bleibt das Silicium aufgelöst mit ein wenig Siliciumoxydul vermischt, welches die Herren *Wöhler* und *Buff* durch die Wirkung der Fluorwasserstoffsäure so gut erkannt haben. Letztere löst das Siliciumoxydul unter Entbindung von Wasserstoff auf, ohne das Silicium selbst anzugreifen. Endlich gelingt es leicht, Legirungen von Silicium und Aluminium herzustellen, in welchen das erstere Metall vorherrscht, und es krystallisirt häufig in der Mitte der Metallmasse in regelmässigen Oktaedern und Tetraedern. Die Hydrochloresäure bringt alle diese Scheidungen hervor, indem sie selbst ansehnliche Verhältnisse von Kieselerde auflöst.

Man darf sich also nicht wundern, wenn man beim Auflösen des Aluminiums des Handels manchmal einen schwarzen und krystallinischen Rückstand erhält, welcher durch das Filter getrennt und, bei 200 oder 300° C. getrocknet, stellenweise Feuer fängt. Man hat auf diese Weise Silicium erhalten, vermischt mit seinem Oxydul, $\text{Si}^2 \text{O}^3 2 \text{HO}$.

Die Gegenwart des Silicium vermehrt beträchtlich die Leichtigkeit, mit welcher das Aluminium unter der Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure angegriffen wird.

Kali und Natron. — Die alkalischen Lösungen wirken mit einer grossen Energie auf das Aluminium, indem sie dasselbe in

thonsaures Kali und thonsaures Natron unter Entbindung von Wasserstoffgas umwandeln.

Das Aluminium wird indessen nicht angegriffen von den monohydrischen und in Schmelzung begriffenen Alkalien. Man kann in der That ein Kügelchen von reinem Aluminium in geschmolzenes und in einem silbernen Gefäss fast bis zum Rothglühen gebrachtes Aetznatron fallen lassen, ohne die geringste Entbindung von Wasserstoff zu bemerken; das Silicium wird dagegen mit einer ausserordentlichen Energie unter denselben Umständen aufgelöst.

Abbrennen von siliciumhaltigem Aluminium. — Auch habe ich mich des geschmolzenen Aetznatrons bedient, um siliciumhaltiges Aluminium abzubrennen. Für diesen Zweck taucht man das Stück Aluminium in das unter der Rothgluth in Schmelzung erhaltene Alkali. Im Augenblicke des Eintauchens entbinden sich einige Bläschen Wasserstoffgas auf der metallischen Oberfläche, und nachdem sie verschwunden sind, ist das sämmtliche Silicium der oberflächlichen Schicht des Aluminiums aufgelöst. Es bleibt nun weiter nichts übrig, als das Aluminium in reichlichem Wasser zu waschen und es in Salpetersäure zu tauchen, wodurch es eine sehr schöne Mattirung erhält.

Ammoniak. — Das Ammoniak wirkt nur schwach auf das Aluminium, indem es ein wenig Thonerde erzeugt, die, nach der sehr interessanten Beobachtung *Wöhlers*, die Eigenschaft besitzt, sich zum Theil im flüchtigen Alkali aufzulösen. In einer Atmosphäre, in welcher Ammoniak verbreitet worden ist, verliert das Aluminium keineswegs seinen Glanz, was sich leicht erklärt, indem nämlich die Oxydation des Metalls nur in Berührung mit Wasser unter Entbindung von Wasserstoffgas erfolgt.

Organische Säuren, Essig etc. — Die verdünnte Essigsäure wirkt auf das Aluminium wie die Schwefelsäure, nämlich auf eine unmerkliche Weise oder wenigstens mit einer ausserordentlichen Langsamkeit. Eine Säure, in der Weise verdünnt, dass sie die Concentration des stärksten Essigs darbot, hat zu diesem Versuche gedient.

Weinsteinsäure, Wein. — Herr *Paul Morin* hat sehr lange Zeit eine Aluminiumplatte in Wein gelassen, welcher überschüssige Weinsteinsäure (Weinstein) und Essigsäure enthielt, und er hat gefunden, dass der Wein auf das Metall gar keine oder eine unmerkliche Wirkung geäussert habe.

Essig und Salz. — Die Wirkung einer Mischung von Essigsäure und Kochsalz, in Wasser aufgelöst, auf reines Aluminium ist sehr verschieden; denn die Essigsäure verdrängt eine Portion der Chlorwasserstoffsäure, deren Gegenwart man in dem Kochsalz annehmen kann, und macht dieselbe ziemlich frei. Indessen ist

die Reaction auf das Aluminium, hauptsächlich wenn es rein ist, von ausserordentlicher Langsamkeit.

Praktische Folgerungen. — Dieser Punkt verdiente aufgeklärt zu werden wegen der Anwendungen, die man vom Aluminium zur Verfertigung von Küchengeräthschaften machen kann. Ich habe die Beobachtung gemacht, dass das Zinn, dessen man sich so häufig bedient, und welches jeden Tag in Berührung mit Salz und Essig kommt, weit schneller angegriffen werde, als das Aluminium unter denselben Umständen. Wenn man gewalztes Zinn, Zinnfolie nimmt, die man einige Minuten lang in einer Auflösung von Kochsalz, versetzt mit Essigsäure, erhitzt, so kann man nachweisen, wenn man die klare Flüssigkeit abgiesst und sie mit Schwefelwasserstoff behandelt, dass sich beträchtliche Quantitäten von Zinn darin aufgelöst haben. Dieses wird die beständige Wirkung einer Mischung von Kochsalz und Essig auf die Küchengefässe sein.

Obleich die Zinnsalze einen sehr deutlichen Fischgeschmack haben und ihre Wirkung auf den menschlichen Körper keineswegs zu vernachlässigen ist, so wird doch die Gegenwart des Zinns in unseren Speisen fast nicht bemerkt. Unter denselben Umständen wird sich das Aluminium in geringerer Quantität auflösen; die essigsäure Thonerde wird sich in der Siedehitze auflösen in Thonerde oder in unlösliches basisch essigsäures Salz, welches nicht mehr Geschmack und keine stärkere Wirkung auf den Körper besitzt, als der Thon selbst. Aus diesem Grunde und weil man übrigens weiss, dass die Salze der Thonerde durch ihre Basis keine merkliche Wirkung auf den Körper äussern, kann man das Aluminium als ein Metall von absoluter Unschädlichkeit betrachten.

Kochsalz und Chlorverbindungen. — Eine Auflösung von Kochsalz oder Chlorkalium, in welche man einen Drath von reinem Aluminium taucht, schien mir auf das Metall sowohl kalt, als warm keine merkliche Wirkung zu äussern. Bei Versuchen, welche mit ausserordentlicher Sorgfalt angestellt und in den *Annales de Chimie et de Physique* bekannt gemacht worden sind, haben *Wöhler* und *Buff* mehrere Tage lang Aluminium, aus Kryolith dargestellt, mit aufgelöstem Kochsalz erhitzt, und die Thonerde, welche sie auf diese Weise erzeugt haben, war in fast unmerklicher Quantität, so dass man fragen kann, ob diese so schwache Wirkung bei einer so lange fortgesetzten Berührung nicht zuzuschreiben sei den Spuren von fremden Substanzen, die entweder im Kochsalz, oder im Aluminium selbst enthalten waren. Wir wissen nun in der That, dass das Aluminium, dargestellt mit einem festen Flussmittel, wie der Kryolith, deren immer enthält, hauptsächlich wenn er nicht 5 oder 6 Mal umgeschmolzen und jedesmal umgerührt worden ist, wie ich später angeben will.

Das Fluornatrium nun, welches in solchem Falle der Kryolith enthalten kann, ist eine alkalische Substanz, und da ihn die Thonerde zum Theil in Aetznatron und Fluoraluminium zersetzt, so begreift man, dass diese geringe Quantität auch so schwache Resultate hervorgebracht habe, wie sie von *Wöhler* und *Buff* beobachtet worden sind. Wie dem aber auch sein möge, so kann man sagen, dass die Wirkung einer Auflösung von Kochsalz auf das Aluminium ganz verschwindend oder unmerklich sei.

In gleicher Weise verhält sich die Sache nicht mit den andern Chlormetallen, und man kann hinsichtlich ihrer als allgemeine Regel behaupten, dass sie vom Aluminium mit um desto grösserer Leichtigkeit zersetzt werden, je nachdem das Metall, welches sie enthalten, einer höheren Ordnung angehört. Die chlorwasserstoffsaurer Thonerde selbst löst das Aluminium auf, indem sie, unter Entbindung von Wasserstoff, ein basisch chlorwasserstoffsaurer Salz erzeugt.

Wirkung des Kochsalzes auf die gemeinen Metalle. — Um von diesen Thatsachen des Laboratoriums zu praktischen Folgerungen zu gelangen, muss man verhältnissmässig die Wirkung des Kochsalzes auf die gemeinen Metalle kennen. Man kann im Allgemeinen sagen, dass keins von ihnen der Wirkung des Kochsalzes und hauptsächlich des Meerwassers zu widerstehen vermag. Versuche, mit dem Aluminium des Handels und dem Kupfer angestellt, haben dargethan, dass das Kupfer vom Meerwasser weit rascher angegriffen wurde, als das Aluminium, bei welchem diese Wirkung nur durch sehr schwache Flocken von Thonerde angezeigt wurde.

Wirkung des Kochsalzes auf das Silber. — Das Silber selbst wird aufgelöst im Kochsalz mit einer ausserordentlichen Raschheit, aber in kleiner Quantität. Ich mache jedes Jahr bei meiner Vorlesung an der Sorbonne einen sehr einfachen Versuch, den ich seit wenigen Jahren kenne, ohne zu wissen, von wem er herrührt.

Man nimmt einen Schmelztiegel aus reinem Silber und giesst eine Auflösung von Kochsalz hinein; man erwärmt, und nach einigen Minuten des Kochens bläut die salinische Auflösung das Lackmuspapier, was in der Flüssigkeit Aetznatron anzeigt, von zersetztem Kochsalz herrührend, dessen Chlor das Silber angezogen hat, um in den Zustand von Chlorsilber überzugehen.

Praktische Folgerungen. — Das Silber ist ein Metall, dessen Verbindungen im hohen Grade giftig sind. Das salpetersaurer Silber, obschon völlig neutral gegen das Lackmuspapier, ist ein Medicament, welches man mit der grössten Vorsicht anwendet. Obschon man versichern kann, dass das Silber sich nothwendig in kochendem und salzigem Wasser auflöst, so hat doch die Erfahrung gelehrt, dass die silbernen Gefässe der Gesundheit sehr zu-

träglich sind. Dasselbe wird der Fall sein, aus noch weit wichtigeren Gründen, hinsichtlich des Aluminiums. Der Vortheil, den man bei diesem Metall in der Praxis finden wird, besteht darin, dass das Metall, wenn sich etwas davon auflöst, den Speisen keine schmeckbare oder gefährliche Substanz zuführt. Das Silbergeschirr der Goldschmiede enthält 5 Procent Kupfer, welches nur dann gefährlich wird, wenn man die Speisen in den Gefäßen erkalten lässt, in welchen sie bereitet worden sind. Dieses ist der einzige Nachtheil, den die Anwendung des legirten Silbers darbietet. Mit dem Aluminium ist nichts dergleichen zu befürchten.

Höchstens können alle diese Fragen nur durch eine lange Erfahrung beantwortet werden. Es würde noch zu frühzeitig sein, gegenwärtig schon eine solche Beantwortung geben zu wollen. Es möge daher genügen, die Thatsachen und die chemischen Grundsätze dargelegt zu haben, auf welche man sich bei Versuchen dieser Art stützen kann.

Widerstand des Aluminiums gegen Veränderung. — Eine der Ursachen, die am besten den Widerstand erklären, welchen das Aluminium in gewissen Fällen einer Veränderung unter der Einwirkung der Reagentien entgegensetzt, ist die Kleinheit seines Mischungsgewichtes, welches 13,75 beträgt, wenn man als Formel für die Thonerde $Al^2 O^3$ annimmt, während das Silber 108 zum Mischungsgewichte hat, was $Ag O$ entspricht. Die Quantitäten des Silbers und des Aluminiums, die sich mit derselben Substanz verbinden, stehen also zu einander in dem Verhältniss wie 324 zu 27,5; oder was auf eins hinaus kommt: die Quantität Säure, welche 100 Grm. Silber auflöst, kann nur 8,5 Grammen Aluminium auflösen.

Metallische Salze. — Die Wirkung irgend eines Salzes auf das Aluminium kann leicht abgeleitet werden aus der Wirkung der Säuren auf das Metall. Man kann also vorhersehen, dass in den schwefelsauren und hauptsächlich in den sauren salpetersauren Salzen das Aluminium kein Metall aus seinen Lösungen, nicht einmal das Silber, niederschlagen werde, wie *Wöhler* beobachtet hat, während die chlorwasserstoffsäuren Lösungen derselben Metalle durch das Aluminium niedergeschlagen werden, wie die Herren *Tissier* dargethan haben.

Eben so werden in den alkalischen Lösungen das Silber, das Blei und die Metalle, welche zur Classification der einfachen Körper gehören, ebenfalls niedergeschlagen.

Praktische Folgerungen. — Man muss hieraus folgern, dass, um die Metalle mittelst der galvanischen Säule auf das Aluminium niederzuschlagen, man sich immer saurer Auflösungen bedienen müsse, unter welchen jedoch weder die freie Chlorwasserstoffsäure, noch die verbundene angewendet werden dürfen.

Die alkalischen Lösungen derselben Metalle können auch

nicht angewendet werden, obschon sie so gute Dienste leisten bei der Vergoldung und der Versilberung der gemeinen Metalle.

Elektrische Vergoldung und Versilberung des Aluminiums. — Wegen dieser so merkwürdigen Eigenthümlichkeiten sind die Vergoldung und die Versilberung des Aluminiums sehr schwierig, besonders mit der wünschenswerthen Festigkeit herzustellen.

Ich habe in Gemeinschaft mit Herrn *Paul Morin* häufig den Versuch gemacht, indem wir Bäder mit einer Basis von saurem Schwefelgold, oder von unterschwefligsaurem Silber mit einem Ueberschuss von schwelliger Säure anwendeten. Der Erfolg war ein höchst mittelmässiger. Indessen vergoldet und versilbert Herr *Mourey*, der schon der Galvanoplastik grosse Dienste geleistet hat, beständig das Aluminium für den Handel mit einer Vollkommenheit, die um desto mehr bewundert werden muss, weil er so wenige Zeit dem Studium dieser Frage hat widmen können. Es ist mir auch bekannt, dass Herr *Christofle* das Aluminium vergoldet hat, aber die von diesen Herren angewendeten Verfahrensarten sind mir ganz unbekannt.

Verkupferung durch die galvanische Säule. — Das Verkupfern des Aluminiums durch die galvanische Säule wird dagegen sehr leicht bewerkstelligt mittelst eines von Herrn *Hulot* angegebenen Verfahrens. Er bedient sich bloss eines Bades von saurem schwefelsaurem Kupfer. Ist die Kupferschicht gut aufgetragen, so ist sie dann äusserst haltbar.

Allgemeine Bemerkung. — Alles, was ich so eben über die Wirkung der metallischen Salze auf das Aluminium gesagt habe, ist nur wahr im Betreff des reinen Aluminiums. Das unreine Aluminium, besonders wenn es Eisen oder Natrium enthält, wirkt dann auf die Weise, dass es in den Kupfersalzen, auf welche ich operirt habe, einen Niederschlag von metallischem Kupfer hervorruft. Aber diese Erscheinung kommt selbst in den ungünstigsten Fällen äusserst langsam zum Vorschein, und wenn man auf ein Aluminiumblech wirkt, so sieht man nach Verlauf einiger Wochen sich die Textur des gestreckten Metalles in Gestalt rother Fasern zeichnen, gleichsam als ob das Eisen und das Aluminium nur neben einander lägen und die eisenhaltigen Fasern allein wirkten. Auch ist der Niederschlag nur local, nach und nach wird indessen die Umwandlung vollständig, geht aber um desto langsamer vor sich, je reiner das Aluminium ist.

Es findet vielleicht hier eine Erscheinung von merkwürdiger Passivität statt, aus welcher alle die nützlichen Eigenschaften des Aluminiums hervorgehen, und welche die Wirkung der Zeit nach und nach vernichtet, wenn das Aluminium in Berührung mit sehr leitungs-fähigen metallischen Auflösungen steht.

Diese Meinung, die ich in einer Abhandlung geäussert habe, welche in den *Annales de Chimie et de Physique* des Jahres

1855 erschienen ist, findet sich auch ausgesprochen unter anderer Gestalt in einem sehr interessanten Briefe, den mir Herr *Marié-Davy* die Güte gehabt hat zu schreiben, und endlich noch etwas mehr entwickelt in einer von *Buff* erschienenen Abhandlung über die elektrischen Eigenschaften des Aluminiums. Aber es würde mir unmöglich sein, hier Erläuterungen über einen Punkt der Theorie zu geben, in welchem kaum erst die Grundlinien angedeutet sind

Wirkung der salpetersauren, borsäuren und kieselsauren Alkalien. — Die Wirkung der salpetersauren, borsäuren und kieselsauren Alkalien muss besonders abgehandelt werden wegen der eigenthümlichen Beschaffenheit der daraus hervorgehenden Verbindung, und in welcher die Thonerde die Rolle einer Säure spielt.

Salpeter. — Das Aluminium kann in Salpeter geschmolzen werden, ohne die geringste Veränderung zu erfahren; die beiden Substanzen bleiben bis zur lebhaften Rothgluth mit einander in Berührung, ohne auf einander zu reagiren. Bei dieser Temperatur befindet sich das Salz in völliger Zersetzung und lässt eine lebhafte Entbindung von Sauerstoff wahrnehmen. Wenn man aber die Hitze bis zu dem Punkte steigert, wo der Stickstoff selbst sich entbindet und aus dem Salpeter Kali entsteht, so bekundet sich eine neue Verwandtschaft, und die Erscheinung verändert ihre Natur. Das Aluminium verbindet sich dann rasch mit dem Kali, um thonsaures Kali zu bilden. Die Erscheinung der Entflammung, welche häufig damit verbunden ist, zeigt eine sehr energische Reaction an.

Reinigung des Aluminiums durch Salpeter. — Täglich schmelzt man Aluminium, um es zu reinigen, mit Salpeter bei einer lebhaften Entbindung von Sauerstoff und in der Rothgluth, ohne dass man das Geringste dabei zu fürchten hat. Aber man muss sich in Acht nehmen, diesen Versuch in einem irdenen Schmelztiegel anzustellen. Die Kieselerde des Schmelztiegels wird durch den Salpeter aufgelöst, das so gebildete Gas wird durch das Aluminium zersetzt, und nun wird das Kieselaluminium sehr oxydirbar, wie ich schon dargethan habe, und hauptsächlich in Gegenwart von Alkalien. Dieses ist ein Versuch derselben Art, wie die lebhafte Verbrennung der Legirung von Zinn und Blei in den Verhältnissen, um zinnsaures Blei oder Zinnasche zu bilden.

Die Reinigung des Aluminiums mit Salpeter muss in einem gusseisernen Schmelztiegel vorgenommen werden, der durch den Salpeter selbst an seiner innern Oberfläche gut oxydirt ist.

Allgemeine Bemerkung. — Ich will mir bei dieser Gelegenheit eine allgemeine Bemerkung erlauben. Das Aluminium verhält sich bei einer niedrigen Temperatur wie ein Metall, welches nur eine sehr schwache Basis zu geben vermag; folglich ist sein

Widerstand gegen die Säuren, mit Ausnahme der Chlorwasserstoffsäure, sehr gross. Es verhält sich zu den Alkalien wie ein Metall, welches eine sehr energische Säure zu geben vermag; auch wird das Aluminium vom Kali und vom Natron, in Wasser aufgelöst, angegriffen. Diese Verwandtschaft ist indessen noch unzulänglich, um die Zersetzung des Wassers durch das Aluminium in geschmolzenem monohydrischen Kali zu bewirken. Noch viel weniger wird es die Metalloxydule in der Temperatur der lebhaften Rothgluth zersetzen. Deshalb giebt in der Muffel die Legirung von Kupfer und Aluminium schwarzes Kupferoxyd, woraus es erklärlich wird, dass die Bleilegirung cupellirt werden kann.

Aber in Folge einer sonderbaren Ausnahme, welche, wie ich glaube, nur beim Aluminium stattfindet, sind die Verwandtschaften mit einem Mal umgekehrt, sobald die Temperatur bis über die lebhaft Rothgluth steigt. Das Aluminium nimmt alle Eigenschaften des Siliciums an, es zersetzt alsdann die Oxyde des Bleies und des Kupfers mit Erzeugung von thonsauren Salzen.

Kieselsaure und borsaure Salze. — Wenn man die kieselsauren und borsauren Salze mit Aluminium behandelt, so erhält man das Silicium und das Bor durch eine der Verfahrungsarten, die man gegen das Ende dieses Werkes beschrieben findet.

Thierische Substanzen. — Unter den thierischen Substanzen, welche die Organe der Thiere liefern, giebt es welche, die sauer sind, wie der Schweiss. Diese scheinen keine merkliche Wirkung auf das Aluminium zu haben. Ich habe bei vielen Fabrikanten Gegenstände gesehen, die von einer grossen Zahl von Personen gehandhabt worden waren. Die Spur der Finger beschmutzte diese Gegenstände manchmal, erzeugte aber niemals Flecke, die man nicht durch Abwischen hätte beseitigen können. Herr *Christofle* stellte im Jahre 1855 ein Besteck aus sehr unreinem Aluminium aus, wie ich es damals zu Javel erzeugte. Fast alle Personen, welche die allgemeine Ausstellung besuchten, handhabten diese Gegenstände, um sich von ihrer Leichtigkeit zu überzeugen, und das Metall widerstand dieser harten Probe auf eine siegreiche Weise, was bei einem silbernen Besteck sicherlich nicht der Fall gewesen sein würde.

Speichel. — Die alkalischen Substanzen, wie z. B. der Speichel, würden eher geneigt sein, das Aluminium zu oxydiren, aber die hervorgebrachte Wirkung ist noch unbedeutend, nach einem Versuche zu urtheilen, den eine Person gemacht hatte, welche in ihrem Munde ein kleines Aluminiumblech lange Zeit gehabt hatte, ohne dass das Metall davon im Geringsten angegriffen worden war.

Eiterige Substanzen. — Herr *Charrière* hat für einen Patienten, an welchem der Lufröhrenschnitt gemacht worden war, ein

kleines sehr leichtes Röhrchen aus Aluminium gefertigt, welches auch deshalb leicht zu tragen war. Das Aluminium hat sich sehr wenig verändert. Nach einiger Zeit bildete sich eine weisse mehlartige Substanz in fast unwägbarer Quantität, aber deutlich sichtbar. Dieselbe bestand aus Thonerde, deren Gegenwart für den Patienten, wegen der Unschädlichkeit und der Unlöslichkeit der Thonerde keinen Nachtheil bringen konnte, die aber dennoch anzeigte, dass das Metall durch die eiterigen Substanzen eine Veränderung erfahren habe. Das Gewicht des Apparates war auf keine merkliche Weise, selbst nach einer sehr langen Zeit, verändert worden. Unter denselben Einwirkungen würde das Silber geschwefelt worden sein, so dass ich gern annehme, dass der Anwendung des Aluminiums zur Darstellung chirurgischer Apparate, die an irgend einer Stelle des Körpers eingelegt werden sollen und deren Gewicht sonst Schmerz oder Belästigung verursacht, nichts im Wege steht.

Legirungen. — Das Aluminium legirt sich sehr leicht, besonders in schwachen Verhältnissen, mit dem Natrium. Daher kommt es, dass die Eigenschaften des schlecht fabricirten Metalles vollständig verändert sind. Die letzten Spuren des Natriums lassen sich nur mit ausserordentlicher Mühe beseitigen, hauptsächlich wenn man das Aluminium in Gegenwart von Fluorverbindungen erzeugt und zwar wegen der ganz speciellen Verwandtschaft des Aluminiums zum Fluor bei der Temperatur, wo das Fluor-Aluminium sich zu verflüchtigen anfängt.

Eisen. — Das Eisen und das Aluminium verbinden sich in allen Verhältnissen. Diese Legirungen sind hart, brüchig, in langen Nadeln krystallisirt, wenn das Verhältniss des Eisens bis gegen 7 oder 8 Proc. beträgt. Die Legirung von 10 Proc. Eisen hat grosse Aehnlichkeit mit Schwefelantimon. Sie lässt sich noch mit einer gewissen Leichtigkeit aussaigern, indem sie ein wenig schmelzbares Gerippe und weniger eisenschüssiges Aluminium liefert. Aber diese Reinigungsart des Aluminiums kann keine vollkommene genannt werden. Die Gegenwart einer grossen Quantität von Eisen im Aluminium verändert auch seine chemischen und physischen Eigenschaften.

Zink. — Die Zinklegirungen sind spröde, es müsste denn das Zink in sehr schwachem Verhältniss anwesend sein. Einige Proben von zinkhaltigem Aluminium sind durch einen sehr sonderbaren Umstand in den Handel gelangt, und es wird von Nutzen sein, darüber ein Wort zu sagen, um solche Fälle in Zukunft zu vermeiden. In der Fabrik der *Glacière* wurde Chlornatrium und Chloraluminium in irdenen Retorten fabricirt, welche von der Zinkhütte *la Vieille-Montagne* kamen. Die Scharmotte dieser Gefässe war aus alten Retorten gefertigt worden, die schon zur Zinkfabrikation gedient hatten und mit kieselsaurem Zink durchdrungen waren.

Unter der Einwirkung der Kohle, die in der Mischung enthalten war, welche man darin behandelte, und der Chlorverbindung, die man hineinbrachte, entstand Chlorzink, welches, indem es sich mit dem Chloraluminium vermischte, unbemerkt bis zum Aluminium gelangte, dessen Eigenschaften es auf keine sehr offenkundige Weise veränderte. Auch habe ich nach den in Deutschland angestellten Analysen sagen hören, dass das Aluminium nur eine Legirung sei, welche durch das Zink Schmelzbarkeit erhalte, die dem reinen Aluminium fehlen müsse.

Die Zinklegirungen sind bei den bis jetzt wenig glücklichen Versuchen angewendet worden, die man gemacht hat, um das Aluminium auf eine dauerhafte Weise zu löthen.

Kupfer. — Die Kupferlegirungen sind von grossem Interesse, weshalb ich ihre Geschichte in einem besonderen Capitel über die Aluminiumbronze mittheilen will.

Blei. — Das Blei verbindet sich nur unvollkommen mit dem Aluminium. Die Legirung erhält sich indessen in gewissen Verhältnissen, besonders bei der zum Cupelliren des Aluminiums erforderlichen Temperatur.

Das Quecksilber kann sich nicht mit dem Aluminium verbinden. Versuche jeder Art, die ich selbst anstellte und die Herr *Walferdin* bestätigt hat, beweisen es auf die deutlichste Weise.

Wirkung des Ammonium-Amalgams. — Herr *Lissajous* hat in Betreff des Eisens einen sehr interessanten Versuch gemacht, den ich in meinen Vorlesungen seit 5 oder 6 Jahren wiederhole und der immer gelingt. Wenn man einen eisernen Nagel in das Ammonium-Amalgam taucht, so ist das Eisen augenblicklich davon befeuchtet, wie es auch beim Silber der Fall sein würde, in dem Masse aber, als das Ammoniak und das Wasserstoffgas sich entbinden, sammelt sich das Quecksilber in kleinen Kügelchen an der Oberfläche des Eisens, welches nicht die geringste Veränderung erfahren zu haben scheint.

Das Aluminium wird in solchem Falle nicht einmal befeuchtet, woraus hervorzugehen scheint, dass es noch weniger Verwandtschaft, als das Eisen, zum Quecksilber hat.

Zink, Zinn, Cadmium. — Das Zink, das Zinn und das Cadmium verbinden sich leicht mit dem Aluminium. Die beiden erstern verändern ihre Eigenschaften, sobald das Verhältniss einige Procente beträgt. Die Cadmiumlegirung ist dagegen immer hämmerbar. Diese Legirungen, besonders die letztere, sind schmelzbar und können benutzt werden, um das Aluminium, obschon unvollkommen, zu löthen.

Silber. — Einige Procente Silber sind ausreichend, um dem Aluminium seine ganze Hämmerbarkeit zu nehmen. Die Legirung von 3 Procent Silber wird indessen von Herrn *Christoffe*

zum Giessen von Kunstgegenständen, und die Legirung von 5 Proc. zur Verfertigung von Messerklingen verwendet.

Silicium. — Jede kieselerdehaltige Substanz, welche bei hoher Temperatur mit Aluminium in Berührung gebracht wird, wird immer zersetzt, und wenn das Aluminium im Ueberschuss ist, so entsteht eine Verbindung oder eine Legirung von Silicium und Aluminium, in welcher die beiden Körper sich fast in allen Verhältnissen vereinigen können. So verhält sich das Glas, der Thon, die Erde der Schmelztiegel dem Aluminium gegenüber.

Man kann indessen das Aluminium in Glas und in den irdenen Schmelztiegeln schmelzen, ohne dass die geringste Veränderung des Metalles stattfindet, weil keine Berührung zwischen den beiden Substanzen besteht, indem das Aluminium die Schmelztiegel nicht befeuchtet. Aber von dem Augenblick an, wo irgend ein Flussmittel, selbst das Kochsalz, die unmittelbare Berührung erleichtert, beginnt die Reaction, und man erhält immer mehr oder weniger kieselhaltiges Aluminium. Deshalb habe ich vorgeschrieben, dem Aluminium, um es zu schmelzen, keine Art von Fluss zuzusetzen, selbst wenn derselbe vom Aluminium nicht angegriffen würde.

Unter den schmelzbaren Substanzen, welche diese Wirkung des Aluminiums erleichtern, muss man indessen die Fluorverbindungen unterscheiden. Letztere greifen schon an und für sich die kieselerdehaltigen Substanzen des Schmelztiegels mit äusserster Energie an, indem sie dieselben auflösen; sie werden alsdann durch das Aluminium mit einer ganz speciellen Leichtigkeit zersetzt.

Das siliciumhaltige Aluminium bietet sich mit sehr verschiedenen Eigenschaften dar, je nach dem Verhältniss dieser beiden einfachen Körper. Ist das Aluminium in grossem Ueberschuss vorhanden, so erhält man das von mir sogenannte Gussaluminium, mittelst dessen ich im Jahre 1854 das krystallisirte Silicium entdeckt habe. Dieses graue und spröde Gussmetall enthielt nach meiner Analyse:

| | |
|--------------------------------|--------|
| Silicium | 10,3 |
| Aluminium und Spuren von Eisen | 89,7 |
| | <hr/> |
| | 100,0. |

Wenn man das siliciumhaltige Aluminium mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, so verbreitet das sich entbindende Wasserstoffgas einen widerwärtigen Geruch, den ich sonst der Gegenwart eines gekohlten Wasserstoffgases zuschrieb, der aber, so viel man jetzt weiss, nach den schönen Versuchen von *Wöhler* und *Buff*, dem Kieselstoffwasser angehört. Durch die Erzeugung dieses Gases muss man in der That den mehr oder weniger intensiven Eisengeruch erklären, den das mehr oder weniger mit Silicium verunreinigte Aluminium verbreitet.

Aber das Aluminium kann weit beträchtlichere Verhältnisse von Silicium absorbiren, und indem *Wöhler* das flusskieselsaure Kali mit Aluminium behandelte, hat er eine noch metallische Substanz erhalten, welche bis gegen 70 Proc. Silicium enthielt, manchmal im Zustande leicht trennbarer Krystalle.

Seit ich Gelegenheit gehabt habe, bei einer Arbeit, die ich über das Silicium veröffentlichte, eine grosse Zahl von Proben dieser Verbindungen von Aluminium und von Silicium zu untersuchen, habe ich nachgewiesen, dass sie weit veränderlicher sind, als das Aluminium und das Silicium im unreinen Zustande, ohne Zweifel wegen der Verwandtschaft, welche die Kieselerde und die Thonerde für einander besitzen.

Ich habe schon auf die Wichtigkeit aufmerksam gemacht, welche die Darstellung von vollkommen reinem Aluminium in Anspruch nimmt, und muss ausserdem sagen, dass das gegenwärtig im Handel verbreitete Metall, je nach der Art seiner Darstellung, entweder Eisen oder Silicium enthalten kann. Diese beiden Arten der Verunreinigung sind den Eigenschaften des Aluminiums nachtheilig, und man muss alles anwenden, um ihre Gegenwart zu vermeiden.

Boron. — Man erhält eine sehr reiche Legirung an Boron, wenn man Aluminium mit Borax, Borsäure, oder flussborsau-rem Kali schmelzt. Dieses borhaltige Aluminium bietet gleich dem siliciumhaltigen Aluminium die merkwürdige Eigenschaft dar, dass das Bor alle Eigenschaften des Aluminiums vermindert. Die Legirung, welche sehr weiss ist, kann nur schwach gebogen werden und widersteht der Wirkung des Plättwerkes, indem sie unter demselben zerreist. Sie giebt einen sehr starken Geruch nach Kieselwasserstoff aus, ohne Zweifel wegen des Siliciums der Gefässe, welche zugleich mit der borsäuren Verbindung, die man hineingiebt, angegriffen werden. *Wöhler* und ich haben dargethan, dass man aus diesen Legirungen des Bor unter zwei verschiedenen Formen als graphitartiges Bor und als Bordiamant ausziehen könne. Da dieser letztere Körper Anwendungen finden kann, so will ich zu Ende dieses Bandes die Darstellungsart angeben, welche man nothwendig in Anwendung bringen muss, und welche zugleich die Anwendung des Aluminiums erheischt.

Kohle. — Ich bin nicht im Stande gewesen, welche Mühe ich mir auch gegeben habe, die Kohle und das Aluminium mit einander zu verbinden. Bei der Zersetzung des Chlorkohlenstoffes durch Aluminium bildet sich gewöhnliche Kohle, und es bleibt Aluminium rückständig, welches keine Veränderung erfahren hat.

Das Plattiren mit Aluminium. — Herrn *Savard* ist es im Jahr

1854 gelungen, Kupfer und Messing in der grössten Vollkommenheit mit Aluminium zu plattiren.

Nachdem die beiden Metallplatten auf die gewöhnliche Weise vorbereitet und gut mit Sand gerieben worden waren, legte man sie auf einander zwischen zwei fest angezogene Eisenplatten. Das Paquet wurde bis zur düstern Rothgluth erhitzt, dann bei dieser Temperatur stark zusammen gepresst. Die Plattirung wurde sehr haltbar, und man konnte gewalzte Blätter erhalten, von denen ich noch eine Probe besitze, die sich ganz gut erhalten hat.

Der kitzlige Punkt dieser Operation besteht darin, das Paquet hinlänglich zu erwärmen, so dass Anhaftung erfolgt, ohne dass die Schmelzung des Aluminiums herbeigeführt wird, und wenn man das Erwärmen nicht sehr nahe bis zum Schmelzpunkte treibt, so ist das Anhaften unvollständig.

Versuche derselben Art mit einem Goldblatt und einem Aluminiumblatt sind nicht gelungen. Sobald das Anhaften sich kund giebt, erfolgt die Verbindung zwischen den beiden Metallen, und das Gold verschwindet in der Aluminiumplatte. Bei einer Operation in einer unzulänglichen Temperatur verhielten sich die beiden Metalle nicht auf gleiche Weise unter dem Plättwerk und lösten sich nach einigen Passagen ab. Seit der Zeit haben andere Personen Versuche gemacht, das Kupfer mit Aluminium zu plattiren mit oder ohne Vermittelung des Silbers, und diese Versuche sind ebenfalls sehr gut gelungen.

Aus allen Versuchen, die wir berichtet haben, und aus allen Beobachtungen, die gemacht worden sind, muss man schliessen, dass das Aluminium ein Metall sei, welches keine vollständigen Analogieen mit irgend einem der einfachen Körper hat, die wir als Metalle betrachten.

Im Jahre 1855 habe ich den Vorschlag gemacht, es neben das Chrom und das Eisen zu stellen, indem man das Zink aus der Gruppe ausscheidet, in welche man es bis jetzt classificirt hat. Das Zink findet seinen Platz in der That sehr gut neben dem Magnesium, und die Untersuchungen, welche von dem Hauptmann *Caron* und mir angestellt und neulich über dieses Metall veröffentlicht worden sind, lassen die Analogieen dieser beiden flüchtigen Metalle noch inniger erscheinen. Seit der Zeit haben mich die Studien über die einfachen Körper eine andere Meinung provisorisch annehmen lassen, die ohne Zweifel nichts Absolutes hat, aber wenigstens verdient, ernsthaft discutirt zu werden. Zu Ende einer Abhandlung, die von *Wöhler* und mir in den *Comptes rendus* und in den *Annales de Chimie et de Physique* erschienen ist, wird man die Gründe finden, wesshalb wir geneigt sind, das Aluminium neben das Silicium und das Bor in der Reihe der Kohle zu stellen, mit demselben Rechte, wie

man das Antimon und das Arsenik in die Reihe des Stickstoffes stellt.

Drittes Capitel.

Darstellung des Aluminiums und verschiedene Fabrikations-Versuche.

Um das Aluminium vollkommen rein darzustellen, kenne ich keine andere Methode, als diejenige, welche schon im Jahre 1827 von *Wöhler* entdeckt und seit der Zeit eine allgemeine Methode geworden ist, mit welcher er und andere Chemiker eine gewisse Zahl von Erdmetallen isolirt haben. Ich habe blos die Verfahrungsarten und die Operationsweise modificirt, indem ich den neuesten Arbeiten des berühmten Göttinger Chemikers und den neuen Thatsachen Rechnung trug, die ich durch meine persönliche Erfahrung festzustellen vermochte.

Um Aluminium auf diesem Wege zu erhalten, muss man sich verschaffen:

- 1) Reine Thonerde,
- 2) Reines Chloraluminium,
- 3) Natrium.

Ich werde in diesem Capitel und successiv die Darstellungsarten des Aluminiums und der accessorischen Produkte geben, welche ich in meinem Laboratorium und in der Fabrik von *Javel* angewendet habe; dahingegen werde ich in einem besondern Capitel die sämtlichen Verfahrungsarten der Fabrikation angeben, wie sie in der *Glacière* eingerichtet waren und heutiges Tages in der Fabrik von *Nanterre* angewendet werden.

Endlich werde ich eine Uebersicht der Fabrikation des Aluminiums geben, die sich auf die ausschliessliche Anwendung des *Kryoliths* und des *Natriums* gründet.

§ 1. Thonerde.

Reine Thonerde. — Die Verfahrungsarten, deren ich mich bedient habe, um reine Thonerde zu erlangen, sind ziemlich zahlreich. Ich will nur diejenigen mittheilen, welche mir am besten gelungen sind, und welche ich als die einfachsten betrachte, trotz ihrer scheinbaren *Complication*.

1) Man nimmt schwefelsaure Thonerde des Handels (man muss 8,5 Kilogr. haben, um 1 Kilogr. trockne Thonerde zu bekommen), man löst sie auf in ihrem Gewicht Wasser und fällt die Flüssigkeit mit einer concentrirten und kochenden Lösung von essigsaurem Blei, wobei man die Sorgfalt anwendet, einen kleinen Ueberschuss des essigsauren Salzes anzuwenden. Die

vom schwefelsauren Blei durch Decantiren abgesonderte Flüssigkeit wird mit der kleinstmöglichen Quantität von Weinstein säure vermischet, welche Quantität dennoch hinlänglich ist, um jede Fällung von Thonerde zu verhindern, wenn man die essigsäure Thonerde mit Ammoniak übersättigt. Diese ammoniakalische Lösung wird alsdann in geschlossenem Gefäss mit ein wenig schwefelwasserstoffsaurem Ammoniak behandelt und in einer Trockenkammer einer Temperatur von 50 bis 60° C. ausgesetzt, welche das Fällen der Schwefelverbindung des Eisens und des Bleies bewirkt, die man zuerst durch Decantiren, dann auf dem Filter trennt, aber ohne letzteres zu waschen.

Die helle aber ein wenig gelbe Flüssigkeit, welche aus essigsaurer und weinsteinsaurer ammoniakalischer Thonerde mit ein wenig schwefelwasserstoffsaurem Ammoniak besteht, wird rasch abgeraucht, und portionenweise in irdenen Schmelztiegeln verkohlt, die man nie gänzlich nach jeder Operation reinigt. Endlich wird die Mischung von Kohle und Thonerde, die übrig bleibt, mit Oel in einen Teig verwandelt und stark geglüht, um den Schwefel auszutreiben, der von ein wenig Schwefelsäure herrührt, welche in der Thonerde zurückbleibt und sich durch das essigsäure Blei nicht gänzlich beseitigen lässt.

2) Man glüht Ammoniakalaun des Handels oder auch wohl unreine schwefelsäure Thonerde, um Thonerde zu haben, welche als rein erscheinen kann, weil sie die meiste Zeit weiss ist, die aber in der That ausserdem noch Schwefelsäure und schwefelsaures Kali enthält, welches aus dem Thon herrührt, oder ein ansehnliches Verhältniss von Eisen aus den Kieselschiefern. Diese sehr zerreibliche Thonerde wird durch ein feines Sieb geschlagen und in einen gusseisernen Kessel mit wenigstens ihrem zweifachen Gewicht Aetznatronlauge von 45° gehen. Man versetzt ins Kochen und raucht zu gleicher Zeit ab, indem man die Thonerde in der syrupartigen Lauge einer Art von Sud unterwirft, die ihre vollständige Lösung herbeiführt, selbst wenn sie stark geglüht worden sein sollte *)

Man löst in einer grossen Quantität Wasser das thonsaure Natron auf, und wenn es nicht sogleich hell wird, so lässt man ein wenig Schwefelwasserstoff zutreten, welcher die Fällung des Eisens beschleunigt. Diese Operation muss in einer verstöpselten und in Ruhe gelassenen Flasche vorgenommen werden. Die

*) Die Auflösungskraft des Natrons in diesem Zustande ist so energisch, als ob das Alkali monohydrisch und geschmolzen wäre. Keins der von mir versuchten kieselsauren Salze, selbst nicht einmal der Orthoklas-Feldspath (Feldspath-Orthose) und der Smaragd von Limoges widerstehen. Man erhält als Rückstand dieser Behandlung ein complicirtes kieselsaures Salz, welches vom Wasser in einfache Produkte zersetzt wird. Ich werde später die Resultate dieser interessanten Reaction bekannt machen.

abgeessene und helle Flüssigkeit muss noch warm der Wirkung der Kohlensäure unterworfen werden, welche das Natron in kohlen-saures Salz umwandelt und die Thonerde unter einer eigenthümlichen Form niederschlägt, wo sie sehr dicht ist und sich in einem Raume sammelt, der nicht $\frac{1}{20}$ des Volumens beträgt, welches die Thonerdegallert einnimmt.

Apparat, um das thonsaure Natron mit Kohlensäure zu sättigen. — Ich sättige das Natron mit Kohlensäure in einem kleinen, sehr einfachen, von *Wiesnegg* construirten Apparat, dessen Anwendung ich in allen dem gegenwärtigen ähnlichen Fällen empfehle. Dieser Apparat besteht aus Zink, das von dem Natron nicht merklich angegriffen wird, wenigstens während der Dauer der Absorption der Kohlensäure. Ich habe mich häufig überzeugt, dass die daraus hervorgehende Thonerde vollkommen frei von Zink sei.

Der Apparat *Fig. 1.* ist zusammengesetzt aus einer Reihe von concentrischen Cylindern C, C, C, . . . von veränderlichen Höhen, an ihrem untern Theile mit kleinen Löchern O, O, O, . . . versehen, die um desto kleiner sind, je grösser die Basis des Cylinders ist, in welchem sie angebracht sind. Alle diese Cylinder sind auf eine Zinkplatte B C gelöthet, welche zwischen den Cylindern alle Communication abschneidet.

Auf der Zinkplatte sind kleine Tubulaturen t t angebracht, welche mittelst kleiner Röhren aus Kautschuk je zwei der cylindrischen Räume C in Communication bringen, eine Tubulatur T, durch welche das kohlen-saure Gas eintritt, ein Trichter E zum Eintragen der Flüssigkeit, die mit Kohlensäure gesättigt werden soll, und endlich ein Heber S, um die Thonerde und das kohlen-saure Natron nach der Operation abfließen zu lassen. Die Flüssigkeit ist enthalten in einer nicht sehr hohen Glasglocke A, B, C, so dass der Kopf A dem untern Ende des ersten Cylinders sehr nahe liegt. Man muss Sorge tragen, die Ebene der Löcher O ganz horizontal zu erhalten, damit das Gas sich gleichförmig über die ganze Oberfläche der Flüssigkeit vertheilt. Die Thätigkeit dieses Apparates ist so einfach, dass man in dieser Beziehung keine langen Erläuterungen zu geben nöthig hat. Er dient dazu, das Gas vielmals in der Flüssigkeit schnattern zu lassen (*à faire barbotter le gaz*), ohne dass der Gesamtdruck beim Eintritt sehr beträchtlich sei.

Beim Austritt aus diesem Sättigungsapparate mit Kohlensäure lässt man die sehr dichte Thonerde, welche man darin niedergeschlagen hat und welche man mit der grössten Leichtigkeit durch Decantiren wäscht, absetzen. Es bedarf eines sehr vielmaligen Waschens, um alles kohlen-saure Natron zu beseitigen, und man thut sogar wohl, vor Beendigung des Waschens den Waschwässern ein wenig Salmiak zuzusetzen.

Mischung von Thonerde und Kohle. — Die gut getrocknete Thonerde wird in lebhafter Rothgluth calcinirt, dann mit 30 Proc. Holzkohle vermischt; man befeuchtet Alles mit ein wenig Oel, um einen Teig zu bilden, den man in einem Schmelztiegel, der nur zu diesen Operationen benutzt wird, calcinirt.

§ 2. Chloraluminium.

Die Mischung von Kohle und Thonerde wird in eine Porzellanröhre gebracht, die mit einem Vorstosse versehen ist, und in einem Strome von trockenem Chlor bis zur Rothgluth erhitzt. Das Chloraluminium destillirt, und man nimmt es aus der Porzellanröhre und dem Vorstosse in Gestalt dichter Massen heraus, die aus Krystallen zusammengesetzt sind, welche häufig die grösste Schönheit besitzen und farblos oder sehr wenig gelb gefärbt sein dürfen. Man kann sich noch des Apparates bedienen, dessen Beschreibung ich nach meinen alten Versuchen geben will; nur muss man in denselben eine Mischung von ganz reinen Stoffen bringen. Die folgende Beschreibung wird zugleich das Ergebniss solcher Operationen kennen lehren. Dieses ist die Beschreibung der Versuche, welche ich in meinem Laboratorium und in der Fabrik zu Javel auf Kosten des Kaisers angestellt habe.

Fabrikation im Kleinen. — Ich nahm 5 Kilogr. Thonerde, herrührend von einem stark geglühten und ganz eisenfreien Ammoniakalaun, wie jede Thonerde sein muss, welche zur Fabrikation der Chlorverbindung bestimmt ist. Ich habe sie vermischt mit 40 Proc. ihres Gewichtes Kohle und ein wenig Oel, um daraus einen Teig zu machen, welcher dann in einer lebhaften Rothglühhitze zersetzt worden ist. Die kompakte, in Stücke zerlegte Masse wurde mit dem Staub, den sie giebt, in einer Retorte C *Fig. 11* aus Steingut, glasirt und tubulirt, von 10 Liter Geräumigkeit gegeben. Die in einen angemessen construirten Ofen eingesetzte Retorte wurde bis zur Rothgluth erhitzt, während ich eine Strömung von trockenem Chlorgas, aus einer oder zwei Flaschen kommend und durch die Tubulatur A in die Retorte übertretend, durchstreichen liess. In den ersten Augenblicken entwichen durch den Hals D beträchtliche Quantitäten Wasser, welche aus der thonerdehaltigen Kohle herrührten, die sehr hygrometrisch ist. Sobald das Chloraluminium anlangt, passt man in den Hals D einen Trichter aus Steinzeug oder Porzellan E, den man anfänglich mit ein wenig Amianth befestigt, später aber mit einer Lutirung aus Kuhfladen und Töpferthon. In den Trichter fügt man eine Glocke F mit einer Tille und befestigt sie auf dieselbe Weise im Trichter E. Die Chlorverbindung verdichtet sich in diesem Apparat und bleibt vollständig in demselben. Wie rasch man auch das Chlor einströmen lasse, so wird dasselbe

doch während der ersten $\frac{3}{4}$ der Operation von der thonerdehaltigen Kohle so gut absorbirt, dass das entweichende Kohlenoxyd nicht einmal den Lackmus entfärbt und sich mit Leichtigkeit entzündet. Dieses Gas raucht indessen immer ein wenig wegen einer geringen Quantität von Chlorsilicium, welches von den Wandungen der Retorte herrührt, die von dem Chlor und der Kohle angegriffen werden, ferner von Chlorschwefel und vielleicht, von ein wenig Chlorkohlenoxydgas. Wenn aber die Operation einen guten Verlauf hat, so sind Rauch und Geruch kaum merklich.

Wenn die Glocke F sich füllt, so nimmt man sie ab, um das zusammenhängende und krystallisirte Chloraluminium, welches sie enthält, herauszunehmen, und ersetzt sie zugleich durch eine andere. Die ganze Quantität dieser Chlorverbindung, die ich auf drei Mal herausgenommen habe, betrug 10,150 Kilogramme, ohne die Substanz zu rechnen, welche während der Manipulation verloren gegangen war. In der Retorte E war ungefähr 1 Kilogr. einer Kohle rückständig, die noch mit Thonerde in dem Verhältniss von 2 Theilen Kohle auf 1 Theil Thonerde gemischt war. Dieses beträgt im Ganzen 330 Grammen Thonerde, die von 5 Kilogrammen nicht angegriffen worden war. Die Kohle enthielt eine grosse Quantität von Doppel-Chloraluminium und Kalium, wie auch Chlorcalcium, welche dieselbe zerfliesslich machten. Man sieht, dass bei einer Operation von dieser Art, bis auf einen geringen Verlust, fast sämmtliche Thonerde und sämmtliches Chlor benutzt worden sind. Der Rückstand wurde gewaschen, mit einer neuen Quantität Thonerde vermischt und für eine neue Behandlung angewendet. Eine andere Operation derselben Art hat mir fast 11 Kilogrammen Chloraluminium ergeben.

Fabrikation im Grossen. — Um diesen Versuch in einem grossen Massstab zu wiederholen, habe ich die Mischung von Oel, Kohle und Thonerde durch ein Gemenge von Thonerde und Theer, die tubulirte Retorte durch eine Gasretorte, und die gläserne Vorlage durch eine kleine Kammer aus Backsteinen, mit glasierter Fayence ausgelegt, ersetzt.

Die Thonerde, welche ich anwendete, rührte her von Ammoniakalaun, welcher 19,50 Franken per 100 Kilogr. kostete und 11 Proc. Thonerde lieferte. Die Calcination des Alaunes wurde im Flammofen bewerkstelligt, welcher zu gleicher Zeit die Natriumcylinder enthielt, siehe *Fig. 9*. Man gab den Alaun in die grossen cylindrischen Töpfe, in welchen man zur Darstellung des Beinschwarzes die Knochen brennt. Nachdem der Alaun in lebhafter Rothgluth calcinirt worden, wurde er pulverisirt und mit Steinkohlentheer gemengt, dem man ein wenig pulverisirte Holzkohle zusetzte. Aber dieser Zusatz ist unnütz, wenn man

die Mischung von Theer und Thonerde ein wenig flüssig macht, was bequemer ist. Der gut geschlagene Teig wird in die Töpfe für das Beinschwarz eingetragen, sorgfältig bedeckt und in den Flammofen gebracht. Nachdem die Theerdämpfe aufhören, welche die Temperatur des Gewölbes sehr schnell auf einen äusserst hohen Punkt bringen, nimmt man die Töpfe so bald wie möglich heraus und wendet die thonerdehaltige Kohle, die man darin findet, während sie noch ganz warm ist, an. Diese Kohle ist hart, glänzend und einem Bimsstein ähnlich in ihrer porösen und zerklüfteten Beschaffenheit *); sie enthält Schwefel, Schwefelsäure, ein wenig Eisen, Phosphorsäure in kleiner Quantität, ein ansehnliches Verhältniss Kalk, von Alaun herrührend, in welchem er ohne Zweifel im Zustande des schwefelsauren Kalkes existirte; endlich Kali, welches immer einen Bestandtheil des Kaolins ausmacht, und selbst der Thone, mit welchen man den Alaun darstellt. Der Alaun, den ich anwendete, war indessen rein; da sich aber die fremden Substanzen in der Thonerde concentriren, die nur $\frac{11}{100}$ vom Gewichte des Alauns beträgt, den man calcinirt, so sind ihre Verhältnisse im Rückstande sehr ansehnlich.

Die Chlorgasströmung wurde geliefert durch eine Batterie von 8 Flaschen, von denen jede 45 Liter Salzsäure enthielt; man füllte vier alle 24 Stunden, während die andern vier erkalteten. Eigentlich kam also das Chlor jederzeit nur aus vier Flaschen. Das Gas strömte in bleiernen Röhren, die durch eine Wasserströmung abgekühlt wurden, in eine bleierne Flasche, welche Schwefelsäure enthielt, nahm dann seinen Weg durch eine Flasche von Chlorcalcium, bevor es sich in die Gasretorte begab.

Diese Gasretorte von ungefähr 300 Liter Gehalt war an ihrem offenen Theile dergestalt abgeschnitten, dass ihre Höhe wenigstens 30 — 40 Centimeter vermindert wurde. Sie stand vertical in einer Art von Schlot C *Fig. 12*, wohin die Flamme drang, welche, auf einem andern Herd F erzeugt, durch die Brücke P umgekehrt wurde und um die Retorte herum mittelst eines Schneckenganges K circularte. An ihrem untern Theile besass die Retorte eine viereckige Oeffnung X von 2 Decimeter ins Gevierte, die man durch einen Backstein verschliessen konnte,

*) Diese thonerdehaltige Kohle leitet die Elektrizität ausserordentlich gut, und wenn man Aluminium mittelst der galvanischen Säule darstellen will, so ist sie die beste Elektrode, die man sich wählen kann, denn sie absorbirt das Chlor, welches sich an den positiven Pol begiebt und Chloraluminium herstellt, welches das Bad wieder belebt in dem Masse, als das Aluminium am negativen Pol erzeugt wird. Es ist von der grössten Wichtigkeit, dass die thonerdehaltige Kohle weder Schwefel enthält, was ein starkes und anhaltendes Calciniren der Thonerde erheischt, noch Eisen, welches die Anwendung eines sehr reinen Ammoniakalauns nöthig macht.

der mit den Rändern der Oeffnung durch eine Druckschraube V in Berührung gehalten wurde. Eine Porzellanröhre, welche durch die Wandungen des Ofens lief und in die Retorte bei O eintrat, leitete das Chlor bis in den Mittelpunkt der Schicht von thonerdehaltiger Kohle. Diese Porzellanröhre wurde gegen die Wirkung der Flamme durch einen irdenen Schmelztiegel geschützt, der in seinem Boden ein Loch hatte, durch welches die Röhre ihren Weg nahm. Ausserdem hatte man diesen Schmelztiegel mit einer Mischung von Erde und Sand angefüllt. Die Röhre war an der Retorte und an dem Ofen lutirt mittelst einer Mischung von Ofenerde und Kuhmist. An ihrem obern Theile war die Retorte verschlossen durch eine Platte Z aus feuerbeständiger Backsteinmasse, in deren Mitte man eine viereckige Oeffnung W von 10 — 12 Centimeter ins Gevierte angebracht hatte. Durch diese Oeffnung trug man die Mischung von Kohle und Thonerde ein in dem Masse, als dieselbe verschwand. Endlich gab eine Oeffnung Y 30 Centimeter unter der Platte Z Gelegenheit zum Austreten der Dämpfe, welche ein irdener Schmelztiegel mit abgeschnittenem Boden und durch Lutirung mit dieser Oeffnung verbunden, der Verdichtungskammer L zuführte.

Die Kammer L war ein rechtwinkliches Parallelepipeton, dessen Basis ungefähr 1 Quadratmeter und dessen Höhe 1,20 Meter betrug. Sie hatte mit dem Ofen eine gemeinschaftliche Wand aus Backsteinen, was dazu beitrug, sie auf einer ziemlich hohen Temperatur zu erhalten. Alle andern Wandungen müssen sehr wenig dick sein, aus Backsteinen, kaum mit Mörtel überzogen, bestehen, und die Basis muss auf einem sehr ausgeschweiften Gewölbe ruhen. Das Dach M ist beweglich und aus einer oder mehreren glasierten Fayenceplatten gebildet. Das Innere der Kammer muss ebenfalls mit solchen Platten ausgekleidet sein, welche man über einander legt, um Spalte zu vermeiden; man verbindet sie mit fettem Thonmörtel.

Eine Oeffnung von 2 — 3 Quadratcentimeter, am untern Theile der Kammer angebracht, bringt sie in Communication mit beweglichen hölzernen Röhren, inwendig mit Blei ausgekleidet, wo man eine gewisse Quantität fortgerissenes Chloraluminium findet. Diese Röhren öffnen sich mittelst einer engen Oeffnung in einen gut ziehenden Schlot. Man muss in diesen Röhren einen Schieber anbringen, so dass man mehr oder weniger vollständig die Verbindung des Appenschlotes mit dem Apparate des Chloraluminiums unterbrechen kann.

Bevor man diesen Apparat in Thätigkeit setzt, muss man vor allem mit der grössten Sorgfalt die verschiedenen Theile, besonders die Verdichtungskammer, trocknen, in welche man Ofen stellt, gefüllt mit trocknen und gut in Brand gebrachten Kohlen,

bis die Wandungen aufhören, Feuchtigkeit nach aussen auszuhauchen, und inwendig stark erhitzt sind. Man steigert langsam die Wärme der Retorte, indem man auf den Herd abgeschwefelte Steinkohlen bringt und nach und nach Steinkohlen zusetzt. Die Retorte wird offen gelassen in Z, bis man sie für ganz trocken hält, worauf man sie mit der Mischung von Kohle und Thonerde oder thonerdehaltiger Kohle, die eben calcinirt und fast rothglühend ist, füllt. Man legt alsdann die Platte Z auf und steigert das Feuer, bis die Retorte eine gut charakterisirte düstere Rothgluth überall angenommen hat. Nun lässt man endlich das Chlor eintreten, verschliesst aber nicht die Oeffnung W, und lässt die Gase nicht eher in die Verdichtungskammer dringen, als bis die Chloraluminiumdämpfe an der Oeffnung W sehr reichlich erscheinen.

Wenn die Operation gut im Gange ist, so findet man fast sämmtliches Chloraluminium in einer festen und sehr dichten Masse an der Platte M angesetzt. Ich habe einmal eine Platte herausgenommen, welche gegen 50 Kilogramme wog, und weniger als 1 Decimeter Dicke besass. Dieselbe bestand aus einer Menge grosser, schwefelgelber Krystalle, die in einander geschoben waren und sehr nahe an einander sitzende oder im grössten Theil ihrer Höhe angelöthete Krystalle nachzuahmen schienen.

Als man die Mischung auf eine Höhe von 30 Centimeter der Retorte erschöpft glaubte, öffnete man die Oeffnung X und liess die von Thonerde befreite Kohle niederfallen, trug dagegen durch die Oeffnung Z ein frisches Gemenge ein. Die Aufhäufung erfolgte ganz von selbst, ohne schroffe Bewegungen. Die Wandungen der Retorte wurden sehr schnell angegriffen, wenn man vernachlässigte, die Mischung um die Porzellanröhre herum, welche das Chlor herbeiführte, häufig zu erneuern. Man muss auch die Wandungen der Retorte an der Aussenseite mit einer Lage feuerbeständiger Backsteine an den Punkten ausstatten, wo sie die directe Wirkung der Herdflamme erfährt.

Die verschiedenen Theile dieses Apparates waren sehr schlecht berechnet in meiner Werkstatt zu Javel; denn nach dem Versuche, den ich zu Anfang dieses Artikels beschrieben habe, hätte man für eine Gasretorte, wie die meinige, welche 200 Kilogramme Gemenge enthält, eine Batterie von wenigstens 30 grossen Flaschen haben müssen, welche alle zugleich thätig waren, um ungefähr 250 Kilogramme Chloraluminium zu geben, die zu ihrer Bildung ungefähr 70 Kubikmeter Chlor erbeischen *). Es liegt auf der Hand, dass alsdann die Verdichtungs-

*) Die Verluste an Chloraluminium, die auf Rechnung der Porosität der Retorte kommen; die Verluste an Chlor, die von dem Angreifen der Wandungen mit Bildung von Chlorsilicium herrühren, stehen besonders in einem

kammer in ihren Dimensionen unzulänglich gewesen sein würde. Für Versuche, die eine weit geringere Quantität Chloraluminium erheischten, musste offenbar die Gasretorte ein zu beträchtlicher Apparat sein; denn es ist von Belang, nicht mehr Chloraluminium darzustellen, als man in einem oder zwei Tagen consumiren kann. Dieses Produkt conservirt sich schlecht, und ich habe immer einen grossen Vortheil gehabt, wenn ich es zur Fabrikation des Aluminiums in dem Augenblick anwendete, wo es aus der Verdichtungskammer kam.

Wenn die Fabrikation des Chloraluminiums im guten Gange ist, so darf aus der Kammer kein weisser Dampf entweichen; der Geruch des Kohlenoxydgases ist immer sehr stechend, weil, was sich nicht vermeiden lässt, Chlorsilicium und vielleicht ein wenig Chlorkohlensäure gebildet wird, sobald die Wärme unzulänglich ist. Ich nehme an, dass eine Glasretorte bei angemessener Beschickung wenigstens 2 Monate, wie die meinige, oder höchstens 3 Monate dienen kann. Man muss den verticalen Theil des Ofens so construiren, dass man diese Apparate ohne grosse Kosten leicht ersetzen kann. Man bringt auch im Laufe der Flamme eine grosse Zahl von Oeffnungen an, die mit Backsteinen verschlossen sind, welche man für einen Augenblick herausnimmt, um die Retorte zu besichtigen; jedes Entweichen giebt sich kund durch eine blaue Färbung der Flamme, welche die Gegenwart von Chloraluminium charakterisirt. Man könnte die Risse verstopfen, sobald sie nicht sehr beträchtlich sind, und zwar mit einem Gemenge von kieselsaurem Natron und Amianth.

Reinigung des Chloraluminiums. — Ich habe bis jetzt angenommen, dass man mit vollkommen reinen Substanzen arbeitet. Es ereignet sich manchmal, dass das Produkt selbst nicht rein ist, wegen der Beschaffenheit der Gefässe, die man anwendet, und wegen der Vernachlässigung der vielfältigen Vorsichtsmassregeln, die ich empfohlen habe. Die Chlorverbindung kann alsdann auf eine ganz einfache Weise gereinigt werden. Man erhitzt sie in einem verschliessbaren Gefäss, welches aus irdener Waare, oder selbst aus Gusseisen gefertigt sein kann, mit einer ziemlich grossen Menge kleiner Nägel oder Eisen-Drehspäne. Wenn die Chlorwasserstoffsäure, das Wasserstoffgas und die permanenten

Apparate, wo kein Druck vorhanden ist, mehr im Verhältniss zur Zeit der Reaction, als zur Masse des Chlors. Man müsste auszumitteln suchen, welches die grösste Geschwindigkeit ist, die man dem Chlor geben könnte, ohne dass es in den Schlot verloren geht, und nach diesem Versuch die Zahl der Flaschen der Batterie, oder die Dimensionen der Retorte bestimmen. Gerade dieses ist ein Hauptpunkt.

Um das Product von vier Flaschen in 24 Stunden zu verarbeiten, hätte man die Gasretorte durch eine Zinkretorte mit einem Cylinder von 1 Meter Höhe und 20 Centimeter Durchmesser mit einer Dicke von 3 Centimeter ersetzen können.

Gase den Apparat verlassen haben, so verschliesst man denselben und fährt fort, zu erhitzen, wodurch ein schwacher Druck erzeugt wird, unter dessen Einwirkung das Chloraluminium schmilzt und in unmittelbare Berührung mit dem Eisen tritt. Das Eisenchlorid, welches eben so flüchtig ist, als das Chloraluminium, wird umgewandelt in Eisenchlorür, welches weit beständiger ist, und das Chloraluminium reinigt sich auf eine so vollständige Weise, dass es durch Verflüchtigung in dem Gefässe selbst, wo es gebildet worden, in grossen Prismen krystallisirt (welche gerade Rhomboide zu sein scheinen), die durchsichtig und farblos sind. Eine einfache Destillation in Wasserstoffgas vervollständigt die Reinigung. Weiter unten wird dieses Reinigungsverfahren beschrieben werden, welches in einem grossen Massstabe bei der Darstellung des Aluminiums benutzt wird.

§. 3. Natrium.

Eigenschaften des Natriums. — Man hat sich lange Zeit eine falsche Vorstellung von den Schwierigkeiten gemacht, welche mit der Fabrikation des Natriums verbunden sind; man kannte eben so wenig die so interessanten Eigenschaften dieses Metalles, durch welche es weit geeigneter wird, als das Kalium, eine industrielle Substanz abzugeben. Sein schwaches Aequivalent und der Preis des kohlensauren Natrons, aus welchem es dargestellt wird, hätten schon lange einen Grund abgeben sollen, es dem Kalium vorzuziehen. Als ich aber meine Arbeiten begann, kostete das Natrium ungefähr doppelt so viel, als das Kalium, dessen man sich damals zu chemischen Versuchen und Untersuchungen in den Laboratorien fast ausschliesslich bediente.

In einer Abhandlung, welche am 1. Januar 1855 in den *Annales de Chimie et de Physique* erschienen ist, habe ich mich in dieser Beziehung in folgender Weise ausgesprochen:

„Da das Natrium zur Darstellung des Aluminiums benutzt werden sollte, so glaubte ich seine Darstellung und seine Haupteigenschaften in Bezug auf den Sauerstoff der Luft sorgfältig studiren zu müssen, um mir Rechenschaft über die Schwierigkeiten ablegen zu können, die mit seiner Darstellung verbunden sind, und die Gefahr kennen zu lernen, welche seine Handhabung darbietet. In dieser Beziehung kann das Natrium nicht mit dem Kalium verglichen werden. Letzteres ist so gefährlich, dass, als ich, an die Verwendung des Natriums gewöhnt, dasselbe einmal durch das Kalium ersetzen wollte, bloss das Zerdrücken des Metalles zwischen zwei Papierblättern ausreichend war, um es mit einer Art von Explosion entflammen zu lassen, die selbst für den Versuchsansteller, der damit bekannt ist, sehr zu fürchten bleibt. Man kann ohne Gefahr das Natrium zwischen zwei Papierblättern walzen, es zerschneiden und an der Luft handhaben, sobald die

Finger und die Instrumente nicht nass sind. Eben so kann man es an der Luft weit über seinen Schmelzpunkt erhitzen, ohne dass es Feuer fängt, obschon ich bei dem Versuche, den ich in dieser Beziehung anstellte, Sorge getragen habe, die Oberfläche des Metallkugelchens, dessen langsame Oxydation nur auf Kosten der Feuchtigkeit der Luft zu erfolgen schien, beständig zu erneuern. Endlich bin ich dahin gelangt, zu glauben, dass bloss der Dampf des Natriums entzündbar sei und dass die lebhaftere Verbrennung des Metalles nur bei einer Temperatur erfolge, die noch sehr entfernt von seinem Siedepunkte ist, bei welcher aber die Spannung der Metaldämpfe sehr merklich wird.

„Die Darstellung des Metalles anlangend, ist dieselbe eine der leichtesten Operationen, vielleicht eine der wohlfeilsten unter denen, die man täglich in einem Laboratorium ausführt. Ich muss nun bekennen, dass die guten Resultate, welche im Laboratorium der École Normale erlangt worden sind, wo über die Fabrikation des Natriums zahlreiche Versuche angestellt wurden, grösstentheils den Vorlagen beizumessen sind, welche die Herren *Donny* und *Mareska* vorgeschlagen haben.“

Ich will noch hinzufügen, dass das Natrium zwei wichtige Vortheile gewährt: Es lässt sich gleich ohne Weiteres rein gewinnen, und mittelst eines Handgriffes, den ich erst später auffand, kann man die Kugelchen dieses Metalles mit einander vereinigen und sie wie ein gewöhnliches Metall behandeln, welches man schmelzt und in Berührung mit der Luft giesst. Ich habe auch die Destillation der rohen Produkte der Fabrikation unterlassen können, welche Operation man für nothwendig hielt und die einen Verlust von wenigstens 50 Procent am Ergebniss ohne einen merklichen Vortheil für die Reinheit des Metalles verursachte.

Die Fabrikation des Natriums wird in keiner Weise durch gekohlte und vielleicht stickstoffhaltige, ausserordentlich zur Explosion geneigte Produkte erschwert, welche die Darstellung des Kaliums so gefährlich machen. Ich muss indessen bekennen, dass die Gebrüder *Rousseau*, wenn man das Kalium im Grossen mittelst der Verfahrensart darstellt, die ich im Bezug auf das Natrium beschreiben will, die Gefahren dieser Darstellung, die sie täglich in ihrer Fabrik chemischer Produkte ausführen, merklich vermindert haben.

Angewendete Methode. — Die angewendete Fabrikationsmethode gründet sich auf die Reaction des kohlensauren Alkalis auf die Kohle. Diese von Herrn *Brunner* entdeckte Methode ist nur sehr selten beim Natrium angewendet worden. Was das Kalium anlangt, so bemühte man sich immer, um es durch die Wärme zu zersetzen, eine innige Mischung von Kohle und kohlensaurem Kali zu erhalten, welche aus der Zersetzung eines Kalisalzes

mit einer organischen Säure und hauptsächlich des Weinsteinrahmes herrührte. Das Verfahren des Herrn *Brunner* war in der That sehr schwierig anzuwenden, besonders wegen der Einrichtung der Vorlage, in welcher das Kalium sich verdichten sollte. Erst den Arbeiten der Herren *Donny* und *Mareska* verdankt man die Kenntniss der richtigen Grundsätze, welche bei der Construction dieser Verdichtungsapparate, deren Gebrauch man später finden wird, leitend sein müssen.

Ich will nun die Fabrikation des Natriums beschreiben, indem ich mich successiv mit den verschiedenen Theilen der Operation beschäftigen werde.

Zusammensetzung der Mengungen. — Die Mengung, die man in den Laboratorien anwenden kann, und die mir treffliche Resultate geliefert hat, war in folgender Weise zusammengesetzt:

| | |
|---------------------------|-------|
| Kohlensaures Natron . . . | 717 |
| Holzkohle | 175 |
| Kohlensaurer Kalk . . . | 108 |
| | 1000. |

Man nimmt getrocknetes kohlensaures Natron, Kohle und pulverisirte Kreide und macht mit Oel daraus einen Teig, den man in einer abgeschnittenen Quecksilberflasche calcinirt, die als Schmelztiegel dient und die man auf angemessene Weise verstopft.

Statt der Holzkohle kann man Steinkohle anwenden und bedient sich dann der folgenden Dosirung:

| | |
|-----------------------|----|
| Kohlensaures Natron . | 20 |
| Steinkohle | 9 |
| Kreide | 3 |

Kohlensaures Natron. — Das kohlensaure Natron erhält man von Natronkrystallen, die stark getrocknet und ziemlich fein zerrieben worden sind. Alle Versuche, die ich angestellt habe, um die Natronkrystalle durch das Natronsalz zu ersetzen, haben mir immer schlechte Resultate geliefert oder den Apparaten schlimme Nachtheile gebracht. Ich kann mir diese Thatsachen nicht erklären, aber sie ist erwiesen, und ich habe sie aus einer grossen Zahl von Versuchen *) abgeleitet. Soll eine Mengung gut sein,

*) Alle Versuche, welche ich seit dem Augenblick angestellt habe, wo ich diese Bemerkung in meiner Abhandlung vom Jahr 1856 niederschrieb, haben dieselbe bestätigt. Es hat sich mir erwiesen, dass die Ersparniss, die ich an einer Substanz, wie das kohlensaure Natron, machte, dessen Preis hauptsächlich nach dem Grade seines Gehaltes variirt und der im Bezug auf den Preis des Natriums verhältnissmässig sehr gering ist, vernichtet wird durch eine Verminderung von wenigstens $\frac{1}{5}$ im Ergebniss an Natrium. Leider findet Verminderung des Ertrages von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ statt, wenn man das Natronsalz den getrockneten Natronkrystallen substituirt.

so darf sie bei der Temperatur, in welcher das Natrium dargestellt wird, nicht in solchem Grade schmelzen, dass sie flüssig wird und die freie Entbindung der Gase verhindert. Sie darf indessen den teigigen Zustand annehmen, so dass sich auf der untern Wandung des eisernen Gefässes, in welchem man sie erhitzt, beständig abformt. Die beträchtliche latente Wärme, welche das Kohlenoxyd und das Natrium erheischen, um sich im gasförmigen Zustande zu entbinden, ist eine Ursache der Erkältung, welche die Verbrennung des Eisens der Apparate verhindert. Wenn man Natronsalz in die Mengung bringt, so schmilzt dieselbe immer, wie auch ihre Zusammensetzung beschaffen sein mag; die Gase bewirken darin eine Art von Wallen, und die Arbeiter sagen, dass die Apparate speien. Dieses ist nun der Charakter einer sehr schlechten Mengung.

Steinkohle. — Die Steinkohle muss trocken sein und eine lange Flamme geben. Die Steinkohle von Charleroi ist trefflich, und diese habe ich ausschliesslich angewendet. Die Steinkohle wirkt hier reducirend, und zu gleicher Zeit liefert sie fast während der ganzen Operation wasserstoffhaltige Gase und zuletzt sogar reines Wasserstoffgas, welche Gase dazu beitragen, den Natriumdampf rasch in die Vorlagen zu führen und das verdichtete Metall vor der zerstörenden Wirkung des Kohlenoxyds zu schützen. Einen ähnlichen Dienst leistet die Steinkohle bei der Zinkfabrikation.

Kreide. — Die Kreide, welche ich angewendet habe, ist diejenige von Meudon, nachdem sie an den oberen und Seitentheilen des Flammofens getrocknet worden war, in welchem ich das Natrium fabricirte.

Die Rolle der Kreide ist sehr leicht zu begreifen. Das Natrium muss sehr rasch aus dem Apparate fortgeführt werden, weil dieses Metall die Eigenschaft besitzt, das Kohlenoxyd zu zersetzen, in dessen Mitte es sich bildet, sobald nicht die Temperatur entweder sehr niedrig, oder sehr hoch ist, und hauptsächlich wenn das in sehr kleine Kügelchen zertheilte Natrium der zerstörenden Wirkung des Gases eine grosse Oberfläche darbietet. Die Metalldämpfe müssen also rasch in die Vorlage geführt werden, wo sie sich im flüssigen Zustande verdichten müssen, nicht aber in einem Zustande, welcher sich mit Schwefelblumen vergleichen lässt, wo das Metall wegen seiner Zertheilung sehr oxydirbar ist. Ein rascher Gasstrom, selbst von Kohlenoxyd, beschleunigt den Eintritt der metallischen Dämpfe in die Vorlage, die sich durch das rasche Zuströmen der Gase warm erhält und die Vereinigung der Natriumkügelchen erleichtert. Auch bei der Natriumfabrikation in der Glacière und zu Nanterre wurde eine Vorschrift angewendet, in welcher das Kreidever-

hältniss keineswegs vermindert, vielmehr erhöht worden war. Diese Vorschrift war nämlich folgende:

| | | |
|-----------------------|----|---------|
| Kohlensaures Natron . | 40 | Kilogr. |
| Steinkohle | 18 | - |
| Kreide | 9 | - |
| | 67 | - |

Diese Quantität der Mengung kann 9,400 Kilogr. geschmolzenes und in Barren gegossenes Natrium geben, ohne das zertheilte und mit fremden Substanzen vermischte Metall zu rechnen, aus denen sich noch eine gute Quantität Metall gewinnen lässt, welche die Arbeiter Krätze zu nennen pflegen. Man erhält also an Natrium $\frac{1}{4}$ vom Gewichte der Mengung oder $\frac{1}{4}$ vom Gewichte des angewendeten kohlensauren Natrons.

Anwendung dieser Substanzen. — Das kohlensaure Natron, die Steinkohle und die Kreide müssen pulverisirt und gesiebt, mit der Hand gemengt und von Neuem gesiebt werden, so dass eine sehr innige Mengung entsteht. Ist die Mengung einmal vollendet, so muss sie so bald wie möglich benutzt werden, so dass sie keine Feuchtigkeit anziehen kann.

Man kann diese Mengung so, wie sie in den Apparaten ist, wo sie das Natrium liefern soll, eintragen, oder man kann sie auch vorläufig calciniren, so dass ihr Volumen beträchtlich vermindert wird und ein weit grösseres Gewicht derselben von den nämlichen Gefässen aufgenommen werden kann. Ich glaube, dass, wenn man diese Calcination mit Oekonomie bewerkstelligen kann, z. B. mit der verloren gehenden Wärme eines Ofens, man von dieser Operation jederzeit Gewinn hat, obschon sie, wie ich bekennen muss, nicht unerlässlich ist. Man wird indessen leicht den Nutzen beurtheilen können, den man daraus unter gewissen Umständen zu ziehen vermag, und zwar aus folgendem Beispiel:

Man fülle eine Quecksilberflasche mit nicht calcinirter Mengung und trage etwas mehr, als 2 Kilogramme derselben ein; in eine andere Flasche gebe man eine Mengung, die in solchem Grade calcinirt worden, dass sie teigig geworden, und selbst begonnen hat, Natrium auszugeben. Wenn die Verminderung des Volumens der Mengung beträchtlich ist, so kann man bis zu 3,600 Kilogr. Mengung eintragen, und diese beiden Flaschen, in demselben Feuer erwärmt und ziemlich gleich lange Zeit, werden Natriumquantitäten liefern, welche den angewendeten Natronquantitäten proportional sind. Bei diesem Verfahren konnte ich mit Hülfe eines trefflichen Arbeiters, welcher die Flaschen ziemlich zu vier Operationen zu benutzen verstand, sehr schönes Natrium zu dem äusserst wohlfeilen Preis von 9,25 Franken das Kilogramm bekommen.

Bei der Natriumfabrikation durch ununterbrochene Verfah-

rungsarten, wo die Mergungen rothglühend in die Apparate kommen, wird diese vorläufige Calcination eine sehr wohlfeile Operation sein.

Reductionsapparate, Verdichtungsapparate des Natriums und Heizapparate. — Herr Brunner hat den glücklichen Gedanken gehabt, die Quecksilberflaschen zur Fabrikation des Kaliums anzuwenden; auf diese Weise befindet sich der Reductionsapparat in den Händen aller Chemiker und um einen so niedrigen Preis, dass man ohne Mühe und überall Kalium darstellen konnte. Die Quecksilberflaschen eignen sich ebenfalls zur Darstellung von Natrium, und die Natriumquantitäten, welche man in diesen Apparaten bekommen kann, die Leichtigkeit, mit welcher man sie heizt, sind von der Art, dass man sie schon lange zu einer industriellen Fabrikation hätte benutzen können, wenn nicht zwei Umstände vorhanden wären, die den Preis derselben mit jedem Tage zu erhöhen geeignet sind. Seit einiger Zeit sendet man nach Australien und nach Californien eine grosse Zahl von Flaschen für die Goldsucher; ausserdem haben die ziemlich beträchtlichen Quantitäten derselben, welche in den letzten Jahren für die Darstellung des Natriums consumirt worden sind, die Zahl derselben in Paris in solchem Grade vermindert, dass der Preis derselben von 50 Centimen oder 1 Frank rasch bis auf 2,50 Franken oder 3 Franken gestiegen ist. Man musste also daran denken, diese Apparate zu ersetzen und an ihre Stelle Röhren von grösserer Dimension treten zu lassen, die übrigens den Vortheil gewähren, für eine ununterbrochene Fabrikation benutzt werden zu können. Ich will zuerst damit beginnen, die Erzeugungsmethode in Quecksilberflaschen mitzuthellen, die in den Laboratorien benutzt werden kann, und will dann die Versuche beschreiben, welche die Reduction des kohlensauren Natrons in eisernen Cylindern von grosser Dimension gestatten.

1) *Fabrikation in Quecksilberflaschen.* — Der Apparat besteht aus dem Ofen, der Quecksilberflasche, welche man darin erwärmt, und der Vorlage für die Verdichtung des Natriums.

Die Form des Ofens ist vollkommen bekannt: Derselbe ist eine parallelepipedische Kufe C, C *Fig. 3.*, deren Wandungen aus feuerbeständigen Backsteinen bestehen und deren Rost G aus beweglichen eisernen Stäben bestehen muss, und die mit ihrem obern Theile mit einem gutziehenden Schlot in Verbindung steht. Der Kanal F, welcher den Ofen mit dem Schlote in Verbindung setzt, muss mit einem Schieber R versehen sein, der gut schliesst und an dem obern Theile der Kufe an einem solchen Punkte sich öffnen muss, dass der Mittelpunkt der Oeffnung sich auf der Axe der Figur der Kufe befindet. Der Zug vertheilt sich auf diese Weise so gleichmässig wie möglich auf die verschiedenen Punkte des Rostes. Man trägt die Coaks mittelst zweier Seiten-

öffnungen ein, die in O im Verbindungspunkte des Kanales F mit der Kufe C an jeder Seite des Ofens angebracht sind. Für diesen Zweck braucht man nur einen der Backsteine des Daches der Kufe freizulassen. Indem man diesen Backstein herausnimmt und successiv wieder einsetzt, öffnet und schliesst man den Ofen. Es ist auch gut, eine Oeffnung von 10 Centimeter über dem Roste anzubringen, um die Kohle unter die Flasche hinabtreten zu lassen und den Raum zwischen dem Rost und der Flasche mit Brennmaterial genau gefüllt zu erhalten, um das Verbrennen des Eisens zu verhindern. Vorn im Ofen befindet sich eine vier-eckige Oeffnung P, mit einer dicken gusseisernen Platte versehen, in welcher sich ein Loch befindet, aus welchem die Röhre T aus dem Ofen heraustreten kann.

Die Quecksilberflasche B wird in der Kufe von 2 feuerbeständigen Backsteinen K getragen, die an ihrem obern Theile in Gestalt eines Cylinders zugeschnitten sind, auf welchem die Flasche ruht und auf eine sichere Weise getragen wird. Diese Backsteine müssen 20 Centimeter Höhe haben, damit zwischen dem Rost und der Flasche der angemessene Abstand sei. Die *Fig. 3.* giebt ganz deutlich die Dimensionen dieses Ofens in einem verticalen Aufriss. In der horizontalen Richtung muss man eine solche Weite anbringen, dass zwischen der Flasche und den Wandungen der Kufe 12 Centimeter Abstand bleiben. Ich muss noch bemerken, dass diese Dimensionen mit der Stärke des Zuges im Schlote und mit der Beschaffenheit des anzuwendenden Brennmaterials ein Wenig variiren müssen. Man kann den Ofen ein Wenig enger machen, wenn der Zug sehr stark ist und die Coaks sehr dicht sind.

Die eiserne Röhre T, welche aus einem Flintenlaufe gefertigt werden kann, wird mit einer Schraube in der Flasche befestigt oder indem man sie blos mit Reibung in dieselbe einschleibt, sobald sie nur fest genug in derselben sitzt. Man giebt ihr ungefähr eine Länge von 5 — 6 Centimeter, und sie darf aus dem Ofen kaum 8 — 10 Millimeter hervorragen. Dieser Theil muss conisch gemacht werden, damit man ihn in die Oeffnung der Vorlage S leicht eintreten lassen kann.

Die Vorlage hat die in *Fig. 4* angegebene Form und ist bis auf geringe Differenzen so construirt, wie die Herren *Donny* und *Mareska* angegeben haben. Ich habe alles gethan, um diesem Apparate die ganze Vollendung zu geben, deren er bedarf, und gegenwärtig, wo eine lange Erfahrung mich über alle Vortheile belehrt hat, die ich in Anwendung gebracht habe, um ihn bequemer und handlicher zu machen, finde ich ihn bis auf sehr Weniges fast identisch mit dem trefflichen Apparate, welchen jene Autoren beschrieben haben. Ich muss indess bemerken, dass die sehr geringen Differenzen, die ich näher angeben will,

ganz unerlässlich beibehalten werden müssen, wenn die Vorlage bei der Fabrikation des Natriums die bestmöglichen Resultate geben soll; denn hier kann und muss man sich derselben ganz anders bedienen, als wenn es sich darum handelt, Kalium darin zu verdichten.

Man nimmt zwei Eisenblechtafeln von 2 — 3 Millimeter Stärke und schneidet sie so zu, dass sie die in *Fig. 4* angezeigte Form erhalten. Die eine von ihnen A' bleibt eben bis in die Umgebungen des Punktes C, wo man, indem man das Blech mit dem Hammer treibt, einen halbcylindrischen Hals von 25 Millimeter innerm Durchmesser bildet. Dieser Cylinder vereinigt sich mit der ebenen Oberfläche A' mittelst einer conischen Oberfläche, die man so kurz wie möglich macht, so dass, wenn man die beiden Platten mit einander verbindet, man einen Cylinder hat, der in einen abgestutzten Kegel ausläuft, welcher in Verbindung steht mit den parallelepipedischen Zwischenraume, der zwischen den beiden Platten besteht. Die *Fig. 5* stellt diese Einrichtung mittelst eines Durchschnittes dar nach einer Ebene, welche durch die gemeinschaftliche Axe des Kegels und des Cylinders und senkrecht zur Oberfläche der Platten läuft. Es muss ein Zwischenraum zwischen den beiden Platten bestehen. Für diesen Zweck hebt man die Ränder der Platte A empor, um eine Vorragung von 5 — 6 Millimeter zu bewirken; man glättet mit der Feile diese umgeworfenen Ränder und die Oberfläche der Platte A', damit, wenn man sie über einander legt, die Theile des Bleches, welche mit einander in Berührung sein müssen, gut auf einander passen, und damit der Raum zwischen den beiden Platten gut geschlossen sei, ausser in D und D', wo der Apparat ganz offen ist, wie sich aus *Fig. 6* ergibt, welche die hintere Seite desselben zeigt.

Die *Fig. 7* stellt eine andere Einrichtung der Vorlage dar, deren ich mich bediene, wenn ich das Natrium in derselben so lange sich anhäufen lassen will, bis dieselbe gefüllt ist. Der in D D' offen gebliebene Raum ist hier durch einen umgeworfenen Rand der Platte A geschlossen, ausser in O, wo dieser umgeworfene Rand fehlt und eine Oeffnung lässt, durch welche die Gase der Reaction entweichen.

Die vernünftigste Einrichtung dieser Apparate und die ich hier nur anzeigen will, würde in einer gewöhnlichen Vorlage bestehen, deren unterer Theil J *Fig. 8*, statt horizontal zu sein, wie bei der eben beschriebenen Vorlage, vielmehr so geneigt wäre, um dem Natrium zu gestatten, aus einer kleinen Oeffnung O' zu entweichen, die man hier anbrächte, während die Gase an dem obern Theile durch eine andere etwas grössere Oeffnung O entweichen könnten *).

*) Ich habe mich zu Javel einer gusseisernen Vorlage bedient, deren ge-

Die beiden Platten der Vorlage werden durch zwei starke Druckschrauben, angemessen angebracht V, V *Fig. 3*, in Berührung mit einander gehalten.

Um das Natrium zu fabriciren, beginnt man damit, die Flaschen mit der Mengung vollständig zu füllen; man setzt in dieselben die Röhre T ein und bringt alles in den Ofen, wo man vorläufig die beiden Unterstüzungen K, K *Fig. 3* angebracht, und den man mit brennenden Coaks gefüllt hat, so dass sie eine Schicht Brennmaterial bilden, die unter der Flasche gut angebracht ist; man trägt kalte Coaks ein und öffnet das Register. Die Gase, welche aus der Flasche entweichen sind reichlich, gelb gefärbt und geben nach einer halben Stunde einen weissen Rauch von kohlensaurem Natron, welches an die Gegenwart des Natriums in den Gasen glauben zu lassen scheint. Man darf jedoch noch nicht die Vorlage mit der Flasche verbinden, sondern man muss warten, bis man wahrnimmt, wenn man ein Stäbchen kaltes Eisen in das Rohr T bringt, dass sich Natrium ansetzt, welches sodann an der Luft brennt. Wenn man die Vorlagen angelegt hat und der Zug gut ist, so entbindet sich das Natrium schnell, die Vorlagen erhitzen sich hinlänglich, um das verdichtete Natrium am Ende D ausfliessen zu lassen; man nimmt es in einer gusseisernen Pfanne L auf, in welche man ein Wenig nicht sehr flüchtiges Schieferöl gegeben hat.

Wenn, nach Verlauf einer gewissen Zeit, die Vorlage sich verstopft, so ersetzt man sie durch eine andere, die man vorher auf 200 oder 300° C. über dem Ofen erhitzt. Wenn man die verschlossenen Vorlagen anwendet, so wartet man, bis sie so voll Natrium sind, dass z. B. das Metall bei O *Fig. 7* ausfliesst, und nachdem man sie abgenommen hat, taucht man sie in einen gusseisernen Kasten, der voll Schieferöl ist, welches bis auf 150° C. erwärmt worden ist. Das Natrium schmilzt auf dem Boden des Kastens, und am Ende des Tages nimmt man es mit einem Schaumlöffel heraus. Dieser Kasten und das Oel, welches derselbe enthält, sind bald erwärmt und werden bei einer guten Temperatur erhalten durch die Vorlagen, welche man jeden Augenblick in dieselben eintaucht. Der Kasten muss mit seinem Deckel versehen sein, damit man ihn für den Fall, wo das Schieferöl Feuer fangen sollte, bedecken kann. Das Erlöschen erfolgt so plötzlich, dass dieser Umstand gar keine Gefahr bringt. Es ereignet sich auch der Fall, dass in dem Augenblick, wo man die Vorlagen in das Oel tauchen will, sie sich durch

ring modificirte Gestalt und Dimensionen ausschliesslich zur Fabrication des Natriums zu Nanterre dienen. Dieselbe wird etwas weiter unten in dem Artikel beschrieben werden, welcher unsere gegenwärtigen Verfahrungsarten begreift.

eine ihre Oeffnungen von selbst entleeren. Das Natrium fliesst alsdann an der Luft, ohne sich zu entzünden, und man hat weiter nichts zu thun, als die Vorlage zu reinigen, ehe man sich ihrer von Neuem bedient *).

Wenn die Fabrikation im guten Gange ist, so erhält man nur reines Natrium; die gekohlten Substanzen, welche auf eine so belästigende Weise die Darstellung des Kaliums begleiten, finden sich gewissermassen bei dieser Operation nicht mehr vor. Bevor man indessen von neuem eine Vorlage anwendet, die schon benutzt worden ist, stellt man sie auf einen gusseisernen Rahmen, der auf eine angemessene Weise über einer Schaafe, welche in einer Dicke von einigen Centimetern Schieferöl enthält, aufgestellt ist. Man beschabt die Platten der Vorlage mit einem Kalkmeissel, welcher mit einem langen hölzernen Stiele versehen ist; man passt sie an einander und erhält sie in Berührung durch zwei Druckschrauben, worauf sie von Neuem für den Gebrauch geeignet sind.

Von Zeit zu Zeit sammelt man die Substanz, welche von dem Beschaben der Platten herrührt, bringt sie in eine Quecksilberflasche, die man zuvor gelinde erwärmt, um das destillierende Schieferöl zu sammeln, welches man in einer andern erkälteten Quecksilberflasche verdichtet. Man steigert nun die Feuerung, legt die Vorlagen an und führt die Operation, wie eine gewöhnliche Reduction. Diese Destillation ist sehr fruchtbringend und liefert viel Natrium.

Das rohe Natrium ist vollkommen rein und löst sich im absoluten Alkohol ohne Rückstand; man erhält es häufig in Massen von mehr als 500 Grammen. Man schmelzt es und giesst es in Gussformen, wie es bei dem Blei oder bei dem Zink zu geschehen pflegt. Es ist kein Beispiel vorhanden, dass bei dieser Operation, die ich häufig wiederholt habe und die täglich vorkommt, auch nur ein einziges Mal eine Entzündung des Natriums vorgefallen wäre. Man muss sich nur entfernt vom Wasser halten.

Die Reduction des kohlsauren Natrons und die Erzeugung des Natriums sind leichte Operationen, auf welche man aber nach dem, was man von der Fabrikation des Kaliums weiss und was darüber in den Lehrbüchern der Chemie gesagt ist, so wenig vorbereitet ist, dass man in der Regel erst einen guten Erfolg erlangt, nachdem man einige Zeit lang experimentirt hat. Wenn diese Operationen misslingen, so liegt der Grund davon immer darin, weil man zu grosse Vorsichtsmassregeln in Anwendung

*} Diese Methode, die einen grossen Oelverlust herbeiführt, ist ganz aufgegeben worden in Folge der Versuche, welche in der Glacière und zu Nanterre angestellt worden sind.

gebracht hat. Die Reduction muss rasch bewerkstelligt werden, so dass eine Flasche, welche mit 2 Kilogr. Mengung besetzt ist, ungefähr in zwei Stunden erhitzt und ausgeleert sein muss. Man darf die Operation nicht über den Augenblick hinaus verlängern, wo man bemerkt, dass die gelbe Flamme, welche aus den Vorlagen kommt, schwächer zu werden anfängt. Man würde die Quecksilberflasche zu reinem Verlust verbrennen und in derselben einen Rückstand finden, welcher kaum etwas Anderes als Kalk und Kohle enthält.

Die nothwendige Temperatur zur Reduction des kohlensauren Natrons durch die Kohle ist nicht so hoch, als man sich bis jetzt eingebildet hat. Unsere Flaschen werden nach der Meinung eines der erfahrensten Männer in diesem Punkte, nämlich des Herrn *Rivot*, der die Güte gehabt hat, meinen Versuchen beizuwohnen, nicht stärker erhitzt, als die Retorten von *Vicille-Montagne*, welche im mittlern Theile des Zinkofens stehen. Ich bin sogar in Folge dieser Bemerkung veranlasst worden, einen Versuch mit gusseisernen Flaschen zu machen, welche, wie ich bekennen muss, der ersten Anwendung der Wärme nicht widerstanden haben *), ohne Zweifel, weil sie nicht gegen die oxydierende Wirkung des Herdes durch eine Lutirung oder eine Umhüllung geschützt waren. In allen Fällen würde man mit Flaschen von entkohltem Gusseisen nach der Methode, welche man gegenwärtig bei der Fabrikation des hämmerbaren Gusseisens anwendet, ziemlich sicher auf einen gelungenen Erfolg rechnen dürfen.

Ich will noch hinzusetzen, dass die Reductionstemperatur mit der Beschaffenheit des kohlensauren Natrons und der Zusammensetzung der Mengung sehr variirt, wie aus einer grossen Zahl misslungener Versuche hervorgeht, welche in dieser Richtung angestellt worden sind. Die Quecksilberflaschen, welche direct ohne Umhüllung erhitzt werden, müssen für 3 oder 4 Operationen dienstbar bleiben, wenn sie einem guten Arbeiter anvertraut sind. Uebrigens hängt der Erfolg dieser Fabrikation einzig von der Geschicklichkeit und Erfahrung des Arbeiters ab, welcher den Gesteignispreis des Natriums durch die Art und Weise, wie er sein Feuer regiert, vom Einfachen bis zum Doppelten variiren kann.

2) *Ununterbrochene Fabrikation des Natriums in Cylindern.* — Man sollte glauben, dass, wenn man in einem gleichen Verhältniss und in allen ihren Theilen die Dimensionen der Apparate

*) Man kann Natrium in einem nicht geschützten gusseisernen Apparat erhalten, aber von dem Augenblicke an, wo die Entbindung rasch wird, beginnt das Gusseisen zu schmelzen, weil die Temperatur, die zur raschen Erzeugung des Natriums in Gefässen von kleinem Volumen erfordert wird, hinlänglich ist, um die Zerstörung der Apparate herbeizuführen.

vergrössert, die ich beschrieben habe, man auf leichtem Wege dahin gelangt sei, mit einem Male eine grössere Quantität Natrium zu produciren. Diese Meinung, welche sich mir zuerst darbot, ist die Ursache vieler fruchtloser Versuche gewesen, auf deren Einzelheiten ich nicht eingehen will; aber ich muss im Voraus bemerken, dass für den Erfolg einer Operation, wie diejenige, welche ich beschreiben will, nichts nachtheiliger sein würde, als die Vernachlässigung eines einzelnen Umstandes der Construction oder einer Vorschrift, die auf den ersten Blick unbedeutend erscheinen könnte, aber deren Nothwendigkeit mir immer, wovon man überzeugt sein kann, durch einen übeln Zufall in der Fabrikation zur unerlässlichen Bedingung geworden ist. So wird man es vielleicht wenig vernünftig finden, dass ich, bei fünfmal grösseren Reductionsapparaten, dieselben Entbindungsröhren und die Vorlagen von derselben Dimension, wie für die Operation in Quecksilberflaschen, beibehalten habe. Aber ich bin nicht eher dahin gelangt, diese beschränkten Dimensionen anzunehmen, als nachdem ich vergebens die Anwendung von Röhren und von Vorlagen aller Dimensionen versucht hatte, und es ist für den Erfolg der Operation von Vortheil, dass sich die Sache so verhält; denn es würde für die Arbeiter sehr lästig sein, der Flamme des Natriums gegenüber, voluminöse und schwere Apparate zu handhaben, die gerade dadurch gefährlich würden.

Die Mengung von Kohle und von kohlsaurem Natron wird auf die bereits beschriebene Weise bewerkstelligt; ich muss nochmals bemerken, dass ein starkes Calciniren dieser Substanzen hier einen sehr beträchtlichen Vortheil gewährt, nicht weil es dadurch möglich wird, ein grösseres Gewicht der Mengung auf einmal in die Apparate einzutragen, sondern weil auch die Mengungen weit dichter sind und nicht im Zustande vom Pulver aus dem Apparate herausgenommen und durch die heftig erhitzten Röhren, in welche man die Mengung einträgt, ausgestossen werden können. Man könnte dieselben sogar nach Massgabe des Bedürfnisses calciniren und sich ihrer bedienen, um damit die Röhren zu füllen, während sie noch rothglühend sind. Wenn man sich nichtcalcinirter oder kalter Mengungen bedient, so füllt man damit Patronen aus grobem Papier oder aus Leinwand von 8 Centimeter Durchmesser und 35 Centimeter Länge.

Die Röhren T *Fig. 10*, deren ich mich bediene, sind gezogen und in der Fabrik des Herrn *Gandillot* gelöthete Röhren. Sie haben 120 Centimeter Länge und 15 Centimeter Durchmesser im Lichten. Ihre Dicke beträgt 10 — 12 Millimeter. Wenn sie geliefert werden, sind sie an einem Ende verschlossen und am andern offen. Die eiserne Platte P, welche diese Röhren verschliesst, hat ungefähr 2 Centimeter Dicke; man durchbohrt

sie an einem ihrer Ränder und ganz nahe an der Wandung des Cylinders mit einem Loche *), in welches man mit einer Schraube oder mit starker Reibung eine eiserne Röhre L eintreten lässt von 5 — 6 Centimeter Länge, von 15 — 20 Millimeter Durchmesser im Lichten und in Gestalt eines Kegels auslaufend, um eine Vorlage aufnehmen zu können, ganz so, wie ich sie bereits beschrieben habe. Die weite Oeffnung der Röhre wird durch einen eisernen Stöpsel O verschlossen, der in einen Haken ausläuft. Durch diese Oeffnung nun wird die Mengung eingetragen.

Diese eisernen Röhren dürfen nicht, wie die Quecksilberflaschen, über freiem Feuer erhitzt werden; man muss sie mit einer Widerstand gewährenden Lutirung versehen, die man alsdann mit einem irdenen feuerbeständigen Muff von 1 Centimeter Dicke, 22 Centimeter Durchmesser im Lichten und einer Länge umgiebt von 1,20 Meter, welche der Länge der Röhren gleichkommt. Man fängt damit an, die Röhre mit einer Mengung von grauem Thon und Ofenerde zu gleichen Theilen zu überziehen, die man innigst mit Wasser und durch Kneten mit Sand von Fontainebleau in beträchtlicher Quantität verbindet; man bringt den Sand nach und nach in den Teig und hört nicht eher auf, als bis letzterer alle Plasticität verliert; man kann noch ein wenig Pferdemist hinzufügen. Herr *Balard* hat mir den Rath gegeben, Alles noch mehr auf die Weise zu befestigen, dass man um den noch weichen Teig schwachen Eisendrath wickelt, was allerdings eine sehr gute Wirkung hervorbringen muss. Man trocknet die Lutirung langsam, setzt dann die so verwahrte eiserne Röhre in den Muff aus feuerbeständiger Erde ein und füllt den Raum zwischen der Röhre und dem Muff genau mit pulverisirtem und stark eingestampftem feuerbeständigen Backstein, endlich bringt man auch die Lutirung auf die eiserne Platte P so, dass das Eisen in der Flamme nirgends entblöst ist.

Der Ofen, dessen ich mich bediene und dessen Anwendung ich nicht ohne wichtige Modificationen empfehle, weil er mir nicht alle Bedingungen einer leichten und ökonomischen Heizung zu erfüllen scheint, ist ein Flammofen, von welchem die Figuren 9 und 10 eine genaue Vorstellung geben können. Der Rost und der Herd sind in zwei gleiche Theile durch eine kleine Mauer aus feuerbeständigen Backsteinen von 40 — 50 Centimeter Höhe getheilt, auf welcher der mittlere Theil der Reductionscylinder aufrucht, wodurch zwei besondere Herde entstehen, auf welche man die Kohle durch zwei seitenständige Oeffnungen K einträgt. Diese Oeffnungen sind geschlossen durch das Brennmaterial, welches man auf einem davor angebrachten Tischchen M aufschichtet.

*) Dieses Loch muss so angebracht werden, dass die Löthung sich später am obern Theile der einmal in den Ofen gelegten Röhre befindet.

Sie sind in einer solchen Höhe angebracht, dass man die Kohle auf den Rost 20 Centimeter hoch aufschichten kann. Es findet also zwischen dem Brennmaterial und den Cylindern ein Abstand von ungefähr 30 Centimetern statt, welcher unzulänglich ist, um eine gute Wirkung mit Steinkohle allein zu erlangen. Die Heizung wurde in der That auch bewerkstelligt mittelst einer Mischung von ungefähr gleichen Theilen Coaks und Steinkohle. Eine Brücke A, deren Höhe ein wenig über das obere Niveau der Cylinder reicht, gab der Flamme Verticalität, und das sehr gedrückte Gewölbe V bewirkte, dass die Flamme um die Cylinder herum circularte. Man hätte leicht und ohne Vermehrung des Aufwandes an Brennmaterial über die beiden ersten Cylinder einen dritten legen können, der so viel Hitze erhalten hätte, als eben nothwendig war.

Der Flammofen F bekam auf seine Sohle die zu calcinirenden Mergungen in gusseisernen oder irdenen Töpfen, je nach der Beschaffenheit dieser Mergungen, ferner die Schmelztiegel, welche das mit Schlacken verunreinigte Aluminium etc. enthielten. Wenn jeder Ofen Tag und Nacht für die Natriumfabrikation im Gange war, so stieg die Temperatur auf der Sohle derselben bis zur hellen Kirschrothgluth, und die Erfahrung lehrt mich, dass man neue Reductionscylinder hätte einsetzen können, die sicherlich hinlänglich erhitzt worden wären, nachdem die Feuerung in demselben vollständig war *).

Alles was ich über die Fabrikation des Natriums in Quecksilberflaschen gesagt habe, leidet auch Anwendung auf die Fabrikation in Cylindern. Die einzige Differenz besteht in dem Eintragen und Ausleeren, und ich habe weiter nichts hinzuzufü-

*) „Die beste Einrichtung, die man versuchen könnte dem Ofen zu geben, würde diejenige des Puddle-Ofens sein, dessen Abbildung in dem Atlas zum *Traité de Chimie de M. Dumas Pl. LXVI Fig. 2.* gegeben ist. Die Sohle müsste rechtwinklig, und die Höhe der Plattform der Brücke über dem Rost müsste vermindert werden. Die Sohle selbst müsste im Verhältniss zur Brücke höher zu liegen kommen und Unterstüzungen aus feuerbeständigen Backsteinen von verschiedenen Höhen bekommen, auf welche man Cylinder setzen könnte. Letztere wären im Quincunx auf zwei horizontalen parallelen Ebenen geordnet, und das sehr gedrückte Gewölbe würde dann die Flamme nöthigen, auf gleiche Weise alle Punkte ihrer Oberfläche zu belecken. Die vertikalen Wandungen des Ofens müssten angemessen durchbrochen sein, um dem Boden der Cylinder und den Entbindungsrohren für den Natriumdampf Durchgang zu gewähren. Die Erfahrung allein könnte die Zahl der Cylinder bestimmen, welche mit den Herden einer gegebenen Oberfläche geheizt werden könnten“.

Dieser Plan, den ich hier aus meiner Abhandlung von 1856 entnommen habe, ist in der Fabrik der Glacière ausgeführt worden. Wir haben uns überzeugt, dass diese Art der Heizung trefflich und sehr regelmässig sei. Ich werde weiter unten auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen.

gen, als einige bei dieser Operation anzuwendende Vorsichtsmassregeln.

Man füllt die Mengung in Patronen von Leinwand oder Papier; ist dieselbe nicht calcinirt, so kann man nicht mehr als 9 — 10 Kilogramme auf einmal erhitzen; wenn aber eine starke Calcination vorausgegangen und die Dichtigkeit dieser Mengung vermehrt ist, so kann man diese Quantität zum Nutzen der Operation verdoppeln.

Man verschliesst mit dem Stöpsel O, den man ein Wenig beweglich zu lassen Sorge tragen muss, damit man ihn immer leicht herausnehmen kann; ein wenig Otenerde verhindert alles Entweichen von Dämpfen, wenn dergleichen sich einstellen sollten. Ist die Reduction beendigt, welche ungefähr 4 Stunden dauert, so spritzt man ein wenig Wasser auf den Stöpsel O, und er geht dann leicht los; sieht man nun ins Innere des Cylinders, so findet man die Patronen mit ihrer Form wieder, nur sind sie so geschwunden, dass ihr Durchmesser nicht mehr als 2 — 3 Centimeter beträgt, dabei sind sie sehr schwammig. Dieses beweiset, dass die Mengung nicht geschmolzen ist, sondern dass, da die Masse immer an Gewicht abnahm, das übrigbleibende Gerippe von Kalk und Kohle alles kohlen saure Natron fast gänzlich verloren hat. In dem Augenblick, wo man den Cylinder öffnet, bringt man in die Entbindungs röhre L einen Stab hellroth glühendes Eisen, welcher verhindert, dass sie beschmutzt wird, und nimmt ihn wieder heraus, nachdem die neue Füllung beendigt ist. Die Patronen werden in den Cylinder gegeben mittelst einer halbcylindrischen Schaufel, mit welcher man sie in der Röhre absetzt und sie alsdann mit einem eisernen Setzkolben rasch bis zu dem Punkte schiebt, wo sie liegen bleiben sollen. Bei dieser Operation erzeugt das plötzliche Erhitzen der Mengung Natronstaub, welcher sehr unangenehm für die Arbeiter ist, wenn die Mengung nicht calcinirt wurde. Man verschliesst den Cylinder mit dem Stöpsel, und wenn die Flamme des Natriums zum Vorschein kommt, so bringt man die Vorlagen etc. an.

Die Umhüllung der Cylinder ist dick genug, so dass die Destillation des Natriums in keiner Weise von den Ursachen zufälliger Erkältung leidet, welche der Herd erfährt. So wird z. B. die Hitze im Herde vermindert, wenn man das Brennmaterial einträgt, wenn man die Thür des Flammofens öffnet, und der Zug hört fast gänzlich auf; dennoch aber darf die Operation von diesen Aussetzungen nicht leiden, sobald nur die störenden Ursachen im normalen Gange des Ofens nicht allzu lange dauern. Wenn man endlich in Cylindern fabricirt, ist die Erzeugung des Natriums leichter, weniger mühsam für die Arbeiter und weniger kostspielig in Betreff der Handarbeit und des Brennmaterials,

als wenn man mit Quecksilberflaschen arbeitet. Meine Erfahrung, die etwa 10 Tage gedauert hat mit gefährlichen Unterbrechungen für die Umhüllung der Cylinder, nach Gefahr bringenden Versuchen für den Apparat, wurde auf einmal eingestellt. Der Ofen wurde untersucht; er war unversehrt.

Die Umhüllung der Cylinder aus feuerbeständiger Erde hatte Risse bekommen, aber die Lutirung war dicht und von vollkommenem Widerstand, zusammenhängend, aber ohne Spuren der Schmelzung. Endlich hatten die eisernen Röhren nichts verloren, weder innerlich noch äusserlich, so dass ihre Dauer fast unbegrenzt sein zu müssen schien. Ich messe diesen Erfolg der besondern Sorgfalt bei, die ich auf die Verfertigung der Umhüllungen hatte verwenden lassen, so wie auf die Vollkommenheit, mit welcher die Schweissnähte der Röhren des Herrn *Gandilot* geschmiedet worden waren. An einer der Röhren blos und an den am wenigsten erhitzten Theilen gab sich ein sehr kurzer Riss kund, der sich nicht durch die ganze Dicke verbreitet hatte und der für nicht gefährlich erachtet wurde. Endlich waren die feuerbeständigen Cylinder, die mir Herr *Laudet* gefertigt hatte, offenbar von sehr guter Qualität.

Versuch in der Glacière. — In der Fabrik der *Glacière* wollten wir das System der ununterbrochenen Fabrikation und in beschützten Cylindern versuchen, indem wir nach einem weit grösseren Masstabe arbeiteten, und folgendes ist das Resultat unserer Versuche.

Wir haben nichts verändert an der Zusammensetzung der Mischung, an der Form, oder an der Dimension der eisernen Röhren, noch an der Art der Verdichtung. Wir haben blos mit 6 Cylindern aus geschmiedetem Eisen des Herrn *Gandillot*, geschützt durch die weiter oben beschriebene irdene Umhüllung, zugleich gearbeitet. Diese Cylinder waren auf der Sohle eines Flammofens aufgestellt von solcher Einrichtung, dass die Flamme successiv alle Theile ihrer Oberfläche beleckte. Auf der Mitte der Sohle erhob sich eine kleine Mauer aus Backsteinen, auf welcher die Cylinder standen. Zwischen dieser und der etwas höher gemachten Sohle aus feuerbeständigem Sand befand sich ein Raum, den die Flamme des Brennmaterials ausfüllte.

Unsere 6 Cylinder lieferten ein sehr gutes Ergebniss während 5 Tagen. Wir konnten bemerken, dass sie gut und mit einer merkwürdigen Gleichförmigkeit geheizt wurden und dass überall die Wärme ausreichend war. Endlich haben wir gefunden, dass der hintere Theil der Cylinder keinen hermetischen Verschluss erheischte. Sobald die Operation begonnen hat, destillirt Natrium, welches in den kalten Theilen des Apparates verdichtet und oxydirt wird, eine Art Scheidewand aus kohlen-saurem Natron bildet, welche die Dämpfe und die Gase nicht

durchbrechen. Wir sind im Stande gewesen, auf diese Weise und während langer Zeit Natrium zu sammeln, welches aus einer unserer Röhren kam, die an ihrem hintern Theile ganz geöffnet war.

Der neue Ofen hatte einen so guten Gang, dass er in uns die Hoffnung eines vollständigen Gelingens erregte, als ein unvorhergesehener Zufall uns nöthigte, den Versuch zu beendigen, um die eisernen Röhren zu erhalten, die für uns einen sehr grossen Werth hatten. Die bestellten eisernen Röhren sollten eigentlich eine Länge von 1,20 Meter haben, wonach die Breite der Sohle berechnet war; man hatte sie uns aber nur 1,05 Meter Länge geliefert, so dass die Stöpsel des hintern Theiles während der Operation rothglühend wurden und Natriumdämpfe ein wenig entweichen liessen, welche, indem sie ohne unser Wissen in das Innere des Ofens drangen, unsere Umbüllungen mit einer ausserordentlichen Geschwindigkeit schmolzen.

Ein anderer Versuch, bei welchem dieser Fehler vermieden worden war, gelang nicht besser, weil die Umbüllung fast auf den ersten Angriff des Feuers wichen und unsere eisernen Röhren von geringer Güte waren. Wir empfanden die Unannehmlichkeit eines Systemes, welches uns zu beträchtlichem Aufwand nöthigte, bevor wir ein sicheres Resultat erhalten konnten. Nun wurde eine andere Art von Gefäss ausgedacht, dessen Beschreibung ich weiter unten geben will. Man wird finden, dass wir genöthigt waren, Röhren anzuwenden, deren verhältnissmässig sehr geringer Werth im Fall eines Missgeschicks ohne grosse Verluste geopfert werden konnte, und dieselben in besondern Oefen zu heizen, so dass die Zerstörung eines Apparates nicht den Verlust der benachbarten Apparate nach sich ziehen konnte.

Gusseiserne Gefässe. — Bevor wir dieses Capitel beschliessen, muss ich bemerken, dass wir es für nothwendig erachtet, in der Glacière eben so, wie ich es zu Javel gethan hatte, die Anwendung gusseiserner Gefässe für die Fabrikation des Natriums zu versuchen. Das Resultat ist immer ungünstig gewesen. Man erhält wohl Natrium, aber von dem Augenblick an, wo seine Erzeugung rasch wird, schmilzt das Gefäss, und die Operation ist plötzlich beendet. Dieses rührt daher, dass die nothwendige Temperatur zur Darstellung des Metalls bei weitem nicht ausreichend ist zu seiner Erzeugung in grosser Quantität auf einmal.

Und wir wissen, dass dieses eine Bedingung ist, damit sich das Natrium gut verdichtet und auf eine ökonomische Weise erlangt wird. Diese Bemerkung lässt mich glauben, dass man mit grossen gusseisernen Apparaten von grosser Oberfläche, die auf einmal eine grosse Quantität Metaldämpfe bilden können,

welche sich in Vorlagen von gewöhnlicher Grösse verdichten, operiren könne, sobald man die Temperatur der Natriumöfen beträchtlich vermindert. Meine Erfahrung hat in der That immer dargethan, dass sich in Röhren von grosser Dimension aber bis zu einer wenig hohen Temperatur geheizt, in derselben Zeit eben so viel Natrium bildete, als in einer Quecksilberflasche, deren Temperatur weit höher war. Deshalb wendet man keine grösseren Vorlagen in dem einen wie in dem andern Fall an. Ehe ich diesen Umstand kannte, habe ich sehr viele unfruchtbare Versuche anstellen müssen, um die Dimension der Vorlagen zu bestimmen, die man bei den grossen Apparaten anzuwenden habe. Auf diesem Grundsätze beruhen nun die Versuche, die ich seit langer Zeit in Betreff der Natrium-Darstellung gemacht habe, ohne genöthigt zu sein, die Temperatur so hoch zu steigern, indem ich zugleich wohlfeilere Gefässe anwendete, oder solche, die leichter zu beschützen waren.

§ 4. Fabrikation des Aluminiums.

Vollkommen reines Natrium. — Um vollkommen reines Aluminium zu erlangen, muss man Materialien von absoluter Reinheit anwenden, die Reduction des Metalles nur in Gegenwart eines ganz flüchtigen Flussmittels bewirken und endlich das Metall niemals, besonders mit einem Flussmittel, in einem kiesel-erdehaltigen Gefäss auf eine hohe Temperatur erhitzen.

Reine Materialien. — Die Nothwendigkeit der Anwendung ganz reiner Materialien ist leicht zu begreifen: Alle metallischen Unreinigkeiten concentriren sich im Aluminium, und leider kenne ich kein absolutes Reinigungsmittel für dieses Metall. Angenommen z. B. dass man Alaun verwende, welcher $\frac{1}{100}$ Eisen und 11 Procent Thonerde enthalte, so wird die Thonerde, die man daraus gewinnt, $\frac{1}{100}$ Eisen enthalten, und angenommen, dass diese Thonerde alles Aluminium, welches sie enthält, ausgabe, so wird das Metall auf eine nachtheilige Weise mit $\frac{2}{100}$ Eisen verunreinigt sein.

Wirkung des Flussmittels oder der Schlacke. — Das Flussmittel des Aluminiums oder das Produkt der Reaction des Natriums auf die thonerdehaltige Substanz muss flüchtig sein, damit man das Aluminium durch die Wärme von allen Substanzen scheiden könne, mit welchen es in Berührung gestanden hat und welche es, wegen seiner geringen specifischen Schwere, hartnäckig zurückhält.

Wirkung der Gefässe. — Die kiesel-erdehaltigen Gefässe, in welchen man das Aluminium schmelzt oder sammelt, treten an dasselbe nothwendig eine grosse Quantität Silicium ab, welches für das Metall eine gefährliche Verunreinigung ist. Man kann das Silicium durch kein Mittel aus dem Metall abscheiden, und

es scheint durch das Schmelzen in kieselerdehaltigen Gefässen nur eine um desto grössere Neigung, sich des Siliciums zu bemächtigen, zu erhalten, je mehr es von demselben schon enthält. Auf diese Weise wird das kieselerdehaltige Aluminium nach einer kleinen Zahl von Umschmelzungen sehr streng-flüssig.

Um alle diese Klippen zu vermeiden, empfehle ich, auf das Sorgfältigste nachstehendes Verfahren zu befolgen, wenn man reines Aluminium erhalten will:

Verfahren mittelst des Natriums. — Man nimmt eine starke gläserne Röhre von ungefähr 4 Centimeter Durchmesser, man giebt in dieselbe 200 bis 300 Grammen reines Chloraluminium, welches man zwischen 2 Amianthstöpseln isolirt. Von dem einen der Enden der Röhre lässt man gut von Luft gereinigtes und trocknes Wasserstoffgas einströmen. Man erwärmt in diesem Gasstrom das Chloraluminium mittelst einiger Kohlen, um die Chlorwasserstoffsäure, die Chlorverbindungen des Schwefels und des Siliciums auszutreiben, mit welchen es immer geschwängert ist. Man bringt dann in die Röhre Schiffchen aus Porzellan so gross wie möglich, von denen jedes einige Grammen Natrium enthält, welches vorher zwischen 2 Bogen ganz trockenen Filtrirpapieres zerdrückt worden ist. Ist die Röhre voll Wasserstoffgas, so schmelzt man das Natrium, erhitzt das Chloraluminium, welches überdestillirt und mit einer Weissgluth zersetzt wird, die man sehr gut modificirt bis zu dem Punkte des gänzlichen Verschwindens, wenn man will. Die Operation ist beendet, wenn alles Natrium verschwunden ist und das gebildete Chlornatrium sattsames Chloraluminium, um davon gesättigt zu sein, absorbirt hat.

Alsdann schwimmt das Aluminium in der Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium, einer sehr schmelzbaren und flüchtigen Zusammensetzung. Man nimmt nun die Schiffchen aus der Glasröhre, giebt den ganzen Inhalt derselben in Kohlenschiffchen, die man vorher in trockenem Chlor erhitzt hat, um sie von jeder kieselerde- oder eisenhaltigen Substanz zu befreien. Man bringt sie in eine weite Porzellanröhre, mit einem Vorstosse versehen, durch welchen eine Strömung von trockenem und luftfreiem Wasserstoffgas streicht.

Man erhitzt bis zur lebhaften Rothgluth: Das Chloraluminium und Natrium destillirt ohne Zersetzung, man sammelt es im Vorstosse, und man findet nach der Operation in jedem Schiffchen das sämmtliche Aluminium in einem, oder höchstens in zwei kleinen Kügelchen vereinigt. Die Schiffchen müssen

*) Für diesen Zweck lässt man das Gas durch eine Kugel streichen, welche mit einer Mischung von Schwamm- und Platinschwarz gefüllt und schwach erwärmt ist. Man trocknet es dann mit kalihaltigem Kalk.

ganz frei von der Doppelchlorverbindung des Aluminiums und des Natriums oder selbst frei von Kochsalz sein, wenn man sie aus der Porzellanröhre herausnimmt. Man vereinigt die Aluminiumkügelchen in einem kleinen irdenen Schmelztiegel, den man so schwach als möglich erhitzt, jedoch so stark, um das Metall zu schmelzen, und drückt dann dasselbe breit mit einem kleinen irdenen Stäbchen oder mit der Röhre einer Thonpfeife. Das Metall vereinigt sich, und man giesst dasselbe in eine ganz reine Giessform.

Fabrikationsmethode, welche zu Javel angewendet wurde. — Das Aluminium, welches ich zu Javel fabricirt habe, kam aus sehr mangelhaften Apparaten, die weiter nichts als eine Wiederholung nach einem sehr grossen Masstabe meiner Verfahrensarten im Laboratorium und gegründet auf die merkwürdige Methode *Wöhlers* waren. Ich will indessen die Beschreibung davon geben, weil die Kenntniss dieser Versuche nicht ohne Nutzen für die Vervollkommnung ist, welche die Industrie eines neuen Metalles erlangen kann.

Das rohe Chloraluminium, wenn es in einen Cylinder A *Fig. 13* gebracht und durch einen kleinen Herd F erhitzt wird, destillirt leicht und geht mittelst der Röhre Y in einen Cylinder B über, welcher 60 — 80 Kilogramme eiserne Nägelspitzen enthält und durch einen kleinen Herd G bis zur düstern Rothgluth erhitzt wird. Von dem Eisen bleiben: das Eisenchlorid, zwar eben so flüchtig als das Chloraluminium, welches aber bei dieser Temperatur in festes Eisenchlorür umgewandelt wird; die Chlorwasserstoffsäure, herrührend von der Wirkung der atmosphärischen Feuchtigkeit auf das Chloraluminium; endlich der Chlorschwefel, welcher in den Zustand von Eisenchlorür und Schwefeleisen übergeht. Auf den Cylinder B folgt eine sehr weite Röhre C, in welcher die dünnen Lamellen von Eisenchlorür bleiben, die von den Dämpfen mechanisch fortgerissen werden. Letztere gelangen endlich in einen gusseisernen Cylinder D, in welchen 3 grosse Schiffchen N ebenfalls aus Gusseisen gestellt sind und von denen jedes 500 Gramme Natrium enthält. Die Röhre C wird bei einer Temperatur von 200 — 300° C. erhalten, hinlänglich, um die Verdichtung des Chloraluminiums zu verhindern, bei welcher indessen das Eisenchlorür keine merkliche Spannung besitzt. Was nun die Röhre D anlangt, so erhitzt man sie dergestalt, dass sie an ihrem untern Theile kaum eine düstere Rothgluth erlangt, indem die Reaction, die nun zwischen dem Natrium und dem Chloraluminium entsteht, so lebhaft ist, dass man oft genöthigt wird, alles Brennmaterial zu beseitigen.

Wenn das Chloraluminium in Berührung mit Natrium kommt, so bildet sich Kochsalz und Aluminium. Bald verbind-

det sich das Kochsalz mit dem Ueberschuss des Chloraluminiums und man erhält eine Doppelchlorverbindung, die flüchtig genug ist, um sich auf dem Natrium des benachbarten Schiffchens zu verdichten, wo sie von Neuem zersetzt wird, um Aluminium und Kochsalz auf Kosten des Natriums zu bilden. Man wird leicht finden, dass die Reaction, die in einem Schiffchen erst anfängt, nachdem sie in den vorhergehenden erschöpft worden ist, im ganzen Cylinder zu Ende ist, wenn man, bei Oeffnung des Deckels W, das Natrium des letzten Schiffchens ganz umgewandelt erblickt in eine schwarze warzige Substanz, die in einer farblosen Flüssigkeit schwimmt, nämlich der Doppelchlorverbindung des Aluminiums und des Natriums. Man nimmt dann die Schiffchen heraus, die man unmittelbar durch andere ersetzt, und man lässt sie erkalten, indem man sie mit einem leeren Schiffchen bedeckt.

Man nimmt den Inhalt aus jedem Schiffchen heraus, den man in gusseiserne Töpfe, oder in irdene Schmelztiegel giebt, die man im Flammofen für die Natriumfabrikation erhitzt, bis die Substanz vollständig geschmolzen ist und die Doppelchlorverbindung sich zu verflüchtigen beginnt. Die meiste Zeit wird die Reaction zwischen dem Chloraluminium und dem Natrium nicht im Cylinder vollendet, indem das Natrium auf eine gewisse Dicke durch das Kochsalz geschützt wird, welches auf seine Kosten sich gebildet hat. Aber die Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium, welche man in dem obern Theile der Schiffchen findet, ist immer ausreichend, dass das Natrium in den Töpfen oder Schmelztiegeln gänzlich absorbiert wird und das Aluminium zuletzt übrig bleibt in Berührung mit einem grossen Ueberschusse seiner Chlorverbindung, was für den Erfolg der Operation unerlässlich ist.

Wenn die Töpfe oder die Schmelztiegel kalt sind, so nimmt man aus ihrem obern Theile eine Schicht Kochsalz heraus, welche man bei Seite legt, und aus dem untern Theile mehr oder weniger reine Metallkugelchen, die man durch Waschen im Wasser trennt; aber leider übt dieses Wasser, indem es das Chloraluminium des Flussmittels auflöst, auf das Metall eine sehr rasche zerstörende Wirkung aus, und man rettet von dieser Operation nur die Kugelchen, welche grösser als ein Stecknadelkopf sind. Man vereinigt sie, man trocknet sie, man giebt sie in einen irdenen Schmelztiegel, den man bis zur Rothgluth erhitzt, und man zerdrückt sie mit einem irdenen Stäbchen, wenn sie zu schmelzen beginnen. Es vereinigt sich nun Alles zu einem einzigen Knopf, den man in eine Gussform ausgiesst.

Man muss die grösste Sorgfalt anwenden, vom Natrium alle Stücke von Natronkohle zu beseitigen, von welchen es begleitet zu sein pflegt, wenn seine Darstellung schlecht bewerkstel-

ligt worden und seine Reinigung unvollständig ist, denn sonst bilden sich beträchtliche Quantitäten cyansaurer Metalle oder metallischer Cyanverbindungen, die bei der Berührung mit Wasser reichlich Ammoniak ausgeben und abermals Aluminium zerstören. Man muss sich auch hüten, Aluminium, welches einen Ueberschuss von Natrium enthält, schmelzen oder vereinigen zu wollen; es würde theilweise Feuer fangen, und die Verbrennung würde nicht eher aufhören, als bis alles Natrium vollständig verbrannt wäre. Es würde besser sein, dasselbe in Gegenwart von ein wenig Doppelchloraluminium und Natrium umzuschmelzen.

Von solcher Art war das abscheuliche Verfahren, durch welches alle Aluminiumbarren fabricirt worden sind, die sich auf der Ausstellung befanden. Um das Unglück voll zu machen, hatte ich, gedrängt durch die Zeit und unbekannt mit der Wirkung des Kupfers auf das Aluminium, bei fast allen meinen Versuchen Cylinder mit Reaction und Schiffchen aus Kupfer angewendet, so dass das Aluminium, welches ich aus denselben erhielt, ansehnliche Quantitäten dieses Metalles enthielt und eine eigentliche Legirung bildete. Es hatte auch fast seine ganze Dehnbarkeit und seine Hämmerbarkeit verloren, besass eine unangenehme graue Farbe, und endlich nach Verlauf von 1 bis 2 Monaten verlor es seinen Glanz, überzog sich mit einer Schicht von Oxyd oder von schwarzem Schwefelkupfer, welches sich nur durch Eintauchen in Salpetersäure beseitigen liess *). Aber ein merkwürdiger Umstand war es, dass eine Barre gediegenes Silber, welche neben die Aluminiumbarre gelegt worden war, damit das Publicum leicht sich von der Differenz der Farbe und des Gewichtes der beiden Metalle überzeugen könne, sich noch schneller schwärzte, als das unreine Aluminium. Ein einziger dieser Barren, welcher kein Kupfer enthielt, ist von dem Tage seiner Fabrikation bis gegenwärtig ohne Veränderung geblieben. Es war solches kupferhaltiges Aluminium, welches ich Herrn *Regnault* gab, der es von mir verlangt hatte, um die spezifische Wärme desselben auszumitteln. Ich hatte ihn damals von der Zahl und der Beschaffenheit der Verunreinigungen, die er darin finden würde, in Kenntniss gesetzt, und die Analyse des Herrn *Salvétat*, welche erwähnt ist in der Abhandlung des Herrn *Regnault* im Paragraphen, welcher sich auf das Aluminium bezieht, stimmt überein mit der mittleren Zusammensetzung der von mir fabricirten Proben, die ich damals analysirt habe. Nur ungern lieferte ich eine so unreine Substanz, die zu Bestimmungen von

*) Ich besitze noch kein gutes Verfahren, um das Aluminium zu reinigen. Was mir noch am besten gelingt, ist die Saigerung und die Oxydation der fremden Metalle in der Muffel. Herr *Peligo*t hat mir Knöpfe von unreinem und sprödem Aluminium gezeigt, die er mit Blei kupellirt hatte und welche dadurch ganz hämmerbar geworden waren.

grosser Genauigkeit dienen sollte. Das dringende Ersuchen des Herrn *Regnault*, welcher nicht so lange warten konnte, bis ich ihm anderes Aluminium in meinem Laboratorium dargestellt hatte, haben mich allein dazu bewogen.

Auch dieses kupferhaltige Aluminium war es, welches Herr *Hulot* in einer Abhandlung über die physischen Eigenschaften dieses Metalles, welche er der Akademie der Wissenschaften übergab, hartes Aluminium nannte. Herr *Hulot* hat die Bemerkung gemacht, dass diese krystallisirte Legirung, nachdem sie zwischen den Zwingen unter dem Balancier comprimirt worden ist, ihre Structur verliert, welcher sie ihre Sprödigkeit verdankt, und sehr hämmerbar werden kann. Sie besitzt alsdann eine solche Starrheit, dass sie sich in die Walzen eines stählernen Plättwerkes eingedrückt hat. Das harte Aluminium wird überdiess ganz unveränderlich, wenn es seine Textur verliert.

Verfahren mittelst des Natriumdampfes. — Dieses Verfahren, welches ich noch nicht vervollkommenet habe, ist sehr leicht auszuführen und hat mir auf den ersten Versuch sehr reines Aluminium ergeben. Mein Verfahren dabei war folgendes:

Ich habe eine Quecksilberflasche mit der Mischung von Kreide, Kohle und kohlensaurem Natron gefüllt, von welcher weiter oben schon die Rede war. In die Flasche wurde eine eiserne Röhre von 10 Centimeter Länge geschraubt und dieselbe sodann in einen Windofen gebracht, so dass die Flasche bis zur Weissgluth und die eiserne Röhre bis an ihr Ende rothglühend erhitzt wurde. Man brachte das Ende der eisernen Röhre in ein Loch, welches unten und im vierten Theil der Höhe eines grossen irdenen Schmelztiegels angebracht war, so dass das Ende der Röhre in gleicher Linie mit der innern Wand des Schmelztiegels stand. Das sich entbindende Kohlenoxyd brannte sehr gut am Boden des Schmelztiegels, erhitzte und trocknete denselben, alsdann kam die Flamme des Natriums zum Vorschein, und nun wurde von Zeit zu Zeit Chloraluminium in den Schmelztiegel geworfen, welches sich verflüchtigte und vor dieser Art von Düse, welche reducirenden Dampf herbeiführte, zersetzt wurde. Ein Zeichen, dass man Chloraluminium in den Schmelztiegel geben muss, erhält man, wenn die aus demselben hervortretenden Dämpfe nicht mehr sauer sind und die Natriumflamme, welche in der Atmosphäre von Chloraluminium brennt, ihren Glanz verliert. Wenn die Operation beendigt ist, zerbricht man den Schmelztiegel und gewinnt aus der Portion seiner Wandung, die über der Mündung der eisernen Röhre liegt, eine salinische Masse, zusammengesetzt aus Kochsalz, einer beträchtlichen Quantität kleiner Kügelchen von Aluminium und endlich von Natronkohle, die in desto grösserer Quantität vorhanden ist, je langsamer die Operation vorgeschritten ist. Sie rührt her aus

der Zersetzung des Kohlenoxyds durch das Natrium unter Umständen, welche von den Herren *Donny* und *Mareska* sehr gut bestimmt worden sind, und die man ohne Zweifel in einem Apparate von angemessener Construction wird modificiren können.

Man löst diese Kügelchen ab, indem man die salinische Masse in Wasser taucht, und dann muss man die Reaction des Washwassers auf das Lackmuspapier beobachten. Wenn das Wasser, welches auf der salinischen Masse verweilt hat und welches bestimmt ist, den Zusammenhang der Bestandtheile aufzuheben, sauer ist, so muss man es häufig erneuern; wenn die Reaction alkalisch ist, so muss man die mit Metall geschwängerte Masse in Salpetersäure digeriren lassen, die mit ihrem dreifachen oder vierfachen Gewicht Wasser verdünnt ist. Diese Säure neutralisirt das Alkali, welches das Aluminium in Gegenwart von Wasser angreifen würde, und lässt das Metall unverehrt. Man vereinigt sodann alle Kügelchen, indem man sie mit den Vorsichtsmassregeln schmelzt, welche ich weiter oben bei der Darstellung des Aluminiums durch das feste Natrium angegeben habe.

Darstellung durch die galvanische Säule *). — Ich habe es bis jetzt für unmöglich gehalten, das Aluminium mittelst der galvanischen Säule in wässrigen Flüssigkeiten zu erlangen. Ich würde selbst an die absolute Unmöglichkeit glauben, wenn die glänzenden Versuche *Bunsen's* über die Darstellung des Bariums, des Chroms und des Mangans **) nicht meine Ueberzeugung erschütterten. Ich muss indessen bekennen, dass alle Verfahrensarten dieser Gattung, welche neuerdings über die Darstellung des Aluminiums veröffentlicht worden sind, mir nur ein negatives Resultat ergeben haben. Jedermann kennt das elegante Verfahren, mittelst dessen *Bunsen* das Magnesium ***) dargestellt hat, indem er das Chlormagnesium mittelst der galvanischen Säule zersetzte. Der berühmte Heidelberger Professor hat eine Bahn eröffnet, welche aus vielen Gesichtspunkten zu interessanten Resultaten führen kann. Man konnte indessen nicht daran denken, die galvanische Säule zur directen Zersetzung des Chloraluminiums zu verwenden, welches nicht schmilzt, sich aber bei niederer Tem-

*) *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, tome XLI.

**) *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, tome XXXVI.

***) Ein ziemliches identisches Verfahren mit demjenigen, welches ich beschreiben will, ist in Deutschland in *Poggendorff's* Annalen von Herrn *Bunsen* zu derselben Zeit bekannt gemacht worden mit meiner Abhandlung, in welcher diese Methode beschrieben wird, welche ich lange vorher in meinen Vorlesungen angewendet habe. Ich entlehne meiner Abhandlung die folgenden Details.

peratur verflüchtigt. Es galt also, eine Zusammensetzung für das metallische Bad aufzufinden, welche gestattete, eine schmelzbare Substanz zu haben, in welcher das Aluminium allein durch den elektrischen Strom versetzt werden konnte. Ich habe sie gefunden in der Doppelchlorverbindung vom Aluminium und Natrium, deren Darstellung einer der Umstände ist, welche immer die Erzeugung des Aluminiums durch das Natrium begleiten. Diese Chlorverbindung, bei 185° C. schmelzbar und bei einer ziemlich hohen Temperatur fest, obgleich über dem Schmelzpunkte des Aluminiums flüchtig, vereinigt alle wünschenswerthen Bedingungen. Ich habe sie in einen porzellanenen Schmelztiegel gegeben, welcher auf eine unvollkommene Weise durch eine nicht glasierte Porzellanplatte in zwei Abtheilungen getheilt war, und habe sie zersetzt mittest einer Batterie von 5 Elementen und Elektroden aus Kohle, indem ich den Schmelztiegel erwärmte und die Wärme immer steigerte, um die Substanz, welche nach und nach immer weniger schmelzbar wurde, im flüssigen Zustande zu erhalten, ohne jedoch den Schmelzpunkt des Aluminiums zu übersteigen. Nachdem ich diesen Punkt erreicht hatte, hielt ich an, und nachdem ich das Diaphragma und die Elektroden herausgenommen hatte, steigerte ich die Wärme bis zur lebhaften Rothgluth und fand auf dem Boden des Schmelztiegels einen Knopf von Aluminium, welcher ausgewalzt und der Akademie der Wissenschaften in ihrer Sitzung vom 20. März 1854 vorgelegt worden ist. Er war begleitet von einer beträchtlichen Quantität Kohle, die das Hindernis gewesen war, dass sich eine beträchtliche Menge Metall zu einer einzigen Masse vereinigen konnte. Diese Kohle rührte von der Zusammenhanglosigkeit der sehr dichten Retortenkohle her, die mir zur Elektrode diente, und in der That war die positive Elektrode gänzlich zerfressen, ungeachtet ihrer sehr beträchtlichen Dicke. Diese Einrichtung des Apparates, so wie ihn *Bunsen* für des Magnesium angewendet hatte, war also hier nicht geeignet. Folgendes ist nun nach vielen Versuchen das Verfahren, bei welchem ich geblieben bin.

Man bereitet das Aluminiumbad, indem man 2 Theile Chloraluminium abwägt und 1 Theil trockenes und pulverisirtes Kochsalz demselben zusetzt. Man mengt Alles in einer bis auf ungefähr 200° C. erhitzten Porzellanschale. Bald erfolgt die Verbindung unter Freiwerden von Wärme, und man erhält eine vollkommene Flüssigkeit. Dieses ist nun das Bad, welches zersetzt werden muss.

Der Apparat ist zusammengesetzt aus einem Schmelztiegel von glasirtem Porzellan, den man aus Vorsicht in einen irdenen grösseren Schmelztiegel setzt. Alles ist mit einem Schmelztiegeldeckel versehen, in welchem man eine Spalte angebracht hat,

durch welche eine breite und dicke Platinplatte eingesetzt wird, die als negative Elektrode dient, und mit einer Oeffnung, in welche mit harter Reibung ein poröses ganz trocknes Gefäss eingesetzt wird. In dasselbe kommt ein Cylinder aus Retortenkohle, welche die positive Elektrode bildet. Der Boden des porösen Gefässes muss um einige Centimeter Entfernung vom Boden des Porzellanschmelztiegels erhalten werden. Man füllt bis zu derselben verticalen Höhe den Porzellanschmelztiegel und das poröse Gefäss mit geschmolzenem Chloraluminium und Natrium und erhitzt beständig den Apparat mit den schon angegebenen Vorichtsmassregeln. Man setzt die Elektroden ein und erregt die galvanische Strömung. Das Aluminium wird mit dem Kochsalz auf die Platinplatte abgesetzt; das Chlor mit ein wenig Chloraluminium entbindet sich in dem porösen Gefässe: Es entstehen Dämpfe, und man vernichtet sie, indem man von Zeit zu Zeit trocknes und pulverisirtes Kochsalz in das poröse Gefäss giebt. Dieses Salz begiebt sich während der Operation zugleich mit dem Aluminium an den negativen Pol. Eine kleine Zahl von Elementen (zwei, streng genommen, genügen) sind nothwendig zur Zersetzung der Doppelchlorverbindung, welche der Elektrizität nur einen schwachen Widerstand entgegensetzt.

Man nimmt von Zeit zu Zeit die Platinplatte heraus, wenn sie mit dem metallischen und salzigen Niederschlag hinlänglich beladen ist. Man lässt sie kalt werden, man zerbricht die salinische Masse rasch und bringt die Platinplatte von Neuem in die Strömung. Man nimmt nun einen Porzellanschmelztiegel, den man in einen irdenen einsetzt, und schmelzt darin die abgelöste Rohsubstanz der Elektrode. Nach dem Erkalten behandelt man mit Wasser, welches eine grosse Quantität Kochsalz auflöst, und man erhält ein graues metallisches Pulver, welches man durch mehrmaliges Schmelzen in einen Metallknopf vereinigt, indem man im Nothfall als Flussmittel die Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium anwendet.

Zu Ende der Operation findet man in dem porösen Gefäss eine grosse Quantität Kohle, die sich von der positiven Elektrode abgelöst hat.

Die ersten Metallportionen, die nach diesem Verfahren erlangt werden, sind fast immer brüchig: Dieses ist nämlich das sogenannte Gussaluminium, von welchem schon die Rede gewesen ist. Man kann dasselbe indessen mit der galvanischen Säule eben so schön, als durch Natrium erhalten, aber man muss reineres Chloraluminium oder solches anwenden, welches schon benutzt worden ist. Mittelst des Verfahrens durch Natrium beseitigt man in der That mit Hülfe des Wasserstoffs das Silicium, den Schwefel und selbst das Eisen, welches in den Zustand eines festen Chlorürs übergeht, während alle diese Vereinigungen in der

Flüssigkeit bleiben, welche man durch die galvanische Säule zersetzt, und mit den ersten Portionen reducirten Metalles beseitigt werden.

Das Aluminium mittelst der galvanischen Säule. — Dasselbe Bad von Doppelchloraluminium und Natrium kann benutzt werden, besonders das Kupfer mit Aluminium zu überziehen, worüber ich mit dem Capitain *Caron* Versuche angestellt habe.

Um einen guten Erfolg zu erhalten, muss man ein Bad der Doppelchlorverbindung anwenden, welche durch die Wirkung der Säule selbst vollkommen von jeder fremden metallischen Substanz gereinigt worden ist. Wenn das Aluminium, welches sich am negativen Pol absetzt; rein erscheint, so befestigt man an diesem Pol das Stück Kupfer, welches mit Aluminium überzogen werden soll, und am positiven Pole eine Aluminiumbarre *).

Die Temperatur muss ein wenig niedriger gehalten werden, als der Schmelzpunkt des Aluminiums. Der Niederschlag erfolgt mit einer grossen Leichtigkeit. Er ist sehr fest anhaftend, aber es ist schwer, zu verhindern, dass sich das Metall nicht mit der doppelten Chlorverbindung schwängert, von welcher es in dem Augenblick angegriffen wird, wo man das Stück wäscht; indessen gelingt es doch mit einigen Vorsichtsmassregeln. Das Waschen des Stückes muss in reichlichem Wasser und während längerer Zeit bewirkt werden. Der Kryolith kann ebenfalls zu dieser Operation benutzt werden, nur muss derselbe sehr schmelzbar durch seine Mengung mit ein wenig Doppelchlornatrium und Aluminium und mit Chlorkalium gemacht werden. —

Viertes Capitel.

Der Kryolith und seine Anwendung zur Fabrikation des Aluminiums.

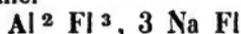
Es besteht in Grönland ein sehr beträchtliches Lager eines Minerals, welches selbst in den mineralogischen Sammlungen bis zum Jahr 1855 sehr selten war, zu welcher Zeit einige Tonnen davon nach Copenhagen gebracht wurden, wo es unter dem Namen mineralische Soda auftrat. Man fabricirte daraus durch ein sehr einfaches Verfahren Thonerde und Natron, die zum

*) Eine dichte Mengung von Kohle und Thonerde, welche in dem Masse, als sich das Aluminium ablagert, in Chloraluminium umgewandelt wird, erhält die Zusammensetzung des Bades auf unbestimmt lange Zeit constant.

Theil in eine thonerdehaltige und alkalische Seife umgewandelt wurde.

Dr. *Percy* hat der Royal-Institution Grossbritanniens in der Sitzung vom 20. Mai 1855 eine Probe Aluminium vorgelegt, welches er mittelst Natrium aus dem Kryolith dargestellt hatte. Fast zu gleicher Zeit machte Herr Heinrich *Rose* Einzelheiten über die angemessenste Operationsart bekannt, um bei diesem Verfahren einen gelungenen Erfolg zu erhalten. Ich habe alle Versuche des Dr. *Percy* und des Herrn *Rose* an Kryolith-Exemplaren wiederholt und bestätigt, welche ich der Güte des Herrn Heinrich *Rose* und des Herrn *Hofmann* in London verdanke. Ich habe noch ausserdem den Kryolith durch die galvanische Säule reducirt, indem ich ihn mit Kochsalz mengte, und ich glaube, dass derselbe eine treffliche Substanz abgeben werde, um die bekannten Metalle, besonders das Kupfer, mit Aluminium zu überziehen. Nur muss man seine Schmelzbarkeit beträchtlich vermehren, indem man ihn, wie ich weiter oben gesagt habe, mit der Doppelchlorverbindung von Kalium und Aluminium mengt.

Der Kryolith ist in der That eine Doppelfluorverbindung von Aluminium, deren Formel



welches giebt:

| | |
|---------------|-------|
| Fluor . . . | 54,5 |
| Aluminium . . | 13,0 |
| Natrium . . . | 32,5 |
| | 100,0 |

vollkommen bekannt war, und die ich durch einige Analysen bestätigt habe.

Künstlicher Kryolith. — Man kann den Kryolith künstlich darstellen, indem man reine Fluorwasserstoffsäure im Ueberschuss auf calcinirte Thonerde und kohlen-saures Natron in solchen Quantitäten giesst, dass das Natrium und das Aluminium in den Verhältnissen darin enthalten sind, in welchen sie im Kryolith existiren. Wenn man die Mengung trocknet und schmelzt, so erhält man eine klare und homogene Substanz, welche alle äussern Merkmale des geschmolzenen Kryoliths darbietet. Ich habe dieselbe noch nicht analysirt, aber das Gewicht der so erzeugten Substanz ist von der Art, um nothwendig annehmen zu müssen, dass die Thonerde und das Natron ihren ganzen Sauerstoff verloren haben, um sich in die Fluorverbindung zu verwandeln. Dieser Kryolith, gleich dem natürlichen Kryolith, giebt Aluminium, wenn man ihn durch Natrium reducirt; er giebt auch Aluminium unter der Einwirkung einer elektrischen Strömung, was eine Mengung von Thonerde und von Fluornatrium, durch Schmelzen mit einander vereinigt, nicht thun

würde. Man bemerkt in der That leicht, dass die Thonerde sich in kleiner Quantität im Fluornatrium auflöst, aber in demselben im Zustande von Thonerde bleibt; denn ein elektrischer Strom, welcher die gut geschmolzene Mischung von Thonerde und Fluornatrium durchläuft, giebt Natrium und Fluor. Dieser Versuch, welcher noch besser gelingt, wenn man eine Mischung von Fluornatrium und von Fluorkalium anwendet, beweiset noch, dass die Thonerde in der Rothglühhitze weder von Natrium, noch von Kalium zersetzt wird.

Wenn man Chloraluminium mit Fluorkalium im Ueberschusse erhitzt, so erhält man eine klare Flüssigkeit von einer merkwürdigen Fluidität und welche in dieser Beziehung dem Kryolith ähnlich ist. Wenn man nach dem Erkalten wieder mit Wasser behandelt, so löst man das Chlorkalium und das Fluorkalium wieder auf, aber die Flüssigkeit enthält keine Spuren einer löslichen Verbindung des Aluminiums. Der Rückstand besteht offenbar aus kalihaltigem Kryolith oder aus Fluoraluminium.

Es ist ganz dasselbe, wenn man das Fluorkalium durch Fluornatrium ersetzt, nur ist das Fluornatrium so wenig löslich, dass es grosse Mühe macht, die Doppelfluorverbindung von Natrium und Aluminium durch Waschen zu beseitigen.

Endlich erhält man etwas Aehnliches, wenn man Doppelchloraluminium und Natrium mit Fluorcalcium zusammenschmelzt. Wenn man nun wieder mit Wasser behandelt, so löst man beträchtliche Quantitäten von Chlorcalcium und sehr kleine Quantitäten von Chloraluminium auf, wenn man nicht von letzterem einen Ueberschuss genommen hat, was man indessen thun muss, um ein nettes Resultat zu erlangen. Der unlösliche Rückstand besteht fast ausschliesslich aus Fluoraluminium, welches man durch Verflüchtigung ausziehen kann, und aus ein wenig Fluorcalcium, dessen Quantität von den Verhältnissen der vorhandenen Doppelchlorverbindung und des Flussspathes abhängt.

Ich habe nie Versuche nach einem grossen Massstabe angestellt, um die Reduction des Kryoliths durch Natrium zu studiren. Herr Heinrich *Rose* hat über diesen Gegenstand einen Artikel veröffentlicht, der auch in den *Annales de Chimie et de Physique* wiedergegeben worden ist, und in welchem die Frage vollständig behandelt worden. Ich gebe daraus im Auszuge die folgenden Details.

Reduction des Kryoliths. — Um den Kryolith zu reduciren, kann man auf folgende Weise verfahren: Man pulverisirt denselben und mengt ihn mit der Hälfte seines Gewichtes Kochsalz. Man giebt dieses Pulver schichtweise in einen Schmelztiegel aus Porzellan, indem man mit Natriumplatten abwechselt, bis der Schmelztiegel fast gefüllt ist. Die letzte Schicht muss aus reinem

Kryolith bestehen, den man mit Kochsalz bedeckt. Man erhitzt rasch bis zur vollkommenen Schmelzung und lässt erkalten, nachdem man die Masse mit einem gebrannten irdenen Stäbchen oder mit der Röhre einer irdenen Pfeife umgerührt hat. Wenn man den Schmelztiegel zerbricht, so findet man sehr häufig das Aluminium zu grossen Kügelchen vereinigt, die leicht zu trennen sind. Es enthält fast immer Silicium, was die bläuliche Farbe des Metalles noch vermehrt und dem Bleichen desselben durch Salpetersäure hindernd entgegen steht, weil das Silicium in der Säure unlöslich ist.

Herr Heinrich *Rose* operirt auch in einem eisernen Schmelztiegel und erhält manchmal reines Aluminium, in welchem er die von mir angegebenen Eigenschaften angetroffen hat; aber manchmal ist auch das Metall sehr eisenhaltig.

Da der Kryolith eine Doppelfluorverbindung von Aluminium und von Natrium ist, so wird er durch das Natrium zersetzt, welches gänzlich oder zum Theil das Erdmetall ersetzt, indem es Fluornatrium erzeugt.

Ich habe alle Beobachtungen des Herrn *Rose* bestätigt gefunden und ich stimme vollkommen mit ihm überein über alles, was die Ergiebigkeit des Kryoliths, sowohl des natürlichen, als des künstlichen, anlangt, indem ich dieselbe, besonders bei der letzteren dieser Substanzen, immer sehr gering gefunden habe. Es entstehen immer bei diesen Operationen glänzende Flammen, die man in dem Bade oder in der Schlacke beobachtet, die auf dem Aluminium schwimmt. Diese Flammen rühren von Gasen her, deren Gegenwart dargethan ist durch das Emporheben der salzigen Krusten, welche die Substanz in dem Augenblicke des Erstarrens bedecken. Diese Gase verbrennen an der Oberfläche, indem sie dabei einen sehr deutlichen Phosphorgeruch verbreiten. Es ist in der That Phosphor, oder vielmehr Phosphorsäure im Kryolith vorhanden, wovon man sich überzeugen kann, wenn man eine Auflösung dieses Minerals in Schwefelsäure mit dem Reagenzmittel des Hrn. *Rose*, dem molybdänsauren Ammoniak, behandelt. Diese brennbaren Gase sind sogar häufig beobachtet worden, während des Schmelzens des reinen Fluorkaliums in einem Platinschmelztiegel, weshalb man glauben sollte, dass das Fluor und nicht das Aluminium zu ihrer Erzeugung unerlässlich sei.

Gemischtes Verfahren durch die Chlor- und Fluorverbindungen. — Die Leichtigkeit, mit welcher das Aluminium sich in den Fluorverbindungen vereinigt, rührt ohne Zweifel von der Eigenschaft her, welche letztere besitzen, die Thonerde aufzulösen, welche die am Chloraluminium haftende Feuchtigkeit auf die Oberfläche der Kügelchen in dem Augenblick ihrer Bildung absetzt, und welche das Natrium nicht zu reduciren vermag.

Ich habe sehr grosse Schwierigkeiten erfahren, kleine Quan-

titäten schlecht vereinigt Aluminium dadurch zu erhalten, dass ich Natrium auf die Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium reagieren liess; Hr. *Rammelsberg*, der denselben Versuch, wie er mir sagte, häufig gemacht hat, ist derselbe ebenfalls misslungen. Aber ich habe mich durch eine sorgfältige Analyse überzeugt, dass die Quantität des Aluminiums, die durch das Natrium erzeugt wird, genau dieselbe sei, welche die Theorie angiebt, obschon es unmöglich ist, bei den meisten Operationen zum Resultat etwas anderes zu erhalten, als ein graues Pulver, welches unter dem Mikroskop in Myriaden kleiner metallischer Kügelchen zerfällt. Dieses rührt ganz einfach daher, dass die Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium ein sehr schlechtes Flussmittel des Aluminiums ist. Ich habe im Verein mit den Herren *Morin* und *Debray* den Versuch gemacht, diese üble Wirkung durch Zusatz eines Auflösungsmittels der Thonerde in den salinischen Schlacken zu verbessern, welche das Aluminium im Augenblicke seiner Bildung begleiten.

Zuerst fanden wir es sehr vortheilhaft, in Kochsalz, welches zu diesem Zweck in einem dunkelrothglühenden Schmelztiegel sich befand, die Dämpfe des Chloraluminiums, welches vorher durch Eisen gereinigt worden, direct zu verdichten. Wir haben auf diese Weise mit stark gefärbten Rohstoffen eine sehr weisse Doppelchlorverbindung hergestellt, die uns bei der Reduction immer ein Metall von sehr schönem Aussehen geliefert hat.

Wir haben sodann in die Zusammensetzung der zu reducirenden Mengenungen Fluorcalcium eingetragen und haben immer gute Resultate mit den folgenden Verhältnissen erhalten:

| | |
|---|-----------|
| Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium | 400 Grm. |
| Kochsalz | 200 - |
| Fluorcalcium | 200 - |
| Natrium | 75 — 80 - |

Die Doppelchlorverbindung muss geschmolzen und in dem Augenblicke, wo man sie anwendet, fast bis zur düstern Rothgluth erhitzt sein; das Kochsalz muss bis zur Rothgluth calcinirt oder geschmolzen, und das Fluorcalcium pulverisirt und stark ausgetrocknet sein. Man mengt vorher die Doppelchlorverbindung, das grobgestossene Kochsalz und das Fluorcalcium, und man trägt alsdann in abwechselnden Schichten die Natriumstücke und die salinische Substanz in einem Schmelztiegel ein. Man endet, wohlverstanden, mit einer Schicht der Mengung und bedeckt dann alles mit pulverisirtem Kochsalz.

Anfangs erhitzt man gelinde, bis die Reaction beendet ist, und sodann bei einer Hitze, die dem Schmelzpunkte des Silbers nahe kommt, ohne ihn jedoch zu erreichen. Der Schmelztiegel, oder wenigstens der ganze Theil, welcher die Mengung enthält,

muss eine gleichförmige Rothgluth haben, und der Inhalt des Schmelztiegels muss vollkommen flüssig sein. Man rührt dann lange Zeit um und giesst dann auf eine ganz reine und ganz trockne Kalkplatte aus. Es fliesst zuerst eine äusserst klare farblose und sehr bewegliche Flüssigkeit aus, dann eine graue Substanz, die etwas teigiger ist, welche Aluminium in kleinen Körnern enthält und die man bei Seite setzt, und endlich ein Metallknopf und manchmal kleine metallische Massen, die allein 20 Grammen wiegen müssen, wenn die Operation gut gelungen ist. Indem man die graue Schlacke pulverisirt und durch ein Sieb schlägt, findet man noch 5 — 6 Grammen mehr oder weniger grosser Kügelchen, die man mit einem irdenen Stäbchen in einem gewöhnlichen im Feuer rothglühend gemachten Tiegel knetet. Diese Kügelchen sammelt man, und wenn man eine hinlängliche Quantität derselben hat, so schmelzt man sie und giesst daraus Barren. Bei einer gutgeleiteten Reduction müssen ungefähr 75 Grammen Natrium einen Metallknopf von 20 Grammen und 5 Grammen Granalien geben, so dass also 3 Theile Natrium auf 1 Theil Aluminium kommen. Nach der strengen Theorie sollen $2\frac{1}{2}$ Theile Natrium auf 1 Theil Aluminium, oder 30 Grammen Aluminium auf 75 Grammen Natrium kommen. Aber alle Anstrengungen, um in einer unlöslichen Schlacke die 4 — 5 Grammen Metall wieder zu finden, welches man nicht vereinigen, leicht aber mit der Loupe erkennen kann, sind bis jetzt erfolglos gewesen. Es giebt ohne Zweifel einen Handgriff, eine eigenthümliche Manipulation, wovon der Erfolg dieser Operation abhängt, welche das theoretische Ergebniss liefern würde, und die uns noch fehlt. Diese Operationen lassen sich in der Regel mit grösserer Leichtigkeit im Grossen, als im Kleinen vornehmen, so dass wir das Fluorcalcium zur Fabrikation des Aluminiums in Schmelztiegeln als geeignet betrachten können.

Wir haben bei diesen Versuchen sehr schönes, sehr klares und sehr reines Fluorcalcium angewendet, welches aus dem Grossherzogthum Baden kam. Dieses Produkt war auf der Ausstellung von 1855 mit 5 Franken per 100 Kilogr. notirt. Mit concentrirter Schwefelsäure vermischt, gab es keine Flusskieselsäure in merklichen Quantitäten aus; auch war unser Aluminium ganz rein von Silicium. Allerdings haben wir eine Vorsicht angewendet, wie man sie bei Operationen dieser Gattung nothwendig anwenden muss. Alle unsere Schmelztiegel waren mit einer thonerdehaltigen Teigschicht überzogen, deren Zusammensetzung in den Annales de Chimie et de Physique *) angegeben ist. Man setzt diesen Teig zusammen aus calcinirter Thonerde und einem thonerdesauren Kalk, welchen man erhält, wenn man

*) T. XLVI, p. 195.

gleiche Theile Kreide und Thonerde bei einer hohen Temperatur mit einander erhitzt.

Wenn man ungefähr 4 Theile calcinirte Thonerde und 1 Theil gut pulverisirten und durch ein seidenes Sieb geschlagenen thonsauren Kalk nimmt und die Masse mit ein wenig Wasser anmacht, so erhält man einen Teig, mit welchem man rasch den innern Theil eines irdenen Schmelztiiegels überzieht. Mit einer Porzellankeule vertheilt man diesen Teig in allen Theilen des Schmelztiiegels und drückt ihn stark zusammen, bis er auf der ganzen Oberfläche eine vollkommene Politur erhalten hat. Man lässt ihn trocknen und erhitzt den Schmelztiiegel bis zur lebhaften Rothgluth, um diese Art von Ueberzug zu brennen, der nicht schmilzt, aber die Kieselerde des Schmelztiiegels gegen die Wirkung des Aluminiums und des Fluorcalciums schützt. Diese Schmelztiiegel können mehrmals nach einander benutzt werden, vorausgesetzt, dass man sie mit neuen Substanzen füllt, sobald man ihren Inhalt gegossen hat. Man hat dabei sogar den Vortheil, einen trockneren Schmelztiiegel zu haben, als wenn man die Vorsicht angewendet hätte, wie wir es immer thun, den neuen Schmelztiiegel wenigstens auf 300 oder 400° C. zu erhitzen und in denselben die Mengung und das Natrium einzutragen, während seine Wandungen noch heiss sind.

Die salinische Schlacke enthält eine grosse Quantität von Chlorcalcium, welche man durch Wasser beseitigen kann, und eine unauflösliche Substanz, aus welcher man Fluoraluminium durch die Verflüchtigung ausziehen kann.

Die beschriebene Operation, welche unserer Meinung nach schon ein sehr grosser Fortschritt war, erheischt indessen zahlreiche Vorsichtsmassregeln und eine gewisse Gewandtheit in diesen Manipulationen, um immer einen guten Erfolg zu erlangen. Aber nichts wird einfacher und leichter, als wenn man dem Fluorcalcium den Kryolith substituirt. Wenn auch alsdann das Ergebniss kein viel besseres ist, obgleich der Metallknopf häufig 22 Grammen wiegt, so wird doch die Operation in solchem Grade erleichtert, dass wenn der Kryolith reichlich zu haben ist und es nie daran fehlt, das angegebene Verfahren sicherlich das ökonomischste sein wird. Die Verhältnisse sind dieselben, wie bei der eben beschriebenen Operation, nur giebt man, statt der 200 Grammen Fluorcalcium, 200 Grammen Kryolith in den Schmelztiiegel. Bei einer unserer Operationen haben wir auf 76 Grammen Natrium 22 Grammen Aluminium in einem einzigen Metallknopf und 4 Grammen in Granalien erhalten, was ein Ergebniss von 1 Aluminium auf 2,8 Natrium beträgt, also der theoretischen Quantität sehr nahe kommt.

Die Proben, welche wir bei diesen Versuchen erhalten haben, waren sämmtlich von trefflicher Quantität. Sie enthielten

indessen ein wenig Eisen, welches vom Chloraluminium berührte, was wir nicht genau hatten reinigen können. Aber das Eisen ist den Qualitäten des Metalles nicht so nachtheilig, als das Kupfer, und bis auf ein wenig bläuliche Färbung, die es ihm mittheilt, verändert es seine Widerstandsfähigkeit gegen die chemischen und atmosphärischen Agenzien nicht. Eine Gewichtskapsel, welche ich vor 18 Monaten aus diesem Aluminium hatte fertigen lassen, war täglich mit Kupfergewichten allen Emanationen eines analytischen Laboratoriums exponirt, wo die Waagen leider neben der Reagenzienbüchse sich befinden; sie dienen seit dieser Zeit, ohne dass ihr Gewicht sich verändert hätte, ohne dass ihre Oberfläche im Geringsten angelauten wäre, und dennoch enthielt das Aluminium, aus welchem die Gewichte gefertigt worden waren, ein wenig Eisen. Die kupfernen Gewichte, denselben Einwirkungen unterworfen, waren rasch oxydirt worden. Das auf diese Weise dargestellte Aluminium reinigt sich und bleicht sich sehr gut, wenn man es, nachdem seine Oberfläche mit in ein wenig Wasser aufgelöstem Kali angegriffen worden war, man es wäscht und in reine Salpetersäure taucht. Man sieht alsdann eine Schicht schwarzer Substanz, die aus Eisen besteht, sich rasch auflösen, und die Platte, auf welcher man operirt, nimmt eine schöne Mattirung und die schöne weisse Farbe des reinen Aluminiums an, welche sie behält, so lange man sie nicht polirt.

Verfahren mit Kryolith allein. — Das Verfahren der Ausziehung, welches angewendet wurde in der Fabrik von *Amfreville-la-Mi-Voie* bei Rouen unter der Leitung der Gebrüder *Tissier* ist dasselbe Verfahren, welches von den Herren *Percy* und *Heinrich Rose* beschrieben worden ist. Man mengt das Natrium, den pulverisirten Kryolith und das Kochsalz in den von Herrn *Heinrich Rose* angegebenen Verhältnissen (nämlich 2 Theile Natrium auf 5 Theile Kryolith und 5 Theile Kochsalz oder Chlorkalium) *) in grossen feuerbeständigen Schmelztiiegeln. Diese Schmelztiiegel, bis zu der Temperatur erhitzt, welche erforderlich ist, um das Fluornatrium zu schmelzen, geben eine Schlacke und einen oder mehrere Aluminiumknöpfe, die man sogleich in gusseiserne Gefässe schüttet. Das Aluminium, welches man auf dem Boden dieser Gefässe findet, wird sodann umgeschmolzen.

Die mitgetheilten Details sind ausgezogen aus einer sehr summarischen Beschreibung, veröffentlicht durch die Gebrüder *Tissier* über ihre Fabrikationsart zu *Amfreville-la-Mi-Voie*. Ich habe durch den Handel eine Probe Aluminium von guter Qualität erhalten, die nach diesem Verfahren aus Kryolith dargestellt

*) *Annales de Chimie et de Physique*, T. XLV, p. 369.

war. Herr *Demondésier* hat die Güte gehabt, dieselbe zu analysiren und daraus folgende Resultate erhalten:

| | |
|-----------------|-------|
| Silicium . . . | 4,4 |
| Eisen . . . | 0,8 |
| Aluminium . . . | 94,8 |
| | 100,0 |

Herr *Rose* hat angerathen, sich zu dieser Operation gusseiserner Gefässe zu bedienen, wegen der Geschwindigkeit, mit welcher die Fluoralkalien die irdenen Schmelztiegel angreifen und dadurch in das Metall eine beträchtliche Quantität von Silicium bringen. Letzteres theilt, wie alle fremden Substanzen, dem Aluminium nachtheilige Eigenschaften mit.

Leider bringen die von Herrn *Rose* angenommenen Schmelztiegel Eisen in das Aluminium. Darin liegt ein Radicalfehler, der mit dieser Methode verbunden ist, wenigstens bei dem gegenwärtigen Zustande dieser Industrie. Die Nachtheile dieser Methode entspringen zum Theil daraus, dass die zu Ende der Operation zu erzeugende Temperatur beträchtlich ist, zum Theil auch daraus, dass weil der Schmelztiegel in directer Berührung mit dem Feuer steht, seine Wandungen stärker erhitzt werden, als das Metall. Das Metall selbst, welches am untern Theile des Herdes liegt, ist weit wärmer, als die Schlacke. Nach meinen Beobachtungen liegt nun hierin eine wesentlich fehlerhafte Einrichtung. Die Schlacke muss so heiss als möglich sein, das Metall muss weniger erhitzt werden, und die Wandungen des Gefässes, in welchem die Schmelzung stattfindet, müssen auch so kalt als möglich sein.

Das Ergebniss des Kryoliths nach Herrn *Rose's* und nach meinen Versuchen ist auch sehr gering. Nach Herrn *Heinrich Rose* erhält man auf:

10 Kryolith und
4 Natrium

im Durchschnitt 0,5 Aluminium, was in Bezug zum Gewichte des Kryoliths $\frac{1}{20}$ und in Bezug aufs Gewicht des Natriums $\frac{1}{5}$ beträgt. Dieses hat darin seinen Grund, dass die Verwandtschaft des Fluor zum Aluminium als sehr gross betrachtet werden muss, nicht allein in Bezug aufs Natrium, sondern selbst in Bezug aufs Calcium, und diese Verwandtschaft scheint mit der Temperatur noch zuzunehmen, wie sich aus Versuchen ergibt, die bei Gelegenheit anderer Forschungen in meinem Laboratorium angestellt worden sind.

Endlich hat ein letzter Grund die Gesellschaft zu Nanterre veranlasst, nicht ausschliesslich die Fabrikationsweise mittelst des Kryoliths, wozu ich schon einen ganz fertigen Plan hatte, in Anwendung zu bringen. Diesen Grund gewährten nämlich die Mittheilungen, welche wir der Güte des Berg-Ingénieurs

Herrn *de Chancourtois* verdanken und die aus dem Reiseberichte seiner Kaiserl. Hoheit des Prinzen Napoleon entnommen sind.

„Aus mineralogischem Gesichtspunkte konnte keine Stelle lebhafteres Interesse erregen, als das Lager von *Evigtok* im Fiord von *Arksuk*. *Giesecke*, der erste Entdecker Grönlands, hatte hier den *Kryolith* entdeckt, die Doppelfluorverbindung von Aluminium und Natrium, die noch in keiner andern Oertlichkeit angetroffen worden ist.

„Fast in der Mitte der kleinsten von den beiden Buchten, welche in dem östlichen concaven Gestade des Fiord von *Arksuk* gebildet werden, befindet sich das Lager von *Evigtok*. Diese Bucht grenzt an den Wall eines Circus von Gneisgebirgen, deren Gipfel eine Höhe von 700 Metern erreichen und deren Basis durch gigantische Schutthaufen versperrt wird. Man entdeckt hier zuerst einen mächtigen Gang von Quarz oder vielmehr von sehr quarzhaltigem Pegmatit; seine Mächtigkeit beträgt 30 Meter und sein wirkliches Streichen ist 4 Grad nordwestlich. Dieser Gang, welcher vertical zu sein scheint, durchsetzt einen granitähnlichen Gneis. Auf seine östliche Wand stützt sich das *Kryolith*-Lager, dessen zu Tagestreichenden sich 70 Meter in einer senkrechten Richtung, nämlich parallel zum Gestade, erstreckt. Dieses Lager läuft in eine Spitze aus, während es am Quarz eine Mächtigkeit von ungefähr 15 Metern darbietet; man kann übrigens nur seine südliche Grenze erkennen, denn seine nördliche Grenze wird von Wasser bedeckt, welches in die Masse des *Kryolithes* selbst eine enge Bucht ausgehöhlt hat. Der Gneis, welcher den *Kryolith* umgiebt, ist ebenfalls granitähnlich.

„Der *Kryolith* ist vollkommen rein, blätterig und von dunkelm Weiss, in dem ganzen mittleren Theile dieser Anhäufung; aber nach jedem seiner beiden Ränder hin ist er auf eine Mächtigkeit von 1 — 2 Meter gemengt mit Bleiglanz, Blende, Kupferkies, gewöhnlichem Kies, Spathisenstein, welche ein metallisches, sehr weit krystallisches Magma bilden, das ausserdem amorphen und prismatischen Quarz enthält; eine dünne quarzige Schicht scheint den Gang nach Süden zu begrenzen.

„Die Entdeckungsarbeiten sind wegen der unmittelbaren Nähe des Meeres, dessen Infiltrationen ein unübersteigliches Hinderniss unter den vorliegenden Umständen bilden, nicht über 10 Meter weit gediehen. Sie haben indessen gezeigt, dass das Lager ungefähr 45 Grad nach Süden fällt. Der *Kryolith* wurde dunkler in der Tiefe, und in einer Tiefe von 5 Meter war er schon fast schwarz, so dass seine weisse Farbe zu Tage einem Abgang oder einem natürlichen Rösten der bituminösen Substanz, die ihn normal färbt, zugeschrieben werden muss. Die Masse des *Kryolithes* ist übrigens sicherlich auf eine gewisse Dicke durch atmosphärische

Erosionen oder durch die mechanische und auflösende Wirkung des Meeres, welches ehemals vielleicht auf einem höhern Niveau stand, zerstört worden.

„Die Anhäufung von Kryolith in der Mitte von zahlreichen Mineralien, die in dem Lager von *Evigtok* verbreitet sind, scheint kein eigentlicher Gang zu sein, sondern mehr einen eruptiven Charakter zu besitzen. Der Kryolith muss in teigiger Masse zu Tage gekommen sein, hat mit sich und hauptsächlich an der Peripherie die anderen krystallischen Magmas fortgerissen und auf diese Weise die Rolle eines eruptiven Gesteines gespielt.

„In dem Theile des Lagers, wo die Berührung der Masse der Fluorverbindung und des quarzigen Gesteines stattfindet, scheint die Fluorverbindung, indem sie den Quarz mehr oder weniger vollständig angriff, eingedrungen zu sein, denn in gewissen Theilen des zu Tagestreichens findet man poröse krystallinische Massen von Quarz und von Feldspath mit einander gemischt oder von Feldspath allein“. (Wissenschaftliche Notiz über die Geologie Grönlands von den Berg-Ingenieuren *de Chancourtois* und *Ferri-Pisani*.)

Nach den mündlichen Erläuterungen, welche Herr *de Chancourtois* mir zu geben die Güte gehabt hat, ist das Lager von *Evigtok* nur während einer sehr kurzen Zeit zugänglich, und man kann nicht darauf rechnen, es jedes Jahr beim Schmelzen des Eises anders, als mit einem Dampfboot zu erreichen. Arbeiter, die aus Europa dahin gesendet würden, um das Gestein auszuhauen, könnten möglicher Weise höchstens 1 oder 2 Monate lang thätig sein. Wollte man Arbeiter dort ansiedeln, so würden sie fast ein ganzes Jahr lang von aller Kommunikation mit der übrigen Welt abgeschnitten sein und ohne andere Vorräthe und anderes Brennmaterial, als die, welche man ihnen während der kurzen Zeit, wo die Schifffahrt frei ist, vom Festlande zuführte.

Das Lager selbst, welches kaum über den Meeresspiegel zu Tage geht, entzieht sich bei bedecktem Himmel der Ausbeutung gänzlich. Die Nachbarschaft des Meeres, welches in direkter Berührung mit der Gesteinmasse steht, die Arbeiten, welche ohne Ordnung und ohne Vorsicht auf den metallführenden Theilen des Hauptwerkes ausgeführt werden, alles trägt dazu bei, die unterirdische Ausbeutung sehr schwierig und sehr kostspielig, wo nicht unmöglich, zu machen.

Der Kryolith ist von einer bequemen Anwendung, um ihn als Flussmittel den einzuschmelzenden Schichten, welche das Aluminiummetall liefern, zuzusetzen, hauptsächlich wenn man im Kleinen arbeitet; aber es ist ein glücklicher Umstand, dass er nicht unentbehrlich ist, denn man könnte keine industriöse

Anstalt auf die Ausbeutung einer Substanz begründen, deren Vorrath unsicher und ohne Zweifel unzulänglich ist.

Fünftes Capitel.

Darstellungsart, welche zu Nanterre angewendet wird.

Die Fabrikationsart, welche gegenwärtig zu Nanterre angewendet wird, gründet sich auf die Verwendung von drei wesentlich verschiedenen Substanzen,

- 1) der Doppelchlorverbindung des Aluminiums und des Natriums oder der thonerdehaltigen Substanz;
- 2) des Natriums oder des Reductionsmittels;
- 3) des Kryoliths oder des Flussspathes als Flussmittel.

Die Fabrikationsart jeder dieser Substanzen und ihre Reaction auf die Sohle eines Flammofens sind mit der grössten Sorgfalt in der Fabrik der chemischen Produkte der Glacière studirt worden. Es ist daraus hervorgegangen das gegenwärtig zu Nanterre in Anwendung befindliche System, welches Herr Paul *Morin* noch täglich vervollkommnet, indem er alle günstigen Umstände benutzt, welche die Praxis einer so neuen Metallurgie ihm darbieten kann.

Auch ist Herr *Morin* seit weniger als einem Jahre, wo die Produkte der Fabrik in den Handel übergegangen sind, nach den Notizen, die er die Güte gehabt hat, mir mitzutheilen, im Stande gewesen, zu fabriciren und zu verkaufen:

| | |
|--|---------------|
| Doppelverbindung von Aluminium und Natrium . | 10000 Kilogr. |
| Natrium | 2000 - |
| Aluminium | 600 - |

Das nach diesen Methoden dargestellte Aluminium hat sehr variirt in seiner Reinheit, indem es täglich Fortschritte machte in dem Masse, als die Kenntniss der Verfahrensarten durch die Praxis vervollkommnet wurde. Gegenwärtig ist das Aluminium so weit gediehen, dass es nur noch kleine Quantitäten fremder Substanzen enthält, wie die nachfolgende Analyse beweist, die mit einer Probe von mittelmässiger Reinheit vor ungefähr 4 Monaten gemacht worden ist.

| | |
|---------------------|--------|
| Silicium | 0,3 |
| Eisen | 2,7 |
| Aluminium | 97,0 |
| | 100,0. |

Obschon dieses ein wirklicher Fortschritt zu nennen ist, so sind doch gegenwärtig die grössten Anstrengungen darauf gerichtet, ein ganz reines Metall zu erlangen. Aller Erfolg nach den

Methoden, die ich jetzt darlegen will, ist von der Zubereitung der Thonerde abhängig, und ich will mich deshalb zuerst mit diesem wichtigen Punkte der Fabrikation beschäftigen.

§ 1. Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium.

1. Thonerde.

Vom Alaun. — Die Thonerde kann erlangt werden durch die Calcination des Alauns; alsdann ist sie fast niemals rein, weil die Eisenquantitäten, welche im Alaun befindlich sind, in der Thonerde sich concentriren, deren Gehalt im Alaun nur 11 Procent beträgt, weshalb das Verhältniss der Unreinigkeiten, da es mit 9 multiplicirt werden muss, sehr beträchtlich wird. Der Alaun mit Ammoniakbasis wird in einen Flammofen gebracht und schmilzt in den entferntesten Theilen von der Brücke, welcher der Arbeiter ihn nach und nach näher bringt, in dem Masse, als er seine Schwefelsäure und sein Ammoniak verliert.

Die vollständige Calcination des Alauns und seine Umwandlung in eine von Schwefelsäure freie Thonerde machen eine äusserst kitzliche Operation aus.

Vom Kryolith. — Im Kryolith, der gegenwärtig von Kopenhagen kommt, findet man eine grosse Menge von Bruchstücken, welche durch die Gegenwart von kohlen saurem Eisen verunreinigt wird. Man muss denselben mit der grössten Sorgfalt ausklauben, ehe man ihn als Flussmittel in die Zusammensetzungen der Mengung bringt, welche das Aluminium erzeugen soll. Die bei Seite geworfenen Bruchstücke werden fein pulverisirt und mit etwas mehr als $\frac{3}{4}$ ihres Gewichtes gut gebranntem und reinem Aetzkalk gemengt, den man sorgfältig löscht. Man setzt sodann Wasser in ziemlich grosser Quantität zu und erhitzt in einem gusseisernen Gefäss mittelst eines Schlangenrohres mit Löchern, welches Wasserdämpfe herbeiführt. Die Reaction beginnt sogleich und ist vollständig, wenn man gut operirt hat. Ohne grosse Sorgfalt läuft man Gefahr, unlöslichen kohlen sauren Kalk zu erhalten, den man übrigens sehr leicht durch eine Digestion mit ein wenig kohlen saurem Natron zerstört.

Es bleibt sehr schweres Fluorcalcium rückständig, welches man sehr leicht durch Decantiren abscheidet, und die Flüssigkeit, welche man durch einen Strom von Kohlensäure behandelt, giebt kohlen saures Natron und sehr dichte Thonerde, die man mit der grössten Sorgfalt wäscht. Diese Waschungen sind dennoch nicht im Stande, ihr die letzten Antheile von kohlen saurem Natron zu entziehen.

Man dampft das kohlen saure Natron zur Trockniss ab; es ist sehr rein und eignet sich vollkommen zur Fabrikation des Natriums. Das Thonerdehydrat calcinirt man in einem Flamm-

ofen, und es fällt immer sehr schön aus, wenn es gut bereitet worden, kann aber Eisen enthalten, wenn man Kryolith anwendet, welcher viel kohlen-saures Eisen enthält. Es hat mir geschienen, dass dieses kohlen-saure Eisenoxydul, durch Kalk zersetzt, ein Eisenoxydul liefert, welches das Natron in kleiner Quantität auflöst. Herr *Rose* sagt, dass der Kryolith, in Berührung mit Kalk, gänzlich zersetzt werde. Herr *Demondésir* ist zu demselben Resultat auf dem analytischen Wege gelangt und hat gefunden, dass nicht einmal die Wärme nöthig sei, um diese merkwürdige Reaction herbeizuführen. Nur nehmen, wenn man auf kaltem Wege operirt, die unlöslichen Substanzen ein beträchtliches Volumen an.

Diese Operation hat grosse Aehnlichkeit mit der Herstellung der Aetzlaugen mittelst kohlen-sauren Natrons, oder Kalis und Kalk. Nach den Versuchen des Herrn *von Liebig* und des Herrn *Pelouze* muss, wie man weiss, das Verhältniss des Wassers sehr beträchtlich sein, damit die Reaction eintrete, und selbst, um eine umgekehrte Reaction zu vermeiden. Andererseits muss hinlängliches Natron in der Flüssigkeit sich befinden, damit der kleine Ueberschuss von Aetzkalk nicht darin aufgelöst werde.

Wenn man diese Bemerkung vernachlässigt, so kann man Thonerde und Natron verlieren und würde irrtümlich glauben, dass die vollständige Zersetzung des Kryoliths nicht möglich sei.

Der Kryolith wird bekanntlich angegriffen von der Salzsäure, aber sehr langsam. Wenn man ihn zersetzen will durch Schwefelsäure, so wird das Fluornatrium sogleich aufgelöst unter Entbindung von Flusswasserstoffsäure; aber das gallertartige Fluoraluminium trennt sich alsdann und lässt sich später nur mit einer gewissen Schwierigkeit afficiren. Die Art, wie der Kalk auf eine so wenig veränderliche Substanz wirkt, rührt also von einer ganz speciellen Verwandtschaft her.

Wir fabriciren auf diese Weise zu Nanterre nur die Thonerde, weil dieses Verfahren angewendet wird auf den Ausschuss und weil alle diese Operationen zu einer andern Reihe von Behandlungen gehören, denen die Rückstände der Natriumfabrikation und die Schlacken des Aluminiums unterliegen, um daraus kohlen-saures Natron und reine Thonerde zu gewinnen. Aber wir würden, ich wiederhole es, nicht daran gedacht haben, die industrielle Fabrikation des Aluminiums zu begründen, wenn der grönländische Kryolith das unentbehrliche Agens derselben gewesen wäre, und noch weniger würden wir an die Verwendung des Kryoliths zur Fabrikation der Thonerde und des Natrons, wenigstens in Frankreich, gedacht haben.

Es giebt in der That in Frankreich in beträchtlicher Quan-

tität Mineralien, welche zwei oder drei Mal reicher an Thonerde sind, als der grönländische Kryolith, und dabei von einer so leichten Behandlung und so wohlfeilem Gesteinpreis wegen der Nähe von schiffbaren Canälen und Eisenbahnen, so dass 1000 Kilogr. auf 6 oder 7 Franken kommen, während dieselbe Quantität Kryolith wenigstens 350 Franken kostet, ohne dass man Vorkehrungen für die Abnahme dieses Minerals treffen könnte. Unter den Producten, welche aus der Zersetzung des Kryoliths hervorgehen, muss die Thonerde für einen sehr geringen Werth veranschlagt werden, und das kohlen saure Natron hätte für sich ganz allein fast die Fabrikationskosten zu tragen und dazu noch die Abgabe, welche die französische Douane nicht verfehlen würde von dem Tage an zu erheben, wo ein Aluminiumfabrikant die Unklugheit besässe, sich des Kryoliths statt des Kochsalzes zur Fabrikation des Natrons zu bedienen.

Unter diesen Bedingungen hat die Gesellschaft zu Nanterre nach reiflicher Ueberlegung gefunden, dass es ihr keinen Vortheil bringe, mit Hülfe des Kryoliths eine Fabrikation von Thonerde und von Natron, selbst für ihren alleinigen Gebrauch, zu begründen.

Darstellung der Thonerde aus den Rückständen der Fabrikation. — Die Rückstände der Natronfabrikation zerklüften sich an der Luft sehr bald und enthalten im Durchschnitt nach meinen Analysen:

| | |
|---------------------------------------|--------|
| Kohle | 20,0 |
| Kohlensaures Natron | 14,5 |
| Aetznatron | 8,3 |
| Schwefelsaures Natron | 2,4 |
| Kohlensauren Kalk und Eisen | 29,8 |
| Wasser | 25,0 |
| | <hr/> |
| | 100,0. |

Die Schlacken, welche aus der Fabrikation des Aluminiums im Flammofen hervorgehen, enthalten:

| | |
|---------------------------------|-------|
| Kochsalz | 60 |
| Unlösliche Substanzen | 40 |
| | <hr/> |
| | 100. |

Diese unlöslichen Substanzen, welche man durch blosses Waschen mit der grössten Leichtigkeit abscheidet, sind fast ausschliesslich zusammengesetzt aus Fluoraluminium, verbunden mit ein wenig Thonerde und unversehrtem Kryolith. Wenn man mit Fluorcalcium operirt, so wird das Kochsalz zum Theil durch Chlorcalcium in der Schlacke ersetzt. Aber in der Regel findet man alles Fluor des Schlackenbades mit Aluminium verbunden, was für die grosse gegenseitige Verwandtschaft dieser beiden Substanzen spricht.

Um diese beiden Substanzen noch zu benutzen, mengt man mit Sorgfalt 5 — 6 Theile der Rückstände des Natriums mit 1 Theil Schlacken, welche durch Waschen von ihrem löslichen Theil befreit worden sind, und calcinirt alles in der Rothglühbitze.

Nachdem die Substanz in den Zustand einer teigigen Schmelzung gebracht worden ist, lässt man sie erkalten und laugt sie sodann aus; es löst sich thonsaures Natron auf, welches man mit Kohlensäure behandelt und dadurch unmittelbar krystallisirbares kohlen-saures Natron und sehr dichtes Thonerdehydrat erhält, welches man wäscht und calcinirt.

Nach meinen Versuchen im Laboratorium haben

| | |
|--------------------------------|--|
| 1000 Grammen Natriumrückstand | |
| 160 - - - gewaschene Schlacken | |

ergeben :

| | |
|---|--|
| 110 Grammen calcinirte Thonerde | |
| 225 - - - trockenes kohlen-saures Natron. | |

Die thonerdehaltige Lauge enthält immer hinlänglich kohlen-saures Natron, so dass man die Bildung eines unlöslichen thonsauren Kalkes nicht zu fürchten hat.

Der Rückstand der Auslaugung, welcher ungefähr die Hälfte des Gewichtes der angewendeten Natronrückstände beträgt, enthält auf 100 Theile:

| | |
|-------------------------|------|
| Kohle | 30,0 |
| Fluorcalcium | 32,0 |
| Thonerde | 0,6 |
| Verschiedene Substanzen | 37,4 |

100,0.

Man sieht, dass das Fluorcalcium einen beträchtlichen Theil unter diesen Rückständen in Anspruch nimmt, wie zu erwarten stand in Folge der Zersetzung des Fluoraluminiums durch den Kalk in Gegenwart von Natron, welche Reaction ich direct bestätigt habe.

Die verschiedenen Substanzen bestehen aus Eisen, Mangan, ein wenig Kieselerde und endlich aus Sauerstoffschwefelkalk.

Die Sättigung des Natriums mit Kohlensäure wird bewerkstelligt in einem Apparate, welcher grosse Aehnlichkeit mit einem Butterfass hat, welches eine horizontale Axe, mit Flügeln versehen, besitzt, die sich um diese Axe mit grosser Geschwindigkeit umdrehen lassen. Die alkalische Flüssigkeit tritt durch eine Röhre ein, die am vordern Theile des Apparates angebracht ist, und ergiesst sich in einem ununterbrochenen Strahl. Die Kohlensäure, welche von der Reaction der sauren Rückstände der Chlorbereitung auf Kalkstücke herrührt, tritt in den Apparat durch eine Röhre, an seinem hintern Theile angebracht, und

wird mit ausserordentlicher Geschwindigkeit von der alkalischen Flüssigkeit absorbiert, welche durch das Umrühren in den Zustand eines feinen Regens verwandelt wird. Man hat grosse Mühe, bei dieser Operation, wie rasch auch die Lauge zuströme, die Bildung von ein wenig doppelkohlensaurem Natron zu vermeiden.

Die Gase, welche aus dem Apparat austreten und viel Hydrothionsäure enthalten, muss man ausserhalb der Werkstatt leiten.

2. Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium.

Bei unsern Versuchen in der Glacière hatten wir ein sehr grosses Interesse, die Erzeugung von Dämpfen und sauren Gasen zu vermeiden, die aus den Apparaten kommen, in welchen das Chloraluminium nach der von mir beschriebenen Einrichtung erzeugt wird. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, liessen wir den Dampf des Chloraluminiums in einen geheizten Raum übertreten, welcher mit Kochsalz gefüllt war, um ihn hier zu verdichten im Zustande von flüssiger und fester Chlorverbindung in der Temperatur dieses Raumes. Aber unsere Apparate verstopften sich so rasch, dass wir dieses Verfahren aufgeben mussten. Wir brachten dann das Kochsalz in die Mergungen selbst, nämlich indem wir es zugleich mit der Kohle und der Thonerde in die Retorte brachten, in welche nachher das Chlor eintreten sollte.

Um die Doppelchlorverbindung darzustellen, kann man den Apparat anwenden, welcher in *Fig. 12* abgebildet ist. Nur haben wir die Gasretorte *O Z Z* durch einen kleinern irdenen Apparat ersetzt, der bei einer sehr hohen Temperatur durch den Herd *F* erhalten werden muss, den man an den obern Theil der Retorte bringt *). Die Kammer *J* kann ersetzt werden durch ein einfaches conisches irdenes Gefäss, in welches die Doppelchlorverbindung fliesst, in dem sie sich verdichtet.

Alles, was ich übrigens über die Fabrikation der einfachen Chlorverbindung gesagt habe, leidet auch vollkommene Anwendung auf die Fabrikation der Doppelchlorverbindung. Deshalb verweise ich den Leser hinsichtlich der Details auf jenen Theil meines Werkes.

Die Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium ist

*) Wir sind genöthigt, uns zu Nanterre diesen Apparat selbst zu fertigen, wo Hr. Paul *Morin* die Fabrikation aller speciellen Gefässe und Geräthe, deren er sich bedient, eingerichtet hat. In der Glacière wendeten wir Zinkretorten an, welche uns der Director der Fabrik *Vielle-Montagne* die Güte gehabt hatte zu überlassen. Ich habe schon erzählt, wie das Zink, welches in der Scharmotte bleibt, mit welcher man diese Retorten fertigt, bei der Aluminiumfabrikation schädlich sein kann.

eine bei ungefähr 200° C. schmelzbare und durch Erkalten krystallisirbare Substanz. Im Zustande der Reinheit ist dieselbe ganz farblos, und man muss um jeden Preis vermeiden, dass sie Eisen enthalte, von welchem sie gelb gefärbt wird. Wegen dieses Uebelstandes muss man die grösste Aufmerksamkeit auf die Wahl der Thonerde und auf die Verfertigung der Gefässe verwenden, in welchen die Umwandlung mit Hülfe des Chlors erfolgt.

Die Doppelchlorverbindung ist ein Produkt, welches sich sehr wenig verändert, wenn es in derben Massen vorkommt, und man handhabt es mit der grössten Leichtigkeit wegen seiner absoluten Festigkeit bei gewöhnlicher Temperatur, was ihm jeden Geruch nimmt. In dieser Beziehung ist es, wie gesagt, der einfachen Chlorverbindung sehr vorzuziehen. Die Veränderlichkeit dieser letzten Substanz ist indessen nicht so gross, als man glauben sollte. Ich besitze noch in meinem Laboratorium eine vollkommen erhaltene, sehr derbe, einfache Chlorverbindung, welche im Jahr 1855 bei der Ausstellung sich befunden hat. Das Gefäss war mit einem gewöhnlichen Deckel verschlossen, und obgleich man dasselbe häufig offen gelassen hatte, um von der Chlorverbindung heraus zu nehmen, so ist doch letztere noch kaum verändert.

In dem Fall, wo die Chlorverbindung von Aluminium und Natrium ganz rein ist, giebt sie mit dem Natrium ungefähr die theoretische Quantität von Aluminium, die dem Gewichte des Metalles entspricht, welches zur Reaction angewendet wurde. Unsere Anstrengungen sind augenblicklich auf die Fabrikation der Doppelchlorverbindung gerichtet, von welcher alle Theile noch beträchtliche Verbesserungen erhalten, welche jetzt in Ausführung begriffen sind; aber die tiefe Kenntniss, welche wir gegenwärtig von den Umständen besitzen, unter welchen man sich befinden muss, um einen guten Erfolg zu erhalten, ist uns nur durch eine sehr lange und sehr mühsame Praxis offenbart worden.

§ 2. Natrium.

Die angenommene Methode für die Fabrikation des Natriums ist genau diejenige, welche ich bereits beschrieben habe. Die Apparate allein sind verändert worden.

Die Versuche von *Javel* für die ununterbrochene Fabrikation des Natriums, diejenigen welche wir in der Glacière versucht haben, haben uns auf die klarste Weise die absolute Nothwendigkeit eines wirksamen Schutzes für die eisernen Cylinder dargethan, denn ohne diesen Schutz ist die Methode mit Oekonomie nicht ausführbar. Die Studien nun, welche sich auf diese Frage beziehen, sind sehr kostspielig, weil ein partieller Zufall

ausreichend ist, um den Gang eines Ofens zu unterbrechen, welcher eine grosse Zahl von Cylindern enthält, und die Existenz des Ofens selbst zu gefährden.

Wir sind deshalb der Meinung gewesen, dass bei einer Fabrikation, welche monatlich auf 100 oder auf 200 Kilogramme Aluminium beschränkt ist, es besser sei, kleinere, von einander unabhängige und leichter zu ersetzende Apparate anzuwenden.

Auch ist die gegenwärtige Erzeugungsart provisorisch gegründet auf die Anwendung eiserner Röhren von einer geringen Dicke und einer so leichten Fabrikation, dass sie sich mit geringen Kosten in der Fabrik selbst ausführen lässt.

Man nimmt eine Tafel Eisenblech, welche man auf einer Maschine rund biegt, und nietet die Ränder, um daraus einen Cylinder zu bilden. Dieser Apparat, an seinen beiden Enden durch gusseiserne Stöpsel verschlossen, deren einer mit einem Loch durchbohrt ist, um eine eiserne Röhre durchzulassen, ist ziemlich genau dargestellt, durch den Cylinder P O der *Fig. 10*, bis auf die Dimension, die gewöhnlich kleiner ist. Man kann diese mit dem Natriumgemenge gefüllte Röhre in einem Ofen von der Form erhitzen, welche in *Fig. 3* dargestellt ist; nur muss man Sorge tragen, eine Oeffnung in den gegenüberliegenden Wandungen des Ofens anzubringen, damit die gusseisernen Stöpsel, welche die Cylinder bilden, ausserhalb des Ofens liegen. Man wird diese Nothwendigkeit leicht begreifen, indem die Temperatur, welcher die Cylinder selbst unterworfen sind, höher ist, als die Schmelzhitze des Gusseisens.

Wir erhitzen anfangs diese Cylinder in einem Windofen, der mit Coaks geheizt wurde; aber mittelst einer sehr einfachen Einrichtung hat Hr. Paul *Morin* das Heizen in der Flamme und durch Ausstrahlung des Brennmaterials bei diesen neuen Apparaten in Anwendung gebracht.

Man kann sich eine vollständige Vorstellung dieses Ofens mittelst der *Fig. 9* machen, welche 2 Cylinder P P vorstellt, die in einer ziemlich grossen Entfernung vom Herde liegen, der so eingerichtet ist, dass man das Brennmaterial mittelst einer seitlichen Oeffnung K auf den Rost bringen kann. Feuerzüge, die angemessen rechts und links von den Cylindern angebracht sind, führen die Verbrennungsgase in den Schlot. Der Ofen des Hrn. *Morin* enthält 2 Cylinder.

In der Regel dienen die Cylinder für 2 oder 3 Operationen.

Alles, was ich schon hinsichtlich der Fabrikation in Quecksilberflaschen gesagt habe, leidet unmittelbare Anwendung auf die Fabrikation in Cylindern dieser Art, deren Geräumigkeit von 2 bis zu 6 und 8 Litern variiren kann, ohne dass irgend etwas an der Art ihrer Anwendung zu verändern wäre. Ich muss

deshalb den Leser auf jenen Theil dieses Werkes verweisen, wo die Frage schon ausführlich behandelt worden ist.

Bei dieser Fabrikation haben wir gusseiserne Vorlagen angewendet, deren ich mich zu Javel bediente und die treffliche Dienste leisteten. Der Kopf dieser Vorlagen ist cylindrisch und hängt bloß an einer der Klappen A des Apparates *Fig. 4*. Die Klappe A' hat eine Schrägfläche an der Seite des Endes C, so daß sie sich auf den gusseisernen Kopf von A stützt. Folglich ist die Kehle C in der Klappe D' A' C weggelassen.

§ 3. Reduction des Aluminiums.

Die Behandlung der Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium durch das Natrium bietet Schwierigkeiten einer ganz eigenthümlichen Art dar, die wir bei unsern Versuchen in der Glacière auf vielen verschiedenen Seiten und lange Zeit ohne Erfolg angegriffen haben und zu beseitigen bemüht waren.

Hauptsächlich die Beschaffenheit der bei dieser Reaction anzuwendenden Gefäße ist es, welche Schwierigkeiten verursacht, die man für unüberwindlich hätte halten sollen. Die irdenen Schmelztiegel wurden zuerst versucht, dann verworfen, wegen der zerstörenden Wirkung, welche das Natrium, das Aluminium und selbst die Schlacke auf dieselben ausüben, sobald letztere fluorhaltige Substanzen enthält. Gusseiserne Schmelztiegel von grosser Dimension mit einer Oeffnung an ihrem untern Theile, um die Substanzen ausfließen lassen zu können, welche darin befindlich waren und durch die Flamme erhitzt wurden, haben keinen bessern Erfolg gewährt. Das Aluminium, indem es sich mit dem Eisen verband, floss unrein ab, und die sauren Dämpfe, die aus dem Schlackenbad aufstiegen und das Gusseisen angriffen, machten die Schlacke selbst für die Reinheit des Metalles gefährlich.

Nun erst dachten wir daran, die Reduction ganz einfach auf der Sohle eines Flammofens zu bewerkstelligen, indem wir auf die augenblickliche Reaction des Natriums auf die Chlorverbindung rechneten, um sogleich diese beiden bei der Berührung der Verbrennungsgase höchst veränderlichen Substanzen verschwinden zu machen. Diese Vorhersicht ist nun in der Praxis mit einem unerwarteten Erfolg realisirt worden.

Diese Operation wird gegenwärtig in der Fabrik zu Nanterre nach einem verhältnismässig beträchtlichen Massstab ausgeführt, und niemals ist seit dem Anfang dieser Operationen eine Reduction misslungen, und die Resultate, welche sie giebt, sind immer identisch. Der Ofen, dessen wir uns bedienen, besitzt alle relativen Dimensionen eines Natronofens. Es ist nun in der That ungefähr dieselbe Hitze, die in diesen Apparaten erzeugt

wird, die wir entwickeln müssen, wenn die Operation gelingen soll. Die absoluten Dimensionen sind übrigens veränderlich mit der Aluminiumquantität, die man in jeder Operation erhalten will und sind nicht beschränkt. Mit einer Sohle von 1 Quadratmeter Oberfläche kann man 6 — 10 Kilogramm Aluminium reduciren. Da jede Operation ungefähr 4 Stunden dauert und man den Ofen nach jeder Ausleerung der darin behandelten Substanzen sogleich wieder besetzen kann, so ist einleuchtend, dass man mit einer so kleinen Sohle in 24 Stunden ohne die geringste Schwierigkeit 60 — 100 Kilogrammen Aluminium fabriciren kann. In dieser Hinsicht halte ich die industrielle Aufgabe für vollkommen gelöst.

Die Verhältnisse, welche wir anwenden, sind folgende:

| | |
|--|-----------|
| Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium, gestossen | 10 Theile |
| Fluorcalcium | 5 - |
| Natrium in Barren | 2 - |

Da das Aluminium noch sehr theuer ist, so muss man seine Aufmerksamkeit auf den Gestehtpreis der angewendeten Substanzen richten, und in diesem Betreff sind noch viele Fortschritte zu machen. Wir haben mehrmals bemerkt, dass der Gestehtpreis sich immer etwas bessere, und die Vereinigung des Metalles in einen einzigen Knopf etwas leichter werde, wenn man dem Fluorcalcium den Kryolith substituirt, dessen anfangs beträchtlicher Preis in der neuesten Zeit bis auf 35 Franken per 100 Kilogramme herabgegangen ist. Deshalb wenden wir gegenwärtig statt des Fluorcalciums den Kryolith in denselben Verhältnissen an.

| | |
|-----------------------|-----------|
| Doppelchlorverbindung | 10 Theile |
| Kryolith | 5 - |
| Natrium | 2 - |

Wir finden übrigens die Thonerde dieses Kryoliths in den Schlacken wieder.

Die Doppelchlorverbindung und der Kryolith werden pulverisirt mit dem in kleine Barren gegossenen Natrium gemengt und alles auf die Sohle des Ofens gegeben, den man vorher geheizt hat.

Die Register des Ofens werden alsdann geschlossen, um soviel wie möglich den Zutritt der Luft zu verhindern.

Bald giebt sich eine sehr lebhaft Reaction kund mit Erzeugung einer solchen Quantität Wärme, dass die Wandungen des Ofens und die Substanz selbst in eine lebhaft Rothgluth versetzt werden. Das Schmelzen der Mengung erfolgt fast vollständig in dieser Hitze. Man muss indessen die Register öffnen, die Flamme auf die Sohle richten, so dass die ganze Masse der Schlacken gleichmässig erhitzt und das Aluminium vereinigt wird.

Wenn man die Operation für beendet hält, so giesst man durch eine Oeffnung, die an der hintern Seite des Ofens angebracht ist, und erhält die Schlacken in gusseisernen Trögen. Zu Ende des Gusses kommt das Aluminium in einem einzigen Strahl, der sich am untern Theile der noch flüssigen Schlacken vereinigt hat, die vorher abgeflossen sind. Das so gebildete Aluminium vereinigt sich zu einer einzigen Masse, die bei unsern Operationen oft 6 — 8 Kilogramme wiegt. Man muss indessen die graue, ganz zuletzt abgeflossene Schlacke pulverisiren und sie durchs Sieb schlagen, um noch 200 — 300 Grammen kleiner Kügelchen zu gewinnen, welche in ungefähr 100 Kilogrammen Schlacken vertheilt sind. Dieses Pulverisiren ist in jedem Falle unerlässlich bei der nachträglichen Behandlung dieser Substanzen, um daraus die Thonerde zu erhalten. Es giebt zweierlei Sorten von Schlacke: die eine, flüssig und leicht, pflegt das Bad zu bedecken und ist sehr reich an Kochsalz; die andere, weniger schmelzbar und teigig, von grauer Farbe, auch dichter und in Berührung mit dem Aluminium stehend. Die färbende Substanz ist Kohle, herrührend entweder vom Natrium, oder vom Oel, mit welchem dasselbe gesättigt ist, oder endlich von den Steinkohlen-Dämpfen. Ich schreibe den etwas teigigen Zustand dieser Schlacke der Thonerde zu, welche die Fluorverbindungen zwar auflösen, jedoch mit Verlust ihrer Flüssigkeit.

Es ist schon bekannt, dass diese Schlacke zum grossen Theil zusammengesetzt sei aus Kochsalz und Fluoraluminium in den folgenden Verhältnissen:

| | |
|--------------------------|------|
| Kochsalz | 40 |
| Fluoraluminium | 60 |
| | 100. |

Wenn man diese Schlacke wäscht, so wird das Kochsalz aufgelöst, und Fluoraluminium, ein wenig Kryolith und Thonerde bleiben rückständig. Die Thonerde ist aufgelöst oder zurückgehalten worden durch das Bad der Fluorverbindung.

Man wird bemerken, dass das Schlackenbad keine andere Fluorverbindung, als das Fluoraluminium enthält, welches die irdenen Schmelztiigel und die kieselerdehaltigen Substanzen in der Regel nur bei einer sehr hohen Temperatur angreift. Deshalb widerstehen die Sohle und die verschiedenen Theile unseres Ofens mit einer ausserordentlichen Leichtigkeit einer fluorhaltigen Schlacke, die blos Fluoraluminium enthält, welches nicht die Eigenschaft besitzt, sich mit dem Fluorsilicium auf Kosten der Kieselerde der Backsteine zu verbinden, wie es bei dem Fluornatrium unter solchen Umständen der Fall sein würde.

Bei unsern Operationen spielt der Kryolith nur die Rolle eines Flussmittels; in dem Verfahren der Aluminiumdarstellung,

welches allein auf die Reduction des Kryoliths durch das Natrium gegründet ist, ist sogar das daraus hervorgehende Fluornatrium äusserst gefährlich für die Schmelztiegel, und ihm ist hauptsächlich die rasche Absorption des Siliciums durch das Aluminium zuzuschreiben, welche Absorption bei dieser Methode immer stattfindet. Es ist übrigens auch bekannt, dass man so zu Werke geht, wenn man Silicium darstellen will, nur verlängert man die Operation ein wenig.

Reinigung des Aluminiums. — Der eigenthümliche Charakter der Metallurgie des Aluminiums besteht darin, dass man das Metall auf den ersten Guss vollkommen rein erhalten muss.

Wenn das Aluminium Silicium enthält, so ist mir leider kein Mittel bekannt, es davon zu befreien. Alle Versuche, welche ich in dieser Beziehung anstellte, haben ein negatives Resultat gehabt; denn einfache Schmelzungen des Metalles im Schmelztiegel, die durch Saigerung eine gewisse Quantität dichter Metalle, als das Aluminium, zu scheiden gestatten, scheinen das kieselerdehaltige Metall eher zu verschlechtern, als zu verbessern. Wenn das Aluminium Eisen oder Kupfer enthält, so pflegt jede Schmelzung dasselbe bis zu einer gewissen Grenze zu reinigen, und wenn man bei niederer Temperatur operirt, so findet man auf dem Boden des Schmelztiegels ein metallisches Gerippe, welches weit mehr Eisen und Kupfer enthält, als die ursprüngliche Legirung. In der frühern Zeit bewerkstelligte ich diese Saigerung in der Muffel eines Cupolofens, in welchem der Zutritt der Luft die theilweise Oxydation des Kupfers oder des Eisens gestattete, womit das Aluminium verunreinigt war. Das wenige Blei, welches das Aluminium aufnehmen kann, wird auf diese Weise sehr leicht geschieden. Leider giebt das Verfahren kein vollkommen zufriedenstellendes Resultat.

Eben so verhält es sich mit dem Schmelzen des unreinen Aluminiums unter einem Bade von geschwefeltem Schwefelcalcium: Es findet blos Scheidung eines Theiles des Bleies, des Kupfers und des Eisens statt. Was uns am besten gelungen ist, war das Verfahren, welches wir in der Fabrik der Glacière lange Zeit angewendet haben, und welches darin besteht, das Aluminium in einem gusseisernen Schmelztiegel unter Salpeter zu schmelzen. Wir haben auf diese Weise beträchtliche Quantitäten von unreinem Metall verbessert. Diese Methode ist weiter oben beschrieben worden.

Wenn man Aluminium, welches zinkhaltig ist, in Berührung mit der Luft und bei der Temperatur schmelzt, wo das Zink sich verflüchtigt, so sieht man den grössten Theil des Zinks verbrennen und im Zustande von Oxyd oder weissem Nichts verschwinden. Um eine vollständige Scheidung der beiden Metalle zu erlangen, muss man die Legirung bei einer sehr hohen

Temperatur in einem mit Gestübbe ausgeschlagenen Schmelztiegel erhitzen. Dieser Versuch gelingt sehr gut, aber was dabei merkwürdig ist, das Aluminium wird in der Kohle an seiner Oberfläche schwach oxydirt, weil es kräftiger auf das Kohlenoxyd wirkt, aus welchem die Atmosphäre des Schmelztiegel besteht, als auf den Sauerstoff der Luft selbst. Die Kohle, welche sich unter diesen Umständen abscheidet, ist völlig amorph.

Schlacke im Aluminium. — Es ist äusserst wichtig, in den Handel nur Aluminium zu bringen, welches ganz frei von Schlacke ist, unter welcher es erzeugt worden und mit welcher seine ganze Masse immer geschwängert bleibt.

Wir haben alle Arten von Verfahrungsmethoden versucht, um diesen Zweck zu erreichen und ein Metall zu erlangen, welches an das kochende Wasser keine fluorhaltigen oder chlormetallhaltigen Substanzen abtritt, die im erstern Falle im Stande sind, das salpetersaure Silber zu fällen. In der Glacière haben wir das Aluminium gekörnt, indem wir dasselbe im vollen Fluss im Wasser ausgossen, welches mit Schwefelsäure geschärft war. Es ist uns auf diese Weise unsere Absicht zu erreichen zum Theil gelungen. Aber das Verfahren, dessen sich Hr. Paul *Morin* gegenwärtig bedient und welches bessere Resultate zu gewähren scheint, ist noch einfacher. Man schmelzt 3 — 4 Kilogr. Aluminium in einem Graphitschmelztiegel ohne Deckel, und man erhält sehr lange Zeit die Berührung der Luft des rothglühenden Metalles. Fast immer erheben sich von seiner Oberfläche saure Dämpfe, welche die Zersetzung der salinischen Substanz zwischen den Moleculen des Aluminiums durch die Luft oder die Feuchtigkeit anzeigen. Man nimmt den Schmelztiegel aus dem Feuer und man rührt die metallische Masse mit einem gusseisernen Schaumlöffel um, dessen Oberfläche nicht durch Abbrennen gereinigt sein darf, und welche von Aluminium bei dieser Operation nicht im geringsten befeuchtet wird. Man beseitigt auf diese Weise weissliche und schlackenhaltige Substanzen und auch ein wenig Aluminium, was man bei Seite legt, um es umzuschmelzen. Bei dieser Reinigung verliert man in der That keinen Theil des Metalles.

Nachdem man das Aluminium auf diese Weise abgeschäumt hat, giesst man es in eine Giessform. Man wiederholt diese Operation 3 oder 4 Mal, mit einem Wort so viel Mal, bis das Metall vollkommen rein ist, was man aus seinem Aussehen nicht abnehmen kann, denn seit der ersten Schmelzung des rohen Aluminiums besitzt das in die Gussform gegossene Metall einen solchen Glanz und eine solche Farbe, dass man es für ganz untadelhaft halten sollte. Aber das Metall ergibt sich als nicht rein, nachdem es verarbeitet worden, und besonders nachdem es polirt worden, bietet es eine Menge kleiner Punkte, nach dem

technischen Ausdruck, Stiche dar, welche dem Arbeitsstück ein unangenehmes Aussehen, besonders nach einiger Zeit, geben. Das reine und von Schlacken befreite Aluminium gewinnt durch den Gebrauch an Farbe. Der entgegengesetzte Fall findet statt bei unreinem Aluminium oder bei einem Metall, welches von Schlacken nicht befreit worden ist. Wenn das Aluminium einer langsamen Einwirkung unterworfen wird, welcher es vermöge seiner Natur nicht widerstehen kann, so kann seine Oberfläche sich gleichförmig mit einem weissen und feinen Staub bedecken, der aus Thonerde besteht. So oft das Metall den Glanz verliert, indem es sich schwärzt, kann man sicher sein, dass es eine fremde Substanz enthält und dass seine Veränderung von dieser Verunreinigung herrührt.

Ich habe die verschiedenen Verfahrungsarten beschrieben, nach welchen das Aluminium gegenwärtig fabricirt wird, und habe mich bei der letzteren aufgehalten, auch sie nach meinem Urtheil für die beste erklärt. Nachdem ich alle successiv versucht, auch viele Modificationen anzubringen bemüht gewesen bin, was in gewissen Beziehungen einen guten und in andern Beziehungen einen ungünstigen Erfolg gehabt hat, habe ich meinen Freunden den Rath gegeben, unsere gemeinschaftliche Aufgabe in der Art zu verfolgen, indem wir eine für Verbesserungen jeder Art äusserst fähige Methode fernerweit ausbilden.

Es bleibt uns sicherlich noch vieles zu thun übrig, und kaum können wir sagen, dass wir die richtigen Dosirungen der Substanzen kennen, welche wir anwenden. Aber der Gegenstand ist so neu und mit so vielen Schwierigkeiten verbunden, selbst nach allem, was bereits gethan worden, dass unsere junge Industrie Alles von der Zukunft hoffen kann, sobald sie Erfahrung erlangt haben wird.

Ich muss indessen bekennen, dass die Aluminium-Industrie in diesem Augenblick auf einen Punkt gelangt ist, dass, wenn der Verbrauch des Metalls rasch erfolgen sollte, sie ihre Gestalt mit einer ausserordentlichen Geschwindigkeit verändern kann. Man kann jetzt die Frage aufwerfen, was das Kilogramm Eisen kosten würde, wenn eine Fabrik davon monatlich nur 60 bis 100 Kilogramme fabricirte. Die grossen Apparate wären von dieser Fabrication ausgeschlossen. Das Eisen würde dann wahrscheinlich durch die Verfahrungsarten des Laboratoriums erhalten werden, welche diesem Metalle nicht erlaubten, allgemein gebräuchlich zu werden, als in Folge von völligen Umwandlungen. Dieses würde nicht der Fall sein im Betreff des Aluminiums, wenigstens nicht mit den von mir beschriebenen Verfahrungsarten. Bei allem, was ich entweder allein, oder mit meinen Freunden unternommen habe, bin ich in der That immer von dem Gedanken geleitet worden, dass wir nur Apparate anwenden dürfen,

die sich augenblicklich vergrößern lassen, und nur Materialien verwenden dürfen, die beinahe so gemein sind, wie der Thon selbst, um daraus das Aluminium darzustellen.

Sechstes Capitel.

Von den gegenwärtigen Methoden der Darstellung des Aluminiums.

Es sind noch viele andere Methoden ausser den beschriebenen zur Darstellung des Aluminiums in Vorschlag gebracht worden. Einige dieser Methoden sind sogar patentirt und nachher der Oeffentlichkeit übergeben worden. Ich kann versichern, dass alle diejenigen, welche zu meiner Kenntniss kamen, selbst wenn sie keine Aussicht auf einen Erfolg darboten, in meinem Laboratorium versucht worden sind, und keine derselben hat ein günstiges Resultat ergeben.

Ich habe vergebens versucht, das Aluminium durch ein Verfahren dieser Art herzustellen, welches der Hauptsache nach darin bestand, schwefelsaure Thonerde mit gelbem Blutlaugensalz bei hoher Temperatur in Berührung zu bringen. Der Theorie nach lag nichts Albernnes in dieser Reaction, aber ich kann versichern, dass sie nicht gelungen ist.

Uebrigens waren die Dosirungen, welche der Verfasser anrieth, von der Art, dass die unentbehrlichen Quantitäten von Substanz, welche angewendet werden müssten, um Aluminium mit den wahrscheinlichen Ergebnissen zu erhalten, sicherlich kostspieliger waren, als diejenigen, deren wir uns gewöhnlich bedienen.

Man darf in der That bei den Calculationen des Gesteigungspreises nur die theoretischen Quantitäten der zur Reaction absolut nothwendigen Substanzen in Ansatz bringen. Man wird sehen, wie ich es bereits in meiner Abhandlung über das Aluminium gesagt habe, wie sehr die Methode mittelst des Natriums auf den ersten Blick Hoffnung erregen kann, zu einer vollständigen Lösung der Aluminiumfrage zu gelangen, wovon wir indessen noch weit entfernt sind. Folgendes ist die Berechnung, welche ich im Jahre 1856 in einer meiner Abhandlungen aufgestellt habe und von welcher alle Zahlensätze noch gegenwärtig bis auf ein Geringes richtig sind.

Um 2 Aequivalente oder 28 Kilogramme Aluminium zu erhalten braucht man theoretisch:

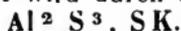
| | |
|---|-------------|
| 3 Aeq. Chlor, 108 Kil. à 160 Fr. per 100 Kil. *) | . 64,80 Fr. |
| 1 - Thonerde, 52 - à 30 - - 100 - **) | . 15,60 - |
| 3 - Kohlens. Natron à 159 Kil. à 40 Fr. p. 100 Kil. | 63,60 - |
| 2 - Aluminium, 28 Kilogr. | . 144,00 - |

Dieses giebt 5,02 Franken als den Preis der streng nothwendigen Substanz für die Darstellung von 1 Kilogr. Aluminium. Wie weit ist man nach vierjähriger Arbeit noch entfernt von der Theorie!

Die Reduction der Thonerde durch ein directes Verfahren steht noch über unsern Kräften.

Ich habe den Versuch gemacht, ein Schwefelaluminium darzustellen, um es entweder durch Natrium, oder durch Eisen zu reduciren, und meine ersten Bemühungen sind misslungen. Ich muss indessen einige Worte darüber sagen.

Man calcinirt schwach Kalialaun, den man mit Kohle und Oel mengt und von Neuem der Wirkung einer starken Hitze unterwirft. Man lässt den Schmelztiegel, in welchem die Operation vorgenommen worden ist, gut erkalten und bringt den Rückstand in eine Porzellanröhre, die man heftig erhitzt, indem man einen Strom von Schwefeldämpfen oder besser von Schwefelkohlenstoff durchstreichen lässt. Man erhält in der Mitte überschüssiger Kohle kleine weisse strahlige Massen, die eine sehr deutliche krystallinische Struktur besitzen. Dieses ist eine Doppelschwefelverbindung von Kalium und Aluminium, deren Zusammensetzung nach einigen ungenügenden Versuchen, aber nach allen Analogien dargestellt wird durch die Formel:



Diese Substanz wird in Berührung mit Wasser unter lebhafter Entbindung von Schwefelwasserstoff zersetzt, und es bleibt eine Mischung von gallertartiger Thonerde und von Schwefelkalium rückständig. Indem ich es mit Natrium mengte und erhitzte, erhielt ich keine Spur von Aluminium, gleichsam als ob der Schwefel mit dem Aluminium eine Zusammensetzung bildete, welche durch ihre chemischen Eigenschaften mit der Thonerde analog ist. Mit dem Eisen habe ich, wie es mir scheinen will, einen Anfang der Zersetzung gehabt, aber das Resultat ist in keiner Hinsicht beweiskräftig.

Ich rechne sehr darauf, diese Versuche wieder aufzunehmen, aber die Schwierigkeit, mit welcher die Doppelschwefelverbindung darzustellen ist, hat mich bis jetzt abgehalten und mir

*) Dieses war der Gestehungspreis des Chlors zu Javel.

**) Dieses ist der Preis, zu welchem bei der portugiesischen Ausstellung im Jahr 1855 die Thonerde aus Kaolin durch Salzsäure ausgezogen, notirt gewesen ist, und zwar nach den Mittheilungen, die ich der Gefälligkeit des Hrn. Pimentel de Olivera verdanke.

fast alle Hoffnung genommen, dass ein solches Verfahren, selbst im Falle des Gelingens, ein industrielles werden könnte.

Eben so verhält es sich mit der Reaction des Eisens auf das Chloraluminium bei sehr hoher Temperatur. Es ist ausgemacht, dass sich während dieser Reaction beträchtliche Quantitäten von Eisenchlorür bilden. Aber die Wirkung hört auf, sobald das Eisen nicht in sehr grossem Ueberschuss vorhanden ist, und alsdann ist die Quantität des mit dem Eisen verbundenen Aluminiums schon ausreichend, um es schmelzbar zu machen. Diese Reaction ist versucht worden, um zur Erzeugung von Aluminiumchlorür zu gelangen.

Im Ganzen kenne ich in diesem Augenblick keinen offenen Weg, um dahin zu gelangen, auf eine gründliche Weise das gegenwärtig angenommene System der Fabrikation zu verändern. Ich muss gestehen, dass ich dieses aufrichtig bedauere; denn das gegenwärtige Verfahren erheischt von denen, welche es anwenden wollen, eine lange Erfahrung und eine genaue Erkenntniss des Gegenstandes, welche die in diesem Buche enthaltenen Details, wie ich sehr befürchte, auf eine genügende Weise nicht werden geben können. Die Beschreibung der Handgriffe, selbst der wichtigsten, ist sehr oft unmöglich und ich habe darauf vielmals Verzicht leisten müssen.

Siebentes Capitel.

Von der Aluminiumbronze.

Ich habe schon einige Worte über die Legirung des Aluminiums mitgetheilt. Diejenigen, welche gegenwärtig in der Industrie benutzt werden, bilden eine kleine Zahl. Die Legirungen von 2 oder 3 Procent Kupfer werden von Herrn *Christofle* benutzt, der sie anwendet zum Giessen von Kunstgegenständen grosser Dimension, welche ciselirt werden sollen. Diese Legirungen, welche viel härter sind, als das Aluminium, eignen sich weit besser für die Arbeit des Stichels und des Meissels.

Herr *Christofle* benutzt auch eine Legirung von 10 Procent Aluminium auf 90 Proc. Kupfer, deren interessante und höchst nutzbare Eigenschaften zuerst von Herrn *Debray* angedeutet worden sind.

Diese Legirung ist sehr hart, lässt sich kalt walzen, besonders aber warm mit einer merkwürdigen Vollendung, und man kann sie nicht besser, als mit dem Eisen vergleichen, mit wel-

chem sie in dieser Beziehung alle physischen Eigenschaften theilt. Sie ist auch sehr dehnbar.

Die Aluminiumbronze, denn unter dieser Benennung ist sie gegenwärtig im Handel bekannt, verhält sich wie eine wirkliche Verbindung und ist folglich nicht geneigt, wie die gewöhnlichen Legirungen, sich dem Saigerungsprocess zu unterwerfen, d. h. sich unter der Einwirkung der Wärme in verschiedene Produkte von bestimmter Zusammensetzung umzuwandeln. Die Aluminiumbronze verhält sich also an und für sich wie eine wirkliche stabile Verbindung, welche gebildet ist aus:

| | |
|-----------------------|-----|
| 9 Aeq. Kupfer | 275 |
| 1 - Aluminium | 28 |
| 10 | 303 |

Was dieses gut beweist, ist der Umstand, dass in dem Augenblick, wo man der Fabrikation halber in ganz reines und geschmolzenes Kupfer eine Aluminiumbarre taucht, die Verbindung sogleich erfolgt mit Ausgebung von solcher Wärme, dass der Schmelztiegel, wenn er nicht von guter Qualität ist, in völliges Schmelzen geräth. Alsdann werden die metallische Masse und der Schmelztiegel schneeweiss.

Die Farbe der Aluminiumbronze in Barren oder verarbeitet, ist genau diejenige des grünen Goldes, welches, wie man weiss, eine Legirung von Gold und Silber ist. Die Bronze nimmt die schönste Politur an und kann in dieser Beziehung nur dem Stahle verglichen werden.

Ihre chemischen Eigenschaften können nicht sehr differiren von den Eigenschaften der meisten Legirungen des Kupfers. Indessen haben wir bei zahlreichen Versuchen bemerkt, dass es weit besser als sie den meisten chemischen Agenzien, besonders dem Meerwasser und dem Schwefelwasserstoff, widerstand.

Aber die interessanteste Eigenschaft und die ihm, wie wir hoffen, wichtige Anwendungen verschaffen wird, ist seine Zähigkeit, die nur mit derjenigen des Stahles verglichen werden kann.

Nachstehendes sind die Versuche, welche Hr. *Lechatelier* mit Bronzen oder Legirungen von verschiedenen Zusammensetzungen, in Cylinder gegossen, hat anstellen lassen, um daraus die Zähigkeit zu bestimmen.

| | Legirungen bestehend aus: | | Durchmesser des gegossenen Cylinders. | Zerrei- ssungslast. | Zerrei- ssungs- last für den QMillimeter. |
|-----------------------------|---------------------------|---------|---------------------------------------|------------------------|--|
| | Alumini- um. | Kupfer. | | | |
| Bronze von 10 Proc. | 10 | 90 | 10,0 | 4627 | 58,36 |
| desgl. | 10 | 90 | 10,1 | 4432 | 55,35 |
| Bronze von 8 Proc. | 8 | 92 | 10,1 | 2657 | 33,18 |
| - von 5 - | 5 | 95 | 10,1 | 2582 | 32,2 |
| desgl. | 5 | 95 | 10,1 | 2517 | 31,43 |

Nach seinen eignen Versuchen hat Herr *Lechatelier* gefunden, dass die englischen Bleche und Dachrinnen unter der Belastung von ungefähr 30 Kilogrammen per Quadratmillimeter und die gepuddelten französischen Eisen unter der Belastung von 35 Kilogr. zerbrechen. Man sieht, welche beträchtliche Differenz zu Gunsten der Aluminiumbronzen besteht, wenn man sie mit dem Metall vergleicht, dessen Zähigkeit lange Zeit für die beträchtlichste gegolten hat.

Hr. *Gordon* hat in England eine gewisse Zahl von Versuchen anstellen lassen, um dieselbe Eigenschaft an der Aluminiumbronze von 10 Procent zu bestätigen. Folgendes sind die Resultate, die er erhalten und uns mitzutheilen die Güte gehabt hat.

Nach Hrn. *Gordon* ist das Resultat des Drathzuges ein Drath von ausserordentlicher Feinheit gewesen, welcher mit der Zähigkeit des Kupferdrathes Nr. 16 nach englischem Drathmass verglichen worden ist. Man hat für die ZerreiSSLasten erhalten:

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Für das Kupfer | 190 |
| Für das Eisen | 280 |
| Für die Aluminiumbronze | 434 |

das heisst für diesen letztern Drath einen Widerstand gegen die Belastung von 84 Kilogr. auf den Quadratmillimeter.

Nach meinen eignen Versuchen habe ich für einen Drath von etwas mehr als 1 Millimeter mit dem Apparate des Herrn *Perreaux* einen Widerstand gegen die ZerreiSSLung von 85 Kilogrammen auf den Quadratmillimeter erhalten.

Das gute Eisen der Franche-Comté zerbricht unter ähnlichen Umständen bei einer Belastung von 60 Kilogrammen auf den Quadratmillimeter, und der zu Drath gezogene Stahl unter einer Belastung von 90 bis 100 Kilogr. auf den Quadratmillimeter. Man sieht hieraus, dass der Stahl allein, und zwar nur der feinste, hinsichtlich der Zähigkeit mit der Aluminiumbronze verglichen werden kann.

Härte. — Was die Härte anlangt, so bin ich Herrn *Polonceau*, Director des Zugs auf der Eisenbahn von Orleans, dafür verbunden, dass er die Gefälligkeit gehabt hat, einige Versuche anstellen zu lassen, und unter der Leitung eines der Ingenieure der Gesellschaft, des Herrn *de Fontenay*.

Der Versuch wurde gemacht mit zwei Schubfächergestellen (*coulisseaux*) auf einer Dampfmaschine für Reisende. Das eine dieser Gestelle war aus Stahl und das andere aus Aluminiumbronze, und nachdem letzteres nach einem Versuche von mehr als 6 Monaten wieder weggenommen wurde, so bot es keine merklichen Spuren der Abnutzung dar. Es hat also hinsichtlich der Reibung eben so gute Resultate gegeben, als das stählerne Gestell auf derselben Maschine, mit welcher wir es zu vergleichen haben. (Bericht des Hrn. *Fontenay*).

Ein noch entscheidenderer Versuch soll mit einer Lagerpfanne des Vorderrades einer Locomotive gemacht werden, für welches Stück man ein so hartes Metall haben muss, dass man gewöhnlich genöthigt ist, eine sehr brüchige Legirung anzuwenden.

Unter gewöhnlichen Umständen ist die Aluminiumbronze eine treffliche Substanz für Lagerpfannen, welche bei sehr raschen Bewegungen beträchtliche Reibungen aushalten sollen. Ihre ausserordentliche Hämmerbarkeit, verbunden mit dieser Härte und dieser Zähigkeit, die wir eben nachgewiesen haben, scheinen in dieser Beziehung einen Vorzug zu versprechen, welchen zahlreichere Versuche, die von mehreren Seiten unternommen werden, bald entscheiden dürften.

Hämmerbarkeit. — Die Hämmerbarkeit dieser Legirung ist vollkommen. Folgendes ist das Resultat von Versuchen, welche von Herrn *Boudaret*, Director der Hüttenwerke von *Dangu* (*Eure*) unternommen worden sind, und welches ich aus dem Bericht ausziehe, den wir der Gefälligkeit dieses Ingenieurs verherab danken.

„1) Die dem Versuch unterliegende Legirung (Aluminiumbronze von 10 Procent) lässt sich bei allen Temperaturen von der hellen Kirschrothgluth bis zur ganz kalten Beschaffenheit walzen.

„2) Sie walzt sich vollkommen gut bei lebhafter Rothgluth, ist weniger brüchig und streckt sich besser, als das reine rothe Kupfer.

„3) Sie ist sehr hart, um sie kalt zu walzen. Nach einigen Passagen verlängert sie sich nicht mehr, und man muss sie deshalb sehr häufig anwärmen, weil sie sehr bald federhaft wird.

„4) Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass es höchst vortheilhaft sei, die Aluminiumbronze bei der höchst möglichen

Temperatur zu walzen, vorausgesetzt, dass man nicht bis zur Schmelzhitze gelangt.

„5) Das Anwärmen mit dem Härten macht die Legirung viel weicher, als blosses Anwärmen ohne Härten. Wenn man die Legirung, die bis zur lebhaften Rothgluth angewärmt worden, nicht eher in kaltem Wasser härtet, als bis dieselbe in der umgebenden Luft bis zur Rothgluth abgekühlt ist, so ist sie sehr geschmeidig und im Kalten hämmerbar, um alle industrielle Behandlungsarten auszuhalten, ohne zu brechen, ausser das Austiefen bei der Art von Federträgern.“

Ich habe bei den interessanten Eigenschaften dieser Legirung verweilen zu müssen geglaubt, weil sie mir die charakteristischen Merkmale einer äusserst nutzbaren Substanz darzubieten scheinen.

Achtes Capitel.

Von den Anwendungen des Aluminiums.

Es giebt nichts Schwierigeres, als in die Gebräuche des Lebens und in die Gewohnheiten der Menschen eine neue Substanz einzuführen, wie gross auch ihre Nützlichkeit übrigens sein möge.

Die Gegenstände des Luxus und der Ausschmückung sind sehr veränderlich in ihrer Form und in ihrer Beschaffenheit, aber alles, was sich auf die Bedürfnisse des Lebens bezieht und dem täglichen Bedarf dient, wird dagegen nur mit einer ausserordentlichen Langsamkeit modificirt. Ich habe alle Hoffnung, dass das Aluminium mit der Zeit in unsern Gewohnheiten und in unsern Bedürfnissen seinen Platz einnehmen werde; aber es ist ein grosses Glück für dasselbe, dass man es ganz von vorn herein für Gegenstände ohne Nothwendigkeit oder, um mich eines ganz bekannten Ausdruckes zu bedienen, für Gegenstände der Phantasie angewendet hat. Für Gegenstände der Kunst und des Schmuckes benutzt, ist das Aluminium bei seinem Eintritt in die industrielle Welt auf keinen ernstlichen Widerstand gestossen, und nach und nach, indem man es handhabt und anwendet, wird man ihm natürlich den Platz einräumen, den es einnehmen muss un.) der übrigens, wie ich zugestehen will, sehr von dem Fabrikations- und dem Verkaufspreise abhängt.

Der erste Kunstgegenstand, der aus Aluminium gefertigt worden ist, wurde von Herrn *Honoré* ciselirt und war eine Kinderklapper, bestimmt für den kaiserlichen Prinzen und bestellt

von dem Staatsminister des kaiserlichen Hauses. Das Aluminium war damals noch sehr mühsam zu bearbeiten, und Herr *Bishop*, einer der ersten, welcher Gegenstände der feinen Bijouterie daraus arbeiten liess, hat durch seine Ausdauer dieser Fabrikation den Aufschwung verliehen, den sie seit der Zeit erhalten hat.

Hr. *Christofle* hat in der neuesten Zeit auf die Ausstellung von Dijon Gruppen von einer sehr grossen Dimension gebracht, die aus Aluminium oder vielmehr aus einer Legirung von 2 Procent mit Kupfer, die er zuerst benutzte und die sich ausserordentlich gut für die Verwendungen eignet, zu denen er sie anwendet, gegossen und ciselirt waren. Hr. *Christofle*, der schon nahe an 100 Kilogramme Aluminium verarbeitete, hat die Arbeiten des Formens, des Ciselirens und Abbrennens der Stücke in seinen Werkstätten sehr vervollkommnet.

Bei Schmuckgegenständen giebt man dem Metall mittelst einer eigenthümlichen Bearbeitung der Oberfläche eine weisse Farbe von sehr grosser Reinheit und einen eigenthümlichen Glanz, der sehr angenehm ist. Für die ciselirten Gegenstände bringt dieses eigenthümliche Aussehen des Metalles eine noch glücklichere Wirkung hervor, weil es gestattet, alle Feinheiten der Sculptur aufzufassen, Feinheiten, welche der ausserordentliche Glanz des Silbers in allen ihren Details zu verfolgen verhindert und die nicht eher sichtbar werden, als bis das Silber durch seine Verbindung mit Schwefel sein ganzes metallisches Aussehen verloren hat. Herr *Christofle* präparirt die Oberfläche der Aluminiumstücke durch Eintauchen in Salpetersäure.

In der Juwelier- und Goldschmiedekunst vertritt das Aluminium die Stelle eines edlen Metalles; dieses ist eine nothwendige Folge der Stelle, die es einnimmt zwischen den gemeinen und den edlen Metallen, denen es häufig nahe kommt. Wegen seiner Unveränderlichkeit an der Luft hat das Aluminium mit Vortheil seine Stelle neben dem Silber einnehmen können, und es scheint mir ganz einleuchtend zu sein, dass in dieser Beziehung wir uns bald daran gewöhnen werden, für viele Verwendungen, wo man eines Metalles bedarf, welches sich weder mit Sauerstoff, noch mit Schwefel verbindet, das Aluminium anzuwenden.

Auch hat man schon Reflectoren aus Aluminium gefertigt, die wirklich unveränderlich sind, zwar nicht so leicht, wie das Silber, eine schöne Politur annehmen, dieselbe aber unbeschränkt lange Zeit behalten. Ohne in Anschlag zu bringen, dass das Aluminium nicht, gleich dem Silber, dem Lichte, welches es reflectirt, eine gelbe Färbung giebt, und da diese gelbe Färbung schon sehr deutlich in dem künstlichen Lichte vorhanden ist,

so wird dieselbe durch die bläuliche Farbe des Aluminiums zum Theil vernichtet, wesshalb das von einem Brennspiegel aus Aluminium zurückgeworfene Licht äusserst mild ist, um mich eines gebräuchlichen Ausdruckes zu bedienen. Ausserdem verträgt ein solcher Brennspiegel ohne Nachtheil die Berührung von geschwefelten Gasen, welche das Silber augenblicklich schwärzen, wie z. B. das Leuchtgas.

Das Silber hat vor allen Metallen einen unbestrittenen Vorzug, nämlich den, einen ausserordentlichen Glanz zu besitzen. Daraus erklärt sich die so merkwürdige Anwendung desselben, welche in der jüngsten Zeit Herr *Foucault* für die Construction seiner Reflexionsteleskope gemacht hat. Das Aluminium besitzt nicht diesen Glanz; indessen kann aber ein Stück Aluminium, gleich dem Stahl und dem Silber, die schwarze Politur annehmen, wenn man die Vorschriften befolgt, die ich schon zu Anfang dieses Buches gegeben habe. Das Aluminium wird also mit Nutzen zu Brennsiegeln verwendet werden können, so oft man auf das Metall die Wirkung einer mit Schwefelwasserstoff beladenen Luft zu fürchten hat.

Meines Wissens hat man noch nicht in der Verzierungskunst gestampftes Aluminium mit vergoldetem Kupfer zu vermischen versucht. Der Contrast dieser beiden Farben bringt bekanntlich eine sehr gute Wirkung hervor, und das Silber kann, wegen der Leichtigkeit, mit welcher es anläuft und sich durch Verbindung mit Schwefel schwärzt, in solchem Falle nicht angewendet werden. Man könnte vielleicht für dergleichen Gegenstände das mit Aluminium plattirte Kupfer verwenden, welches Hr. *Savard* schon herstellen konnte.

Eine der Eigenschaften des Aluminiums, die ihm einen Platz in der Bijouterie bereits angewiesen haben, ist die Abwesenheit jedes Geruches, wodurch sich dieses Metall charakterisirt, hauptsächlich, wenn es rein ist. In dieser Beziehung hat es selbst den Vorzug vor dem legirten Gold und dem legirten Silber, die immer ein wenig nach Kupfer riechen, wenn sie dasselbe in ansehnlichem Verhältniss enthalten, wie das geringhaltige Gold und Silber, welche zu Schmuckgegenständen verarbeitet werden.

Aus dem Gesagten ergibt sich nun, dass das reine Aluminium in gewissen Fällen die Rolle eines edlen Metalles spielt. Aber dieses wird, in Wahrheit zu sagen, nicht seine gewöhnlichste Rolle sein, sondern es wird hauptsächlich in allen Fällen benutzt werden, wo man eines Metalles bedarf, welches eine sehr geringe specifische Schwere oder eine absolute Unschädlichkeit darbietet.

Anwendungsarten des Aluminiums, welche sich auf die specifische Leichtigkeit desselben gründen. — Viele Versuche sind schon

gemacht worden, um von der Leichtigkeit des Aluminiums Nutzen zu ziehen. Man sieht gegenwärtig Brillengestelle aus Aluminium. Hr. *Loiseau* hat Marineinstrumente construirt, die mir sehr gut ausgewählt erschienen sind, um diese Eigenschaft des Metalles zu benutzen. Dieser geschickte Künstler hat für den Ingenieur Hrn. *Gordon* einen Sextanten von einer solchen Leichtigkeit gefertigt, dass das Gewicht des Instrumentes nicht den dritten Theil des Gewichtes eines kupfernen Sextanten von demselben Volumen besass. Für einen Sextanten, den man genöthigt ist, mit einer Hand zu halten und während langer Zeit, wenn man Beobachtungen auf dem Verdeck eines schwankenden Schiffes anstellt, ist die Leichtigkeit ein grosser Vortheil, wegen der ausserordentlichen Ermüdung, die man bald erfährt, wenn man während einiger Zeit die Reflexionskreise handhabt. Die Brillen, welche man auf der Reise, oder im Kriege trägt, und selbst die Lorgnetten aus Aluminium bieten eine solche Leichtigkeit dar, dass man den Vortheil erst begreift, nachdem man die sonderbare Empfindung gefühlt hat, die man erfährt, wenn man eines dieser Instrumente in der Hand hält. Man würde sie sicherlich nicht für aus Metall gefertigt halten, wenn man bei ihrer Ergreifung die Augen geschlossen hätte.

Herr *Rédier*, einer unserer geschicktesten Mechaniker, hat für das physikalische Cabinet der *École Normale* eine Wanduhr construirt, deren Pendel durch Aluminiumstäbe compensirt ist. Er hat gefunden, dass dieses Metall durch seine Leichtigkeit und den Betrag seiner Ausdehnungsfähigkeit ausserordentlich für eine solche Compensation geeignet sei.

Man sieht in Paris einige Gegenstände, die bestimmt sind, Theile von *Necessaires* und andern Reisegegenständen zu bilden, in welchen man offenbar die specifische Leichtigkeit des Aluminiums zu benutzen gesucht hat.

Die Leichtigkeit des Aluminiums bewirkt, dass man es niemals auf eine nachtheilige Weise verfälschen kann, ohne dass dieses augenblicklich erkannt werde. Einige Procente irgend eines fremden Metalles sind schon ausreichend, um die Bearbeitung desselben mit dem Hammer, oder unter dem Plättwerke zu verhindern, so dass man es nicht verfälschen kann, indem man es mit ansehnlichen Quantitäten eines gemeinen Metalles vermischt. Versucht man andererseits, seine Farbe durch eine Legirung nachzuahmen, welche aus werthlosen Metallen zusammengesetzt ist, so wird die specifische Schwere dieser Legirung den Betrug augenblicklich verrathen. Das Aluminium ist in der That dasjenige Metall, dessen Natur und Reinheit am besten garantirt werden durch die physischen Eigenschaften seiner Legirungen und am leichtesten entdeckt werden durch den Eindruck, den es auf die Hand hervorbringt, wenn sie dasselbe empor hebt.

Endlich fabriciren die Gebrüder *Collot* seit langer Zeit Abtheilungen des Grammes, in welchen wegen der Unbiegsamkeit des Metalles und seiner ausserordentlichen Leichtigkeit der zehnte Theil des Milligrammes sich noch bequem handhaben lässt. Das Gewicht von 5 Centigrammen kann noch abgedreht werden in Gestalt eines Cylinders, welcher oben mit einem Knöpfchen versehen ist. Zu Dijon war eine von diesen Herren fabricirte Waage ausgestellt, welche ein kleines Meisterstück der Genauigkeit und der Vollendung ist. Die Messerschneiden sind aus Aquamarin und alle Stücke sind ausschliesslich aus Aluminium. Der nun seit 3 Jahren fabricirte Waagbalken ist weder von den atmosphärischen Ausdünstungen, noch von der Berührung der Hände während dieser ganzen Zeit angegriffen worden, und dennoch ist nach meinem Rathe keine Vorsichtsmassregel angewendet worden, um ihn gegen diese Ursachen der Veränderung zu schützen.

Anwendungsarten, welche sich auf die Unschädlichkeit des Metalles gründen. — In dieser Beziehung fehlt es noch an Erfahrung, um meine Ausmittelungen als ganz zuverlässig erscheinen zu lassen.

Wenn das Aluminium mit Nutzen in der Hauswirthschaft angewendet werden soll, so ist, wie ich bemerken muss, eine wesentliche Bedingung zu erfüllen. Das Aluminium muss nämlich auf die vollständigste Weise von allen Schlacken befreit werden, mit welchen es verunreinigt sein kann; sonst stellen sich auf seiner Oberfläche nach Verlauf einer gewissen Zeit kleine Stiche oder blos mit der Lupe erkennbare leere Räume ein, die dem Aussehen des fabricirten und in Anwendung befindlichen Gegenstandes schaden.

Herr Paul *Morin* besitzt seit beinahe einem Jahr kleine Kaffeelöffel, deren er sich täglich bedient; sie haben weder ihren Glanz, noch irgend ein Theilchen ihrer Substanz verloren, bis auf dasjenige, was durch Abnutzung verloren gegangen sein kann. Offenbar hat sich keine Spur einer chemischen Veränderung unter der Einwirkung von Flüssigkeiten aller Art kund gegeben, mit welchen die Löffel in langer Berührung gestanden haben.

Ich habe auch ein Besteck aus Aluminium von grosser Dimension gesehen, welches 35 Grammen wog, mit einer grossen Sorgfalt aus stark gehämmertem Aluminium gefertigt war und unter dem Hammer eine weit grössere Steifheit erhalten hatte, als selbst legirtes Silber, trotz dem geringen Gewichte der Substanz. Diese Bestecke haben der Abnutzung widerstanden, haben sich aber vielleicht ein wenig leichter riefen lassen, als das Silber, weil ihre Härte ein wenig geringer ist, als die Härte der Legirung, welche gewöhnlich von den Goldschmieden verarbeitet

wird. Nichts ist aber leichter, als diesem Uebelstande zu begegnen und die absolute Unschädlichkeit des Metalles zu erhalten, indem man das Aluminium mit 2 oder 3 Procent Silber legirt. Man darf nur in dem Metall keine Spur einer salinischen oder fluorhaltigen Schlacke zurücklassen, wenn man nicht will, dass die Barren mit einer grossen Geschwindigkeit durch die Bildung von Chlorsilber, oder selbst von Fluorsilber, welches unter der Einwirkung des Lichtes veränderlich ist, sich schwärzen sollen. Die mit dem Hammer bearbeiteten Barren bieten diese Eigenschaft nicht mehr auf eine merkliche Weise dar, ohne Zweifel, weil die mechanische Wirkung, welche sie erfahren haben, bis auf eine gewisse Tiefe alle fremden Substanzen ausgetrieben hat.

Die so verfertigten Gestecke besitzen einen ausserordentlichen Silberton, woran man sie immer erkennen wird, sobald es versucht werden sollte, sie durch Legirungen von gemeinen Metallen nachzuahmen.

Es ist eine interessante Bemerkung, dass diese dem Anschein nach unbedeutende Eigenschaft doch dazu beigetragen habe, das Aluminium für diese Anwendungen zu suchen.

Man kann sich übrigens nicht verhehlen, dass das Aluminium bei gleichem Preise für diese Verwendungen in keiner Weise im Stande ist, die Concurrnz mit dem Silber auszuhalten, welches einen festen Werth hat und sich augenblicklich in Geld umsetzen lässt, so dass letzteres immer ausschliesslich wird gesucht werden. Sicherlich wird auch bei der Schönheit des Silbers dasselbe immer von Personen vorgezogen werden, die sich silbernes Geschirr verschaffen können. Aber man kann annehmen, dass in einer gewissen Zeit und unter gewissen Umständen die Geschirre aus Aluminium dem Kupfer oder selbst dem versilberten Argentan werden vorgezogen werden, dessen Werth als Metall ganz unbedeutend ist, und welches sich keinesweges auf unbestimmt lange Zeit erhält; dessen Unschädlichkeit endlich keine absolute ist, sobald die Silberschicht an den hervorragenden Theilen des Geschirres verschwunden ist. Die Einführung des Aluminiums in die Hauswirthschaft hängt ganz vom Preise des Metalles ab, und in diesem Punkte wird man die Wahrheit dessen, was ich gesagt habe, bestätigen und zugeben, dass das Aluminium ein uns noch fehlendes Zwischenmetall ist.

Ich habe es nun mit einem edlen Metalle verglichen und zugegeben, dass es dem Silber nachsteht; aber auch seine Superiorität wird weit unbestrittener sein, wenn man es mit Metallen, wie das Zinn vergleicht, dessen Weichheit nur mit Hülfe des sehr ungesunden Bleies verbessert werden kann; ferner wie das Kupfer, welches noch in einem höhern Grade jene Uebelstände darbietet. Ausserdem wird der Geruch jener Metalle immer be-

gegenständen, deren Substanz eine gewisse Härte darbieten soll, wirken, dass man dieselbe zurückstösst. Die Frage ist auch leicht zu beantworten, wenn man sich fragt, wie das Aluminium in unsere Wirthschaften eindringen könne in Gestalt von Tafelgeschirr oder von Küchengeschirr.

Herr Paul *Morin* hat lange Zeit eine Schüssel zum Sieden der Eier versucht, hat sich dabei sehr wohl befunden, indem dieselbe, ungeachtet der alkalischen Beschaffenheit des Eiweisses, keine Veränderung erlitten hat. Andere Versuche dieser Art sind noch zu machen, hauptsächlich um das Aluminium dem Silber in allen den Fällen zu substituiren, wo letzteres in Berührung mit Schwefel oder schwefelhaltigen Substanzen kommen kann.

Sobald man das Kupfer der Küchengeschirre durch Aluminium ersetzen könnte, würde man auch darauf rechnen können, dass sogleich alle die Unglücksfälle beseitigt sein würden, die so häufig von der Auflösung des Zinnes und hauptsächlich des Kupfers in unsern Speisen herrühren. Aber man dürfte nicht erwarten, dass diese Geschirre die Schönheit und selbst die Dauer eines silbernen Geschirres hätten, welches man mit einer gewissen Vorsicht zu handhaben pflegt, weil man weiss, dass die Abnutzung, welche durch eine grobe Reinigung herbeigeführt zu werden pflegt, ein beträchtlicher Verlust ist. Wenn das Aluminium zu allen diesen Verwendungen sogleich benutzt werden sollte, müsste es ohne Zweifel um einen weit niedrigeren Preis, als das Silber, dem Handel überliefert werden können.

Man muss auch annehmen, dass sehr kleine Quantitäten Aluminium sich in unlösliche Thonerde verwandeln und unter der Wirkung der Speisen und der zugleich gesalzenen und gesäuerten Gewürze vollkommen wirkungslos bleiben. Aber diese Verluste würden nach meinen eigenen Erfahrungen immer zu vernachlässigen sein und durch die absolute Sicherheit, die man bei ihrem Gebrauche besitzt, zuverlässig reichlich ersetzt werden. In dieser Beziehung muss also das Aluminium, welches unter dem Silber steht, weit über dasselbe gesetzt werden und in einen grossen Abstand vom Kupfer und vom Zinn.

Uebrigens ist es vollkommen unnütz, bei den Fragen dieser Art der Erfahrung voraus zu eilen, und die Versuche des Laboratoriums können nur Darstellungen geben, welche die Praxis bestätigt oder widerlegt und welche ihre Controle nicht überflüssig machen.

Hätte man z. B. den Gyps angewendet, um damit die Aussenseiten der Häuser zu überziehen, wenn man die Erfahrung besprochen hätte, welche darin besteht, die Wirkung des Wassers auf den Gyps zu versuchen und woraus hervorgeht, dass 300 Grammen Wasser ausreichen, um 1 Gramm Gyps aufzulösen? Hätte man es gewagt, unsere Dächer mit Glas zu decken,

wenn man den Versuch des Herrn *Pelouze* gekannt hätte, aus welchem sich ergibt, dass das pulverisirte Glas im kochenden Wasser beinahe den dritten Theil seines Gewichtes verliert. Und dennoch widersteht das Glas in unsern Laboratorien, wenn man concentrirte Säuren darin kocht, obgleich es davon merklich angegriffen wird, während einer sehr langen Zeit. Die interessanten Versuche des Herrn *Chevreul* über die tiefe Wirkung, welche die Alkalien auf das Glas ausüben, verhindern nicht, gläserne Gefässe zur Aufbewahrung der Auflösungen von Natron, von Kali, von Baryt oder von Kalk anzuwenden.

Gegenwärtig, wenn man über den Widerstand des Aluminiums gegen Säuren, über die beträchtliche Quantität der letzteren nachdenkt, die man anwenden muss, um eine geringe Quantität dieses Metalles aufzulösen, wegen der Kleinheit seines Aequivalentes, so wird man meine Hoffnung theilen, das Aluminium, nachdem es hinlänglich reichlich vorhanden ist, überall hindringen zu sehen, wo seine Leichtigkeit und seine Unschädlichkeit die Anwendung desselben gestatten.

Die Unschädlichkeit des Aluminiums wird vielleicht noch benutzt werden für die Construction chirurgischer Apparate, deren Schwere eine Unbequemlichkeit oder eine Ursache des Schmerzes ist. Hierüber habe ich keine andern Auskünfte, als diejenigen sammeln können, welche im Artikel der chemischen Eigenschaften des Aluminiums gegeben worden sind.

In der neuern Zeit hat die *Société des Amis des Sciences* zu Paris eine grosse Anzahl von Medaillen mit dem Bildniss ihres berühmten Gründers, des Herrn *Thenard*, schlagen lassen. Diese Medaillen sind in der Münze zu Paris mit einer grossen Vollendung hergestellt worden und haben in mir die Hoffnung erregt, von nun an das Aluminium für dergleichen Zwecke angewendet zu sehen, die sich ganz vorzüglich dazu eignen, seine schöne Farbe und seine Eigenschaften hervorzuheben.

Anwendung der Legirungen. — Es ist von Nutzen, die Anwendung zu kennen, welche schon vom Aluminium und seinen Legirungen gemacht worden sind, um zu wissen, welcher Substanz man unter den verschiedenen Umständen, wo man das Aluminium zu benutzen wünscht, den Vorzug geben soll.

Zur Fabrikation von Gegenständen, welche eine grosse Leichtigkeit erheischen, ohne dass die Dichtigkeit der Substanz von sehr grosser Nothwendigkeit ist, muss man das reine Aluminium, wegen der Leichtigkeit, mit welcher es zu bearbeiten ist und wegen Originalität seiner Farbe, den Legirungen desselben vorziehen. Man muss also zur Fabrikation von Schmuckgegenständen und der meisten Gegenstände des Luxus das Aluminium so rein wie möglich verarbeiten.

Legirung mit Kupfer. — Zu gegossenen und ciselirten Kunst-

ohne dass eine ganz vollkommene Hämmerbarkeit unerlässliche Bedingung ist, haben die Legirungen von Kupfer und Aluminium den Vorzug. Auch ist das Ciseliren eines mit 2 oder 3 Procent Kupfer legirten Aluminiums eine leichte Arbeit, die täglich in den Werkstätten des Herrn *Christofle* von Arbeitern vorgenommen wird, welche auch die Bronze und das Silber ciseliren. Diese Legirung wird sehr schön weiss, wenn man sie in eine verdünnte Auflösung von Aetznatron taucht und dann in Salpetersäure reinigt. Sie besitzt eine sehr schöne Farbe.

Legirung mit Silber. — Wenn man dem Aluminium Härte geben will, ohne ihm seine Unschädlichkeit zu entziehen, und ihm zu gleicher Zeit seine Hämmerbarkeit lassen will, so kann man es mit Silber in dem Verhältniss von 2 bis 5 Procent legiren. Aber, ich wiederhole es, man muss für diesen Zweck Aluminium anwenden, welches von Chlor- und Fluoralkalien ganz frei ist, sonst wird das Silber verändert, die gebildete Chlor- oder Fluorverbindung wird afficirt vom Licht und das Aluminium schwärzt sich sehr rasch. Diese Unannehmlichkeit verschwindet indessen fast vollständig, nachdem die Legirung zwischen den Plättwalzen und hauptsächlich unter dem Hammer bearbeitet worden ist, weil unter diesen Umständen die fremden Substanzen fast gänzlich verschwinden, wenigstens an der Oberfläche der fabricirten Gegenstände.

Gemischte Legirungen. — In der neuern Zeit hat Hr. *Hugues Darier*, ein sehr ausgezeichnete Mechaniker zu Genf, sehr viele Versuche gemacht, um das Aluminium mit den Legirungen von Kupfer und Silber zu verbinden, welche in der Uhrmacherkunst und in der Bijouterie angewendet werden. Er ist zu sehr merkwürdigen Resultaten gelangt, indem er gewisse Verhältnisse anwendete, die ich nicht kenne, und hauptsächlich indem er besondere Vorsichtsmassregeln für die Darstellung der Legirung selbst in Anwendung brachte. Das Hauptverdienst seiner Legirungen besteht in einer schönen Farbe und in einer speciellen Härte, welche das Aluminium der Mischung dieser Metalle mittheilt und ihr dadurch einen grossen Widerstand gegen Abnutzung verleiht. Ich gebe hier blos Winke über einen Gegenstand, dessen Studium sich gegenwärtig in sehr geschickten Händen befindet.

Das Löthen des Aluminiums. — Das Aluminium kann gelöthet werden, aber auf eine sehr unvollkommene Weise, entweder mit Zink und Cadmium, oder mittelst der Legirungen des Aluminiums mit den Metallen. Aber eine ganz eigenthümliche Schwierigkeit ergibt sich aus dem Umstande, dass man noch kein Flussmittel besitzt, welches das Aluminium beizt, ohne die Löthung zu verändern, oder welches, wenn es die Löthung schützt, nicht das Aluminium angreift. Es liegt ein Hinder-

niss in dem eigenthümlichen Widerstande des Aluminiums, sich von Metallen nassen zu lassen, die es an Schmelzbarkeit übertreffen und sich mit ihm legiren. Auch fließt das Loth nicht und wird so zu sagen nicht angezogen von den neben einander liegenden Oberflächen, zwischen die man es bringen will.

Herr *Christofle* und Hr. *Charrière* haben im Jahre 1855, während der Ausstellung, Gegenstände fabricirt, welche mit Zink oder Zinn gelöthet waren. Aber diese schwache Löthung ist nicht haltbar. Die Gebrüder *Tissier* haben in Folge von Versuchen, die in meinem Laboratorium angestellt worden sind, Legirungen des Aluminiums mit Zink und Silber vorgeschlagen, die keinen bessern Erfolg gewähren. Endlich hat Hr. *Denis* von Nancy bemerkt, dass so oft man das Aluminium und das an seiner Oberfläche geschmolzene Loth mit einem Zinkblech berührte, die Adhäsion sich auf eine sehr rasche Weise kund gab, gleichsam als ob dieselbe im Augenblicke der Berührung durch einen eigenthümlichen elektrischen Zustand bewirkt werde; aber man erlangt nur schwache unzulängliche Löthungen in den meisten Fällen.

Schon lange hat Hr. *Hulot* den Vorschlag gemacht, die Schwierigkeit auf die Weise zu beseitigen, dass man vorher den Gegenstand verkupfert, dann die mit Kupfer überzogenen Oberflächen an einander löthet. Für diesen Zweck taucht man das Aluminium oder wenigstens die Theile, welche man löthen will, in ein Bad von saurem schwefelsaurem Kupfer. Man bringt den positiven Pol der galvanischen Säule in directe Communication mit dem Bade und berührt mit dem negativen Pol die zu verkupfernden Gegenstände, und der Niederschlag von Kupfer auf das Aluminium erfolgt sehr regelmässig. Die so vorgerichteten Oberflächen löthet man alsdann mittelst der gewöhnlichen Verfahrungsarten.

Endlich ist es Herrn *Mourey* gelungen, das Aluminium durch Verfahrungsarten zu löthen, die mir ganz unbekannt sind, und nach den Proben, die ich davon gesehen habe, scheint dieses Löthen auf eine ausgezeichnete Weise gelungen zu sein. Ich hoffe also, dass diese Aufgabe durch Herrn *Mourey* gelöst worden sei, was sehr wichtig wäre für die allgemeinere Verwendung des Aluminiums.

Auswahl der Verwendungen des Aluminiums. — Ich kann im Interesse der Zukunft der neuen Industrie nicht dringend genug rathen, das Aluminium nur zur Fabrikation von Gegenständen zu verwenden, für welche es sich, wegen seiner Farbe, seiner Leichtigkeit, seiner Unschädlichkeit und seiner Unveränderlichkeit an der Luft unter gewöhnlichen Umständen, speciell eignet. Da das Aluminium keine Eigenschaften besitzt, welche das Gold und

das Platin zu äusserst edlen Metallen machen, so würde es gefährlich sein, es zu Zwecken zu verwenden, wo es in Berührung mit Salzsäure oder mit Alkalien kommen könnte. So habe ich z. B. in den Schaufenstern eines Fabrikanten Schnupftabacksdosen aus Aluminium erblickt. Nun kann man aber das Ammoniak als das Hauptagens der Erregung betrachten, welche der Schnupftaback auf unsere Organe hervorbringt, und bekanntlich wirkt das Ammoniak auf das Aluminium, indem es dasselbe in Thonerde umwandelt, sobald die beiden Substanzen in Gegenwart von Wasser sich befinden, womit der frische Taback immer gesättigt ist. Man darf sich deshalb nicht wundern, wenn unter dieser Einwirkung die metallische Dose verändert wird. Das Silber wird durch die Wirkung schwefelhaltiger Substanzen, z. B. durch Senf, sehr rasch verändert, aber niemand hat noch daran gedacht, eine silberne Senfbüchse zu fertigen. Eben so müsste das Aluminium ausgeschlossen werden von allen Verwendungen, wo seine Berührung mit den Alkalien eine Veränderung herbeiführen könnte, und das eben angeführte Beispiel wird, wie ich hoffe, genügen, um die Fabrikanten zu verhindern, gefährliche Versuche zu machen. Um Irrthümer dieser Art zu verhindern, dürfte es zweckmässig sein, den Artikel dieses Werkes zu lesen, welcher von den chemischen Eigenschaften des Aluminiums handelt.

Neuntes Capitel.

Analysen des Aluminiums des Handels.

Das Aluminium des Handels und seine Legirung können folgende Bestandtheile enthalten:

Chlor,
 Fluor,
 Silicium,
 Aluminium,
 Eisen,
 Natrium, .
 Zink,
 Kupfer,
 Silber.

Chlor. — Um das Chlor zu dosiren, welches sich im Aluminium befindet, löst man 1 bis 2 Grammen des letzteren Metalles in reinem Aetznatron auf, sättigt mit Salpetersäure, die man nur in sehr schwachem Ueberschuss anwenden darf, filtrirt

und setzt einige Tropfen salpetersaures Silber zu, um das Chlor im Zustande von Chlorsilber zu fällen, welches man nach einem anhaltenden Waschen wägt.

Fluor. — Man löst abermals Aluminium in Natron auf, filtrirt sodann (man muss Sorge tragen, nur beschränkte Quantitäten von Reagenzien, besonders von Natron anzuwenden) und sättigt so ziemlich mit reiner Schwefelsäure. Man muss darauf sehen, dass ein ganz schwacher Ueberschuss von Alkali bleibt, ohne die Thonerde abzuschneiden, welche in dem Augenblicke abgeschieden wird, wo man den vollständigen Sättigungspunkt erreicht. Man raucht Alles in einem Platintiegel ab, und wenn die Substanz trocken ist, so befeuchtet man sie mit reiner Schwefelsäure und erhitzt, indem man den Tiegel mit einer Glastafel bedeckt, die man mit Firniss überzogen und in dieselbe mit einer kupfernen Spitze regelmässige Linien gezogen hat. Eine auf dieselbe Weise vorbereitete Quarzplatte eignet sich, nach den Beobachtungen des Herrn *Nicklès*, noch besser, und man mag sich ihrer, wenn man eine solche besitzt, bedienen. Wenn der Platintiegel erhitzt wird, so entbinden sich Wasserdämpfe vermisch mit Flusssäure, welche sich an dem Glase oder an dem Quarze verdichten und ihn auf eine sichtbare Weise graviren, wenn das Aluminium Fluor enthält. Man beseitigt den rückständigen Firniss mit ein wenig Alkohol und sieht nach, ob eine merkliche Spur der Zeichnungen vorhanden ist, die man in den Firniss gemacht hatte. Manchmal werden diese Spuren sichtbar, wenn man die Glasplatte durch Anhauchen etwas anfeuchtet.

Silicium. — Man greift das Aluminium mit reiner Chlorwasserstoffsäure an und raucht dieselbe bis zur Trockniss ab in einem Platingefäss; es bleibt eine Mischung von Silicium, Siliciumoxydul und Kieselerde *), die sämmtlich unlöslich sind, rückständig, und man scheidet sie durch Decantiren, oder durch Filtriren ab. Diese Mischung kieselerdehaltiger Substanzen wird dann mit dem Filter in einem tarirten Platingefäss und bei niederer Temperatur calcinirt. Häufig sieht man eine kleine Flamme an einigen Punkten der Masse entstehen, indem auf Kosten des Siliciumoxyduls ein wenig Kieselwasserstoff entsteht, welcher entflammt **). Das Siliciumoxydul ist alsdann vollständig verschwunden, und man wägt die Mischung von Kieselerde und

*) Das Abrauchen der Flüssigkeit ist unerlässlich, um die sehr ansehnliche Quantität von Kieselerde, welche in der Flüssigkeit bleibt, wegen der Gegenwart der Chlorwasserstoffsäure, unlöslich zu machen.

***) Es findet auf diese Weise ein kleiner Verlust statt, den man vermeidet, wenn man die Substanz vor dem Calciniren derselben mit Ammoniak anfeuchtet.

Silicium. Ist dieses geschehen, so behandelt man dieselbe mit ein wenig verdünnter Flusswasserstoffsäure, welche die Kieselerde auflöst und das Silicium rückständig lässt, das man nun sorgfältig wäscht. Eine neue Wägung giebt das Gewicht des rückständigen Siliciums und folglich das Gewicht der Kieselerde, mit welcher das Metall gemengt war. Man hat auf diese Weise alles, was man braucht, um das Silicium der untersuchten Substanz zu berechnen.

Natrium. — Die andern Elemente dosiren sich mit der Substanz selbst, welche rückständig bleibt, nachdem man die Kieselerde und das Silicium abgeschieden hat. Man mischt diese Flüssigkeit mit einem grossen Ueberschuss von Salpetersäure und dampft ab in einer Porzellanschale, die mit einem Glastrichter bedeckt ist, um Alles in salpetersaure Salze umzuwandeln, welche man in eine Platinschale bringt. Man reducirt zur Trockniss und calcinirt schwach auf einem Sandbade, bis, da die Schale offen ist, reichliche Salpeterdämpfe an allen Punkten der Masse zum Vorschein kommen. Man lässt erkalten und befeuchtet die trockne Substanz mit einer Auflösung von salpetersaurem Ammoniak, dem man Ammoniak zugesetzt hat. Man erhitzt, bis aller Ammoniakgeruch verschwunden ist, behandelt wieder mit Wasser, indem man durch Decantiren alle löslichen Substanzen abscheidet. Grösserer Vorsicht halber decantirt man auf ein Filter. Man hat auf diese Weise eine Flüssigkeit A, welche das Natrium enthält, das vom Aluminium kommt, und ein unlösliches Produkt B, eine Mischung von Thonerde, Eisen etc.

Der Flüssigkeit A setzt man einen Tropfen oxalsaures Ammoniak zu, welches manchmal eine Spur von Kalk abscheidet, eine Anzeige der Gegenwart von Fluorcalcium in den Schlacken, womit ein schlechtes Metall geschwängert sein kann.

Man dampft sodann ab in einer tarirten Platinschale, und sobald sich weiter nichts als salpetersaures Ammoniak in der Schale befindet, so bedeckt man sie mit einem Trichter und erhitzt auf 200 oder 300° C., um das salpetersaure Ammoniak zu zersetzen. Es bleibt alsdann salpetersaures Natron rückständig, welches man mit einigen Tropfen Wasser anfeuchtet, auf welche man einige Krystalle von Oxalsäure giebt; man trocknet, man calcinirt und es bleibt kohlensaures Natron rückständig, welches mit ein wenig Kohle, von der unregelmässigen Zersetzung des oxalsauren Natrons herrührend, geschwängert sein muss. Man löst dasselbe in Wasser auf, und diese Auflösung muss klar sein, wo nicht, so filtrirt man dieselbe; man mischt sie alsdann mit ein wenig Chlorwasserstoffsäure, dampft zur Trockniss ab, erhitzt bis 200° C. und wägt alsdann das Natron im Zustande von Chlornatrium.

Eisen. — Das unlösliche Produkt B, eine Mischung von Thonerde und Eisen, wird in der Platinschaale, worin sie sich befindet, bis zur Rothgluth erhitzt und im Ganzen oder theilweise *) in ein tarirtes Platinschiffchen **) gebracht, wo man es wägt. Man bringt dieses Schiffchen in eine Röhre aus Porzellan oder besser aus Platin, durch welche ein Strom reines Wasserstoff streicht. Wenn die Röhre gut rothglühend ist, so ersetzt man den Wasserstoffstrom durch gasförmige Chlorwasserstoffsäure, welche das sämmtliche Eisen in flüchtiges Eisenchlorür verwandelt, ohne die Thonerde zu berühren. Zu Ende der Operation in dem Augenblick, wo die Röhre nicht mehr roth ist, ersetzt man die Hydrochloresäure von Neuem durch Wasserstoffgas. Endlich zieht man das Platinschiffchen zurück, wägt es von Neuem, und die Gewichts-differenz giebt das Anderthalbeisenoxyd, vermengt mit Thonerde, und folglich das Eisen, welches von Aluminium herrührt.

Aluminium. — Mit dem Gewicht der in dem Schiffchen rückständigen Thonerde berechnet man leicht das Gewicht des entsprechenden Aluminiums.

Man darf sich durchaus nicht auf die vollkommen weisse Farbe der Thonerde verlassen, um anzunehmen, dass sie ganz frei von Eisen sei. Die Erfahrung hat mich gelehrt, dass man sich häufig auf die grösste Weise täuschen würde.

Das Aluminium des Handels enthält selten Natrium im metallischen Zustande. Wenn dieses der Fall ist, so entdeckt man es leicht, indem man die Gewichte vergleicht, welche man in Betreff des Natriums und des Chlors bei den Analysen erhält. Ist Natrium im Metalle vorhanden, so ist die dosirte Quantität Chlor unzulänglich, um das durch die Analyse bestimmte Natrium zu sättigen. Indessen hat diese Behauptung keinen absoluten Werth, so lange das Aluminium kein Fluor enthält.

Folgende sind die Verfahrensarten, die ich angewendet habe, um successiv und so, wie sie im Handel vorkamen, die Aluminiumproben zu analysiren, hauptsächlich um mir die fremden Reactionen zu erklären, welche manche von ihnen kund gaben. Aber gegenwärtig hat die Fabrikation des Aluminiums so grosse Fortschritte gemacht, dass man das Metall ganz frei von allen den angeführten Substanzen in den Handel bringen kann, mit Ausnahme vielleicht des Siliciums und des Eisens, die nur

*) Wenn man auf diese Weise nur eine Portion der Substanz behandelt, so bringt man dies nachher in Berechnung der Analyse in Ansatz.

**) Es ist gut, alle diese Wägungen zu machen, so dass das Schiffchen in einer Art von Futteral von einer an der Lampe verschlossenen Glasröhre sich befindet, deren anderes Ende mit einem Korksstöpsel verschlossen ist. Die Tarirung dieses Futterals wird zu gleicher Zeit mit der Tarirung des Schiffchens vorgenommen.

in schwachem Verhältniss darin vorkommen dürfen. Es muss nur mit allen den Vorsichtsmassregeln, die ich im Verlaufe dieses Werkes angegeben habe, dargestellt und gereinigt worden sein.

Die Elemente, welche man dem Aluminium im Zustande der Legirung zusetzt, können durch sehr einfache Verfahrungsarten davon geschieden werden, die ich hier unter der Form von Prüfungsmethoden und in den meisten Fällen hinlänglich genau mittheilen will.

Zink. — Um das Zink vom Aluminium zu scheiden, löst man letzteres in Chlorwasserstoffsäure auf, sättigt mit Ammoniak, wodurch die Thonerde und ein wenig Kieselerde niedergeschlagen wird; man setzt einen Ueberschuss von Essigsäure zu und filtrirt, um alles abzuscheiden, was unlöslich bleibt, nämlich Kieselerde und Silicium. Alsdann lässt man durch die Flüssigkeit einen Strom von Schwefelwasserstoffgas streichen, wodurch sich Schwefelzink abscheidet, welches man sorgfältig mit destillirtem Wasser, gesättigt mit Schwefelwasserstoff, wäscht. Man calcinirt den Niederschlag in einem kleinen Platintiegel, der in der Muffel oder in der oxydirenden Flamme einer Lampe mit doppeltem Luftzug erhitzt wird, und man wägt das Zink im Zustande des Oxyds.

Kupfer. — Man verfolgt denselben Weg, wie für das Zink. Man löst die Legirung in Chlorwasserstoffsäure und ein wenig Salpetersäure auf, man übersättigt mit Ammoniak, wodurch das Siliciumoxydul zerstört wird, und in der von Neuem mit Chlorwasserstoffsäure angesäuerten Flüssigkeit fällt man das Kupfer durch Schwefelwasserstoffgas. Das Schwefelkupfer muss mit einer Auflösung von Schwefelwasserstoff gewaschen werden, und wenn nun das Filter mit dem Schwefelkupfer in einem kleinen Platintiegel geröstet worden, so erhält man das Kupfer, welches man im Zustande des Oxyds wägt.

Silber. — Man löst das Aluminium in schwachem Königswasser auf, man verdünnt die Flüssigkeit und filtrirt sie, um die Kieselerde, das Silicium, das Siliciumoxydul und endlich das unlösliche Chlorsilber abzuscheiden, die auf dem Filter bleiben, den man mit der grössten Sorgfalt wäscht. Man giesst alsdann concentrirtes Ammoniak auf die unlösliche Substanz und scheidet auf diese Weise das Chlorsilber ab, welches man niederschlägt, indem man die alkalische Flüssigkeit mit Salpetersäure übersättigt. Der Niederschlag von Chlorsilber, getrennt durch Decantiren, wird getrocknet bei 200 oder 300° C. und gewogen. Man folgert aus seinem Gewicht die Quantität Silber, welches die Legirung enthielt.

Zehntes Capitel.

Vom krystallisirten Bor oder Bordiamant.

Ich glaube in diesem Capitel die Eigenschaften und die Darstellungsart einer sehr interessanten Substanz geben zu müssen, welche, meines Erachtens, gewisser Anwendungen fähig ist. Man erhält sie immer ausschliesslich mit dem Aluminium, so dass ihre Stellung in Folge der Anwendungen des Aluminiums ganz bezeichnet ist.

Das Capitel, welches ich hiermit dem Leser vorlege, ist ein Auszug aus der Arbeit, welche Herr *Wöhler* und ich über diesen Gegenstand in den *Annales de Chimie et de Physique* neuerdings veröffentlicht haben.

Die Borsäure ist eine sehr gewöhnliche Substanz, die man im Borax findet und welche in beträchtlicher Quantität aus den *lagoni* von Toscana bezogen wird. Das Radical der Borsäure ist das Bor, ganz vergleichbar der Kohle durch seine physischen Eigenschaften. Es nimmt 3 bestimmte Formen an: In der einen ist es das Analogon der Holzkohle; in der zweiten gleicht es dem Graphit, endlich in der dritten ist es das Analogon des Diamantes.

Man stellt diese dritte Form des Bor dar, welche sich zum amorphen Bor verhält, wie der Diamant zur gewöhnlichen Kohle, indem man das Aluminium auf die Borsäure reagiren lässt: Man giebt in einen Kohlschmelztiegel 80 Grammen Aluminium in grossen Stücken und 100 Grammen geschmolzene Borsäure in Bruchstücken. Der Kohlschmelztiegel wird mit Gestübe in einen Graphitschmelztiegel guter Qualität eingesetzt und alles in einen Windofen gebracht, in welchem man reines Nickel leicht schmelzen kann. Man erhält die Temperatur ungefähr 5 Stunden lang auf ihrem höchsten Standpunkt, wobei man Sorge trägt, mit einem Schüreisen alle den Rost verstopfende Schlacken zu beseitigen. Nach der Abkühlung zerbricht man den Schmelztiegel und findet darin zwei deutliche Schichten: die eine ist glasig, besteht aus Borsäure und Thonerde, die andere metallisch, löcherig, eisengrau, besetzt mit Krystallen, die man leicht an ihrem Glanz erkennt. Letztere besteht aus Aluminium, geschwängert mit Borkrystallen in ihrer ganzen Masse. Der ganze metallische Theil wird mit einer Natronlauge behandelt von mittelmässiger Concentration und kochend, welche das Aluminium auflöst, dann mit Chlorwasserstoffsäure, welche das Eisen beseitigt, endlich durch eine Mischung von Flusssäure und Salpetersäure, um die Spuren von Silicium auszuziehen, welche das Natron mit dem Bor vermischt hätte lassen können.

Das Bor ist indessen noch nicht rein; es enthält im Zustande der Mengung Thonerdeplättchen, welche man in den meisten

Fällen mechanisch beseitigen kann, wo nicht, so muss man folgendes Verfahren anwenden, welches anwendbar ist auf die mit Borkrystallen durchdrungenen Thonerdeplättchen und aus welchen man diese Krystalle ausziehen will, die manchmal sehr schön sind. Es ereignet sich oft, dass eine etwas zu lange Digestion mit Flusswasserstoffsäure die Auflösung der Thonerde herbeiführt. Sollte dieses nicht der Fall sein, so schmelzt man das mit Thonerde gemengte Bor mit glasiger Phosphorsäure, indem man den Porzellantiegel, den man dazu anwendet, rothglühend erhält. Es bedarf einer sehr hohen Temperatur, wenn der Bordiamant die Phosphorsäure zersetzen soll, und man nimmt dieses daraus ab, sobald sich ein wenig Wasserstoff entbindet, dessen Flamme durch den Phosphor gefärbt wird. Man nimmt nun die dargestellte Mengung aus dem Schmelztiegel, so lange sie noch heiss und geschmolzen ist, indem man sonst den Porzellantiegel zerbrechen müsste, weil sich die Phosphorsäure sehr fest in demselben anhängt. Man digerirt die Substanz mit Wasser, das mit Chlorwasserstoffsäure geschärft worden ist, welches die Phosphorsäure und ein wenig phosphorsaure Thonerde, welche sich während der vorhergehenden Operation gebildet hat, auflöst. Aber der grösste Theil der phosphorsauren Thonerde bleibt in Gestalt eines krystallinischen, mit dem Bor gemengten Staubes rückständig, und man kann denselben nur mit Aetzkali oder Aetznatron angreifen, indem man bis zur sehr düstern Rothgluth erhitzt. Indem man wieder mit Wasser behandelt, löst man eine Mengung von phosphorsauerm und thonsauerm Kali oder Natron auf, und eine längere Zeit fortgesetzte Digestion des Bors in Chlorwasserstoffsäure vollendet die Reinigung.

Die Borsäure, welche man in dem Tiegel von Retortenkohle findet, in welchem man das Bor dargestellt hat, hält eine grosse Quantität Thonerde in Auflösung, welche sich als eine Gallerte mit grosser Leichtigkeit durch Wasser scheiden lässt. Diese Thatsache der freiwilligen Scheidung der Thonerde und der Borsäure stimmt ganz überein mit den Beobachtungen, welche Hr. Heinrich *Rose* in Betreff der Wirkung gemacht hat, welche das Wasser auf die borsauen Salze mit unlöslicher Basis ausübt.

Der Bordiamant ist bei der Schmelztemperatur des Iridiums erhitzt worden, ohne dass man auch nur eine Spur von Veränderung des Zustandes bemerkte.

Bei einer hohen Temperatur widersteht er sehr leicht der Wirkung des Sauerstoffs, wird indessen oxydirt bei der Temperatur, wo der Diamant zu brennen beginnt; aber eine schwache Schicht Borsäure, welche sich an der Oberfläche bildet und

die man leicht gewahr wird, verhindert die Fortpflanzung der Wirkung.

Das Chlor dagegen wirkt mit einer merkwürdigen Energie auf das Bor, welches sich bei der Rothglühhitze in einer Atmosphäre dieses Gases entzündet und in gasförmiges Borchlorür umgewandelt wird. Es ist sehr schwierig, ein so trocknes Chlor zu haben, dass sich nicht ein wenig Rauch in dem Augenblick entwickelt, wo die Verbrennung des Bors beginnt, und man bemerkt alsdann, dass sich auf die Wandungen der Röhre, in welcher man den Versuch anstellt, selbst wenn das Bor rein ist, ein krystallinisches Sublimat absetzt, welches aus Borsäure und Borchlorür oder Oxydchlorür besteht und von dem Wasser und der Luft herrührt, welche im Chlor enthalten sind. Das krystallisirte und ganz reine Bor verbrennt ohne Rückstand. Während der Verbrennung bemerkt man jenes deutliche Anschwellen der Krystalle, wodurch sich, nach der Beobachtung des Herrn *Dumas*, die Verbrennung des Diamantes im Sauerstoffe charakterisirt.

Erhitzt man ihn mittelst des Löthrohrs zwischen zwei Platinblechen, so veranlasst er augenblicklich das Schmelzen des Metalles, indem sich ein sehr wenig feuerbeständiges Bormetall bildet. Dieses ist eine sehr brüchige Legirung, die man mit der grössten Leichtigkeit erhält, indem man amorphes Bor mit Platinschwamm erhitzt, ungefähr in der Schmelzhitze des Guss-eisens. Es gelingt sehr gut, ähnliche Legirungen mit dem Palladium und selbst mit dem Iridium herzustellen, obschon letzteres eine höhere Schmelzhitze erheischt. Endlich bemächtigt sich das Osmium-Iridium bei der Berührung des Bors und schmilzt ohne Verlust von Osmium, indem sich ein stahlgrauer Knopf von ausserordentlicher Härte bildet. Dieser Versuch ist sehr interessant und gelingt sehr gut.

Die Säuren, von welcher Art sie auch sein mögen, rein oder vermischt, haben weder auf kaltem, noch auf warmem Wege eine Wirkung auf das Bor; das Königswasser scheint indessen nach längerer Zeit eine auflösende Wirkung zu äussern, obwohl dieselbe zu schwach ist. Das doppelschwefelsaure Kali verwandelt das Bor in Borsäure unter Entbindung von schwefeliger Säure.

Das kochende und concentrirte Aetznatron verändert das Bor nicht, aber das monohydrische Natron löst es langsam in völliger Rothgluth auf. Der Salpeter scheint bei dieser Temperatur nicht merklich auf das krystallisirte Bor zu wirken.

Die specifische Schwere des Bors ist 2,86, also etwas mehr, als diejenige des Siliciums. Man wird bemerken, dass das Silicium und die Kieselerde dieselbe specifische Schwere besitzen; dass die specifische Schwere des Bors beträchtlich grösser ist, als diejenige der Borsäure; dass endlich die specifische Schwere

des Diamants im Verhältniss zu derjenigen der flüssigen Kohlen-säure beträchtlich ist. Stellt man hier eine Vergleichung an, die durch fernerweite Versuche bestätigt werden kann, so wird man die Bemerkung machen, dass das Aluminium noch über dem Silicium steht, indem die spezifische Schwere des ersteren kaum $\frac{2}{3}$ von derjenigen des Corundes beträgt.

Es ist eine allgemein bekannte Sache, dass der Diamant von allen bekannten Substanzen bei weitem die härteste sei und dass er den Corund oder den orientalischen Rubin riefte, der in dieser Beziehung unmittelbar nach ihm kommt. Das Bor riefte den Corund mit der grössten Leichtigkeit und zwar so gut, dass man mit Borstaub sehr rasch die härtesten Rubine durchbohrt, welche die Zapfen der Uhhäder tragen sollen. Der Diamant, und selbst die härtesten Diamanten können mit Bor gerieft werden, wie ich bei dem geschickten Mechaniker, Herrn *Froment*, den ich über diesen Gegenstand zu Rathe zog, gesehen habe, indem derselbe mit einem Borkrystall die Fläche eines Diamantes von der grössten Härte riefte. Herr *Voorzanger* zu Amsterdam hat sich auch des krystallisirten Bors von der weniger harten Sorte zum Schneiden der Diamante bedient, und es ist ihm dieses sehr gut gelungen, obgleich die Operation länger dauert und mehr Borstaub erheischt, als man Diamantstaub anzuwenden pflegt. Wir haben die Ehre gehabt, der Akademie der Wissenschaften einen Diamant mit natürlichen Flächen von ausserordentlicher Härte zu überreichen, der durch Diamantpulver nur sehr langsam angegriffen wurde. Dieser Diamant ist auf den Kanten des Oktaëders, welches zuerst eine Vertiefung und zwei vorspringende Ränder darbot, mit Borstaub geschliffen worden *). Man konnte bemerken, dass die vorspringenden Ränder verschwunden waren und dass die Vertiefung selbst an mehreren Stellen völlig vertilgt war, was eine sehr tiefe Einwirkung anzeigt. Der geschickte Künstler im Fache der Steinschneidekunst, Hr. *Guillot*, welcher die Gefälligkeit gehabt hat, diese Versuche in seiner Werkstatt mittelst neuer stählerner Maschinen auszuführen und sie mit Aufmerksamkeit zu verfolgen, hat uns gesagt, dass zwar das Bor den Diamant angreife, aber langsamer wirke, als Diamantpulver, und dass endlich nach einer gewissen Zeit das Werkzeug, welches das Borpulver trägt, teigig werde, was ein Zeichen von einer geringeren Härte als derjenigen des Diamantes sei. Diese Bemerkung ist indessen nicht anwendbar auf die härteste Varietät des Bors, von welcher weiter unten die Rede sein wird.

Das Bor ist durchsichtig; es besitzt einen Glanz und ein solches Lichtbrechungsvermögen, dass die Krystalle in dieser Be-

*) Dieser Diamant befindet sich gegenwärtig in der mineralogischen Sammlung der École Normale.

ziehung nur mit dem Diamant verglichen werden können. Durch dieses ausserordentliche Strahlenbrechungsvermögen erklärt sich das metallische Ansehen der Krystalle, welche zu voluminös sind, als dass das Licht Durchgang finden könnte. Es steht zu vermuthen, dass, wenn man farbloses Bor und in grossen Krystallen erhalten würde, es genau das Ansehen des Diamantes mit allen seinen Wirkungen des zurückgeworfenen und des gebrochenen Lichtes darbieten müsste.

Der Bordiamant bietet sich mit sehr verschiedenen Farben dar von Granatroth so dunkel, dass der Krystall undurchsichtig scheint und zwar bei geringer Dicke, bis zum fast farblosen Honiggelb. Wir haben diese Substanz unter verschiedenen Zuständen analysirt und gefunden, dass sich jedesmal ihre Zusammensetzung zugleich mit der Farbe ein wenig verändert. Gegenwärtig haben wir davon 3 verschiedene Varietäten, die uns wenigstens zwei krystallisirte Formen zu besitzen scheinen, die man nicht mit einander verwechseln kann; wir werden sie successiv studiren.

Erste Varietät. — Das Bor, welches zu dieser Varietät gehört, kommt vor in Tafeln von einem metallischen Glanz, der wenigstens dem Glanze des Diamantes gleich ist; es erscheint schwarz und undurchsichtig, nichts desto weniger aber durchsichtig in den weniger dicken Portionen des Krystalles. Dieses Bor ist sehr spaltbar, wodurch seine Krystalle ziemlich zerbrechlich werden; aber seine Härte ist beträchtlich. Es besteht aus:

| | |
|-----------------------|--------|
| Kohlenstoff | 2,4 |
| Bor | 97,6 |
| | 100,0. |

Die Analyse des Bors ist eine kitzliche Operation, die uns einige Schwierigkeiten dargeboten hat. Nachstehendes ist das Verfahren, bei welchem wir stehen geblieben sind:

Nachdem das Bor gewogen und in ein Platinschiffchen gebracht worden war, wurde es in einer langen Röhre von böhmischen Glas mit Chlor verbrannt. Das Schiffchen stand ganz am Ende der Röhre, wo das Chlor einströmte; es wurde mittelst glühender Kohlen bis zu dem Punkte erhitzt, wo das Glas erweichte. Bei dieser Reaction entbindet sich rauchendes Borchlorür, welches man entweichen lässt, und im Schiffchen bleibt Kohle, die man wägt und in Sauerstoff verbrennt, während man die Kohlensäure sammelt. Oft bleibt der Kohlenstoff rückständig, indem er die Form der Borkrystalle beibehält, wie sie ins Schiffchen gegeben worden sind. Es bildet sich immer bei dieser Operation eine geringe Quantität eines weissen, schwach gelblichen Sublimates, welches sich in Berührung mit Wasser erhitzt

und sich darin ziemlich vollständig auflöst, besonders nach einiger Zeit. Man findet darin Chlorschwefel, herrührend von der Wirkung des Chlors auf das vulkanisirte Kautschuck und der Borsäure, deren Sauerstoff durch die Chlorströmung geliefert worden ist, die davon immer herbeiführt, entweder wegen der Luft der Apparate, oder herrührend von der Wirkung der Chlorwasserstoffsäure auf das Mangan, oder der Feuchtigkeit des Gases, welches mittelst der in der Regel angewendeten Apparate sehr schwierig auszutrocknen ist. Unter diesen Einflüssen bildet sich eine flüchtige, feste und durch Wasser in Chlorwasserstoffsäure und Borsäure zerlegbare Substanz, von welcher man während der Darstellung des Borchlorürs beträchtliche Quantitäten erhält. Die Substanz ist ein Boroxydchlorür, dessen Natur und Zusammensetzung noch nicht genau haben bestimmt werden können.

Man muss in diesem Sublimat alle fixen Elemente aufsuchen, die es enthalten kann. Für diesen Zweck löst man es in Wasser auf und dampft diese Lösung fast bis zur Trockniss ab, indem man ein wenig flusswasserstoffsaures Fluornatrium zusetzt (besser fluorwasserstoffsaures Ammoniak) mit Schwefelsäure im Ueberschuss; man treibt das Abdampfen so weit, bis die Schwefelsäure in Dämpfe verwandelt wird, und behandelt dann mit Wasser. Die Auflösung lässt auf dem Filter eine kleine Quantität sandiger Substanz, von Kieselerde herrührend, entweder aus dem Fluornatrium oder sogar aus dem Bor, welches Silicium enthalten kann. Mit Ammoniak behandelt, würde diese Lösung einen Niederschlag von Thonerde oder Eisen geben, wenn das eine, oder das andere dieser Elemente sich in den Proben befindet, welche man analysirt. Die erste Varietät des Bors, mit welcher wir uns gegenwärtig beschäftigen, bietet nichts dergleichen dar.

Die krystallinische Form dieser Varietät des Bors ist successiv von uns, von Hrn. *Sella* und von Hrn. *Sartorius* von Waltershausen untersucht worden. Unsere Messungen haben uns bis jetzt nichts Bestimmtes ergeben, obgleich wir Flächen beobachtet haben, deren Neigung merklich den Winkel des regelmässigen Oktaeders ergibt *). Indessen haben wir nicht auf eine definitive Art in solchem Fall einen Schluss ziehen können, weil das polarisirte Licht durch die Wiederherstellung der Helligkeit zwischen zwei Nicholschen Prismen anzuzeigen schien, dass diese Krystalle nicht dem regelmässigen System angehören; aber bei einer so leichtbrechenden Substanz, die aus einer so grossen Zahl regelmässig geordneter krystallinischer Elemente besteht, können selbst noch nach diesem Versuch, der in jedem andern Falle schlussge-

Siehe Comptes rendus etc. Tom. XLIII. p. 1089.

recht wäre, Zweifel bestehen. Uebrigens wird diese Frage gegenwärtig von zwei ausgezeichneten Krystallographen, dem Hrn. *Sella* zu Turin und dem Hrn. *Sartorius* von Waltershausen in Göttingen studirt, denen wir alle nöthigen Exemplare übergeben haben, um in diesem Betreff zu einem Schlusse zu gelangen.

Zweite Varietät. — Das Bor bietet sich auch in Krystallen von einer Klarheit und vollkommenen Durchsichtigkeit dar: Sie sind gruppirt in Gestalt von langen und ausgezackten Prismen, so dass sie die Zähne einer Säge darstellen. Manchmal erhält man sehr kleine dieser Krystalle, die wirklich prismatisch und achtseitig sind und ohne Zweifel in Oktaëder endigend, deren Form wir jetzt angeben wollen. Ihr Diamantglanz ist ausserordentlich; aber die Härte ist ein wenig geringer, als bei der ersten Varietät. Endlich scheint die längere Wirkung der Säuren und hauptsächlich des Königswassers nicht auf ihrer Oberfläche ganz vergeblich zu sein. Man erhält diese Krystalle, so oft man die Borsäure mit einem Ueberschuss von Aluminium in einem Schmelztiegel von Retortenkohlen bei einer hohen Temperatur und während langer Zeit in Berührung bringt. Man braucht wenigstens ein fünfständiges Erhitzen bei der Schmelzhitze des Nickels; sehr wenig Schmelztiegel halten diese Probe aus.

Die Zusammensetzung dieses Bors ist sehr veränderlich. Folgendes ist eine Analyse, welche eine Vorstellung der mittleren Verhältnisse der Substanzen giebt, aus denen diese Varietät zusammengesetzt ist. Die Analyse wurde an einem sehr schönen Exemplar von auserlesenen Krystallen vorgenommen:

| | |
|-----------------|--------|
| Kohlenstoff . . | 4,2 |
| Aluminium . . | 6,7 |
| Bor | 89,1 |
| | 100,0. |

Wenn es gelingt, etwas grosse Krystalle dieser Substanz und etwas hemitropisch darzustellen, so kann man sie sicherlich als Edelsteine verwenden. Diese Varietät ist in so netten und so strahlenbrechenden Krystallen erlangt worden, dass ihre Winkel sehr genau bestimmt werden konnten. Die krystallinische Form des Bors ist das gerade Prisma mit viereckiger Basis, dessen Parameter, nach der Neigung der Flächen des am meisten entwickelten Oktaëders des Krystalles in dem Verhältniss von 1 für die Horizontalaxen zu 0,578 für die Vertikalaxe stehen. Die Formen, welche man hier findet, gehören zwei Oktaëdern (111), (221), welche auf die Kanten der Basis gestützt sind, die Flächen (110) des Prismas und (100) eines zweiten Prisms, deren Flächen von den Kanten des ersteren Tangenten sind. Die Winkel dieser Flächen gestatten das Bor als ganz isomorph mit dem Zinn zu betrachten. Wir verdanken diese Bemerkung Herrn

Sella *). Folgende sind die Winkel, die wir gefunden haben (normale Winkel):

| | Nach uns. | Berechnet. | Nach Hrn. <i>Sella</i> . |
|--|-----------|------------|-----------------------------|
| 110 auf 221 | 31° 29' | — | 31° 33' |
| 221 - 111 | 19° 36' | — | 19° 27' |
| Die am Oktaëder anliegen- den Flächen 111 | 77° 50' | 77° 50' | — |
| Die abwechselnden Flächen | 53° — | 53° 2' | — |
| Die anliegenden Flächen der beiden Prismen 100 auf 100 | 45° — | — | — |
| Die abwechselnden Flächen | 90° — | — | — |

Diese Winkel gehören mit denselben Werthen allen Krystallen an, welches auch ihre Farbe sei, vom dunkeln Granatroth bis zum fast farblosen Honiggelb.

Dritte Varietät. — Die härteste aller Varietäten des Bors, härter unstreitig, als die erste, erhält man, indem man mehrmals die Wirkung der Borsäure in grossem Ueberschuss auf das Aluminium und bei einer solchen Temperatur erschöpft, dass alle Borsäure sehr rasch verflüchtigt wird. Man muss auf diese Weise, um 1 bis 2 Grammen dieser Substanz zu erhalten, in Gefässen, welche in Retortenkohlenapparate eingeschlossen und angemessen vorgerichtet sind für den Versuch, 20 — 30 Grammen Borsäure verflüchtigen, welche jedesmal 2 bis 3 Stunden lang erhitzt werden. Es bleibt alsdann im Schmelztiegel eine löcherige Substanz zurück von heller Chokoladefarbe, ganz ähnlich jener Varietät des Diamantes, welche man *boort* nennt, mit Borkrystallen von sehr grossem Glanz besetzt. Man beseitigt das Eisen und ein wenig Aluminium mit Hülfe von Natron und Chlorwasserstoffsäure; leider widersteht die Thonerde, oder

*) Während wir unsere Messungen machten, erhielt Hr. *de Senarmont* von Hrn. *Sella*, dem gelehrten Professor zu Turin, einen Brief, aus welchem wir hier einen Auszug geben:

„Hr. *Govi*, welcher als Prof. der Physik nach Florenz geht, hatte bei sich Bor der Herren *Wöhler* und *Deville*. Ich habe 3 kleine Krystalle gemessen, welche zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ Millimeter schwankten. Ich finde, dass diese Krystalle dem Prisma mit viereckiger Basis angehören. Dieses ist sehr interessant, denn es giebt weiter kein Metall unter denen, deren Krystallisation bekannt ist, als das Zinn, welches nicht kubisch oder rhomboëdrisch wäre. Aber noch merkwürdiger ist der Umstand, dass das Bor mit dem Zinn völlig isomorph ist. Ich finde in der That in den Winkeln des Hrn. *Miller*, indem ich ein wenig seine Aufzeichnung verändere, dass die Zinnkrystalle eben so, wie hier, zusammengesetzt sind aus Formen (100) (100) (221) und dass 110 auf 221 = 31° 26' ist. Bloss die am meisten entwickelte Fläche der Zinnkrystalle fehlt hier, und ihr Symbol würde (332) sein, wenn man sie auf diejenige des Bors bezieht.

vielmehr der Corund, womit das Bor gesättigt ist, allen Auflösungsagenzien, welche nicht das Bor angreifen.

Man wird in dieser Beziehung bemerken, dass die Thonerde in Gegenwart von Chlor und von Kohle, welche das Bor enthält, und vielleicht in Gegenwart von Bor selbst Kohlenoxyd und Chloraluminium giebt, was verhindert, dass man die Gegenwart der Thonerde bei der Analyse des Bors durch das Chlor vernachlässigt. Man muss die äusserste Sorgfalt anwenden, um vor jeder Analyse die Thonerde vom Bor zu scheiden durch ein Ausklauben der Krystalle unter dem Mikroskop, um jeder Ursache des Irrthums zu entgehen. Die dritte Varietät des Bors erscheint unter dem Mikroskop ganz zusammengesetzt aus kleinen Krystallen; mit dem unbewaffneten Auge entdeckt man auch sehr nette und sehr deutliche Metalle, obschon ausserordentlich klein, so dass jedes Messen unmöglich wird. Dieses sind indessen diejenigen, welche sich am meisten, wenigstens annähernd, der Form des Oktaeders vergleichen lassen. Die Härte dieser Substanz ist nach Hrn. *Guillot* von der Art, dass sie nicht im Geringsten den Diamant nachsteht, und nach ihrer Anwendung besitzt sie noch denselben Grad der Feinheit, wie vorher. Sie ist auch nur mit äusserster Schwierigkeit zu zerquetschen und bietet in dieser Hinsicht die grösste Aehnlichkeit mit jener Varietät des Diamantes dar, welchen die Steinschneider *boort* nennen.

Bevor wir die Eigenschaften des Bors verlassen, müssen wir die Art und Weise erläutern, wie man die Analysen zu verstehen habe, deren Resultate weiter oben angegeben worden sind. Zuerst muss man den Kohlenstoff, den man hier antrifft, offenbar betrachten, als befände er sich im Zustande des Diamantes. Denn nach allen unsern Analysen scheint die Durchsichtigkeit um desto mehr zuzunehmen, je grösser die Quantität des Kohlenstoffes ist; und bekanntlich sind einige Tausendtel schwarzen Kohlenstoffes und vielleicht noch weniger ausreichend, um den Gläsern eine sehr dunkle Farbe zu geben, in denen man den Kohlenstoff mit der Substanz, die er färbt, nicht als verbunden annehmen kann; man ist übrigens genöthiget, anzunehmen, dass der Kohlenstoff mit dem Bor, dessen Form er nicht besitzt, krystallisirt sei.

Diese Hypothese enthält nichts, was den Thatsachen widerspricht, die man in gewissen Fällen beobachtet, wo man sieht, dass eine Substanz, deren Verhältniss vorherrschend ist, ihre Form solchen Substanzen mittheilt, mit denen sie eine gewisse Analogie chemischer Eigenschaften gemein hat. Die Gegenwart der Thonerde bei den Hornblendearten ist ein Beispiel davon. Uebrigens sagt nichts, dass der Diamant, gleich einer grossen Zahl von Körpern in der Natur, nicht selbst dimorph und fähig sei, unter noch unbekanntem Umständen die Form des Bors anzunehmen.

Der selenhaltige Schwefel, den man künstlich erhalten kann mit Auflösungen des Selens und des Schwefels in Schwefelkohlenstoff, ist ein Beweis dafür. Der Schwefel reisst, wenn man mit gewissen Vorsichtsmassregeln operirt, Selenquantitäten mit fort, die nothwendig sehr klein sind, wegen der schwachen Löslichkeit des Selens; aber die Gegenwart des Selens, die übrigens keine Aehnlichkeit der Form mit dem Schwefel hat, kann sehr leicht durch die qualitative Analyse beim selenhaltigen Schwefel nachgewiesen werden, dessen Winkel gemessen worden und identisch gefunden worden sind mit denen, welche Hr. Mitscherlich dem oktraëdrischen Schwefel zugetheilt hat.

Uebrigens müssen die Bedingungen der Isomorphie der einfachen Körper und ihrer gegenseitigen Anziehung durch die Krystallisation experimental an der kleinen Zahl dieser Körper studirt werden, die in den Classificationen der Wissenschaft einander so nahe liegen, dass ihre Verbindungen nicht dem Gesetz der Aequivalente gehorchen, d. h. dass ihre Berührung keine Veranlassung zu einer Auflösung giebt. In diesem Fall können sich der Kohlenstoff, das Bor und das Silicium *), welche einander so nahe liegen, gegenseitig auflösen, ohne sich anders zu verbinden, und im krystallisirtem Bor zugleich existiren, ohne dass die Form desselben verändert werde. Das Entgegengesetzte findet statt, wenn das Silber, welches dem Blei so nahe liegt, im Blei aufgelöst wird. Es ist eine bekannte Sache (und die Scheidungsmethode der beiden Metalle durch Krystallisation ist auf diese Thatsache gegründet), dass das Blei krystallisirt, ohne merkliche Quantitäten des Silbers mit fortzureissen. Es scheidet sich wie ein wasserfreies Metall aus einer wässerigen Lösung im Zustande der Sättigung.

Diese Bemerkungen leiden Anwendung auf das Aluminium, dessen Gegenwart im Bor in sehr veränderlichen Quantitäten (von 0 bis zu 13 Procent) niemals eine Verbindung anzeigt; denn die Formel $Al Br^7$ würde schon gegen 20 Proc. Aluminium erheischen. Diese neue Thatsache wird hoffentlich zur Bestimmung der Bedingungen der Isomorphie einfacher Körper dienen können; aber sie kann eine gewisse Unterstützung der Meinung gewähren, welche einer von uns schon ausgesprochen hat und nach welcher das Aluminium in die Reihe des Kohlenstoffes und des Bors mit demselben Rechte gesetzt werden müsste, wie das Antimon in die Reihe des Stickstoffs und des Phosphors. Dieses ist eine Anwendung der Parallelmethode, welche in den Naturwissenschaften schon so viele Dienste geleistet hat.

*) Wir erwähnen das Silicium, obschon es nicht genannt worden ist bei den Analysen des Bors, die in dieser Abhandlung angeführt worden, weil in mehreren Fällen seine Gegenwart hier angegeben worden ist.

Alle polymorphischen Varietäten des Bors können durch ein sehr einfaches Verfahren die eine in die andere umgewandelt werden. Man füttert einen irdenen Schmelztiegel mit amorphem Bor aus, wie man es mit Holzkohle thun würde, und giebt ein Stück Aluminium hinein. Bei einer hohen Temperatur sättigt sich das Aluminium mit Bor und lässt dasselbe durch Erkalten krystallisiren. Löst man sodann das Metall mit Natron und Chlorwasserstoffsäure auf, so erhält man zuerst diamantähnliches Bor, welches man sogleich in dem untern Theile des Gefässes findet, wori nman operirt, und graphitähnliches Bor, welches mit der grössten Leichtigkeit in der Flüssigkeit schwimmt. Dieses ist ein Mittel, das Bor von irgend einem Ursprung in krystallisirtes Bor umzuwandeln, was man direct bis jetzt nur mit Hülfe der Borsäure *) und des Aluminiums erlangen konnte.

Schlussfolgerung.

Ich habe versucht, darzuthun, dass das Aluminium ein gebräuchliches Metall werden könne, indem ich mit Sorgfalt seine physischen und chemischen Eigenschaften studirte, indem ich den gegenwärtigen Zustand seiner Fabrikation nachwies, der gegenwärtig in den Stand setzt, dem Handel so viel davon zu liefern, als die Consumption verlangen sollte. Was die Stellung anlangt, die es in unsern Gebräuchen einnehmen soll, so hängt dies von der Schätzung ab, die ihm das Publikum angedeihen lässt, und von dem Preise, zu welchem es in den Handel gebracht wird. Die Praxis und die Zeit allein müssen es nun übernehmen, die Aufgabe zu lösen, welche ich mir vorgesetzt hatte.

Die Einführung eines neuen Metalles in die Gewohnheiten des Lebens ist ein Unternehmen von der grössten Schwierigkeit. Aber ich muss es bekennen und zugleich laut meine Dankbarkeit ausdrücken, dass ich vom Beginn meines Unternehmens an auf die grossartigste Weise von Seiner Majestät, dem Kaiser, begünstigt worden bin, der die ersten Kosten trug, ferner von meinen Lehrern und meinen Verwandten, deren Schutz und Freundschaft mir niemals gefehlt hat, endlich von der wissenschaftlichen Kritik, die in ihren Aeusserungen sich immer wohlwollend bewiesen hat.

Anfangs rechnete man in gewissen Veröffentlichungen zu

*) In der neuesten Zeit ist es dem Capitain *Caron* und mir gelungen, dasselbe mit Fluorbor und Aluminium darzustellen.

viel auf das Aluminium, indem man es zu einem edlen Metall erhob; später setzte man es so weit herab, dass man es für löslich in reinem Wasser erklärte. Der Grund davon lag in dem Wunsche, dass Jeder aus dem Thon der Gefilde ein Metall hervorgehen zu sehen wünschte, welches dem Silber vorzuziehen sei. Die entgegengesetzte Meinung konnte Platz greifen in Folge der unreinen Proben eines Metalles von schwieriger Darstellung und von einer kitzlichen Analyse. Gegenwärtig scheint sich eine zwischenliegende Meinung im Publikum zu verbreiten, die ich immer unterstützt habe und die man schon auf den ersten Zeilen dieses Werkes ausgesprochen findet; sie wird die Illusionen und die übertriebenen Befürchtungen verhindern, die der Annahme des Aluminiums als ein gebräuchliches Metall gleich nachtheilich sein würden.

Endlich giebt es noch eine letzte Thatsache, deren ich hier Erwähnung zu thun um Erlaubniss bitte. Nach den Versuchen, die auf Kosten des Kaisers in der Fabrik zu Javel gemacht worden waren, ist das Aluminium unter dem Schutz von Finanzmännern und Kapitalisten, die sich einzig und allein durch den Wunsch, ein nützlichcs Unternehmen zu unterstützen, bestimmen liessen, in die Industrie übergegangen. Bevor die Unternehmungen entweder in Paris oder in Rouen zur Herstellung einer Aluminiumfabrik begonnen wurden, sind alle dabei Betheiligte auf das Risiko aufmerksam gemacht worden, welches damit verbunden sei, und auf die geringe Hoffnung, die ich selbst hegte, einen Versuch dieser Art von Erfolg gekrönt zu sehen. Eine kleine Zahl von Kapitalen wurde auf meinen Rath der Unternehmung gewidmet, so dass ein möglicher Verlust nicht sehr beträchtlich werden konnte für alle diejenigen, welche ihn erfahren würden. Der Erfolg dagegen würde sehr ehrend sein für alle diejenigen, welche in gleichen Absichten zur Unternehmung beigetragen haben. Die Industrie des Aluminiums so, wie sie jetzt begründet worden, konnte also, welches auch ihr Loos sein sollte, für Niemand die Ursache eines grossen materiellen Verlustes oder einer Enttäuschung werden, und ich selbst habe nie darauf gerechnet, dass mein Vermögen, welches ich dem Unternehmen gewidmet hatte, jemals meinen Kindern erhalten bleiben werde. In dem Fall eines definitiven Erfolgs macht es mich glücklich, dass diese Uneigennützigkeit öffentliche Anerkennung gefunden hat und dass ich auch im Stande gewesen bin, das schöne Werk des Mannes, des berühmten *Wöhler*, fruchttragend zu machen, den ich Stolz darauf bin, meinen Freund zu nennen. —

Nachträge.

1. Ueber den gegenwärtigen Standpunkt der Erzeugung und Verarbeitung des Aluminiums in Frankreich.

Dr. Wilhelm Schwarz, Sectionsrath und Canzleidirector im Kaiserlich österreichischen Consulate zu Paris, fasste den glücklichen Gedanken, eine Sammlung verschiedenartiger Gegenstände aus Aluminium und mehreren seiner Legirungen, wie derlei gegenwärtig in Paris in täglich wachsender Menge verfertigt werden, zusammenzustellen und nach Wien zu senden.

Deville hat von dem unbeschränkten Credite, welchen ihm Kaiser Napoleon III. zur Ausführung seiner Versuche im Grossen bewilligte, nur 36000 Franks verbraucht.

Bezüglich der Eigenschaften des Aluminiums führt der Verfasser an, dass wir dieselben noch nicht mit hinreichender Schärfe kennen, da fast alle Versuche, sie zu erforschen, mit nicht ganz reinem Metall angestellt wurden.

Ein Blick auf die erwähnte Sammlung von Gegenständen aus Aluminium, welche 159 Nummern zählt und einen Werth von 7000 Franks repräsentirt, zeigt unwiderleglich, dass dieses Metall sowohl für sich, als in mehreren seiner Legirungen, vollkommen geeignet ist, nach den bekannten Verfahrungsarten verarbeitet zu werden. In der That enthält die Sammlung gegossene, dann kalt gestreckte Barren, ferner Bleche und Dräthe von äusserster Feinheit und gezogene Röhren. Ferner von verarbeitetem Metall: Grosse und kleine Löffel, Gabeln, Becher, elegante, theilweise galvanisch vergoldete, ciselirte Tassen und Gefässe, Bracelets, Brillengestelle von allen Formen, Perspective, Busenadeln von ciselirter Arbeit, zum Theil vergoldet, Hemdknöpfchen, Medaillons etc. Da sich das Aluminium vortrefflich feilen, abdrehen, drücken und radiren lässt, somit auch für feine Theilungen sehr geeignet ist, so wird es ohne Zweifel für physikalische, geodätische und astronomische Instrumente, bei denen es so oft auf Leichtigkeit ankommt und deren Theilungen an der Luft unverändert bleiben müssen, eine bedeutende Verwendung finden.

Von den Legirungen sind besonders hervorzuheben die mit Zinn, die mit Silber und die mit Kupfer.

Die mit Zinn (3 Theile Aluminium auf 100 Zinn) ist härter und wird weniger von Säuren angegriffen, als dieses. Sie verspricht eine grosse Anwendung und wird das reine Zinn bei seinem mannichfaltigen Gebrauche verdrängen.

Die Legirung mit Silber, und zwar aus 5 Theilen Silber mit 109 Theilen Aluminium, wird ihrer Härte und Elasticität wegen bereits in beträchtlicher Menge zu Obst- und Dessertmessern verarbeitet. Bei 100 Theilen Silber mit 5 Theilen Aluminium eignet sich die Legirung besonders für Münzen, und es dürfte das Aluminium in nicht allzu ferner Zeit das Kupfer als Beimischung des Silbers bei Münzen ersetzen, wodurch nicht bloß die Schönheit und Dauerhaftigkeit der Münzen erhöht, sondern auch noch andere Vortheile erreicht würden.

Die grösste Wichtigkeit dürfte jedoch die Legirung von Kupfer und Aluminium erlangen, indem dieselbe bei 5 — 10 Procent Aluminium (Aluminium-Bronce) an Farbe vollkommen dem Golde gleicht und durch Härte, Festigkeit, Elasticität und Unveränderlichkeit in der Luft, in Salzlauge und sauren Flüssigkeiten ausgezeichnet ist. Diese Legirung wird das Messing und Tombak in allen seinen Anwendungen, wo es sich um Schönheit der Farbe und Dauerhaftigkeit handelt, ersetzen; schon jetzt zieht dieselbe die Aufmerksamkeit der Bijoutiers und Broncearbeiter in hohem Grade auf sich und wird in nicht unbeträchtlicher Menge verarbeitet.

Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass das Aluminium zur Darstellung seiner Legirungen vielleicht in noch grösserer Menge verbraucht werden wird, als im reinen Zustande.

Was den Preis des Aluminiums betrifft, so dürfte derselbe für die allgemeine Verwendung dieses Metalles kein Hinderniss mehr sein. Es ist bereits von 1200 auf 300 Franks per Kilogramm gesunken, ja er wird sogar bei Abnahme von grossen Parthien, wie 100 Kilogramm, auf 100 Franks für das Kilogramm gestellt. Und doch beschäftigen sich gegenwärtig nur erst zwei Fabriken in Frankreich mit der Erzeugung dieses Metalles. Die eine befindet sich zwei Stunden von Paris zu Nanterre und steht unter der Leitung des Herrn Paul *Morin*; sie wurde von *Deville* gegründet und ist das erste Etablissement für Aluminium und Natrium; die zweite wurde von Herrn *William Martin* gegründet und befindet sich zu Amfreville-la-Mi-voie bei Rouen; sie steht unter der Leitung der Herren Charles und Alexander *Tissier*. Die erste erzeugt gegenwärtig monatlich 60, die zweite 80 Kilogr. Aluminium. Die Letztere ist dadurch besonders merkwürdig, dass sie nicht, wie jene zu Nanterre, das Natrium-Aluminiumchlorid, sondern den Kryolith

nach der Anregung, die Heinrich *Rose* hierzu gegeben hat, verarbeitet. Der Kryolith findet sich nämlich in so enormen Massen an den Küsten Grönlands, dass er zu 3 Franks per 100 Kilogr., das ist zu 40 Kreuzer per Centner, in einen französischen Hafen gestellt wird, und zwar 3000 Tonnen per Jahr, wozu sich die Eigenthümer der Grube durch 20 Jahr verpflichten.

Da der Kryolith nicht bloß ungleich bequemer zu gebrauchen und seiner Reinheit wegen auch noch mit andern Vortheilen verknüpft ist, ferner als Nebenprodukt Fluornatrium giebt, was leicht in Soda und Flussspath umgewandelt werden kann, so muss dessen Verwendung zur Erzeugung des Aluminiums einen günstigen Einfluss auf den Preis des letztern üben, und man darf annehmen, dass dieser bis auf 50 Franks per Kilogramm herabsinken werde.

Es hängt dies vorzugsweise von dem Preise ab, um welchen der Fabrikant sich das Natrium verschaffen kann; denn dieses bleibt wohl noch für lange Zeit die Basis der ganzen Aluminium-Industrie. Nach *Deville* betragen die Gesteungskosten des Natriums aber nur noch 9 Franks per Kilogramm, und man braucht 3 Kilogramm davon, um 1 Kilogramm Aluminium zu erzeugen.

Setzt man den Preis des Aluminiums auf 100 Fr. per Kilogr., so ist der des Silbers $2\frac{1}{2}$ Mal höher, da dieses Metall per Kilogr. 220 Franks kostet. Da aber die Dichte des Aluminiums nur $\frac{1}{4}$ von der des Silbers beträgt, so würde, mit Rücksicht auf das Volumen, der Preis des Aluminiums nur etwas über $\frac{1}{8}$ von jenem des Silbers betragen. Das dieses günstige Verhältniss eintritt, hängt also nur noch von dem gesteigerten Verbräuche und der dadurch bedingten Concurrenz ab, und es ist bei den vortreflichen Eigenschaften dieses Metalles, ins Besondere bei seiner absoluten Unschädlichkeit und grossen Widerstandsfähigkeit gegen alle im gewöhnlichen Leben vorkommende Flüssigkeiten, so wie bei seiner Verwendbarkeit zu Legirungen, mit Sicherheit zu erwarten, dass in nicht allzu ferner Zeit diese Hoffnung realisirt sein wird. (Journal für praktische Chemie. Bd. 73. S. 499.)

2. Das Aluminium zu löthen.

Die Société impériale d'encouragement zu Paris hat für die Auffindung eines Löthverfahrens für das Metall Aluminium einen Preis von 200,000 Frcs. ausgesetzt. Dieses neuerdings in Paris von Goldarbeitern zu eleganten, sehr beliebten Schmuckgegenständen verarbeitete Metall kann bis jetzt nämlich nur genietet, nicht aber gelöthet werden.

3. Metallmoor auf Aluminiumgegenständen.

In der letzten Versammlung der britischen Naturforschergesellschaft (Aluminium III.)

sellschaft zu Leeds machte Hr. M'Adam auf eine Art Moirirung aufmerksam, welche durch Aetzkalilauge auf der Oberfläche der aus Aluminium bestehenden Gegenstände hervorgebracht wird; sie ist dem Metallmoor analog, welchen Salzsäure auf der Oberfläche des Weissblechs erzeugt, und dient als sicheres Schutzmittel gegen die spätere Veränderung des Aluminiums an der Luft.

Prof. *Calvert* glaubt, dass das grösste Hinderniss für die Anwendung des Aluminiums die Leichtigkeit ist, womit es das Wasser von 100° C. und sogar Wasser von jeder Temperatur zersetzt. Ein Drath von reinem Aluminium, welchen er ein Jahr lang in einer mit Wasser gefüllten Röhre gelassen hatte, war in gallertartige Thonerde verwandelt; das Aluminium, welches ein wenig Eisen enthält, widersteht der Einwirkung des Wassers besser. (*Cosmos*, *Revue encyclopédique* T. XIII p. 445). —

4. Entdeckung eines Verfahrens, das Aluminiummetall zu löthen; mitgetheilt von Dr. *Wilhelm Schwarz* in Paris.

Das nunmehr seit achtzehn Monaten in Nanterre bei Paris in bedeutenden Mengen fabrikmässig erzeugte Aluminium bricht sich mehr und mehr Bahn, so dass es bereits sowohl als Rohmaterial, als auch in den verschiedenartigsten Verarbeitungen einen nicht unerheblichen Exportartikel Frankreichs bildet.

Ein wesentliches Hinderniss einer noch grösseren Ausdehnung der neu entstandenen und so rasch sich entwickelnden Aluminium-Industrie bestand jedoch bis heute in der Unmöglichkeit, das neue Metall löthen zu können.

Alle die zahlreichen Versuche, welche, aufgemuntert durch die Aussicht auf lohnenden Gewinn und ehrenvolle Anerkennung, in den vielseitigsten Kreisen der Pariser Gewerbethätigkeit gemacht wurden, um das ersehnte Ziel zu erreichen, blieben bisher erfolglos.

Viele Industriezweige, welche das Aluminium gern verarbeitet hätten, weil sich dasselbe seiner specifischen Eigenschaften wegen zur Erzeugung mancher Fabrikate vorzugsweise und in der vortheilhaftesten Weise geeignet hätte, wie z. B. zur Fabrikation von Kochgeschirren und andern Metallhohlwaaren, mussten aus diesem Grunde auf die Verwendung desselben Verzicht leisten.

Diese Thatsache veranlasste einen der tüchtigsten Industriellen von Paris, Herrn Th. *Mourey* (*Doreur et argenteur sur métaux*, rue fontaine au Roi Nr. 12), welcher sich schon seit dem ersten Bekanntwerden des Aluminiums mit der Vergoldung und Versilberung desselben beschäftigt und der Pariser Industrie in dieser Richtung bereits viele und wesentliche Dienste geleistet hat, die Sache in die Hand zu nehmen. Er liess sich hier-

bei weder durch die misslungenen Versuche Anderer, noch durch die von Herrn *Saint-Claire Deville* selbst ausgesprochenen Befürchtungen, bezüglich der Schwierigkeiten der Auffindung eines Löthverfahrens, entmuthigen.

Durch seine Ausdauer, begünstigt durch vielseitige, aus langjährigen Erfahrungen in der Behandlung der Metalle erworbene Kenntnisse, ist es nunmehr Herrn *Mourey* nach mehrmonatlichen kostspieligen Versuchen gelungen, zum gewünschten Ziele zu gelangen und ein Löthverfahren zu entdecken, welches allen Anforderungen der Praxis vollkommen entspricht und nichts zu wünschen übrig lässt.

Hr. *Mourey* wollte von seiner Entdeckung keinen selbstsüchtigen Gebrauch, sondern dieselbe sofort zum Gemeingute der gesammten Pariser Waarenindustrie machen, und er hat sein Verfahren zu diesem Ende Sonntags den 13. Februar in einer eigends einberufenen und sehr zahlreich besucht gewesenen Versammlung der *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* vorgelegt und durch mehrere Versuche erläutert.

Diese Experimente sowohl, als auch die zahlreichen aus Aluminium verfertigten und nach *Mourey's* Methode gelötheten Gegenstände, unter welchen insbesondere eine höchst zierliche, aus 8 einzelnen Theilen zusammen gelöthete Kaffeekanne als ein wahres Meisterstück die Aufmerksamkeit und Bewunderung der anwesenden Fachmänner erregte, haben die überraschende Einfachheit, Zweckmässigkeit und Sicherheit des Verfahrens zur vollsten Ueberzeugung dargethan und den höchsten Beifall der aus Sachkennern gebildeten Versammlung gefunden.

Ich will nunmehr auf Grundlage der Mittheilungen des Hrn. *Mourey*, so wie der von ihm vor meinen Augen vollzogenen Löthungen mehrerer Gegenstände aus Aluminium, sein Verfahren im Nachstehenden beschreiben:

Um eine gute, dauerhafte Löthung des Aluminiums zu bewerkstelligen, bedarf man zweier Gattungen Lothe, eine weichere und eine härtere. Die erste dient zur Appretur der zusammen zu löthenden Metallstücke oder Flächen, die zweite stärkere zur eigentlichen Löthung.

Hr. *Mourey* wendet zu diesem Ende fünf verschiedene Lothe an, welche er in folgenden Verhältnissen zusammensetzt:

| | | |
|---------------|----------------|------------|
| Loth Nr. I. | | |
| 80 | Gewichtstheile | Zink. |
| 20 | - | Aluminium. |
| Loth Nr. II. | | |
| 85 | Gewichtstheile | Zink. |
| 15 | - | Aluminium. |
| Loth Nr. III. | | |
| 88 | Gewichtstheile | Zink. |

12 Gewichtstheile Aluminium.

Loth Nr. IV.

92 Gewichtstheile Zink.

8 - Aluminium.

Loth Nr. V.

94 Gewichtstheile Zink.

6 - Aluminium.

Um diese Lothe darzustellen, schmelzt man zuerst in einem guten Graphittiegel die nöthige Menge des in mehrere kleine Stücke zertheilten Aluminiummetalles, indem man Stück für Stück einträgt, so dass die geschmolzene Masse jederzeit durch die neue etwas abgekühlt werde, bis die ganze Masse geschmolzen ist. Wenn dies der Fall ist, so rührt man dieselbe mit einem Eisenstäbchen wohl durch einander und trägt sodann das gleichfalls zerkleinerte Zink ein, welches schnell zerfließt; man rührt die Legirung daher sofort mit dem Eisenstäbchen aufs Neue um, damit die Mischung eine möglichst gleichförmige werde, gleichzeitig ein Stückchen reines Fett, etwa Unschlitt, hinzu gebend, um den Zutritt der atmosphärischen Luft und somit die Oxydation des Zinkes möglichst zu verhindern, und giesst sodann die Masse in Stangenform aus. Es ist von Belang, die Hitze nicht zu sehr zu steigern und auch die Masse, wenn sie einmal geschmolzen ist, nicht zu lange Zeit im Tiegel zu belassen, damit das Zink nicht verbrenne und sich verflüchtige, indem das Loth hierdurch brüchig würde. Noch ist zu bemerken, dass das angewendete Zink möglichst rein, nämlich eisenfrei, sein soll.

Die auf diese Weise dargestellten fünf verschiedenen Lothe haben nun einen niedrigeren oder höheren Schmelzpunkt; diese Differenz stellt somit in den fünf Legirungen weichere und härtere Lothe, also Appretur-Lothe und wirkliche Lothe, dar.

Die Legirung Nr. I, bestehend aus 80 Gewichtstheilen Zink und 20 Gewichtstheilen Aluminium, ist die härteste, die folgenden sind stets um einige Grade weicher. Man kann daher z. B. Nr. II zur Appretur und Nr. I zur Löthung nehmen, oder Nr. IV und Nr. II, u. s. f.

Will man nun 2 Gegenstände aus Aluminium zusammen löthen, z. B. den runden Fuss oder Untersatz einer Kaffeekanne, so macht man zuerst die Appretur der zu vereinigenden Theile, d. h. man rauhet die betreffenden vorher wohl gereinigten Stellen mit einer feinern Feile etwas auf, legt den Gegenstand sodann auf erwärmte Holzkohlen und bestreicht die zu löthenden Stellen mittelst einer Gebläse-Spirituslampe *) unter gleichzeitiger

*) In den grösseren Pariser Metallwaarenfabriken, wie z. B. jener der Hrn. *Christofle* und Comp. und mehreren andern, benutzt man zum Löthen einen Strom aus gewöhnlichem Leuchtgas und atmosphärischer Luft.

Auflage des Appreturlothes, welches sodann schmilzt und nun auf der Fläche mittelst eines kleinen Handkolbens aus Aluminium vertheilt wird.

Sind die beiden Flächen der zusammen zu löthenden Metallstücke auf diese Weise appretirt, so ebnet man die allfälligen rauhen oder hervorragenden Knoten oder Raubheiten des Appreturlothes mit der Feile, wobei man jedoch Acht zu geben hat, das Appreturloth nicht etwa ganz zu entfernen und die Stelle zu entblößen.

Man verbindet sodann die zusammen zu löthenden Stücke mit geglühtem Eisendrath, trägt mittelst eines kleinen Haarpinsels das eigentliche möglichst klein zertheilte Loth auf, giebt die Gegenstände wieder auf die glühenden Holzkohlen und lässt abermals die Flamme der Gebläse-Spirituslampe darüber streichen, indem man das schmelzende Loth mit dem früher etwas erwärmten Handkolben aus Aluminium wohl vertheilt, glättet und in die Fugen verstreicht.

Die Handlöthkolben dürfen nicht aus Eisen oder Kupfer, sondern müssen, wie bemerkt, aus Aluminiummetall gefertigt sein, weil sich das Loth am erstern ankleben würde, was bei den Löthkolben aus Aluminium nicht der Fall ist.

Um den Fluss und die Adhärenz des Lothes auf dem Aluminium zu erleichtern, war es wesentlich, ein geeignetes Flussmittel zu finden. Hr. *Mourey* hat ein solches in dem Copaivabalsam gefunden. Er nimmt 3 Gewichtstheile Copaivabalsam und vermengt diese mit 1 Gewichtstheil des feinsten, gereinigten venetianischen Terpentins in einer Porzellanschale, indem er gleichzeitig einige Tropfen frischen Citronensaftes hinzutröpfelt, was die innige Mischung der beiden Harze befördert.

Wie bei allen praktischen Verfahrungsweisen die kleinen Kunstgriffe zum vollständigen Gelingen oft den Ausschlag geben, so ist es auch hier der Fall.

Ein solcher Kunstgriff besteht nämlich darin, das obige Flussmittel nicht, wie es gewöhnlich beim Löthen anderer Metalle üblich ist, auf die zu löthenden Flächen aufzutragen, sondern man darf das Loth selbst nur in das Flussmittel eintauchen. Das in Rede stehende Flussmittel erleichtert übrigens auch das Anhaften des in der Grösse von Hirsen- oder Hanfkörnern zertheilten Lothes an dem Haarpinsel und somit die Auflage auf die zu löthende Stelle.

Ein anderer, wohl zu beachtender Vortheil besteht endlich darin, die Gebläse-Spirituslampe nicht länger auf das Loth wir-

In den kleinern Gewerben ist die Gebläse-Spirituslampe (Eolipyle genannt) im Gebrauche, welcher sich die Bleiröhren-Arbeiter bedienen, um die Gasleitungsröhren der Gasbeleuchtung zusammen zu löthen.

ken zu lassen, als zur Schmelzung, Zertheilung und Glättung des Lothes erforderlich ist. Das Zink verflüchtigt sich bekanntlich in der Hitze; lässt man nun die Flamme länger, als nothwendig ist, wirken, so verbrennt und entweicht das Zink als Zinkoxyd, und das Loth wird spröde und brüchig.

Hr. *Mourey* wird auf Einladung des Verwaltungsrathes der Societé d'Encouragement noch an den nächstfolgenden vier Sonntagen im Saale der Gesellschaft von praktischen Experimenten begleitete Vorträge über sein Verfahren halten, wozu die Arbeiter der betreffenden Metallgewerbe eingeladen werden sollen, damit dasselbe baldigst in den weitesten Kreisen bekannt und angewendet werde. Auch werden die obenbeschriebenen fünf Gattungen des Aluminiumlothes demnächst in den Handel kommen.

Wir können die Entdeckung des Herrn *Mourey* mit aufrichtiger Freude begrüßen, denn seine Löthung des Aluminiums entspricht, wie gesagt, allen Anforderungen der Praxis; sie hat das Aluminium selbst zur Basis, und es ist allen Fachleuten wohl bekannt, dass ein gutes Loth stets einige Homogenität haben müsse mit dem Metalle, welches man löthen will. Möge sie nun baldigst auch in den deutschen Gewerben Eingang finden, denn es unterliegt keinem Zweifel, dass das Aluminium nunmehr auch in den zahlreichen Werkstätten jener Industriezweige aufgenommen werden wird, welche für die mannigfachen Bedürfnisse des täglichen Lebens arbeiten. (Württembergisches Gewerbb. Feb. 1859 Nr. 9.)

Versuche über die Festigkeit des Aluminiums und der Aluminium-Bronze (Legirung von 90 Proc. Kupfer und 10 Proc. Aluminium); von *A. Ritter* von Burg.

Es wurden Prismen aus reinem Aluminium (blos eine Spur von Eisen enthaltend) bei einem Querschnitte von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Quadratzoll den Versuchen unterworfen, und ich erhielt für die absolute Festigkeit dieses Metalles, worüber meines Wissens noch nichts bekannt ist, folgende Resultate:

Für gegossene Stangen ergab sich die Festigkeit per □Zoll Durchschnitt beim ersten Versuche gleich 13570 und beim zweiten Versuche gleich 13610, also im Mittel zu 13590 Pfund.

Für ein kalt gehämmertes Prisma betrug die absolute Festigkeit 25120 und auf dem zusammengezogenen Querschnitt, welcher sich durch die Dehnung von $\frac{1000}{10000}$ auf $\frac{117}{10000}$ reducirte, 35550 Pfund.

Nachdem die abgerissenen Stücke abermals umgegossen und kalt gehämmert worden, bildete sich ein Gefüge, welches ungefähr in der Mitte zwischen dem bloß gegossenen und dem stark gehämmerten Prisma lag. Der Versuch mit diesem letzten Prisma gab in der That auch eine Festigkeit zwischen den beiden

vorigen genannten, nämlich in runder Zahl zu 16900 Pfund. Auch zeigte der Querschnitt beinahe gar keine Zusammenziehung.

Was ferner jene Legirung aus 90 Proc. Kupfer und 10 Proc. Aluminium betrifft, welche ausser der schönen goldgelben Farbe noch so viele andere schätzenswerthe Eigenschaften, namentlich den geringeren Preis, besitzt, dass ich diesem Metalle vor allen die grösste Zukunft prophezeien möchte, so wurde ein heissgehämmertes Prisma von $\frac{108}{3000}$ □ Zoll Querschnitt bei einer Belastung von 8650 Pfd. abgerissen, was auf den □ Zoll bezogen eine absolute Festigkeit von 80000 Pfd. giebt.

Ein zweites Prisma aus derselben Legirung, jedoch bloß gegossen, ergab eine Festigkeit von 61530 Pfund.

Da nun die absolute Festigkeit der Metalle folgende ist:

| | | |
|-------------------------|-----------|-------------|
| Stahl | 90000 bis | 120000 Pfd. |
| Weiches Eisen . . . | 40000 - | 60000 - |
| Stahlartiges Eisen . . | 80000 - | 88500 - |
| Kupfer (gehämmert) . . | 25000 - | 34000 - |
| Kupfer (gegossen) . . . | 14000 - | 18000 - |
| Messing | 14000 - | 16000 - |
| Zink | 7000 - | 8000 - |
| Zinn (gegossen) | 3500 - | 4000 - |

so fällt die Festigkeit des gegossenen Aluminiums zwischen Zink und gegossenes Kupfer; jene des gut gehämmerten Aluminiums zwischen gegossenes und gehämmertes Kupfer; die Festigkeit der gegossenen Bronze von der genannten Legirung zwischen jene des Eisens und Stahles; so wie endlich jene der gehämmerten Legirung nahe mit der Festigkeit von stahlartigem Eisen zusammen. (Mittheilungen des nieder-österreichischen Gewerbevereines. 1858. S. 530.)

Inhalt.

Vorrede. — Historisches. — Aluminium durch die galvanische Säule dargestellt. — Natrium. — Versuche zu Javel. — Fabrik zu Rouen. — Kryolith. — Fabrik in der Glacière. — Neue Fabrik zu Rouen. — Fabrik zu Nanterre. Seite 1 — 6.

Erstes Capitel.

Physische Eigenschaften des Aluminiums.

Farbe. — Mattirung. — Politur, Glätte. — Geruch. — Geschmack. — Hämmerbarkeit. — Dehnbarkeit. — Elasticität, Zähigkeit, Härte. — Klangreiche Beschaffenheit. — Dichtigkeit. — Schmelzbarkeit. — Anzuwendende Vorsichtsmassregeln beim Schmelzen des Aluminiums. — Das Giessen. — Feuerbeständigkeit. — Elektrische Leitungsfähigkeit. — Leitungsfähigkeit der Wärme. — Specifische Wärme. — Krystallinische Formen. — Magnetismus. Seite 8 — 15.

Zweites Capitel.

Chemische Eigenschaften.

Allgemeine Bemerkungen. — Wirkung der Luft. — Wirkung des Wassers. — Bei 100° C. — Bei der Rothgluth. — In der Weissgluth. — Schwefelwasserstoff. — Schwefel. — Schwefelsäure. — Salpetersäure. — Chlorwasserstoffsäure. — Kieselwasserstoff. — Rückstände von der Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure. — Kali und Natron. — Abbrennen von siliciumhaltigem Aluminium. — Ammoniak. — Organische Säuren, Essig etc. — Weinsteinssäure, Wein. — Essig und Salz. — Praktische Folgerungen. — Kochsalz und Chlorverbindungen. — Wirkung des Kochsalzes auf die gemeinen Metalle. — Wirkung des Kochsalzes auf das Silber. — Praktische Folgerungen. — Widerstand des Aluminiums gegen Veränderung. — Metallische Salze. — Praktische Folgerungen. — Elektrische Vergoldung und Versilberung des Aluminiums. — Verkupferung durch die galvanische Säule. — Allgemeine Bemerkung. — Wirkung der salpetersauren, borsäuren und kieselsäuren Alkalien. — Salpeter. — Reinigung des Aluminiums durch Salpeter. — Allgemeine Bemerkung. — Kieselsäure und borsaure Salze. — Thierische Substanzen. — Speichel. — Eiterige Substanzen. — Legirungen. — Eisen. — Zink. — Kupfer. — Blei. — Wirkung des Ammonium-Amalgams. — Zink, Zinn, Cadmium — Silber. — Silicium. — Boron. — Kohle. — Das Plattiren mit Aluminium. Seite 16 — 32.

Drittes Capitel.

Darstellung des Aluminiums und verschiedene Fabrikationsversuche.

- § 1. Thonerde. — Reine Thonerde. — Apparat, um das thonsaure Natron mit Kohlensäure zu sättigen. — Mischung von Thonerde und Kohle. — § 2. Chloraluminium. — Fabrikation im Kleinen. — Fabrikation im Grossen. — Reinigung des Chloraluminiums. — § 3. Natrium. — Eigenschaften des Natriums. — Angewendete Methode. — Zusammensetzung der Mengungen. — Kohlensaures Natron. — Steinkohle. — Kreide. — Anwendung dieser Substanzen. — Reductionsapparate, Verdichtungsapparate des Natriums und Heizapparate. — Fabrikation in Quecksilberflaschen. — Ununterbrochene Fabrikation des Natriums in Cylindern. — Versuch in der Glacière. — Gusseiserne Gefässe. — § 4. Fabrikation des Aluminiums. — Vollkommen reines Aluminium. — Reine Materialien. — Wirkung des Flussmittels oder der Schlacke. — Wirkung der Gefässe. — Verfahren mittelst des Natriums. — Fabrikationsmethode, welche zu Javel angewendet wurde. — Verfahren mittelst des Natriumdampfes. — Darstellung durch die galvanische Säule. — Das Aluminium mittelst der galvanischen Säule. Seite 34 — 69.

Viertes Capitel.

Der Kryolith und seine Anwendung zur Fabrikation des Aluminiums.

- Künstlicher Kryolith. — Reduction des Kryoliths. — Gemischtes Verfahren durch die Chlor- und Fluorverbindungen. — Verfahren mit Kryolith allein. Seite 70 — 76.

Fünftes Capitel.

Darstellungsart, welche zu Nanterre angewendet wird.

- § 1. Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium. — 1. Thonerde aus dem Alaun. — Aus dem Kryolith. — Darstellung der Thonerde aus den Rückständen der Fabrikation. — 2. Doppelchlorverbindung von Aluminium und Natrium. — § 2. Natrium. — Fabrikation in kleinen Cylindern. — § 3. Reduction des Aluminiums. — Reinigung des Aluminiums. — Schlacke im Aluminium. Seite 81 — 92.

Sechstes Capitel.

Von den gegenwärtigen Methoden der Darstellung des Aluminiums.

- Verschiedene Versuche. Seite 94.

Siebentes Capitel.

Von der Aluminiumbrunze.

- Härte. — Hämmerbarkeit. Seite 99.

Achtes Capitel.

Von den Anwendungen des Aluminiums.

- Anwendungsarten des Aluminiums, welche sich auf die spezifische Leichtigkeit desselben gründen. — Anwendungsarten, welche sich auf die Unschädlichkeit des Metalles gründen. — Anwendung der Legirungen. — Legirung mit Kupfer. — Legirung mit Silber. — Gemischte Legirungen. — Das Löhnen des Aluminiums. — Auswahl der Verwendungen des Aluminiums. Seite 102 — 109.

Neuntes Capitel.*Analyse des Aluminiums des Handels.*

Chlor. — Fluor. — Silicium. — Natrium. — Eisen. — Aluminium. —
 Zink. — Kupfer. — Silber. Seite-110 — 114.

Zehntes Capitel.*Vom krystallisirten und dem Bordiamant.* S. 115.**Schlussfolgerung.** S. 125.**Nachträge.**

1. Ueber den gegenwärtigen Standpunkt der Erzeugung und Verarbeitung des Aluminiums in Frankreich. S. 127.
2. Das Aluminium zu löthen. S. 129.
3. Metallmoor auf Aluminium - Gegenständen. S. 129.
4. Entdeckung eines Verfahrens, das Aluminiummetall zu löthen, mitgetheilt von Dr. *Wilhelm Schwarz* in Paris. S. 130.
5. Versuche über die Festigkeit des Aluminiums und der Aluminium-Bronze (Legirung von 90 Proc. Kupfer und 10 Proc. Aluminium); von *A. Ritter* von Burg. S. 134.

Fig. 10.

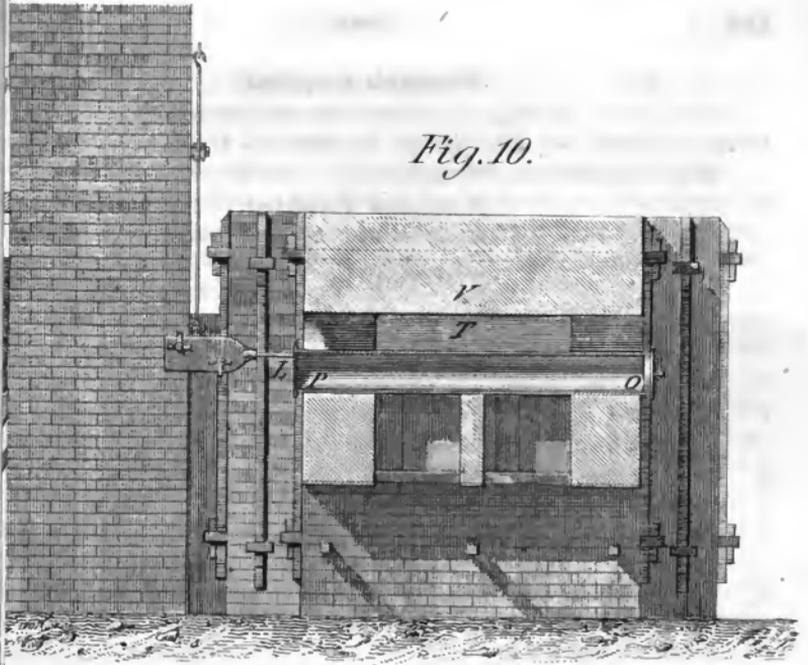
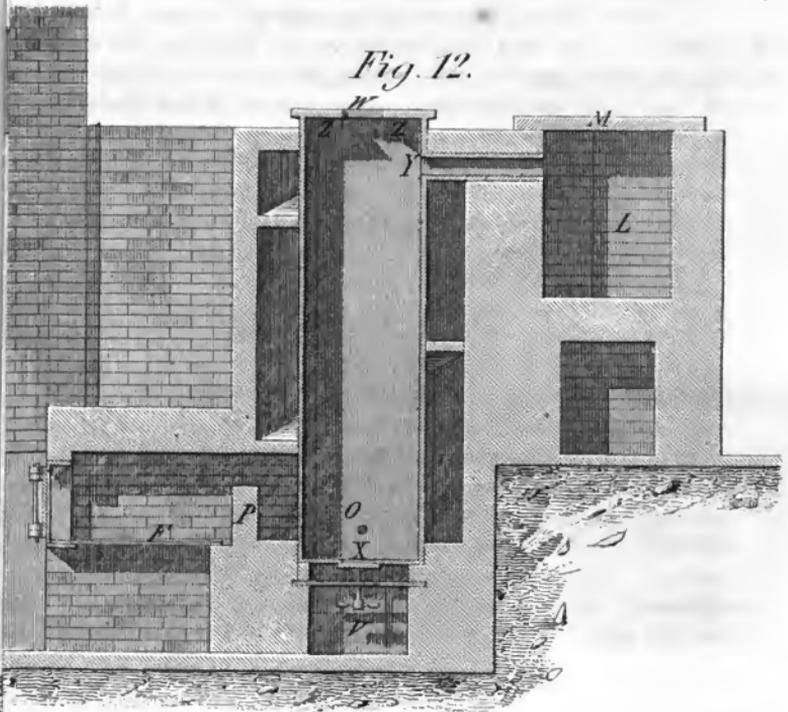
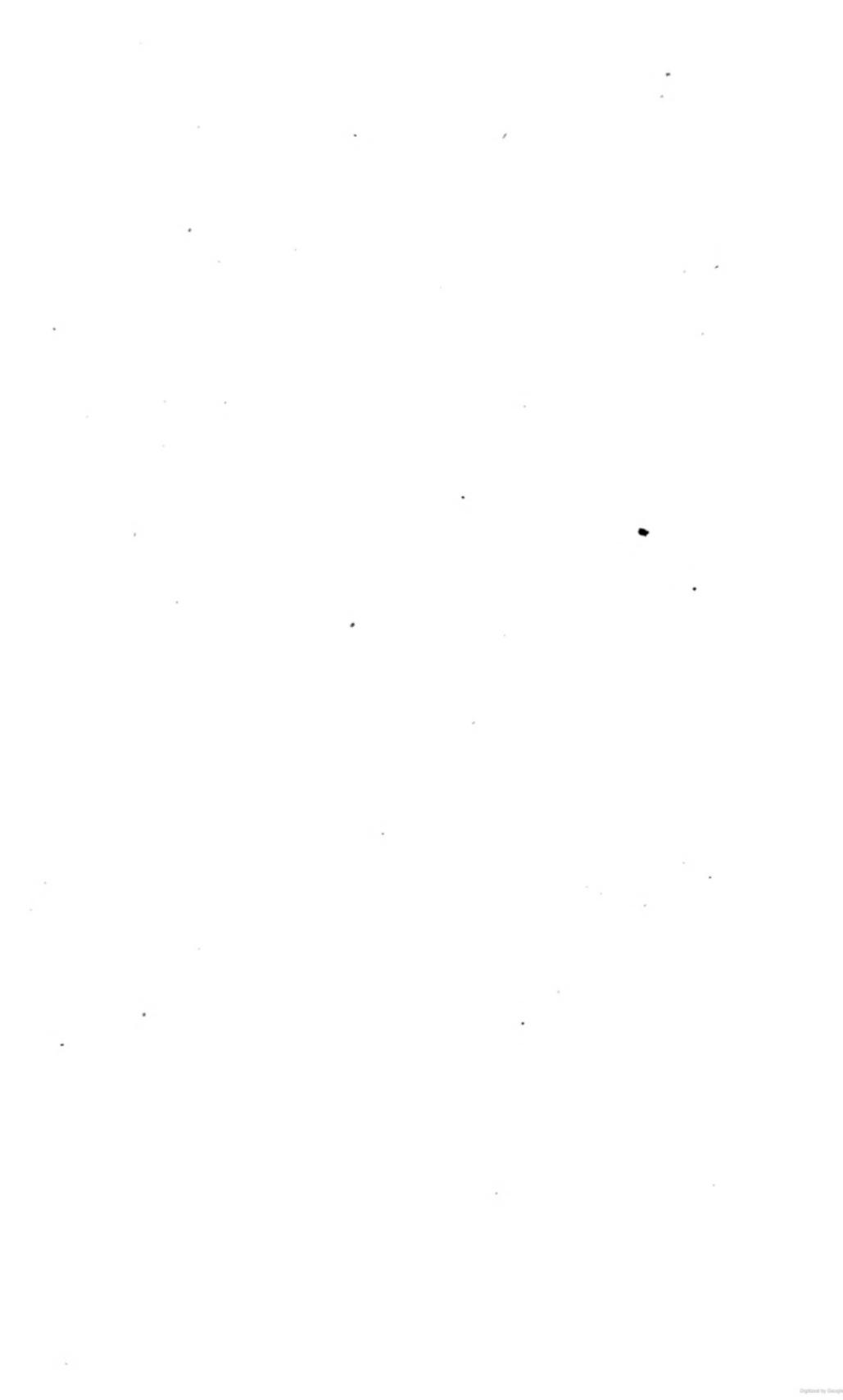


Fig. 12.







UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
BERKELEY

Return to desk from which borrowed.
This book is DUE on the last date stamped below.

14-107 508L
LIBRARY USE

JUL 21 1956

JUL 21 1956 LL

LIBRARY USE

JUL 24 1956

67 9561 7 2700

JUL 24 1956 LL

LD 21-100m-11,'49 (B7146s16)476

YB 15534

TN 15
U4

Wlenhuth

3198

