
ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1810, SECHSTES STÜCK.

I.

UNTERSUCHUNGEN

*über die Bildung eines Amalgams mit Ammoniak
und mit ammoniakhaltigen Salzen durch Einwirkung
der Volta'schen Säule,*

von

GAY-LUSSAC und THENARD.

(Vorgelesen im Institute im September 1809.)

Frei überfetzt von Gilbert *).

Die ersten Versuche über diesen Gegenstand rühren von dem Doctor Seebeck in Jena her. Er fand in den ersten Monaten des Jahrs 1808, daß festes, leicht befeuchtetes, kohlenfaures Ammoniak eben so gut als Kali und Natron das Quecksilber in ein wahres Amalgam verwandeln kann, wenn man das Quecksilber mit dem negativen und das Salz mit dem positiven Pole einer Volta'schen Säule in Berührung bringt. Man findet seine Versuche in dem Gehlen'schen Journal, und, im Auszuge,

*) Nach den *Annales de Chimie*, Févr. 1810. Gilbert.

in den *Annales de Chimie*, Mai 1808. p. 191. *). Sie lehren, daß das mit kohlenfaurem Ammoniak gebildete Amalgam weich und voluminöser als das Queckfilber ist, aus dem es entsteht, daß es mit Wasser ein leichtes Aufbrausen bewirkt, und daß dabei das Wasser alkalisch und das Queckfilber wieder hergestellt wird. Ueber die Theorie dieser auffallenden Thatfachen hat Herr Seebeck nichts gesagt; auch Herr Trommsdorff, der die Seebeck'schen Versuche wiederholt hat, begnügte sich, bloß Thatfachen mitzuthemen **).

Die HH. Berzelius und Pontin in Stockholm haben über die Entstehung dieses Ammoniak-Amalgams die erste Erklärung gegeben. Durch die Theorie Davy's, nach welcher Kali und Natron Metalloxyde sind, verleitet, überredeten sie sich, auch das Ammoniak sey ein Metalloxyd, und das Ammoniak-Amalgam sey nichts anders als eine Verbindung von Queckfilber mit dem Metalle des Ammoniaks. ***).

Man begreift leicht, daß diese Bildung eines Amalgams mit Ammoniak Herrn Davy auf das lebhafteste interessiren mußte; auch machte er dasselbe zum Gegenstande seiner Untersuchung, so bald er es durch den Herrn Berzelius kennen gelernt hatte. Zuerst forschte er nach einer leichten Art,

*) Sie wurden zuerst bekannt gemacht in dem Intell. Blatt der Jen. Allg. Lit. Zeit. vom 27. Febr. 1808. *Gilbert.*

**) Vergl. diese *Annal.* B. XXVIII. S. 335. *Gilbert.*

***) Man sehe diese *Annalen*, 1809. St. 11. oder *N. F. B.* 3. S. 246 f. *Gilbert.*

es zu bilden. Er behandelte zu dem Ende flüßiges Ammoniak nach der Methode der beiden schwedischen Chemiker, kohlenfaures Ammoniak nach Art des D. Seebeck, und zuletzt salzfaures Ammoniak; und diesem letzten Salze giebt er den Vorzug, als demjenigen, welches das Amalgam am leichtesten erzeugt. Er macht aus Salmiak eine kleine Schale, feuchtet sie ein wenig an, stellt sie auf einen Platinstreifen, der mit dem positiven Pole der Volta'schen Säule in Verbindung ist, gießt 3 Grammes Quecksilber hinein, und setzt dieses mit dem negativen Pole in leitende Verbindung. So bald die Säule geschlossen wird, fängt das Quecksilber an, bedeutend an Umfang zuzunehmen, und sich zu einem weichen, doch festen, Körper, welcher weichem Zinkamalgam gleicht, zu verdichten, und es entstehen häufig Ramificationen; die, wenn sie brechen, schnell verschwinden, und unter Ausstofung eines Dunstes, der nach Ammoniak riecht, sich in Quecksilber verwandeln.

Nach Herrn Davy hat dieses Amalgam folgende *Eigenschaften*, von denen die Herren Seebeck, Berzelius und Pontin schon einige wahrgenommen hatten: Es ist ein fester Körper, der bei 21 bis 26° C. Wärme eine Consistenz wie Butter hat. Wenn man es einige Zeit in der Temperatur des schmelzenden Eises erhält, so nimmt es einen ziemlichen Grad von Härte an, und krystallisirt in Würfeln, die manchemahl eben so schön

und groß sind, als die des Wismuths *). Das specifische Gewicht ist kleiner als 5, und das Volumen desselben 5 Mal so groß, als das des Quecksilbers, aus dem es entstanden ist. An der Luft überzieht es sich mit einem weißen Staube kohlenfauren Ammoniaks. Wird es in ein gegebenes Volumen Luft gebracht, so nimmt dieses sehr merklich zu; es entsteht Ammoniakgas, dessen Volumen $1\frac{1}{2}$ Mal so groß, als das des Amalgams ist, und es verschwindet $\frac{1}{7}$ oder $\frac{1}{8}$ so viel Sauerstoffgas, als Ammoniakgas entsteht. Im Wasser entbindet es ein Volumen Wasserstoffgas, $\frac{1}{2}$ so groß, als das des Amalgams, wobei das Wasser zu einer schwachen Auflösung von Ammoniak wird, und das Quecksilber in seiner gewöhnlichen Gestalt wieder erscheint. In salzsaurem Gas entbindet sich aus dem Amalgam Wasserstoffgas, und entsteht Salmiak. In Schwefelsäure bildet sich schwefelsaures Ammoniak und setzt sich Schwefel ab. Wird das Amalgam in Naphtha geworfen, so zersetzt es sich auf der Stelle unter Entbindung von Ammoniakgas und von Wasserstoffgas. Eben so zersetzt es sich in andern Oehlen, wobei eine ammoniakalische Seife und Wasserstoff entsteht.

Das Ammoniak-Amalgam hat diesem zufolge die größte Aehnlichkeit mit den Amalgamen aus

*) Vergl. *Annal. N. F. B.* 3. S. 251. So groß und schön krytallisirt, nach Davy, nur das Kalium-Amalgam; die Gestalt der Krytalle des Ammonium-Amalgams konnte er nicht deutlich erkennen, sondern rieth nur auf die cubische.
Gilbert.

Kali-Metall und aus Natron-Metall. Diese Uebereinstimmung hat Herrn Davy überrascht, so daß er keinen Anstand nimmt, zu schliessen, wie es die Herren Berzelius und Pontin gethan hatten, das Ammoniak-Amalgam sey eine Verbindung von Quecksilber mit einem eigenthümlichen Metall, der Basis des Ammoniaks, welchem er den Namen *Ammonium*, giebt. Um dieses neue Metall einzeln darzustellen, unterwarf er es der Destillation unter Ausschließung der Luft; wie er sich indess auch bei diesem Proceß benehmen mochte, immer erhielt er nur Quecksilber, Wasserstoffgas und Ammoniakgas. Dieses Erfolgs ungeachtet bleibt er bei seiner Meinung, und um sie aufrecht zu erhalten, schreibt er die Zerstörung des Ammoniums einer nicht wahrzunehmenden Menge von Feuchtigkeit zu, und zeigt, wie man aus diesem Grunde in der Destillation Wasserstoffgas und Ammoniakgas erhalten müsse.

Diesem zufolge kann also Herr Davy das Ammoniak nicht mehr für eine Verbindung von Stickstoff und von Wasserstoff halten, da er ein Metalloxyd unter den Bestandtheilen desselben annimmt, und da er nach seinen neuesten Versuchen den Stickstoff für ein Oxyd erklärt, welches aus Sauerstoff und Wasserstoff bestehe.

So sonderbar diese seine Meinungen über die Natur des Ammoniaks auch sind, so war er von der Wahrheit derselben doch so überzeugt, daß er sich durch sie hat weiter führen lassen, und auf

diese Art ist er zu einem merkwürdigen Versuche gekommen, zu dem man indeß auf einem viel directern Wege gelangen kann.

Er machte in der gewöhnlichen Temperatur flüssiges Amalgam aus Queckfilber und Kali-Metall, und goß dieses in ein schwach befeuchtetes Schälchen von Salmiak. Sogleich, ohne daß die Elektricität mitwirkte, verdichtete sich das Amalgam, und nahm ein 6 bis 7 Malh so großes Volumen, wie zuvor, ein. Dieses neue Amalgam hatte dieselben Eigenschaften als das vorige, und Hr. Davy fand, daß es sich von diesem bloß darin unterschied, daß es verhältnißmäßig sehr viel mehr Ammonium enthält, und daß es minder vergänglich ist, so daß es sich in verschlossenen Röhren, in Oehl, und in Naphtha eine geraume Zeit aufheben läßt*).

Alle diese Resultate sind von so großer Wichtigkeit, daß es von dem allerhöchsten Interesse war, sie zu *verificiren*; und es war um so nothwendiger, sie zu wiederholen, als die Theorie, welche man auf sie gebauet hat, noch außerordentlicher ist.

Wir haben zuerst alle *Proceffe* wiederholt, welche die Bildung eines Amalgams mit Ammo-

*) Vergl. *Annal. N. F. B.* 3. S. 250. Er erhielt dasselbe Amalgam, wenn er *Natronium*-, *Baryum*- oder *Kalium-Amalgam* auf angefeuchteten Salmiak einwirken ließ, und erklärte es schon für ein *dreifaches Amalgam* aus Ammonium, einem dieser Metalle und Queckfilber.

Gilbert.

niak betreffen, so, wie sie beschrieben werden, und wir haben gefunden, daß alles, was von ihnen gesagt wird, auf das Genaueste der Wahrheit entspricht. Man erhält zwar mit flüssigem Ammoniak ein Amalgam, aber weit weniger gut als mit festem kohlenfauren oder salzfauren Ammoniak, das man ein wenig befeuchtet hat; auch gelingt der Proceß mit diesen Salzen im flüssigen Zustande minder gut. Mit demselben Erfolge läßt sich dagegen jedes andere feste Ammoniak-haltige Salz anwenden; davon haben wir uns wenigstens mit schwefelsaurem und mit phosphorsaurem Ammoniak überzeugt. Die Säure des Salzes und der Sauerstoff des Wassers werden in allen diesen Fällen zu dem positiven Pole geführt, und hat man salzsaures Ammoniak genommen, so sammelt sich um ihn so viel oxygenirte Salzsäure an, daß der Geruch, den sie verbreitet, das Athmen beschwerlich macht. Am negativen Pole wird man kaum eine Spur von Aufbrausen gewahr; dieses tritt indess auch dort sehr lebhaft ein, so bald man das Quecksilber entfernt; ein Zeichen, daß die in dem letztern Falle hier entweichenden Gasarten in dem erstern Falle sich mit dem Quecksilber verbinden. Zwei Säulen von 100 Plattenpaaren von 50 Quadrat-Centimeter (6,8 Quadratzoll) Oberfläche sind zu einem vollständigen Erfolge mehr als hinreichend.

Auch die Bildung des Ammoniak-Amalgams, ohne Mitwirkung von Elektrizität, haben wir mit

Glück wiederholt. Herr Davy hat sich dabei blofs des Salmiaks bedient; es ist dazu aber auch jedes andere Ammoniak-haltende Salz brauchbar, wenn es nicht allzu feucht ist, und zwar sind sie alle gleich gut, wenn man sie unter gleiche Umstände versetzt. Kaum ist das Amalgam des Kali-Metalls mit dem Salmiak in Berührung getreten, so schwillt es an und erhält eine Consistenz wie Butter.

Nachdem wir das Ammoniak-Amalgam auf diese verschiedenen Arten erzeugt hatten, beschäftigten wir uns mit *Mitteln, die Natur desselben zu bestimmen*. Das directeste und genäueste Mittel, dieses zu bewirken, welches wir gefunden haben, ist folgendes: Man trockne das Amalgam, so bald es entstanden ist, gut mit Löffpapier, schütte es in ein kleines, enges und langes Glasfläschchen, das recht trocken und voll Luft ist, verschließe es darin und schüttele es einige Minuten lang. Es zersetzt sich hierbei auf der Stelle, die Bestandtheile desselben trennen sich und nehmen ihre gewöhnliche Gestalt wieder an, und der eine dieser Bestandtheile, das Quecksilber, erscheint sogleich wieder flüssig und sehr dicht. Die beiden andern Bestandtheile sind Wasserstoff und Ammoniak; sie treten in den Gaszustand zurück, und vermengen sich mit der Luft des Fläschchens, ohne sie im geringsten zu verändern, wovon wir uns mit Hülfe des Volta'schen Eudiometers überzeugt haben.

Wir müßern hieraus den Schluß ziehen, daß das aus Quecksilber, Wasserstoff und Ammoniak gebildete Ammoniak - Amalgam nur unter Einwirkung der Elektrizität bestehen kann, und daß folglich die Bestandtheile desselben nur sehr wenig Verwandtschaft zu einander haben.

Eine andere Bewandniß hat es mit dem Ammoniak - Amalgam, das mit Hülfe des Amalgams des Kali - Metalls gemacht wird. Es kann für sich selbst bestehen, so lange es Kali - Metall enthält; so bald aber dieses Metall zerstört ist, verschwindet es fast plötzlich. Die Art, wie es sich bildet, läßt sich ohne Schwierigkeit übersehen. Das Kali - Metall wirkt sogleich auf das Wasser des schwach befeuchteten Ammoniak - haltenden Salzes, mit dem es in Berührung kommt, und auf dieses Salz selbst ein, und entbindet Wasserstoff und Ammoniak, die im Augenblicke des Entbundenwerdens von dem Quecksilber und dem übrigen Amalgam des Kali - Metalls verschluckt werden, so daß dieses sichtlich an Umfang wächst, und sich in Ammoniak - Amalgam verwandelt. Hier bewirkt also das Kali - Metall das, was im vorigen Falle die Elektrizität that.

Diese Versuche reichen unstreitig hin, zu beweisen, daß das Ammoniak - Amalgam keine Verbindung von Quecksilber mit einem Metalle (der Basis des Ammoniaks) seyn kann. Derin wäre dem so, woher nähme dieses Metall (beim Schütteln in dem Fläschchen) den Sauerstoff, oh-

ne den es nicht zu Ammoniak werden könnte? Nicht aus der atmosphärischen Luft, (wie das Hr. Davy behauptet); denn wir haben gezeigt, daß das Ammoniak-Amalgam die atmosphärische Luft nicht zersetzt. Nicht aus dem wenigen Wasser, welches mit dem Amalgam in Berührung geblieben seyn kann, (wie Davy ebenfalls behauptet); denn da das Amalgam weich wie Butter ist, so lassen sich zu dem Versuche sehr leicht die innersten Theile desselben allein nehmen, besonders wenn man es in die Eiskälte versetzt, und doch bleiben dann die Resultate ganz dieselben. Ueberdies giebt das Amalgam, wenn man es in eine kleine Glocke voll tropfbarer oxygenirter Salzsäure bringt, die man mit dem Finger verschließt, Wasserstoffgas her.

Da es aus diesen Beweisen offenbar ist, daß das Ammoniak-Amalgam ohne Einfluß der Elektrizität nicht bestehen kann, und daß es eine Verbindung von Quecksilber, Wasserstoff und Ammoniak ist, so können wir nunmehr leicht *a priori* voraus bestimmen, wie es sich zu allen andern Körpern verhalten muß. Es muß sich mit ihnen allen zersetzen, und die Bestandtheile desselben müssen auf diese Körper gerade so wirken, wie sie es im freien Zustande thun würden. Zwar könnte man glauben, der Wasserstoff dieses Amalgams werde Zersetzungen bewirken, die er gewöhnlich nicht hervorbringt; bedenkt man aber, daß das Amalgam sogar mit oxygenirter Salzsäure Wasser-

stoffgas hergiebt, so wird man keine solchen Wirkungen von dem Wasserstoffe desselben erwarten.

Einige Körper zersetzen indess das Ammoniak-Amalgam weit schneller als andere; nämlich diejenigen, welche sehr leicht, und deren Theilchen sehr beweglich sind; z. B. der *Aether* und der *Alkohol*. Kaum kommt das Amalgam mit ihnen in Berührung, so geschieht ein sehr lebhaftes Aufbrausen und das Quecksilber nimmt die gewöhnliche Gestalt wieder an. Der Grund dieser schnellen Zersetzung liegt in der schnellen Bewegung der Theilchen der Flüssigkeit. Auch erhält sich dieses Amalgam einige Minuten lang in der *atmosphärischen Luft*, wenn sie in vollkommener Ruhe ist, zersetzt sich in ihr aber auf der Stelle, wenn sie in Bewegung ist. Eben so verhält es sich mit *Wasser*, und ganz besonders mit *Schwefelsäure*. Ohne Zweifel würde es sich im *lustleeren Raume* augenblicklich zersetzen; ob dagegen ein mächtiger *Druck* die Bestandtheile desselben in Verbindung erhalten würde, läßt sich nicht voraus bestimmen. Wir würden diesen merkwürdigen Versuch schon angestellt haben, hätte er nicht dadurch außerordentliche Schwierigkeit, daß das Amalgam, indem es sich zersetzt, einen vier- bis neunfach kleinern Raum einnimmt.

Noch viel interessanter schien es uns zu seyn, das Verhältniß der Bestandtheile des Ammoniak-

Amalgams zu bestimmen, nachdem wir die Natur derselben aufgefunden hatten; und das haben wir auf folgende Weise bewerkstelligt:

Bestimmung des Gehalts des Ammoniak-Amalgams an Wasserstoff. Wir gossen 5,069 Grammes Quecksilber in ein Schälchen aus Salmiak, brachten das Schälchen mit dem positiven und das Quecksilber mit dem negativen Pole der Säule in Verbindung, und als das Volumen der Quecksilbermasse ungefähr zum Fünffachen angewachsen war, warfen wir das Amalgam in ein konisches Glas voll Wasser, in welches vorläufig eine kleine Glocke voll Wasser gestellt war. Die ersten Luftblasen, welche bloß an dem Amalgam adhürirten, ließen wir entweichen, indem wir die Glocke nahe an den Wänden des Glases hielten; dann hoben wir sie auf, das Amalgam fiel zu Boden, und alles Wasserstoffgas, welches sich allmählig daraus entband, sammelte sich in den obern Theil der Glocke. Auf diese Art gaben 6 Amalgame, jedes aus einerlei Menge Quecksilber (5,069 Grammes) hereitet, so viel Wasserstoffgas, daß das Quecksilber 3,47 Mal sein Volumen an Wasserstoff verschluckt haben mußte, um in den Zustand des weichen Ammoniak-Amalgams überzugehen. Um allen Irrthum zu vermeiden, haben wir das Volumen des verbrauchten Quecksilbers und das des aufgefangenen Wasserstoffgas in derselben sehr vollkommen graduirten Röhre gemessen. — Ein zweiter Versuch, gleich-

falls mit sechs solchen Ammoniak-Amalgamen an-
gestellt, gab ein Resultat, welches von dem des er-
sten Versuchs kaum abwich. Wir dürfen daher
beide Versuche als sehr genau oder wenigstens als
der Wahrheit sehr nahe kommend ansehen. Und
doch wäre es möglich, daß man beim Wiederholen
dieses Versuchs etwas andere Zahlen fände. Zu-
verlässig würde dieses der Fall seyn, wenn man
das Ammoniak-Amalgam nicht so bereitete, daß
man es weich erhielt, oder daß das Quecksilber
wenigstens bis zum Fünffachen seines anfäng-
lichen Volumens anschwillt.

*Bestimmung des Gehalts des Ammoniak-
Amalgams an Ammoniakgas.* Wir hofften, die-
sen Gehalt genau zu finden, wenn wir eine be-
stimmte Menge Quecksilber amalgamirten, das
Amalgam wögen, und die bekannten Gewichte
des Quecksilbers und des Wasserstoffs abzögen; wir
überzeugten uns aber bald, daß dieses Verfahren
zu sehr ungenauen Resultaten führte. Denn 1) ist
das Amalgam halb zerstört, ehe man es gehörig ab-
gewischt hat; 2) läßt sich das Luftvolumen, wel-
ches es aus der Stelle drückt, schwer in Rechnung
bringen; und 3) treiben das aus dem Amalgam
sich entbindende Wasserstoffgas und Ammoniak-
gas, indem man das Amalgam in das Fläschchen
bringt, eine Luftmasse heraus, die sich auf keine
Art schätzen läßt, und welche nothwendig gro-
ßen Irrthum in das Resultat bringen muß. Daher
fielen unsere Abwägungen sehr verschieden aus: sie

gaben uns auf 3,06g Grammes Quecksilber eine Gewichtszunahme, die eine von 2, die zweite von 3, die dritte von $4\frac{1}{2}$, die vierte nur von 1 Milligramme. Es wäre selbst möglich, daß man einen Verlust an Gewicht fände, da sich statt der atmosphärischen Luft Wasserstoffgas und Ammoniakgas in dem Fläschchen einfinden. Unstreitig ist es diesen kaum zu vermeidenden Ursachen von Irrthum zuzuschreiben, daß Herr Davy zum Resultate erhalten hat: Quecksilber nehme, indem es zu Ammoniak-Amalgam wird, nur um $\frac{1}{12000}$ am Gewichte zu.

Wir schlugen nun folgenden Weg ein, den wir für sehr genau halten. Da wir die Menge des Wasserstoffs kannten, welche das Ammoniak-Amalgam enthält, und da sich nicht zweifeln läßt, daß der Wasserstoff und das Ammoniak in diesem Amalgame zu einander in einem festen und unveränderlichen Verhältnisse stehen, so haben wir uns dieses Verhältnisses bedient, um die ganze Menge des Ammoniaks in dem Amalgame zu bestimmen. Wir haben zu dem Ende 3,06g Grammes Quecksilber in Amalgam verwandelt, dieses mit Löschpapier gut getrocknet, und es sogleich in eine kleine, recht trockne Glocke, die zu einem Viertel mit Quecksilber gefüllt war, gebracht. Darauf verschlossen wir die Oeffnung der Glocke mit dem Finger, und schüttelten einige Minuten lang, wobei der noch bestehende Theil des Amalgams zersetzt, und der Wasserstoff und

das Ammoniak desselben gasförmig wurden. Aus diesem Grunde sank das Quecksilber in der kleinen Glocke, als der Finger von der Oeffnung derselben unter Quecksilber zurückgezogen wurde. Wir stellten noch drei ähnliche Versuche an, und nach jedem liessen wir das Gas in dieselbe graduirte, recht trockne, mit Quecksilber gefüllte Röhre steigen. Als sich darin das Gas von allen diesen Versuchen befand, schüttelten wir es mit Wasser; die Absorption gab die Menge des Ammoniakgas. Dem Rückstande setzten wir im Volta'schen Eudiometer bekannte Mengen Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zu, damit die Verbrennung bei der Menge beigemischter atmosphärischer Luft gewiss vollständig vor sich ginge. So fanden wir das Verhältniß des Ammoniakgas zu dem des Wasserstoffgas wie 28 : 25. Da wir nun wußten, daß das Quecksilber 5,47 Mahl sein Volumen an Wasserstoffgas verschluckt, wenn es in den Zustand des weichen Ammoniak-Amalgams übergeht, so folgt hieraus, daß es bei diesem Uebergange zugleich 4,22 Mahl sein Volumen an Ammoniakgas in fester Gestalt mit sich vereinigen muß.

Ist dieses aber der Fall, so folgt daraus weiter, daß das Quecksilber, wenn es in den Zustand des weichen Ammoniak-Amalgams übergeht, ungefähr um $\frac{7}{10000}$ an Gewicht zunimmt; eine Gewichtszunahme, welche Davy durch Irrthum nur zu $\frac{1}{12000}$ gefunden hat. Wir finden diese

Zunahme des Gewichts des Quecksilbers hier zuverlässig eher zu klein als zu groß, da es leicht möglich wäre, daß ein Theil des Ammoniaks bei unserm Versuche verschluckt worden sey. So gering auch übrigens diese Gewichtszunahme ist, so reicht sie doch zur Erklärung der Bildung des Ammoniak-Amalgams völlig hin. Denn der Wasserstoff und das Ammoniak sind sehr leichte Körper, und da sie nur durch eine sehr schwache Verwandtschaft in diesem Amalgame zurück gehalten werden, so können sie darin kaum stärker, als in dem Zustande ihrer Freiheit, verdichtet seyn.
