XXXII.

Untersuchungen über einige Gegenstände aus dem Gebiete der Atomentheorie.

Von

R. F. MARCHAND und Th. SCHEERER.

Zweite Abhandlung.

Ueber die Zusammendrückbarkeit der Metalle.

(Gelesen in der Versammlung der naturforschenden Freunde zu Berlin im März 1842.)

In unserer ersten Abhandlung „über den *Dimorphismus des Schwefels*“ *) hatten wir auf die Möglichkeit hingewiesen, dass *einem krystallisirten und einem stark zusammengepressten Metalle* vielleicht verschiedene spec. Gewichte und spec. Wärmen zukommen möchten, und hatten in den oft un-
gemein von einander abweichenden Angaben über das spec. Gewicht eines und desselben Metalles eine Art Bestätigung dieser Vermuthung zu finden geglaubt. Die Feststellung dieser Frage war für uns zu wichtig, als dass wir uns nicht mit al-
lem Eifer derselben hätten hingeben sollen. Sie betrifft zu gleicher Zeit eine allgemeine Eigenschaft der Körper, welche von einigen Physikern angenommen, von anderen geläugnet wird; daher glaubten wir uns einem Gegenstande gewidmet zu haben, welcher für mehrere Gesichtspunkte nicht unwichtig sein möchte.

Die Metalle, welche wir der Untersuchung unterworfen haben, sind besonders das *Kupfer*, *Antimon* und *Wismuth*. Daran knüpfte sich die Untersuchung einiger anderen Substanzen.

I. Kupfer.

Zuerst unterwarfen wir das *Kupfer* diesen Untersuchungen, indem wir dasselbe im krystallisirten Zustande, im geschmolzenen, ohne krystallinische Structur erstarrten, im krystallinisch dargestellten, im ausgewalzten, gehämmerten, gezogenen und endlich durch möglichst starken Druck zusammengepressten Zustande untersuchten.

Das spec. Gew. des Kupfers ist von den verschiedenen

*) Dies. Journ. XXIV. 132.

Journ. f. prakt. Chemie. XXVII. 4.

Beobachtern sehr verschieden angegeben worden. Berzelius bemerkt, dass an diesen Verschiedenheiten oft Undichtigkeiten des Metalles Schuld sein möchten *), und hält nach eigenen Versuchen 8,85 für das spec. Gewicht des geschmolzenen und 8,95 für das spec. Gewicht des geschmiedeten und gewalzten Kupfers. Von den übrigen Angaben erwähnen wir folgende:

Brisson, gewalztes Kupfer	8,878
— geschmolzenes Kupfer	8,878.
Hera path, Rosettenkupfer, beim Gäär-	
machen nicht mit Holz umgerührt	8,510
— gewöhnliches Rosettenkupfer	8,843
— geschmolzen, im Tiegel erstarrt	8,900.
Berzelius, reines geschmolz. Kupfer	8,830
— dasselbe, in einen 2 Linien	
dicken Cylinder gezogen	8,9463
— dasselbe, glatt geschlagen	8,9587.

Das spec. Gewicht des krystallisirten gediegenen Kupfers wird zu 8,9—7,8 angegeben. Diese bedeutenden Differenzen liegen offenbar darin, dass es sehr schwierig ist, krystallisirtes Kupfer zu erhalten, welches ganz frei von hohlen Räumen und eingeschlossenen fremden Bestandtheilen ist. Offenbar wird daher, wenn nicht etwa Silber und Gold das Metall verunreinigten, das höchste der von den verschiedenen Beobachtern gefundenen spec. Gewichte den meisten Glauben verdienen und der Wahrheit am nächsten kommen. Auch wird diess durch das von uns gefundene spec. Gew. hinreichend bestätigt.

Wir fanden bei drei verschiedenen Sorten, welche sorgfältig ausgewählt worden waren, 8,940, 8,935 und 8,933. Bei einer vierten Probe fanden wir 8,962. Wir vermutheten etwas Silber darin und stellten deshalb eine Analyse damit an. Das Mineral war, der Etiquette nach, aus Brasilien. Wir fanden:

Kupfer	99,56
Silber	0,30
Gold	0,08
Eisen	0,10

100,04.

Ohne die vollkommene Schärfe des Resultates bei den an-

*) Lehrbuch III. 299. 3. Aufl.

geführten spec. Gewichtsbestimmungen behaupten zu wollen, da auch unsere Proben vielleicht irgend welche Fehler können besessen haben, die uns entgingen, kann man also das spec. Gewicht des reinen krystallisirten Kupfers annähernd zu 8,940 annehmen.

Es wird sich nun fragen, in welchem Verhältnisse die spec. Gewichte des geschmolzenen und stark zusammengepressten Kupfers zu diesem stehen. Um möglichst genau das spec. Gewicht des geschmolzenen Kupfers bestimmen zu können, war vor allen Dingen nothwendig, völlig blasenfreie Kupferkönige zu erhalten. Zu diesem Ende wurden Quantitäten von einem Probircentner Kupfer mit folgenden Flussmitteln beschickt und in Probirtuten in einem Gebläseofen eingeschmolzen.

1)	Mit	2	Probiretrn.	Flussspath,			
2)	—	1½	—	—	und	⅔	Probiretrn. Glas,
3)	—	1	—	—	—	1	— —
4)	—	½	—	Borax	—	1½	— —
5)	—	1⅓	—	Soda	—	⅔	— —
6)	—	2	—	—			
7)	—	1	—	—	—	1	— Kochsalz,
8)	—	2	—	Kochsalz,			
9)	—	keinem Flusszusätze.					

Bei den Proben 1, 2 und 3 waren die Flussmittel nach beendeter Schmelzung nur unvollkommen verglast und die Kupferkönige hatten eine blasige, für unsern Zweck ganz untaugliche Structur. Alle übrigen Proben waren gut geschmolzen und hatten ein gutes Ansehen. Die Probe 9, welche ohne Flussmittel eingesetzt worden war, zeigte sich, wie sich erwarten liess, stark oxydirt. Durch die glänzendste und am vollkommensten glatte Oberfläche zeichnete sich vor allen der Kupferregulus No. 4 aus, welcher unter einer Decke von ½ Theil Borax und 1½ Th. Glas geschmolzen worden war.

Es wurden nach diesen vorläufigen Versuchen nun grössere Quantitäten Kupfer, etwa 15–20 Gr. vom reinsten russischen Kupfer, mit diesem Glas-Boraxflusse zusammengeschmolzen. Drei auf solche Weise erhaltene Kupferkönige fielen dem äussern Ansehen nach sehr befriedigend aus, indem ihre vollkommen glatte und dichte Oberfläche auf keine inneren Blasenräume schliessen liess. Als jedoch das spec. Gewicht dersel-

ben genommen wurde, fanden wir zu unserem Befremden folgende drei Werthe:

- 1) 8,089,
- 2) 7,720,
- 3) 8,132.

Diese geringen spec. Gewichte liessen, trotz dem, dass das Aeusserer der Körner nichts davon verrieth, dennoch Undichtigkeiten im Innern vermuthen. Um hierüber Gewissheit zu erlangen, wurden dieselben alle in der Mitte mit einer Uhrfedersäge zerschnitten, wodurch sich unsere Vermuthung bestätigte fand. Sie waren sämmtlich, besonders aber der König No. 2, mit Blasenräumen erfüllt; diese Blasenräume zeigten sich vorzugsweise in der Mitte des Kornes angehäuft, und zwar dicht unter der Oberfläche, an welcher Stelle sich bei jedem Metallkönige eine warzenartige Erhabenheit befand. Das Ansehen der durchschnittenen Könige zeigte auf das Deutlichste, dass kurz vor dem Erstarren des Kupfers eine Gasentwicklung stattgefunden haben musste, welche noch nicht beendet war, als der Erstarrungsmoment eintrat, so dass die letzten Gasblasen eingeschlossen wurden. Von dieser durch Erstarrung überraschten Gasentwicklung rührte auch offenbar jene warzenförmige Erhöhung auf der obern Fläche der Kupferkönige her. Diese wurde uns nun für die Folge das beste Zeichen, schon aus dem äussern Ansehen eines Kupferkönigs auf dessen Dichtigkeitszustand zu schliessen. Als wir, von diesem Merkmal geleitet, die durch das frühere Schmelzen erhaltenen Kupferkönige nochmals durchmusterten, fanden wir, dass sämmtliche Könige mit solchen mehr oder weniger grossen warzenförmigen Erhöhungen behaftet waren, nur mit Ausnahme eines einzigen unter ihnen, und zwar desjenigen, welcher als Flussmittel bloss Kochsalz zur Decke erhalten hatte. Dieser Kupferkönig zeigte keine Spur einer Erhöhung auf seiner Oberfläche, sondern war sogar in der Mitte etwas eingesunken.

Alle bisher geschmolzenen Kupferkönige waren gleich nach beendeter Schmelzung vor dem Gebläse aus den Kohlen entfernt und schnell abgekühlt worden. Es entstand nun noch die Frage, ob diese schnelle Abkühlung vielleicht daran schuld sei, dass das Kupfer noch während jener Gasentwicklung erstarrte, und ob man nicht auch mit anderen Flüssigkeiten, als gerade

Kochsalz, vollkommen dichtes Kupfer schmelzen könnte, wenn man es nur langsam erkalten liesse. Zu dem Ende wurden wieder 3 Proben (von etwa 15 Gr. jede) eingesetzt, und zwar beschickt 1) mit Glas, 2) mit Borax und Glas, 3) mit Kochsalz. Alle 3 Proben wurden nach beendeter Schmelzung so lange im Ofen gelassen, bis alle Kohlen darin erloschen und die Proben selbst sehr allmählig erkaltet waren. Die spec. Gewichte der drei resp. Kupferkönige wurden gefunden zu:

1) 8,762

2) 8,586

3) 8,899.

Das mit einer Decke von Kochsalz geschmolzene Kupfer war also zur höchsten Dichtigkeit gebracht worden. Es zeigte sich vollkommen blasenfrei und ohne jene warzenförmige Erhöhung. Die mit Glas und mit Borax und Glas beschickten Kupferkönige hatten offenbar durch das langsame Erkalten gegen früher an spec. Schwere zugenommen, allein dennoch hatten sie nicht die Dichtigkeit des mit Kochsalz beschickten Kupfers erreicht. Es geht also hieraus hervor, dass von allen angewandten Flussmitteln sich nur allein das Kochsalz brauchbar zeigte, um einen von Blasenräumen freien Kupferkönig zu erhalten. Das Entstehen jener Blasenräume könnte man versucht sein, aus einer Ausdehnung des erstarrenden Kupfers ableiten zu wollen, jedoch müsste es sodann sich bei allen Kupferproben, auch bei der unter Kochsalz geschmolzenen, zeigen, und ausserdem wissen wir, dass sich das Kupfer beim Erstarren zusammenzieht und nicht sich ausdehnt. Karsten (*Abhandlungen der Berl. Acad. der Wissenschaften 1832* *) hat das Auswachsen des erstarrenden Kupfers ebenfalls bemerkt, und gleichfalls die Eigenschaft desselben, dabei Höhlungen in den Auswüchsen oder unter denselben zu zeigen.

Wenn man sich fragt, woher es wohl kommen möge, dass gerade das Kochsalz die Eigenschaft habe, jene Gasentwicklung beim erstarrenden Kupfer zu verhindern, so lässt sich dafür kein anderer Grund auffinden als der, dass das Kochsalz unter den in Rede stehenden Flussmitteln das einzige Salz ist, welches keinen Sauerstoff enthält. Allerdings ist diess beim Flussspath auch der Fall, allein wegen seiner schwerern Schmelz-

*) Schweigger's Journ. LXVI. 232.

barkeit kam derselbe nicht zum gehörigen Fluss und konnte auf diese Weise das Kupfer nicht vor der Berührung mit der atmosphärischen Luft hinreichend schützen. Es scheint, dass das Kupfer eine ähnliche Neigung wie das Silber hat, beim Schmelzen Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen, welchen es bei eintretender Erstarrung (wenigstens theilweise) wieder fahren lässt. Aus den obigen Versuchen würde nun folgen, dass das Kupfer sogar im Stande sei, in der Schmelzhitze diesen Sauerstoff aus Körpern wie Borax, Glas und Soda durch zersetzende Einwirkung an sich zu ziehen, welche denselben dann wiederum aus der Luft vielleicht aufnehmen könnten, etwa wie man sich die Cementation des Eisens im Kohlenpulver zu denken hat.

Dass in der That das Kupfer während des Schmelzens Sauerstoff absorbiren könne, den es beim Erstarren wieder abgibt, behauptete schon Lucas *), welcher dieselbe, von Gay-Lussac **) bestätigte Eigenschaft bei dem Silber wahrnahm, und er leitet davon auch die heftigen Explosionen her, welche das Kupfer verursacht, wenn es in feuchte Formen gegossen wird. Kupfer, welches aus einem Ofen genommen war, der 5 Ctr. enthielt, und welches 2 Stunden lang im geflossenen Zustande einem Strome von atmosphärischer Luft ausgesetzt war, brachte, in Wasser geworfen, eine sehr lebhafte Detonation hervor, während dasselbe, noch eine halbe Stunde unter einer Kohlendecke im Fluss erhalten, sich ohne Explosion leicht granuliren liess. Die bekannte Erscheinung des *Spritzkupfers*, welche sich zeigt, wenn Kupfer entblösst im Fluss und gut abgeschäumt einige Zeit gestanden hat, beruht ohne Zweifel auf derselben Ursache. Wenn gleich Chaudet gezeigt hat, dass andere Metalle, welche oxydationsfähiger als das Kupfer sind, dieselben Explosionen hervorbringen, wenn sie in glühendem Zustande in Wasser gegossen werden, so beweist uns diess freilich fast, dass *diese* Explosionen eben nicht von entweichenden absorbirten Gasarten herrühren. Sie beruhen vielmehr auf der Zersetzbarkeit des Wassers durch diese glühenden Metalle, und diess kann auch die Ursache dieser Erscheinung beim Kupfer sein, denn Regnault hat gezeigt, wie auch das *Kupfer*

*) *Ann. de Chim. et de Phys.* XII. 404.

**) *Ebend.* XLV. 221.

im Stande ist, in der Weissglühhitze das Wasser zu zerlegen *).

Indessen steht diese Thatsache mit jener Annahme, das Kupfer absorbire in der That Sauerstoff, durchaus nicht im Widerspruche. Der Einwand, den man machen könnte, dass eine kleine Quantität Kupfer das Spritzen des Silbers hindere, ist kein entscheidender; wir wissen, wie sehr die Eigenschaften der Metalle sich durch geringe Beimischungen anderer verändern. Zwei weiche Metalle können, wenn sie eins dem andern beigemischt werden, einander leicht spröde machen.

Metallarbeiter, welche sich mit Kupferguss beschäftigen, kennen alle diese sehr unwillkommene Eigenschaft des Kupfers, beim Erkalten durch Gasentwicklung undicht zu werden. Vielleicht gäbe die hier gemachte Erfahrung ein gutes und anwendbares Mittel ab, um blasenfreie Gussstücke von Kupfer zu erhalten. Es fragte sich hierbei nur, ob das mit Kochsalz geschmolzene Kupfer auch beim Ausgiessen in die Form sich sauerstofffrei erhält. Es wurden von uns über diesen Punkt keine weiteren Versuche angestellt, indessen ist es uns sehr unwahrscheinlich, dass das ausgegossene Metall in der kurzen Zeit, in welcher es durch die Luft fliesst, so viel Sauerstoff aufnehmen sollte, als bei längerer Schmelzung in Berührung mit sauerstoffhaltigen Flussmitteln oder mit atmosphärischer Luft. Ueberdiess scheint zu der Sauerstoffabsorption eine sehr hohe Temperatur erforderlich zu sein, welche das Kupfer während des Flusses nicht mehr besitzen möchte, und endlich könnte man, wie es ja bei dem Geschützguss u. a. m. zu geschehen pflegt, die Oberfläche des Kupfers vor dem Zutritte der Luft durch Aufwerfen von Pech, Talg und ähnlichen Stoffen noch schützen.

Nachdem wir nun so die Art ausgemittelt hatten, auf welche wir vollkommen dichtes Kupfer durch Schmelzung zu erhalten im Stande waren, wurden 6 Kupferkönige unter Kochsalzbedeckungen geschmolzen und deren spec. Gew. genommen. Vier dieser Kupferkönige bestanden aus eingeschmolzenem Cementkupfer, durch galvanische Fällung aus Kupfervitriol erhalten, und zwei andere aus eingeschmolzenen Stücken von Draht, und zwar der besten Sorte russischen Kupfers, wie sie in den

*) Dies. Journ. X. 146.

Tressenfabriken gebraucht wird. Hinsichtlich der chemischen Reinheit der ersten Kupfersorte kann also kein Zweifel obwalten, und auch die letztere enthält bekanntlich kaum erkennbare Spuren fremder Beimischungen.

Die spec. Gewichte dieser 6 Kupferkönige waren:

1) Geschmolzenes Cementkupfer	8,899
2) — — — — —	8,885
3) geschmolzener Kupferdraht	8,891
4) geschmolzenes Cementkupfer	8,907
5) — — — — —	8,891
6) geschmolzener Kupferdraht	8,921.

Obgleich alle diese spec. Gewichte von grosser Dichtigkeit des Kupfers zeugen, so weichen sie dennoch etwas unter einander ab. Einestheils mag dieses daher rühren, weil es schwierig ist, bei einem Körper von so hohem spec. Gewicht, wie das Kupfer, dasselbe mit einer bis auf die dritte Decimalstelle gehenden Genauigkeit zu bestimmen, andernteils aber daher, weil die Kochsalzdecke dennoch nicht hinreichend sein mag, die Kupferkönige vor *aller* Berührung mit atmosphärischer Luft zu bewahren und zu verhindern, dass nicht beim Erkalten geringe Blasenräume entstehen. Jedenfalls ist auch hier das höchste spec. Gewicht das richtigste, da dasselbe auf keinem Beobachtungsfehler beruhen kann, indem alle Wägungen mehrere Male wiederholt wurden. Hiernach liesse sich also das spec. Gew. chemisch reinen, völlig dichten geschmolzenen Kupfers zu

8,921

annehmen. Zieht man dagegen vor, das Mittel aus den verschiedenen Beobachtungen zu nehmen, so wird dasselbe nur 8,899.

Um das spec. Gew. des stark zusammengepressten Kupfers zu bestimmen, wurden zuerst einige Wägungen mit Stücken von russischem Kupferdraht von 6 Millimetern Dicke vorgenommen, welche folgende Werthe ergaben:

- 1) 8,935
- 2) 8,933
- 3) 8,939
- 4) 8,933
- 5) 8,934,

woraus sich ein mittlerer Werth von
8,935
ergiebt.

Wir suchten nun auszumitteln, ob Kupfer, wenn es, ohne ausweichen zu können, stark zusammengepresst wird, nicht noch zu einer grössern Dichtigkeit als durch den Process des Drahtziehens gebracht werden könne. Um bei diesen Versuchen eine grösstmögliche und zugleich nach ihrer Grösse bestimmbare Kraft anzuwenden, bedienten wir uns einer sehr gut construirten hydraulischen Presse, an welcher von einem geschickten Mechaniker eine Vorrichtung angebracht war, um die Grösse jedes ausgeübten Druckes zu messen. Zugleich richteten wir einen Apparat vor, in welchem die zu pressenden Kupferstücke eingeschlossen und am Ausweichen verhindert wurden. Dieser Apparat bestand einfach in einer Vorrichtung, ganz ähnlich, wie man sie zum Zerkleinern von Mineralien anwendet (sogenannte Diamantmörser), nur von grösseren Dimensionen.

A ist ein Stempel von Gussstahl, welcher in den Ring *B*, ebenfalls von Gussstahl, sehr gut eingepasst ist. Dieser Ring liegt in einer runden Vertiefung der Unterlagsplatte *C*. Beim ersten Pressversuche war diese Platte nur aus gutem Schmiedeeisen construiert, allein es fand sich, dass dieselbe durchaus keinem heftigen Drucke widerstand, indem der stählerne Stempel *A* zolltief, wie in eine weiche Wachsmasse, hineingetrieben wurde. Um diesem Uebelstande zu entgehen, wurde die schmiedeeiserne Platte mit einer starken Schicht des besten Stahles belegt. Eben so waren bei diesem Versuche auch die Schrauben *a, a, a* noch nicht vorhanden, vermittelst welcher der Ring *B* fest an die Platte *C* gedrückt wird. Ohne eine solche Schraubenvorrichtung quillt aber jedesmal das gepresste Metall zwischen Ring und Platte und hebt erstern in die Höhe, wobei also der Zweck, Kupfer, ohne dass es ausweichen kann, zusammenzupressen, nicht erreicht wird. Trotz der Festigkeit dieses Apparates gelang es durchaus nicht, demselben eine für

mehrere Versuche hinreichende Dauerhaftigkeit zu geben. Fast nach jeder Pressung wurde ein Apparat unbrauchbar und es musste ein neuer construirt werden, oder es fanden wenigstens bedeutende Reparaturen statt. Theils verdrückte sich der Stempel, theils wurde der Ring gesprengt, theils bog sich der Stahlüberzug auf der Unterlagsplatte ein. Diese Uebelstände verhinderten uns, die ganze effective Kraft der hydraulischen Presse, welche sich auf mehr als 600,000 Pfd. belief, zu benutzen. Bei einer Kraft von 200,000 Pfd. wurden die Apparate fast jedesmal sehr stark beschädigt und bei 300,000 Pfd. wurden sie fast gänzlich zerdrückt. Jedoch möchten diese Stärken des angewandten Druckes wohl bedeutend genug sein, und es hätte uns gewiss gelingen müssen, mittelst derselben dem Kupfer eine bedeutend höhere Dichtigkeit als im geschmolzenen Zustande zu geben, wenn diess überhaupt möglich gewesen wäre.

Wir wollen nun die Resultate von 6 solchen glücklich ausgeführten Pressversuchen anführen.

	Hatte, geschmolzen, ein spec. Gew. von:	Zusammengepresst	
		mit einem Drucke von:	erhielt es ein spec. Gew. von:
1) Cementkupfer	8,899	100,000 Pfd.	8,919
2) Cementkupfer	8,885	150,000 —	8,928
3) Kupferdraht	8,891	200,000 —	8,927
4) Cementkupfer	8,907	300,000 —	8,931
5) Cementkupfer	8,891	100,000 —	8,922
6) Kupferdraht	8,921	212,500 —	8,930.

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass das Kupfer durch die angewandten starken Pressungen allerdings an Dichtigkeit gegen geschmolzenes Kupfer zugenommen hat. Jedoch ist diese Zunahme nur so unbedeutend, dass man sie kaum einer andern Ursache als kleinen Undichtigkeiten zuschreiben kann, welche, trotz aller Vorsicht, die man bei der Schmelzung des Kupfers anwendet, dennoch nie ganz zu vermeiden sind, bei einer starken Pressung aber weggeschafft, oder doch wenigstens verringert werden.

Hält man die höchste Zahl dieser 6 spec. Gewichtsangaben für die genaueste, so wird das spec. Gew. stark gepressten Kupfers

8,931;

nimmt man dagegen das Mittel, so erhält man als Werth dafür die Zahl 8,926.

Berzelius giebt, wie oben angeführt ist, an, dass das Kupfer, welches er aus einem Drahte habe in Platten schlagen lassen, sein spec. Gew. von 8,946 bis auf 8,958 vermehrt habe. Wir fanden in unseren Versuchen gleichfalls eine solche geringe Vermehrung der Dichtigkeit und glaubten, dieselbe würde sich vielleicht noch steigern lassen durch ein sehr starkes und anhaltendes Hämmern. Wir liessen daher ein Stück russischen Kupferdraht von 7 Mm. Dicke, dessen spec. Gew. wir zu 8,933 gefunden hatten, bis zu einer Dicke von $\frac{8}{10}$ Mm. ausschmieden und fanden nun das spec. Gew. zu 8,944. Als wir es endlich zu einem dünnen Bleche von $\frac{4}{10}$ Mm. ausschmieden liessen, stieg das spec. Gew. bis auf 8,951. Eine ganz ähnliche Zahl giebt das fein ausgewalzte Kupferblech, welches aus eben jenem Kupferdraht angefertigt und darauf stark gehämmert worden war. Seine Dicke betrug $\frac{15}{100}$ Mm. und sein spec. Gew. 8,952.

In einer Denkschrift „über die Dehnbarkeit und Hämmerbarkeit einiger Metalle“ *) giebt Baudrimont an, das geschmolzene, langsam abgekühlte Kupfer habe ein spec. Gew. von 8,4525, gehärtete Drähte 8,6225, geglühte Drähte 8,3912, gehärtete Drähte, ausgewalzt, 8,7059, geglühte Drähte, ausgewalzt, 8,8787, gehämmertes Kupfer endlich 8,8893.

Man sieht, dass *alle* Zahlen, welche Baudrimont mittheilt, kleiner sind als die von uns aufgefundenen, und ferner, dass er sehr beträchtliche Unterschiede fand zwischen den verschieden behandelten Kupfersorten. Es ist möglich, dass Baudrimont zu seiner Untersuchung nicht so reines Kupfer gewählt hat wie wir, und höchst wahrscheinlich, dass seine leichteren Kupfersorten in der That noch Undichtigkeiten besessen haben.

Am auffallendsten erschien uns der Versuch, welchen Baudrimont mit geglühtem und ungeglühtem Kupfer angestellt hat; er fand bei dem Glühen eine Gewichtsverminderung von 8,6225 bis auf 8,3912. Wir wiederholten diesen Versuch mit den russischen Kupferdrähten von 6 Mm. Dicke und fanden das spec. Gew. vor dem Glühen 8,933; nach dem heftigsten Glü-

*) Dies. Journ. VII. 268.

ben über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, wo der Draht frei in die Flamme gehängt wurde und $\frac{1}{2}$ Stunde lebhaft glühte, 8,932. Wir fürchteten, es möchte das Metall nicht hinreichend erhitzt gewesen sein, brachten ihn daher in einem guten Windofen in einem Tiegel zum heftigsten Glühen. Um dabei zu verhindern, dass er sich nicht oxydire, wurde er sorgfältig mit dünnem Kupferblech umwickelt und die sehr geringe, sich dennoch zeigende Oxydhaut vor der Wägung entfernt. Das spec. Gew. fanden wir jetzt zu 8,930, also freilich um ganz wenig geringer als vorher. Vielleicht hat in dem Baudrimont'schen Versuche das Kupfer sich etwas oxydirt, ohne dass es beachtet worden ist, und es hat sich sodann eine bedeutendere Dichtigkeits-Verschiedenheit daraus ergeben.

Wir sahen uns veranlasst, die Untersuchung von Baudrimont zum Theil zu wiederholen, indem wir die spec. Gewichte von verschiedenen starken Kupferdrähten untersuchten, welche aus einem und demselben Metallstücke dargestellt worden waren.

Wir verdanken das Material, welches wir hierzu benutzen konnten, der Gefälligkeit der HHrn. Hensel und Schumann in Berlin, welche Inhaber einer Lyoner Goldtressenfabrik sind. Die Kupferdrähte waren aus einer cylindrisch geschmiedeten Kupferbarre gezogen, von welcher wir ein abgesägtes Stück erhielten. Das Kupfer selbst war feinstes Demidoff'sches Kupfer, welches kaum eine Spur von fremden Bestandtheilen enthielt. Nach dem ersten Zuge wurde von dem erhaltenen Drahte ein Stück abgeknippen und das übrige Ende dünner gezogen, darauf wiederum ein Stück abgeknippen und der Rest weiter ausgezogen und so fort, bis wir eine hinreichende Anzahl verschieden starker Drähte daraus erhalten hatten.

Die Wägungen wurden sämmtlich bei 18° C. und 752 Mm. B. vorgenommen.

	Absol. Gew.	Gew. in Wasser.	Spec. Gew.
1) Geschmiedete Barre, Durchm. 55 Mm.	126,6545	112,4800	8,9353
2) geschmiedete Barre, Durchm. 26 Mm.	62,3300	55,3615	8,9445

	Absol. Gew.	Gew. in Wasser.	Spec. Gew.
3) gezog. Draht, Drchm. 22,2 Mm.	58,0880	51,5930	8,9435
Das Kupfer war vor dem Ziehen geglüht worden.			
4) gezog. Draht, Drchm. 19 Mm.	43,1905	38,3623	8,9454
5) — — — 15,9 Mm.	37,9840	33,7370	8,9437
6) — — — 13 —	42,1800	37,4645	8,9469
7) — — — 11,2 —	38,9110	34,5590	8,9432
Der Draht war vor dem Ziehen geglüht worden.			
8) gezog. Draht, Drchm. 10,2 Mm.	39,3885	34,9870	8,9488
9) — — — 9,6 —	37,2045	33,0425	8,9391
Der Draht war vorher geglüht worden.			
10) gezog. Draht, Drchm. 8,4 Mm.	36,7590	32,6500	8,9459
11) — — — 7,7 —	35,8695	31,8590	8,9438
12) — — — 6,3 —	22,4520	19,9120	8,9450
13) — — — 5,5 —	16,810	14,930	8,9414*).

Der Draht war vorher geglüht worden.

Es ergibt sich hieraus, dass der Kupferdraht in der That etwas dichter wird, je dünner derselbe gezogen wird, dass indessen seine Härte, welche er dadurch erlangt, in keinem Verhältnisse zu der grössern Dichtigkeit steht. Merkwürdig ist es, dass bei dem ersten Ziehen die Dichtigkeit abnimmt (2 und 3); dass diess nicht zufällig sei, fanden wir auch schon, indem wir das spec. Gew. von No. 8, nachdem wir es sehr heftig glühten, zu 8,9422 fanden.

Nach dieser Bestimmung der Dichtigkeiten von krystallisiertem, geschmolzenem und stark zusammengepresstem Kupfer schien es uns interessant, auch einige spec. Gewichtsbestimmungen von Kupfer zu machen, welches nach Jacobi's Methode auf galvanischem Wege aus einer Solution von Kupfervitriol gefällt worden war. Man muss bei der Auswahl solcher Cementkupferstücke sehr sorgfältig zu Werke gehen, weil sich das Kupfer bekanntlich nicht mit ebener Fläche, sondern eigenthümlich warzig und traubig an die Platte des positiven galvanischen Pols ansetzt und sehr häufig, wenn man die Kupferschicht zu einer bedeutenden Dicke anwachsen lässt, hohle

*) Die Berechnungen sind unmittelbar angestellt und nicht auf den luftleeren Raum reducirt.

Räume in sich einschliesst. Wir erhielten folgende spec. Gewichte von drei verschiedenen Quantitäten solchen Cementkupfers:

- 1) 8,914
- 2) 8,900
- 3) 8,905;

bei einem vierten Stücke fanden wir nur ein spec. Gew. von 8,843, welche geringere Dichtigkeit aber jedenfalls in einer solchen nicht äusserlich bemerkbaren Undichtigkeit ihren Grund hatte. Die grösste für Cementkupfer gefundene Dichtigkeit wäre also hiernach:

8,914.

Ueberblickt man nun die gefundenen Werthe für die spec. Gewichte des Kupfers in den vier verschiedenen Zuständen der Krystallisation, der Schmelzung, der Zusammendrückung und der Cementation, indem man stets hierbei die höchsten der gefundenen Werthe berücksichtigt, so erhält man folgendes Resultat:

	Spec. Gew.
1) Krystallisirtes Kupfer	8,940
2) geschmolzenes Kupfer	8,921
3) zu Draht ausgezogenes Kupfer	8,939 bis 8,949
4) geglühter Draht	8,930 *)
5) gehämmerter Draht von 7 Mm. auf $\frac{4}{10}$ Mm.	8,951
6) gewalztes und gehämmertes Kupferblech von $\frac{15}{100}$ Mm.	8,952
7) durch starken Druck gepresstes Kupfer	8,931
8) galvanisch cementirtes Kupfer	8,914.

Es kann wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass die hier stattfindenden Abweichungen zum Theil nur in der mechanischen Schwierigkeit begründet sind, trotz aller angewandten Vorsicht von inneren hohlen Räumen freies Kupfer zu erhalten. Durchaus unwahrscheinlich ist es dagegen, dass diese Abweichungen durch wesentlich verschiedene Anordnung der Atome, den verschiedenen Zuständen des Kupfers entsprechend, herühren sollten, denn in diesem Falle müssten, besonders zwi-

*) Dieser leichtere Draht war aus einer andern Kupfersorte dargestellt worden.

schen dem spec. Gew. des krystallisirten und dem des zusammengepressten Kupfers, weit bedeutendere Unterschiede stattfinden.

II. Antimon.

Die ausserordentliche Leichtigkeit, mit welcher das Antimon eine krystallinische Structur annimmt, machte dieses Metall besonders geeignet zu den vorliegenden Untersuchungen, obwohl wir anfangs vermutheten, dass man bei dem Pressen des Metalles dasselbe zu Staub zermahlen würde, der keine Cohäsion zeigen könnte. Wir überzeugten uns jedoch bald, dass das Antimon durch starkes Hämmern in einer stählernen Form zwar zuerst zermahlt würde, später jedoch wieder eine vollständige Cohäsion erlangte, so dass man aus diesem Metalle Medaillen schlagen konnte.

Da es nichts bei der Entscheidung unserer Frage ausmachen konnte, ob das angewandte Metall chemisch rein sei, so wandten wir das käufliche Antimon an, welches nicht ganz frei von Beimischungen war.

Das spec. Gew. desselben fanden wir in dem krystallinisch blätterigen Zustande:

- 1) 6,696
- 2) 6,695
- 3) 6,6965
- 4) 6,697.

Alle vier Proben waren aus vier verschiedenen Stücken von grossen Metallmassen entnommen. Mit dem Metalle, welches 6,696 spec. Gewicht besass, wurden die folgenden Versuche angestellt.

Zuerst wurde ein Stück Metall zusammengeschmolzen und durch Feilen so vorgerichtet, dass es in den Pressapparat hineinpasste; bevor es gepresst wurde, fanden wir das spec. Gew. zu 6,672. Es war leichter geworden.

Wir fürchteten einen Beobachtungsfehler, fanden aber bei öfteren Wiederholungen genau dieselben Zahlen. Offenbar war bei dem Schmelzen eine geringe Höhlung entstanden, welche sich der Beobachtung entzog.

Das Metallstück wurde jetzt einem Drucke von 100,000 Pfd. ausgesetzt. Es kam als ein ganz festes Stück aus dem Apparate, nur an den Ecken war es etwas verletzt durch Ab-

bröckeln. Auf der Oberfläche sah man scharf die Streifen ausgeprägt, welche der Bohrer auf dem Stempel zurückgelassen hatte.

Das spec. Gew. betrug 6,693.

Es hatte also das Metall fast genau die Dichtigkeit des krystallisirten Metalles erhalten, und die erwähnte Leichtigkeit des geschmolzenen Regulus war offenbar nur Folge von Höhlungen.

Ein zweites Metallstück, gleichfalls zuvor geschmolzen, wurde jetzt einem Drucke von 150,000 Pfd. ausgesetzt. Beim Herausnehmen aus der Form fanden wir es feinkörnig, obwohl noch deutlich blätterig; die Blättchen waren sehr klein geworden; es war sehr hart und gut zusammenhängend, trennte sich jedoch leicht in verschiedene Lagen.

Das spec. Gew. betrug 6,698.

Der Versuch wurde nicht weiter fortgesetzt. Es ergibt sich daraus hinreichend, dass das Antimon im krystallisirten Zustande dasselbe spec. Gew. zeigt wie im zusammengepressten, und dass es im geschmolzenen Zustande, indem es in kleinen Massen erstarrt, leicht kleine Höhlungen zeigt, welche seine Dichtigkeit scheinbar vermindern.

Da die Zahl 6,698 niedriger ist als die, welche als das spec. Gew. von den besten Beobachtern dem Antimon zugeschrieben wird, so wünschten wir auch *das wirkliche spec. Gewicht des reinen Antimons* zu erfahren. Die Zahlen, welche angegeben werden, weichen von einander ab, wie man aus folgender Uebersicht ersehen wird:

Musschenbroeck	6,850
Bergmann	6,860
Boeckmann	6,723
Karsten	6,700
Breithaupt	6,610
Brisson	6,702.

Wir bereiteten uns mit Sorgfalt chemisch reines Metall und gossen aus demselben kleine Stangen, welche krystallinisch erstarrten; diese zeigten in drei Versuchen übereinstimmend bei 16° C. 6,715.

Aus diesem Metalle wurde ein grösseres Stück zusammen geschmolzen, dessen spec. Gewicht wir jetzt zu 6,708 fanden. Als dasselbe jedoch in einer stählernen Form so lange heftig gehämmert worden war, dass das zermalmte Metall wieder

seine Cohäsion erhalten hatte, fanden wir das spec. Gewicht zu 6,714.

Wir können also wohl diese Zahl 6,715 als die richtige für das spec. Gew. des Antimons halten.

III. Wismuth.

Die Versuche mit dem Wismuth wurden auf eine ganz ähnliche Weise angestellt.

Auch hierzu benutzten wir kein chemisch reines Metall, dessen spec. Gewicht wir besonders ausmittelten.

Das spec. Gew. des rohen Metalles fanden wir zu 9,783.

Darauf wurde das Metall einem Drucke von 100,000 Pfd. ausgesetzt. Es hatte dabei seine krystallinische Structur völlig behalten und war noch eine völlig feste Masse. Das spec. Gew. betrug jetzt aber nur noch 9,779.

Wir glaubten, einen Wägungsfehler begangen oder die Temperatur nicht gehörig beachtet zu haben, fanden jedoch bei der sorgfältigsten Wiederholung für beide Werthe ganz dieselben Zahlen. Als darauf das Metall einem Drucke von 150,000 Pfd. ausgesetzt wurde, fiel sein spec. Gew. auf 9,655.

Wir glaubten, durch einen noch stärkern Druck diese sonderbare Erscheinung noch deutlicher hervorrufen zu können, Als jedoch ein Druck von gegen 200,000 Pfd. angewandt wurde, sprang der äussere Ring des Apparates und das Metall spritzte förmlich in die dadurch gebildeten Risse. Es besass nun die Dünne von starkem Papier, war sehr spröde, auf dem Bruche ganz wie grauer Stahl aussehend und selbst unter dem Mikroskope kaum Krystallisation zeigend. Das spec. Gew. war hier bis auf 9,556 gesunken.

Wir kennen keine Erscheinung dieser Art, wenn wir die Veränderung des spec. Gew. von Mineralien durch Schmelzen abrechnen wollen. Das spec. Gew. des chemisch reinen Wismuths fanden wir bei 19°C. und 750 Mm. aus einem 16,246 Gr. schweren Stück zu 9,799. Brisson und Hatchett fanden es zu 9,822, Harepath zu 9,833. Durch Hämmern kann es, was mit der obigen Angabe in directem Widerspruche zu stehen scheint, nach Berzelius bis auf 9,8827 gebracht werden. Schon Musschenbroeck hat diese Gewichtszunahme beobachtet.

Aus der Untersuchung dieser drei Metalle ergibt sich also, dass, abgesehen von der sonderbaren Erscheinung bei dem Wismuth, die Metalle ihre Dichtigkeit durch Pressen nicht wesentlich zu verändern scheinen. Von den übrigen Metallen, welche wir noch untersucht haben, werden wir in der folgenden Abhandlung Rechenschaft ablegen, und bemerken hier nur, dass fast keins derselben eine Ausnahme von den bei dem Kupfer gefundenen Erscheinungen macht.

XXXIII.

Ueber die Galvanographie.

Von

J A C O B I.

(Aus einem Berichte an die Academie der Wissenschaften in St. Petersburg. *Bullet. scientif. X. No. 6.*)

Die Academie wird sich der ersten, schön gelungenen galvanographischen Specimina erinnern, welche ich die Ehre hatte ihr in der Sitzung vom 7. August 1840 im Namen Sr. Kaiserlichen Hoheit des Herrn Herzogs von Leuchtenberg vorzulegen. Sr. Kaiserliche Hoheit hatten Zeichnungen verschiedener Art, theils auf polirtem Kupfer, theils auf silberplattirten Platten ausgeführt und sich hierzu einer Auflösung von Damaraharz in Terpentinöl bedient. Eine galvanoplastische Copie dieser Platten lieferte unmittelbar eine zum Abdrucke fertige Gravirung der Originalzeichnung. Diese schöne und wichtige Anwendung der Galvanoplastik eröffnete den zeichnenden Künsten ein neues und weites Feld, denn in der That hatte sich hierdurch eine ganz eigenthümliche Kunsttechnik gebildet, über welche sich Sr. Kaiserliche Hoheit in einem spätern Schreiben an mich folgendermaassen ausdrückte:

„Die vielfältig von mir angestellten Versuche haben mir bald bewiesen, dass man hierbei zu einem eigenthümlichen, vom Kupferstich und Holzschnitte wohl zu unterscheidenden künstlerischen Producte gelangen kann. Es kommt der englischen Tuschmanier am nächsten, ja es geht mit ihr ganz parallel. Bei allen diesen Versuchen hatte ich es auch am geeignetsten gefunden, die Zeichnungen auf der Metallplatte in