

253. B. Lepsius: Ueber die Einwirkung des elektrischen Lichtbogens auf gasförmige Körper und die Benutzung desselben zu Demonstrationen.

[II. Abhandlung ¹⁾.]

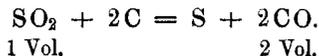
(Eingegangen am 4. Juni; mitgetheilt in der Sitzung von Hrn. W. Will.)

4. Volumetrische Umwandlung von Schwefeldioxyd in Kohlenmonoxyd.

Der elektrisch zur Weissgluth erhitze Kohlenstoff zersetzt das Schwefeldioxyd mit Leichtigkeit, indem er in demselben zu Kohlenoxyd verbrennt. Diese Thatsache lässt sich mit Hülfe des früher beschriebenen elektrischen Zersetzungsrohrs (siehe die erste Abhandlung über diesen Gegenstand, Fig. 1) volumetrisch illustriren. Man füllt das Rohr mit ungefähr 80 ccm trockenen Schwefeldioxyds, misst das Volumen durch Gleichstellen der Quecksilbersäulen und entzündet den Lichtbogen durch momentane Berührung der mit der Accumulatorbatterie verbundenen Kohlenstäbe. Mit prächtig blau strahlendem Lichte verbrennt der weissglühende Kohlenstoff in dem Gase.

Augenblicklich erfüllt sich der ganze Gasraum mit weissen, von dem elektrischen Lichte magisch beleuchteten Wolken, welche die heftige Bewegung anzeigen, in die die Gasmasse durch den Lichtbogen versetzt wird und dem Beschauer einen überaus reizvollen Anblick gewähren. Das Volumen des Gases wächst zusehens, das Quecksilber wird bis in die Birne emporgedrängt, wo es nach 30 bis 40 Sekunden seinen höchsten Stand erreicht. Das Volumen ist constant geworden; die Schwefelwolken haben allmählich die kälteren Glaswände mit einem feinen, weissen, durchsichtigen Schleier überzogen; der Strom wird unterbrochen.

Man erkennt sogleich, dass das Volumen sich verdoppelt hat. Nach dem Ablassen des gestauten Quecksilbers und nach kurzer Abkühlungszeit wird die Messung vorgenommen: Aus einem Raumtheil Schwefeldioxyd sind zwei Volumina Kohlenmonoxyd entstanden, indem der Schwefel ausgeschieden wurde.



Hat man das abgefüllte Quecksilber wieder aufgegossen, so giebt sich das am geöffneten Hahne angezündete Gas durch seine rein blaue Flamme als Kohlenoxyd zu erkennen.

¹⁾ Vergl. diese Berichte XXIII, 1418—1428.

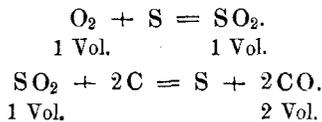
5. Volumetrische Bildung und Zersetzung des Schwefeldioxyds.

Mit dem vorigen Versuche lässt sich die volumetrische Darstellung des Schwefeldioxyds zweckmässig vereinigen.

Man benutzt dazu das Zersetzungsrohr, welches in der vorigen Abhandlung in Fig. 2 abgebildet ist. In den völlig mit Quecksilber gefüllten Apparat werden bei einer Zeigerhöhe von ca. 300 mm ungefähr 80—100 ccm Sauerstoff eingesaugt. In diesen wird von unten ein Stückchen Schwefel, welches an dem einen Ende eines starken U-förmig umgebogenen Kupferdrathes festgeschmolzen ist, eingeführt und an den zur Berührung gebrachten Kohlenstäben durch ein momentanes Schliessen des elektrischen Stromes entzündet.

Es verbrennt ohne Volumvergrösserung mit blauem Lichte.

Man entfernt den Draht, senkt den Apparat zur Verdichtung des Gases bis zur Rohrwanne herab und zersetzt, wie beim vorigen Versuche das gebildete Dioxyd durch den elektrisch glühenden Kohlenstoff. Der eben verbrannte Schwefel wird wieder abgeschieden, das entstandene Kohlenoxyd zeigt nach der Messung das doppelte Volumen:



6. Raungleichheit von Wasserstoff und Acetylen.

Dass das Acetylen denselben Raum einnimmt, wie der darin befindliche Wasserstoff, hat Berthelot¹⁾ im Jahre 1863 festgestellt. Will man diese Thatsache in der Vorlesung zeigen, so lässt sich dazu der mit Steigrohr versehene Apparat (Fig. 1) zweckmässig benutzen.

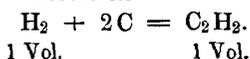
Der Apparat wird mit gut getrocknetem Wasserstoff — etwa 50—60 ccm — beschickt. Beim Entzünden des Lichtbogens erglöh der Kohlenstoff mit weissem Lichte. Wie Böttger²⁾ bereits für den Inductionsfunken angab, so macht sich auch hier die Thatsache geltend, dass cet. par. der Lichtbogen im Wasserstoff, vermöge dessen grösserer Leitungsfähigkeit, eine grössere Entfernung der Pole als in anderen Gasen gestattet, ohne zu erlöschen. Das Gas dehnt sich durch Temperaturerhöhung aus und drängt das Quecksilber in das Steigrohr; unterbricht man aber nach einiger Zeit den Strom, so stellt

¹⁾ Ann. Chim. Phys. III, 67, pag. 65—68.

²⁾ Journ. f. pr. Chem. 90, pag. 34.

es sich nach der Abkühlung, vorausgesetzt, dass der Apparat und das Gas ganz trocken gewesen, wieder genau in's Niveau ein.

Das gebildete Acetylen nimmt somit denselben Raum ein, wie der ihm entsprechende Wasserstoff:



Schon die Lichtdauer von einer halben Minute genügt, um das gebildete Aethin mit Hülfe seiner charakteristischen Eigenschaften nachzuweisen. Man setzt auf den erkalteten Apparat mit Hülfe eines Gummiröhrchens einen kleinen Trichter, verdrängt aus dem engen Theil die Luft durch ein Paar Tropfen Quecksilber, füllt ihn mit ammoniakalischer Cuprochloridlösung ¹⁾ und saugt davon, durch Ablassen von Quecksilber, einige Cubikcentimeter ein. Augenblicklich bildet sich an den Wandungen des Apparates, da wo die Flüssigkeit herabläuft, das schön rothe Acetylenkupfer, indem das Volumen dabei abnimmt. Zur genauen Messung derselben giesst man auf das andere Quecksilberniveau eine gleich hohe Säule der Absorptionsflüssigkeit.

Bei einer Lichtdauer von einer Minute und einer Strommenge von ca. 3 Amp. erhielt ich eine Acetylenmenge von 10 pCt. des angewandten Wasserstoffs.

Um die explosiven Eigenschaften der Kupfer- (oder Silber-)verbindung zu zeigen, drückt man die Flüssigkeit mit Hülfe eines an Stelle des Trichters aufgesetzten, gebogenen Glasröhrchens sammt dem Niederschlag in ein Bechergläschen über, filtrirt auf dem Saugfilter und wäscht mit wenig Ammoniak nach. Der getrocknete Niederschlag explodirt durch Wärme oder Stoss.

7. Wasserzersetzung mit Hülfe des elektrisch glühenden Kohlenstoffs.

a) Einwirkung auf gasförmiges Wasser.

Das sogenannte »Wassergas« spielt neuerdings in der Heiz- und Beleuchtungstechnik eine so wichtige Rolle, dass seine Darstellung in der chemischen Vorlesung nicht unterlassen werden kann. Man pflegt dieselbe zu zeigen, indem man Wasserdampf durch ein zum Glühen erhitztes, mit Kohlenstücken gefülltes Rohr leitet und die nicht condensirbaren Gase im Gasometer auffängt. Viel einfacher und bei weitem schöner gestaltet sich der Versuch, wenn man den Wasserdampf durch die elektrisch glühende Kohle zersetzt.

Ein Glasballon von 15—20 ccm Durchmesser wird, der Hals nach unten gerichtet, am Statif befestigt. Er ist an zwei gegenüberliegen-

¹⁾ In Ermangelung einer Cuprolösung kann man sich zum Nachweis auch einer ammoniakalisch gemachten Silbernitratlösung bedienen.

den Seiten tubulirt. Man macht sich daraus eine elektrische Lampe, indem man von beiden Seiten mit Hilfe von Gummistopfen Kupferstäbe einführt ¹⁾, welche mittels federnder Zwingen 5 mm dicke Kohlenstäbe tragen. Die inneren Spitzen derselben laufen ca. 5 ccm an einander vorbei und haben einen seitlichen Abstand von einander von ca. 3 mm. Die äusseren Enden der Kupferstangen sind durch Klemmschrauben mit den Accumulatoren verbunden.

Der Hals des Ballons ist mit einem zweifach durchbohrten Gummistopfen geschlossen, durch den ein Glasrohr bis in die Nähe der Kohlenstäbe, ein anderes bis zum inneren Stopfenrande geht. Man jagt mit einem starken Wasserdampfstrom die Luft aus dem Ballon, indem man die erstere der beiden Röhren mit dem Vorlesungsdampfkessel oder einem Kolben verbindet, indem etwas Wasser durch eine starke Flamme zu lebhaftem Sieden erhitzt wird. Das andere Rohr verbindet man, wenn alle Luft ausgetrieben, mit dem unteren Tubus eines gläsernen Vorlesungsgasometers oder mit einem Glasrohr, welches unter einem mit Wasser gefüllten und in der Wasserwanne umgedrehten Cylinder endet.

Die Wasserdampfblasen condensiren sich, sowie sie in das kalte Wasser des Gasometers bzw. der Wanne eintreten, mit hörbarem Geräusch. Entzündet man aber den Lichtbogen im Ballon durch momentane Berührung der Kohlen, so hört sofort das Condensationsgeräusch auf und es beginnt eine starke Gasentwicklung, welche so lange anhält, wie der Lichtbogen brennt.

Die weissglühende Kohle verbrennt im Wasserdampf; am stärksten die negative. Daher ist es zweckmässig, wie oben angegeben, für diesen Versuch stärkere Elektroden zu wählen, als für die früheren Versuche, in denen nur kleine Gasmengen zersetzt werden.

Da unter den vorliegenden Umständen eine Ueberhitzung und Gefährdung des Apparates nicht zu befürchten ist, so kann man die Stromstärke bis auf 10—20 Ampères steigern, wodurch die Gasentwicklung eine äusserst lebhafte wird. In kurzer Zeit erhält man mehrere Liter des Gases.

Die Zersetzungsproducte des Wassers im Lichtbogen sind dieselben, wie bei der gewöhnlichen Wassergasbereitung. Es besteht aus gleichen Raumtheilen Wasserstoff und Kohlenoxydgas, wie man durch die Verpuffung mit dem halben Raumtheil Sauerstoff leicht zeigen kann. Es verbrennt mit nichtleuchtender Flamme und eignet sich wegen seiner hohen Verbrennungswärme zur Erzeugung hoher Temperaturen. Leitet man es in einen Daniell'schen oder Linnemann'schen Brenner, so

¹⁾ Die Kupferstangen sind 20 cm lang und sollen im Stopfen leicht beweglich sein, damit man sie in dem Maasse, wie die Kohle verbrennt, nachschieben kann.

kann man damit Platin schmelzen und Silber verdampfen, ein intensives Kalk- oder Zirkonlicht herstellen, u. s. w.

Wollte man ein Beispiel für die mannichfache Formveränderung der Energie aufsuchen, wie ich es vor Kurzem für einen öffentlichen Vortrag zu thun in der Lage war, so würde man kaum ein lehrreicherer finden, wie diesen Versuch. In dem als Kraftquelle benutzten Gasmotor wird die chemische Energie des Gases in mechanische Arbeit, in der damit verbundenen Dynamomaschine die mechanische Arbeit unter Benutzung des magnetischen Feldes in elektrische Energie verwandelt. Zwischen den Kohlenstoffen des Wassergasapparates wird die elektrische Spannung unter sonnenähnlicher Lichtentfaltung in Wärme umgesetzt und der weissglühende Kohlenstoff ertheilt dem Wasser wieder chemische Energie, welche sich im Daniell'schen Hahn in platinerschmelzende Hitze, auf der Zirkonplatte in strahlende Energie verwandelt.

Wollte man das Wassergas wieder in den Gasmotor leiten, so würde man einen Kreisprozess herstellen, in welchem fortgesetzte Energieverwandlung herrscht, wenn man für einen Augenblick von den Energieverlusten absieht, ein perpetuum mobile.

b. Einwirkung auf flüssiges Wasser.

Fast noch schöner und überraschender gestaltet sich der Versuch, wenn man den Lichtbogen nicht auf das gasförmige, sondern auf das flüssige Wasser einwirken lässt.

Man befestigt zu diesem Zweck den mit Kohlepolen versehenen Glasballon aufrecht am Statif, setzt auf den Hals ein Gasableitungsrohr und stellt in dem fast ganz mit Wasser gefüllten Ballon durch vorübergehendes Berühren der Kohlen einen Lichtbogen von mehreren Millimetern her. Bei starkem Strom erhält man sofort eine rapide Entwicklung von »Wassergas«. Die Kohlen werden weissglühend, das Wasser erhitzt sich mehr und mehr und beginnt schliesslich zu kochen.

Auch unter diesen Umständen ist die Wasserzersetzung im wesentlichen ein Reductionsprozess:



indem der durch die elektrische und thermische Einwirkung bei der Wasserzersetzung frei werdende Sauerstoff den weissglühenden Kohlenstoff sofort zu Kohlenoxyd verbrennt. Ist das Wasser jedoch nicht absolut rein und daher leitend, so bemerkt man schon vor der Entzündung des Lichtbogens eine Wasserelektrolyse, indem winzige Gasbläschen an den Kohlen aufperlen, um so reichlicher, je weniger die Kohlen von einander entfernt sind. Allein diese Beimischung von Knallgas ist der Wassergasentwicklung gegenüber ganz verschwindend.

Das »Wassergas« wird entweder über dem Kolben an einem zur Spitze ausgezogenen Rohr entzündet, oder, wie vorher, im Gasometer oder in der pneumatischen Wanne aufgefangen. Ist es Einem nur darum zu thun, die Bildung des Gases zu zeigen, so kann man sich damit begnügen, die Kohlen, deren Kupferstangen in diesem Falle zur isolirten Handhabung durch Glasröhren gesteckt sind, unter einer in der pneumatischen Wanne mit Wasser gefüllten Glocke im Wasser zur Berührung zu bringen, worauf sich dieselbe alsbald mit Wassergas anfüllt. Zur besseren Einstellung des Lichtbogens werden in diesem Falle die Elektroden von zwei Statifen gehalten.

Ueber ähnliche Reductionen anderer Flüssigkeiten werde ich demnächst berichten.

Frankfurt a./Main, im Mai 1890.

Chemisches Laboratorium des physikalischen Vereins.

254. B. Lepsius: Ein Vorlesungsversuch zur Demonstration der Valenz.

[III. Abhandlung ¹⁾.]

(Eingegangen am 4. Juni; mitgetheilt in der Sitzung von Hrn. W. Will.)

Ueber die Einwirkung des elektrischen Lichtbogens auf gasförmige Körper.

Unabhängig von jeder Theorie lässt sich der Begriff der Valenz definiren, wenn man diejenigen Wasserstoffvolumina mit einander vergleicht, welche aus gleichen Raumtheilen der leichtesten gasförmigen Hydride verschiedenwerthiger Elemente erhalten werden. Bezeichnet man das kleinste so zu erhaltende Wasserstoffvolumen mit 1, so lassen sich alle übrigen durch ganze Zahlen ausdrücken, welche die Valenz des hydrirten Elementes bestimmen.

Auf dieser Betrachtungsweise ist das System der heutigen Chemie begründet. Die Demonstration derselben gehört somit zu den Fundamentalversuchen der chemischen Vorlesung.

Unter Benutzung der in der ersten Abhandlung bereits beschriebenen Zersetzungsapparate lässt sich dieser Versuch mit Hülfe des Lichtbogens ohne Schwierigkeit und mit geringem Zeitaufwande in folgender Weise zur Ausführung bringen.

¹⁾ Vergl. diese Berichte XXII, 1418 und die vorige Abhandlung.