ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1801, ZWÖLFTES STÜCK.

I.

NEUE VERSUCHE

*über den Galvanismus, angestellt mit
einer Voltaiſchen Säule von 8zölligen
Platten und 40 Schichtungen,*

von

P. L. SIMON,

Prof. an der Bauakademie zu Berlin.

Zwar war ich Willens, eine Säule von 8zölligen Platten zu 50 Schichtungen anzufertigen, allein die Schwierigkeiten, welche sich beim Gießen so großer Platten darboten, und besonders der Zeitverlust, der damit verknüpft war, nöthigten mich, von meinem Vorfatze abzustehen. Da es seyn könnte, daß andere sich ähnliche Platten anzuschaffen wünschten, so will ich hier mit ein Paar Worten meine Verfahrensart, und die Hindernisse angeben, die sich bei dieser Arbeit darboten.

Zuerst bediente ich mich einer Form aus Kreide. Ich schliff zwei große Kreideplatten wohl auf einander; dann grub ich in die eine eine kreisrunde

Form von 8 Zoll Durchmesser und ungefähr $\frac{3}{4}$ Zoll Stärke ein, und brachte darin zugleich das Mundloch zum Eingießen, und seitwärts einige schräge Einschnitte zum Ausweichen der Luft an. (Siehe Taf. I, Fig. 1.) Beide Platten, nachdem sie gehörig erwärmt waren, wurden auf einander gelegt, mit einer starken Schraube, Fig. 2, fest zusammenge-drückt und dann der recht flüssige Zink eingegossen. Es zeigte sich bald, daß die Vertiefung der Form zu geringe war, indem die Platten nicht vollkommen wurden, sondern mit mehreren Löchern erschienen. Jede Platte wog bei dieser Stärke $\frac{1}{2}$ Pfund. Als ich die Form ein wenig vertieft hatte, wog jede gegossne Platte etwas über 1 Pfund, und dennoch konnte ich rechnen, immer nur auf 6 fehlerhafte eine gute zu bekommen. Die Form wurde noch mehr vertieft, so daß die Platten nun 1 Pf. 10 Loth wogen, und selbst bei dieser Stärke war es mir nicht möglich, sie frei von Löchern, die nicht zugeflossen waren, zu erhalten. Zu dieser großen Unannehmlichkeit, die fehlerhaften Platten so oft umzugießen, welches mit keinem geringen Aufwande von Metall geschah, kam noch, daß die Kreideform, wenn sie zum Gusse von 6 bis 8 Platten gedient hatte, Risse bekam, welche sie ganz untauglich machten; und so hatte ich in anderthalb Tagen, um 18 gute Platten zu erhalten, 44 Stück giesen, und dazu 5mahl die Form erneuern müssen.

Diese zu langwierige Arbeit stellte ich vorläufig ein, und suchte bei mehreren Gießern Erkundigung

einzuziehn, wie sie sich abkürzen lasse. Allein ich erhielt die wenig tröstende Antwort, daß die Platten noch zu dünn wären, um vollkommen ohne Löcher ausgegossen zu werden, welches sich in dieser Stärke bei dem gewöhnlichen Gießen in Flaschen nicht einmahl bei Platten von viel kleinem Durchmesser bewerkstelligen lasse. *)

Indefs versuchte ich, die 18 vorrätigen Platten mit gleich großen Kupferplatten, deren jede $\frac{1}{2}$ Pf. wog, und mit nassen Tuchscheiben zusammenzuschichten. Schon bei 4 Schichtungen zeigten sich schöne Funken, und als alle 18 Schichtungen übereinander lagen, entstanden bei der Verbindung mit Eisendraht schöne rothe Funken, deren einzelne Strahlen $\frac{3}{4}$ bis 1 Zoll lang waren, und mithin Rosen bis zu 2" im Durchmesser bildeten, indes die übrigen Phänomene an dieser Säule mir nicht verstärkt schienen. Von diesen vorläufigen Versuchen gab ich Hrn. Gilbert in einem Schreiben Nachricht. **)

Diese Wirkungen in Rücksicht des Funkenspiels machten, daß ich bald alle Unannehmlichkeiten beim Gießen der Platten vergaß, und ich wünschte

*) Ein hiesiger sehr geschickter Zinngießer machte sich gegen mich anheischig, noch größere Zinkplatten in dieser geringen Stärke in feiner Messingform zu verfertigen, und behauptete, daß es dabei auf gewisse Kunstgriffe im Gießen ankomme, hinter die er nach langer Uebung gekommen sey. d. H.

**) Man sehe *Annalen*, VIII, 493. S.

mir nur Zeit, um die noch fehlenden bis zu 50 Schichtungen anfertigen zu können. Meine Dienstarbeiten verhinderten mich hieran lange, und ich gerieth inzwischen auf folgende Verfahrungsart: Ich liefs aus einem starken viereckigen Messingbleche, $\frac{3}{4}$ Zoll dick, eine Kreisscheibe 8 Zoll im Durchmesser, und an der einen Seite ein Mundloch ausschneiden, (Fig. 3.) Diese Platte wurde vollkommen eben gerichtet und zwischen zwei gegossne Eisenplatten fest eingeschraubt. In diese so gestaltete Form wurden 22 Platten gegossen; jede wog ein wenig über $1\frac{1}{2}$ Pfund, und es wurden zu allen 42 Pfund erfordert.

Aus allen 40 Zinkplatten bauete ich mit eben so viel Kupfer- und Tuchplatten, die in Kochsalzlauge getränkt waren, eine Säule auf. Schon bei 3 Schichtungen stellten sich die Funken ein und nahmen mit jeder Schicht an Lebhaftigkeit zu; dagegen waren die Commotionen bis zu 12 Schichtungen gar nicht merkbar, und selbst wenn man den einen Pol mit der Zunge, den andern mit nassen Fingern berührte, empfand man blofs den sauren Geschmack ohne Schlag und ohne Lichterscheinung. Mit der vollendeten Säule wurde nun eine Reihe von Versuchen, und zwar zuerst über die Funken, angestellt, die ich in diesem Abschnitte meines Aufsatzes mittheilen will.

I. *Versuche in Rücksicht der Funken.*

Wurde ein Eisendraht, der an den untern, (Nicholson'schen,) Kupferpol befestigt war, mit dem obern Zinkpole in Berührung gebracht, so brach ein Funken in der Gestalt einer schönen Rose von dicht an einander liegenden Strahlen aus. Einige dieser Strahlen erstreckten sich auf eine Weite von $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Zoll, so, daß die ganze Rose einen Durchmesser von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll hatte; diese großen Strahlen waren an einigen Stellen gegliedert, und trugen am Ende kleine Sterne. Alle Strahlen waren in rothem Feuer, und der Punkt, von welchem sie ausgingen, war bläulich-weiß, in der Größe eines großen Nadelknopfs. Zuweilen erschienen einige der langen Strahlen mit sehr wenigen der kürzern begleitet; zuweilen die kürzern allein. Jedes Mal aber entstand in der Mitte der hell glänzende Punkt, und dieser zeigte sich vorzüglich, wenn man einen etwas starken Draht gebrauchte. Ich glaube überhaupt annehmen zu können, daß dieser hell glänzende Funken der ursprüngliche ist, die rothen Strahlen aber stets von einer stärkern oder schwächern Verbrennung kleiner Eisentheilchen herrühren. Alle diese Funken zeigten ein äußerst lebhaftes Licht, und waren am hellen Tage bis in ihre äußersten Spitzen sichtbar. Es war ganz gleich, ob man den Draht mit einem isolirenden Handgriffe anfaßte oder ihn in der freien Hand hielt. Schon bei den ersten untern Schichtungen ließen sich Funken entwickeln; sie vergrößerten sich bis zur letzten ober-

ßen, und erschienen hier erst in ihrer ganzen Schönheit.

Das Ausbrechen der Funken war mit einem solchen Geräusche begleitet, daß man es bis ins dritte Zimmer bei offenen Thüren hören konnte; es glich vollkommen dem Geräusche, welches der electriche Funken beim Ausbrechen in einem engen offenen Glase hervorbringt.

Am vorzüglichsten erscheinen die Funken, wenn man mit dem untern Eisendrahte die letzte obere Zinkplatte, (nicht die Kupferplatte,) berührte, oder wenn man den obern Pol ebenfalls mit einem eisernen Communicationsdrahte verfah, und die beiden Enden dieser Drähte vereinigte; und noch besser ist es, an das Ende des einen Drahts ein Stück Zink zu befestigen, und damit das Ende des andern Drahts zu berühren. Bei jedem Funken werden die Communicationsdrähte, durch welche er erzeugt wird, zusammengeschmolzen, und man mußte sie öfters mit solcher Kraft von einander trennen, daß dabei Drähte von der Stärke No. 0 verbogen wurden. Ein Gleiches geschah, wenn man mit dem obern Communicationsdrahte die untere Zinkplatte, oder mit dem untern die obere Kupferplatte berührte. Jedes Mahl blieb der Draht an einer dieser Platten fest sitzen. Bei der Erscheinung der großen Funken bemerkte man deutlich, daß das Ende des Drahts in eine kleine Kugel zusammengeschmolzen war, welche aus schwach oxydirtem Eisen bestand.

A. *Funken in verdünnter Luft.*

Es wurde die Veranstaltung getroffen, diese Funken unter einer Glocke zu erzeugen, die oben mit einem beweglichen Metallstabe versehen war, und auf einem gläsernen matt geschliffnen Teller, ohne Wasserbedeckung stand, so daß ich dabei alle Feuchtigkeit vermied. Ein *Zinkstab* in der Mitte des Tellers wurde mit dem unter dem Teller befindlichen Hahne, und dieser, so wie der obere Metallstab, mit den Enden der Säule in leitende Verbindung gesetzt. Ueberdies war an den obern Stab ein *Eisendraht* so befestigt, daß er bei Umdrehung dieses Stabes mit dem untern Zinkstabe in Berührung kam, wobei sich die Funken erzeugten.

Unter der mit Luft angefüllten Glocke erschienen die Funken gerade so, wie in der freien Luft.

Die Glocke wurde nun ausgepumpt, bis der Elasticitätsmesser nur noch auf 6 Linien stand. Jetzt erfolgten die Funken in viel größerer Schnelligkeit auf einander, allein die rothen Strahlen blieben gänzlich aus; sie erschienen in blauweißer Farbe, und stark glänzend; auch waren sie viel größer als in der Luft.

Es wurde darauf so viel Luft in die Glocke gelassen, daß der Elasticitätszeiger auf 1 Zoll stand: die Funken verhielten sich in Rücksicht des schnellen Aufeinanderfolgens, der Farbe und des Glanzes gerade so, wie vorher, allein man sah schon einzelne rothe Strahlen von sehr schwachem Lichte ausschießen, die aber viel länger als in der atmo-

sphärischen Luft waren. Sie erreichten nicht nur die Wände der Glocke, deren Halbmesser 2 Zoll betrug, sondern prallten von diesen über 1 Zoll weit zurück, und einige, die ihre Richtung nach der Höhe nahmen, erreichten das obere Gewölbe der Glocke bei einer Länge von $3\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll. — Es wurde so viel Luft hinzugelassen, daß der Elasticitätsmesser $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch stand: die Funken erschienen in mehrern Abänderungen einer Rose. — Bei dem Stande von $2\frac{1}{2}$ Zoll nahm die Länge der rothen Strahlen schon ab, aber das Licht derselben ward lebhafter. Bei $3\frac{1}{2}$ Zoll erschienen sie in grosser Anzahl, leuchteten stärker, und waren also deutlicher, aber ihre Länge hatte sehr abgenommen, und betrug höchstens $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll.

Diese Erscheinung scheint meine Muthmaßung zu bestätigen, daß die rothen Strahlen bloß vom Verbrennen losgerissner Eisenpartikeln herrühren, die in der sehr verdünnten Luft aus Mangel an Sauerstoff sich nicht entzünden können, in weniger verdünnter aber so viel Sauerstoff, eine schwache Verbrennung zu erleiden, und weniger Widerstand, als in der freien Luft finden, daher sie grössere Entfernungen erreichen. Mit vermehrter Dichtigkeit der Luft unter dem Recipienten vermehrt sich auch der Widerstand, den sie den Eisentheilchen leistet, und die Strahlen werden kürzer, aber ihr Leuchten stärker, weil die Verbrennung der Eisenpartikel durch die Gegenwart von mehr Sauerstoffgas begünstigt wird. — Ist die Luft unter dem

Recipienten wieder von gleicher Dichtigkeit mit der äußern, so erscheinen die rothen Strahlen in allem ihren Glanze, aber nur in der Länge von $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Zoll, oder in Rosen von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser. Der mittelfte leuchtende Punkt ist auch nicht mehr so ausgedehnt, und sie erfolgen weniger zahlreich.

Statt des Eisendrahts wurde ein *Goldblättchen* an den obern beweglichen Stab des Recipienten befestigt und die Luft bis auf 6 Linien Quecksilberstand verdünnt. Die Funken erfolgten in eben der Art, wie in der Luft, mit eben dem Glanze und der nämlichen schnellen Entwicklung.

B. *Verbrennung der Metalle in atmosphärischer Luft.*

Ich setzte nun den Recipienten bei Seite, um in freier Luft die Veränderungen zu beobachten, welche bei Anwendung verschiedener Metalle in Gestalt von Drähten oder Blättchen, die Funken und diese Metalle selbst erleiden würden. Ich verband zu dem Ende den untern Communicationsdraht der Batterie mit einem senkrecht stehenden *Zinkstabe*, und befestigte an das Ende des obern Communicationsdrahts den zum Versuche bestimmten *Draht*, oder das *Metalblättchen*, um damit den *Zinkstab* zu berühren.

Goldblättchen. Die Entwicklung der Funken war äußerst lebhaft, sowohl in Rücksicht des Glanzes als des Geräusches, und sehr anhaltend. Das

Gold wurde in einen rothbraunen Dampf zerstäubt; die Farbe des Lichts war gelblich-weiß.

Silberblättchen. Hier waren die Entwicklung der Funken und ihr Knittern noch viel lebhafter, als beim Golde; sie hatten eine schöne blafsgrüne Farbe mit rothgelben Rändern. Das Silber wurde mit einer bewundernswürdigen Schnelligkeit in grauen Dampf zerstäubt.

Zinnblättchen, wozu ein Streifen Stanniol diente. Das Ausbrechen des Feuers geschah mit einer Lebhaftigkeit, wie ich sie noch nicht bemerkt hatte. Das Zinn schmolz und verbrannte mit knisterndem Geräusche, indem es feuerrothe Strahlen von 6 Zoll Länge und darüber, nach mehreren Richtungen ausprühte, die einen blauen Dampf zurückliessen. In der Mitte dieser Strahlen erschien jedes Mahl ein schöner hellblauer Stern. Dieses Verbrennen bot ein sehr ergötzendes Schauspiel dar.

Bleidraht. Es wurde hierzu ein Bleidraht gezogen von der Stärke des Eisendrahts No. 1. Er schmolz bei der Berührung des Zinkstabes und verbrannte mit einer violetten Schwefelflamme, und sprühte rothe Funken umher, obgleich in viel geringerer Menge, weniger lebhaft und kleiner als der Zinnstreifen. Das Geräusch beim Ausbrechen der Funken war jedoch ziemlich lebhaft, auch erzeugte sich ein grauer Dampf.

Kupferdraht. Der Funken war bläulich-weiß, nicht so groß, wie bei den vorigen Versuchen, und

es erschienen nur sehr wenige, feine und kürzere rothe Strahlen von schwachem Lichte.

Zink. Hierzu wurde ein sehr fein zugespitzter Stab gebraucht; es entstand nur ein einfacher Funken von bläulich-weißer Farbe, in der Gröfse eines Stecknadelknopfs.

Eisendraht. Dieser bewirkte die schon oben unter A beschriebenen Funkenrosen.

Spiesglanz. Hierzu wurden einige von einem reinen Könige abgeschlagene Blättchen benutzt. Die Funken und die Verbrennung, welche sie zuwege brachten, hatten viel Aehnliches mit denen vom Zinne; die Feuerstrahlen waren von einer mehr gelben Farbe, aber weniger ausgedehnt, und es entwickelte sich ein starker weißer Dampf.

Wismuth in abgeschlagenen Splittern. Die Funken kamen in Rücksicht der Strahlen und der Farbe mit denen beim Bleie überein; der Wismuth schmolz, verbrannte und sprühte einige rothe Funken mit Entwicklung von Dampf.

Arsenik in Blättchen eines sublimirten Königs. Die Funken waren bläulich-weiß und entwickelten einen starken weißen Dampf.

Bei allen diesen Versuchen wurde der untere Zinkstab ganz schwarz, und jeder Funken hinterließ einen schwarzen Fleck.

Molybdän. Ein dünnes Blättchen Molybdän von einer Stufe vom Altenberger Stockwerke in Sachsen entwickelte nur äußerst kleine starkrothe Funken und nur sehr sparsam. Das Blättchen wur-

de, wie die Fragmente der andern Metalle in den vorigen Versuchen, zugleich mit dem eisernen Communicationsdrahte der obern Seite zwischen den Fingern festgehalten, und so mit dem untern Zinkstabe in Berührung gebracht. Bei diesem abwechselnden Berühren, wo die kleinen Funken, wie gesagt, nur selten erschienen, bemerkte man eine solche Erhitzung in dem kleinen Blättchen, daß man es nicht länger halten konnte. Diese neue Erscheinung wurde mit gleichem Erfolge mehrere Mal wiederholt. Ich versuchte, ob auch einer von den Drähten, die so lebhaft Verbrennung erlitten, nahe an ihrem Ende gehalten, eine Erhitzung zu erkennen gebe, konnte dieses aber bei wiederholtem Funkengeben nicht bemerken. Hierauf wurde das Blättchen Molybdän auf den untern Zinkstab gelegt, und das Ende des obern Communicationsdrahts darüber mit der Kugel eines kleinen Quecksilberthermometers festgehalten. Im Augenblicke erhob sich der Stand des Thermometers um 35 Grad, indem es von 15 bis 50 Grad kam. Diese Erscheinung der *Wärmeentwicklung*, welche ich unter noch mehrern Abänderungen verfolgt habe, werde ich in der Folge dieser Nachrichten näher beschreiben.

Die vorigen Versuche mit den verschiedenen Metallen wurden nochmahls wiederholt, nur mit dem Unterschiede, daß an den untern Communicationsdraht an der Stelle des Zinkstabes ein Kup-

ferstab befestigt wurde. Die Resultate waren folgende:

Goldblättchen. Die Erzeugung der Funken, so wie ihre Wirkung auf das Gold, war ganz wie bei dem ersten Versuche.

Silberblättchen. Die Funken waren von gleicher Lebhaftigkeit, als vorher am Zinkstabe; allein ihre Farbe war völlig grün und zeigte sich in einem sehr angenehmen Glanze. Das Silber wurde übrigens mit den vorhin angeführten Erscheinungen in Dampf zerstäubt.

Eisendraht. Dieser gab die schon oben beschriebenen leuchtenden Rosen, allein von viel schwächerem Lichte und weniger ausgedehnt, da sie nur 2 bis $2\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser hatten. Der leuchtende Stern in der Mitte blieb in den meisten Fällen aus, und wenn er erschien, war er äusserst klein.

Zinn. Ein *Streifen Stanniol* gab die nämliche Erscheinung, wie im vorhergehenden Falle, ausser dass die ausgeworfenen Strahlen viel kürzer und minder glänzend erschienen. Eben so verhält sich der *Bleidraht*, der zwar in Rücksicht der Farbe der Funken die nämlichen Erscheinungen darbot, aber weder an Grösse der Funken noch an Stärke des Lichts, den zwischen Bleidraht und Zink entstehenden Funken gleich kam. Auch *Wismuth* und *Spiesglanz* lieferten die vorhin bemerkten Erscheinungen, aber allezeit schwächer. — Die Funken, welche der *Arsenik* hervorbrachte, waren mehr

grünlich, als im vorhergehenden Falle, aber auch schwächer, und es entwickelte sich der weisse Arsenikdampf. — *Zink* und *Kupfer* brachten nur kleine Funken hervor, bei den erstern von bläulicher, bei den andern von grünlicher Farbe. Zuweilen entstanden sehr feine und kurze schwach leuchtende rothe Strahlen. — Das *Molybdän* zeigte die nämliche Erhitzung als zuvor, die Erzeugung der kleinen rothen Funken war indess noch weit feltner.

C. Erzeugung der Funken in Sauerstoffgas.

Eisendrähte. Schon einige französische Chemisten haben bemerkt, daß sich Eisendrähte im Sauerstoffgas, und zwar schon bei 8 Schichtungen von achtzölligen Platten, entzünden lassen, (*Annalen*, VIII, 370.) Daß ich bei den vorigen Versuchen mit Eisendraht, bei sehr lebhaften Funken, jedes Mal am Ende des Eisendrahts ein angeschmolzenes Kügelchen entdeckt hatte, liefs mich hoffen, daß wirklich diese Entzündung im Sauerstoffgas nicht ausbleiben würde, und der Erfolg entsprach meiner Erwartung vollkommen.

Der untere Communicationsdraht wurde in eine Flasche, die mit Sauerstoffgas gefüllt war, eingehängt, der zweite, obere, Communicationsdraht ebenfalls in die Flasche, und beider Spitzen mit einander in Berührung gebracht. Sogleich entzündeten sich die Drähte und verbrannten. Bei diesen Versuchen, wo *zwei Eisendrähte* angewendet wur-

den, blieb doch bei öfterer Wiederholung, selbst bei lebhaften Funken, die Entzündung aus, und war mühsamer zu bewerkstelligen, als wenn man an einen der Communicationsdrähte, z. B. an den untern, ein Stück *Zink* in der mit Sauerstoffgas gefüllten Flasche befestigte, und dieses mit dem zweiten Eisen - Communicationsdrahte berührte. Unter diesen Umständen konnte ich in einer kleinen Flasche, die noch nicht 2 Kubikzoll Sauerstoffgas faßte, mehrere Mal hinter einander Stücke Eisendraht entzünden. Das Ende des Drahts mußte jedoch immer sehr zugespitzt seyn.

Bei den *Gold-* und *Silberblättchen* verursachte die Gegenwart des Sauerstoffgas keine Veränderung, weder in der Größe und Lebhaftigkeit, noch in der Farbe und Helligkeit der Funken. — Ein *Zinnstreifen* brannte darin mit vieler Heftigkeit, und die ausgeworfenen Strahlen waren viel lebhafter, mit einem starken Geräusche begleitet und in größerer Anzahl als in gewöhnlicher atmosphärischer Luft.

Der *Bleidraht* verhielt sich eben so; er verbrannte mit viel stärkerm Glanze und schönen ausfahrenden Strahlen. Bei beiden Drähten war die Verbrennung doch nur in so fern fortdauernd, als man sie beständig mit dem Drahte des entgegengesetzten Pols in Berührung hielt, welches der leichten Schmelzbarkeit dieser Metalle wegen zu erwarten war.

Diese Entzündungen, welche sich in ganz geschlossenen Gefäßen vornehmen lassen, können vortrefflich benutzt werden, um ganz reine Versuche über die Verbrennung der Metalle anzustellen. Man bedarf hier keiner fremden Körper zur Entzündung, und ist im Stande, die genaueste Rechenschaft von den Gewichtsveränderungen zu geben.

Ich werde das Verhalten noch mehrerer Metalle im Sauerstoffgas und in andern Gasarten im folgenden Abschnitte dieses Zusammentrags meiner Versuche liefern.