

*Ueber elektrische Figuren und Bilder;
von Peter Riefs.*

(Auszug aus den Abhandlungen der Academie der Wissenschaften
für 1846, physikalische Klasse, S. 1—50.)

1. Elektrische Staubfiguren.

Die Paragraphen 1 bis 4 geben, in kritischer Uebersicht, die Erfindung dieser Figuren durch Lichtenberg, die Färbung derselben durch Villsarsy, und die sie betreffenden Untersuchungen von Cavallo, Singer, Kortüm, de Luc, Troostwyck, Krayenhoff und Ekmarck.

§. 5.

Aus allen vorgetragenen Erfahrungen, hauptsächlich aber aus den Veränderungen, welche die Figuren je nach der elektrischen Beschaffenheit der angewandten Pulver erfahren, geht deutlich hervor, daß Elektrizität auf der Oberfläche der isolirenden Platte haftet, und daß diese auf dargebotene leichte Körper elektroskopisch, anziehend und abstoßend wirkt. Die Anwesenheit dieser Elektrizität läßt sich außerdem noch durch einen leichten Versuch zeigen, in welchem man das Erscheinen der Figuren durch eben das Mittel verhindert, welches eine elektrisirte Fläche unelektrisch macht.

Versuch 1. Ein quadratisches Kupferblech, $\frac{5}{4}$ Linie dick, von $1\frac{3}{4}$ Zoll Seite, wurde auf beiden Flächen mit schwarzem Pech in der Dicke einer starken Pappe bedeckt, und normal zwischen zwei Spitzen geklemmt, von welchen die eine isolirt, die andere zur Erde abgeleitet war. Nachdem die isolirte Spitze von einer positiv geladenen Leydener Flasche einen Funken erhalten hatte, wurde die Platte auf beiden Flächen mit einem Gemenge von Schwefelblu-

men und Mennige bestäubt; auf der Vorderseite derselben (die von der isolirten Spitze berührt worden war) entstand eine regelmässige gelbe Sonne mit kurzen Strahlen, auf der Rückseite eine vollkommene rothe Scheibe. Derselbe Versuch wurde an einer andern Platte wiederholt, vor dem Bestäuben aber die Vorderseite derselben eine Secunde lang über eine Spiritusflamme geführt, ohne sie merklich zu erwärmen. Beim Bestäuben erschien die rothe Scheibe vollkommen, von der Sonne aber keine Spur. In einem andern Versuche wurde die Rückseite der Platte über die Flamme gebracht; danach blieb die Scheibe aus, während die Sonne wie früher erschien. Endlich liefs ich beide Flächen von der Flamme bestreichen, und nun wurden sie so gleichmässig von dem Pulver bestäubt, als ob sie keiner Elektrizität ausgesetzt gewesen wären.

§. 6.

Zur Bildung der Staubfiguren ist es also nöthig, dafs die Elektrizität, welche sie erzeugt, noch auf der Platte vorhanden sey, wenn der Staub aufgebracht wird. Die Anordnung des Staubes, so complicirt sie erscheinen mag, wird leicht aus bekannten elektrischen Gesetzen erklärt. Bestäubte Züge entstehen durch unelektrischen Staub, wie durch solchen, der eine der Figur entgegengesetzte Elektrizität besitzt, unbestäubte Züge durch Staub, der mit der Figur gleichartig elektrisch ist. Unbestäubt bleiben daher die Figuren, wenn die Platte erst bestäubt und dann elektrisirt wird; überall aber bleiben solche Stellen der Platte staubfrei, die unelektrisch sind und den Figuren nahe liegen, weil an diesen der vorhandene Staub angezogen oder fortgestofsen wird. Eine unzweideutige Staubfigur ist daher nur die bestäubte, und man hat sich zu ihrer Darstellung stets eines Gemenges von zwei Pulvern zu bedienen, die bei der Beutelung entgegengesetzt elektrisch werden; das eine Pulver bildet dann den Grund, auf dem das andere die Figur darstellt. Aber diese Hauptzeichnungen sind stets von secundären Zeichnungen begleitet, die in vielen Fällen so ausgedehnt sind, dafs sie jene verwirren. Auch

diese sind leicht erklärlich. Wie auf einem Glasstabe, dem man an einer Stelle eine Elektrizitätsart mitgetheilt hat, sich dicht neben jener Stelle keine Elektrizität und weiterhin die entgegengesetzte Elektrizitätsart vorfindet, so umgiebt sich jede Staubfigur an ihrer Begränzung mit einer unelektrischen Zone, der eine entgegengesetzt elektrische Zone folgt. Zwischen den gelben Strahlen der positiven Figur treten auf unbestäubtem Grunde rothe Strahlen auf, und um die rothe Scheibe der negativen Figur zieht sich ein breiter unbestäubter Gürtel, der von einem oft sehr scharfen gelben Ringe eingefasst wird. Wo diese, offenbar durch Influenz hervorgerufenen, Zeichnungen nur an der äußern Begränzung der Figur erscheinen, sind sie leicht von der ursprünglichen Figur zu trennen; schwerer ist dies, wenn sie innerhalb derselben erzeugt werden. Letzteres ist der Fall, wenn man den Leiter, durch welchen Elektrizität auf die isolirende Platte gebracht wird, vor dem Abheben entladet oder die Elektrisirung durch Spitzen bewirkt, die von der Platte entfernt sind. Diese inneren Figuren sind leicht zu vermeiden; was die äußeren betrifft, so werde ich im Folgenden auf sie keine Rücksicht nehmen, und die Angabe der Form, Farbe und Ausdehnung nur auf die Hauptfigur beziehen.

§. 7.

Ich bediente mich zur Darstellung der Staubfiguren der §. 5 beschriebenen Kupferbleche, die theils auf einer Fläche (einfache Pechplatte), theils auf beiden Flächen (doppelte Pechplatte) mit einer dünnen Lage schwarzen Pechs bekleidet waren. Nach jedem Versuche wurde die Pechfläche sorgsam abgefegt und durch Erhitzen wieder spiegelnd hergestellt, und erst, nachdem sie zu vielen Versuchen gedient hatte, durch eine neue ersetzt. Nur wenn im Allgemeinen das Daseyn einer Figur zu zeigen war, habe ich zum Bestäuben der Platte ein einfaches Pulver angewendet. Gepülvertes Colophon, durch Leinwand gebeutelt, wird stark negativ und bestäubt nur positive Figuren; *Semen lycopodii* wird schwach positiv, bestäubt beide Arten von Figuren

und ist daher besonders geschickt, die verwickelten Zeichnungen einer Figur darzustellen, doch wird es darin vom Tabacksrauche noch übertroffen, der überhaupt das bequemste und schärfste Mittel abgiebt, die Figuren darzustellen. Schon Kortüm hat den Rauch von brennendem Papier zu gleichem Zwecke vorgeschlagen. Kommt es darauf an, eine Figur in ihrer Zusammensetzung deutlich zu erkennen, so hat man stets ein Gemenge von zwei entgegengesetzt elektrischen Pulvern zu gebrauchen. Zinnober und *Semen lycopodii* geben ein brauchbares Gemenge, wodurch die positiven Figuren roth, die negativen gelb gefärbt werden; doch steht es in Bezug auf scharfe Trennung dem bekannten Gemenge von Schwefelblumen und Mennige nach, das ich fast ausschliesslich angewendet habe. Hierdurch erscheinen positiv elektrische Stellen der Platte gelb, negative roth. Da die Mennige leichter durchbeutelt als der Schwefel, so muß man die Platten ziemlich dick bestäuben und das überflüssige Pulver entfernen. Geschieht dies durch Klopfen, so tritt eine Erscheinung ein, die leicht zu einem falschen Schlusse verleiten kann. Als ich eine dünne einfache Pechplatte von dem überflüssigen Staube befreite, indem ich mit einem dünnen Holzstabe auf die Rückseite derselben klopfte, wurden auf der Pechfläche, außer den elektrischen Figuren, sehr zierliche von Staub entblößte Sterne sichtbar, die in der Form den einfachen positiv elektrischen Figuren glichen. Diese Sterne haben keinen elektrischen Ursprung. Das auf dünnen Blechen geschmolzene Pech erkaltet schnell, bleibt in einem Zustande der Spannung und hat dadurch, wie *Unverdorben* gezeigt hat ¹⁾, die Eigenschaft, von einer verletzten Stelle aus radial aufzureißen. Hat daher ein Schlag die Pechfläche an einem Punkte von dem Bleche gelöst, so verbreitet sich der Sprung sternförmig, und die dadurch hervorbrachte Erschütterung schleudert den auf der freien Fläche haftenden Staub sternförmig ab, häufig ohne diese Fläche im geringsten zu verletzen. Diese Erklärung ergab sich

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 13, S. 411.

dadurch als die richtige, dafs ich auf dickeren Pechplatten, deren Kupferblech $\frac{1}{2}$ Linie dick war, auch durch einen heftigen Schlag keine Sterne erhielt. Hier hatte das Pech bei langsamerem Erkalten Zeit gehabt sich zusammenzuziehen und eine festere Textur anzunehmen.

§. 8.

Das Merkwürdige und Räthselhafte der Staubfiguren besteht in der verschiedenen Gestaltung, die sie je nach der sie bildenden Elektrizitätsart besitzen. Die positive Figur ist mit Zacken oder Strahlen begränzt, die negative rundet sich stets nach aufsen ab, und dieser leicht falsche Unterschied erhält sich bei allen Verwickelungen und Verzerrungen der Figuren. Aber aufser durch die Form sind die Figuren durch ihre Ausdehnung unterschieden, und zwar in so bedeutendem Grade, dafs bei gleicher erzeugenden Elektrizitätsmenge das Auge leicht an der Gröfse unterscheidet, welche Figur der einen und der anderen Elektrizitätsart zugehört. Die positive Figur nimmt stets auf der isolirenden Platte einen viel gröfsern Raum ein, als die negative; das Verhältnifs der beiden Flächenräume ist schwer genau zu bestimmen, da diese Räume mit der Elektrizitätsmenge und mit der Stellung des elektrisirten Körpers gegen die Platte bedeutend variiren.

Versuch 2. Das Kupferblech einer einfachen Pechplatte erhielt eine vollkommene Ableitung; normal gegen die Pechfläche und sie so eben berührend wurde eine isolirte Metallspitze gerichtet. Der Knopf einer Leydener Flasche von $\frac{1}{2}$ Quadratfuß Belegung, die mit einer bestimmten Menge positiver Elektrizität geladen war, wurde an die Spitze angelegt, diese sodann isolirt entfernt. Die Bestäubung gab eine vollkommen kreisrunde Sonne mit dichten Strahlen; der Durchmesser derselben in drei Versuchen wurde gefunden 15,2 16,5 16,5 im Mittel 16,1 Millimeter.

Derselbe Versuch wurde ausgeführt mit einer genau zu dem frühern Grade negativ geladenen Flasche. Es entstand eine vollkommen kreisrunde volle rothe Scheibe, deren Durchmesser in drei Versuchen gefunden wurde 5,8 5,7

6,0 im Mittel 5,8 Millimeter. Die Durchmesser der unter möglichst gleichen Umständen erzeugten negativen und positiven Figur verhielten sich also wie 1 zu 2,77 oder die von ihnen eingenommenen Flächenräume wie 1 zu 7,67. Dießes Verhältniß läßt sich durch Versuche controliren, in welchen die verschiedenen Figuren gleichzeitig erzeugt werden.

§. 9.

Versuch 3. Von zwei einander gegenüberliegenden Spitzen wurde die eine Spitze isolirt, die andere zur Erde abgeleitet, und zwischen beide, normal gegen dieselben und sie so eben berührend, eine doppelte Pechplatte gestellt. Die isolirte Spitze erhielt von einer mit negativer Elektrizität zu einem beliebigen Grade gelegenen Flasche einen Funken und wurde dann isolirt von der Pechfläche entfernt. Durch Bestäubung entstand auf der Vorderseite der Platte die rothe negative Scheibe, auf der Rückseite die gelbe positive Sonne. Vier Versuche gaben folgende Maafse:

Durchmesser		Verhältniß
der negativen	der positiven Figur.	
4,5 Mm.	10,0	2,2
4,5	9,4	2,1
3,4	7,5	2,2
4,7	10,1	2,1

Im Mittel betrug das Verhältniß des Durchmessers der positiven Figur zu dem der negativen 2,15, war also kleiner als das §. 8 gefundene. Dießes rührt davon her, daß hier die negative Figur augenscheinlich durch eine größere Elektrizitätsmenge gebildet war, als die positive. Das Entgegengesetzte findet in dem folgenden Versuche statt.

Versuch 4. Auf der im dritten Versuche gebrauchten Pechplatte wurden beide Figuren gleichzeitig gebildet, indem der isolirten Spitze direct positive Elektrizität mitgetheilt wurde.

Durchmesser		Verhältniſſe
der negativen	der positiven Figur.	
4,0 Mn.	13,4	3,3
3,0	10,3	3,4
3,8	13,0	3,4
3,4	10,7	3,2.

Das Verhältniſſe der Durchmesser betrug im Mittel 3,34. Eine leichte Betrachtung zeigt, daſſ das Product der beiden gefundenen Verhältniſſe das Verhältniſſe der Flächenräume angeht, welche die Figuren bei gleicher Elektrizitätsmenge einnehmen würden. Es ſey bei Einheit der Elektrizitätsmenge der Flächenraum der positiven Figuren = p , der der negativen = n , und dieſer Raum verändere ſich proportional einer beliebigen Potenz x der Elektrizitätsmenge. Bezeichnet ferner m das durch die Dicke der Pechplatte beſtimmte Verhältniſſe der beiden gleichzeitig vorhandenen Elektrizitätsmengen, ſo hat man

nach dem 3. Vers. $\frac{pm^x}{n} = (2,15)^2$, und nach dem 4. Vers. $\frac{p}{m^x n} = (3,34)^2$,

und hieraus

$$\frac{p}{n} = 2,15 \times 3,34 = 7,18.$$

Bei gleicher Elektrizitätsmenge, und unter gleichen Umständen erzeugt, verbreitet ſich die positive Figur über eine ſieben Mal gröſſere Fläche, als die negative.

§. 10.

Um die verſchiedene Form der Staubfiguren einigermaßen erklärlich zu machen, hat man früher zu eigens dazu erfundenen Vorſtellungen und willkürlichen Voraussetzungen ſeine Zuflucht genommen. De Luc ſah in der negativen Figur ein Fortrücken der eigenen Elektrizität der isolirenden Platte, in der positiven die Verbreitung der auf die Platte gebrachten fremden Elektrizität. Die Anhänger der Franklin'schen Theorie erkannten in der negativen Figur das Beſtreben einer elektrizitätsleeren Stelle, ſich zu füllen, in der positiven das Ueberlaufen einer mit Elektrizität überfüllten Stelle. Die Vergleichung mit dem Spitzen-

lichte lag zu nahe, als das man nicht durch sie eine scheinbare Erläuterung der Figuren hätte versuchen sollen. Die positive Figur sollte eine Projection des Lichtbüschels, die negative eine des Lichtsterns sein. So wenig mit dieser Analogie gewonnen wäre, so hält sie nicht einmal Stich. Bekanntlich ist auch mit negativer Elektricität leicht ein Büschel zu erhalten, während dieselbe niemals eine in Strahlen ausgehende Figur bildet. Tremery glaubte den Lullin'schen Versuch und die Staubfiguren durch die Annahme zu erklären, das die Luft bei gewöhnlichem Drucke die positive Elektricität leichter leite als die negative; aber Biot hat durch genaue Versuche gezeigt, das die Leitung durch die Luft für beide Elektricitäten gleich ist. Sollte man annehmen wollen, das die isolirende Platte selbst für jede Elektricitätsart ein verschiedenes Leitungsvermögen besitze, so wird in dem folgenden Abschnitte diese Annahme widerlegt werden. Nach diesen ungenügenden Erklärungen blieb nichts übrig, als auf jede Erklärung verzichtend, die Staubfiguren zu Eigenschaften der beiden Elektricitätsarten zu machen, der positiven Elektricität die Eigenheit zu geben, strahlenförmige, der negativen, scheibenförmige Staubfiguren zu bilden. Dies ist denn auch in neuester Zeit geschehen. Ich werde am Schlusse der Abhandlung auf diesen Gegenstand zurückkommen.

II. Elektrische Staubbilder.

§. 11.

Die Beschreibung dieser Bilder ist in Saxtorph's Elektricitätslehre (Kopenhagen 1803), deutlicher und belchrender aber von Masson in den *Comptes rendus de l'Academie de France* 1843 gegeben worden.

§. 12.

Zur Darstellung der Staubbilder gebrauchte ich möglichst einfache Modelle, drei runde Messingstempel und ein ovales Messingpetschaft. In der Mitte der am häufigsten gebrauchten Stempel befand sich erhaben der Buchstabe T oder F, dessen Verticaltheil $3\frac{1}{2}$ Linien hoch, 1 Linie breit war; er wurde von einem schmalen erhabenen Ringe

von $7\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser umgeben. Ich werde überall, wo von einem Bilde ohne nähere Bestimmung die Rede ist, jenes auf die erhabenen Theile des Modells beziehen, die bei einem Stempel den Buchstaben, bei dem Petschaft den Grund darstellen.

Versuch 5. Das Blech einer einfachen Pechplatte erhielt eine gute Ableitung; auf die Pechfläche wurde ein Stempel mit dem Buchstaben F gestellt, der mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine verbunden war. An dem Stiele des Stempels war eine Spitze von 1 Zoll Länge angebracht, und, eine Linie von dieser entfernt, ein Metallstück mit guter Ableitung, zu dem die positive Elektricität der Maschine in Funkenform überging. Nach Einer Umdrehung der Elektrisirscheibe gab die Bestäubung der Pechfläche ein rothes Bild der Stempelfläche, das von einem breiten Strahlenkranze umgeben war. Nach zehn Umdrehungen zeigte sich ein deutliches rothes Bild des Buchstaben, während der Grund durch krause gelbe Staubfiguren ausgefüllt war. Die Vorrichtung, in welcher die Funken übergingen, wurde stärker befestigt und die Funkenlänge zu $\frac{1}{2}$ Linie verringert. Nachdem 20 bis 40 Funken übergangen waren, erschien ein Bild des Stempels durch die Bestäubung; Buchstabe und Ring waren roth oder unbestäubt auf gelbem Grunde, während die Fläche des Stempels von dem gelben Strahlenkranze eingefasst blieb. Bei einigen folgenden Versuchen erschien das Bild zweimal gelb, einmal der Balken des Buchstaben gelb, der Stamm roth. Da diese Art der Erzeugung des Bildes sich unsicher erwies, so ging ich zu der folgenden über.

Versuch 6. Eine Leydener Flasche von $\frac{1}{2}$ Quadratfuß Belegung wurde zu einem bestimmten Grade geladen. Hierzu diente ein isolirter Metallteller, auf den die Flasche gestellt und der mit einer Kugel versehen war, welcher in 3 Linien Entfernung eine vollkommen abgeleitete Metallkugel gegenüber stand. Nach der Anzahl der hier übergangenen Funken wurde die Ladung der Flasche beurtheilt. Der T-Stempel wurde auf eine einfache Pechplatte gestellt,

und nachdem er elektrisirt war, isolirt abgehoben. Die Flasche wurde mit 25 Funken positiv geladen, ihr Knopf an den Stempel angelegt und sogleich wieder entfernt. Hierdurch war auf der Pechplatte ein vollkommenes Bild entstanden. T und Ring erschienen wenig und roth bestäubt, von gelben Linien eingefasst, der Zwischenraum mit krausen gelben Staubfiguren dicht ausgefüllt, ein breiter gelber Strahlenkranz umgab das Bild. Alle Wiederholungen des Versuchs gaben dasselbe Resultat, wenn die Pechfläche kurz zuvor durch Erhitzen erneut worden war. Wenn der Stempel nach dem Elektrisiren entladen und dann erst abgehoben wurde, so war das Staubbild merklich verändert, Buchstabe und Ring waren nicht mehr scharf begränzt, der Strahlenkranz trat nicht unmittelbar an den Ring, sondern war durch einen eingerissenen rothen Gürtel von demselben getrennt.

Versuch 7. Der vorige Versuch wurde mit einer Flasche wiederholt, die mit 25 Funken negativ geladen war. Bei isolirter Abhebung des Stempels war Buchstabe und Ring wenig bestäubt und gelb, der Grund roth. Als der Stempel vor dem Abheben entladen war, erschien T und Ring gelb, mit rothen Linien eingefasst, der Raum zwischen beiden gleichfalls gelb; in einem andern Versuche mit rothen und gelben Zeichnungen ausgefüllt.

§. 13.

Aus den Versuchen des vorigen Paragraphs geht deutlich hervor, das die Staubbilder durch Influenzelektricität erster Art erzeugt werden, das daher bei Anwendung der positiven Elektricität das Bild negativ, bei Anwendung der negativen positiv elektrisch ist. Aber bei der beschriebenen Art den Versuch anzustellen, konnte nicht vermieden werden, das auch die angewandte Elektricität auf die Pechfläche überging und daselbst Staubfiguren erzeugte. Man überzeugt sich leicht durch den Anblick, das der gelbe Grund im sechsten, der rothe im siebenten Versuche aus feinen Staubfiguren zusammengesetzt, und der das Bild umgebende Strahlenkranz eine grose positive Staubfigur ist.

Daher denn auch die bedeutende Aenderung des Bildes durch nicht isolirtes Abheben des Stempels. Die Staubfiguren entstehen unabhängig vom Staubbilde, sie verwischen häufig die Umrisse desselben, treten in dasselbe hinein oder verdecken es gänzlich. Um das Staubbild sicher und rein zu erhalten, muß man die Bildung der Staubfiguren vermeiden, was ich durch mehrere Methoden erreicht habe.

Versuch 8. An eine Leydener Flasche wurde statt des Knopfes eine Messingkugel von 4 Zoll Durchmesser angesetzt, die Flasche selbst, nachdem sie mit 30 Funken (Versuch 6) positiv geladen war, horizontal auf einem Gestelle befestigt. Unter der Kugel, ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll von ihr entfernt, befand sich der Stiel des T-Stempels, der auf einer einfachen gut abgeleiteten Pechplatte stand. An dem Stempel war eine feine Nadel horizontal befestigt. Der Zweck dieser Vorrichtung ist deutlich. Der Stempel wurde durch die Kugel durch Influenz so elektrisirt, daß die an Pech anliegende Stempelfläche positiv elektrisch war; eine zu starke Elektrisirung wurde durch die Nadel verhindert. Nachdem die Pechfläche 21 Minuten der elektrischen Wirkung ausgesetzt war, wurde sie abgenommen und bestäubt. T und Ring erschienen sehr scharf und roth, außerdem waren einige unregelmäßige gelbe Flecke, von einer Staubfigur aber keine Spur sichtbar. Dieser Versuch gab bei Wiederholung stets gute Bilder, aber bei einer länger dauernden elektrischen Einwirkung eine größere Anzahl der erwähnten gelben Flecke.

Versuch 9. Unter eine alte trockene Säule, an der jeder Pol bei Ableitung des andern Pols ein Goldblattelektroskop mit zolllangen Blättern etwa 60° divergiren machte, wurde eine einfache Pechplatte mit darauf gestelltem Stempel gebracht. Der positive Pol der Säule wurde mit dem Stempel verbunden, vom negativen ein Draht in eine Spiritusflamme geführt. Nach $5\frac{1}{2}$ Stunden wurde die Platte bestäubt und zeigte ein äußerst scharfes rothes Bild auf einem mit gelben Flecken bedeckten Grunde. Es war gleich-

gültig, ob der Stempel isolirt oder nicht von der Pechplatte abgehoben war. Statt den nicht benutzten Pol der Säule mit einer Flamme zu verbinden, kann man ihn auch zur Erde ableiten, und erhält so, obgleich erst nach einer längern Zeit, gleich vollkommene Bilder.

Versuch 10. Eine Pechplatte mit Stempel, während 16 Stunden dem negativen Pole der Säule ausgesetzt, deren positiver Pol zur Erde abgeleitet war, erhielt ein vollkommenes gelbes Staubbild; in dem Grunde war keine Spur einer Staubfigur, dagegen eine Anzahl rother Flecke sichtbar.

Ein Petschaft mit einem Buchstaben wurde $46\frac{3}{4}$ Stunden dem negativen Pole der Säule ausgesetzt; es erschien ein vollkommenes gelbes Bild, Buchstabe und Ring roth; außerhalb der Bildfläche waren rothe Flecke merklich.

Ein Petschaft mit sechs Buchstaben war $25\frac{1}{2}$ Stunden mit dem positiven Pole der Säule verbunden gewesen; die Pechfläche zeigte ein rothes Bild, in dem die Schrift, unbestäubt, vollkommen lesbar erschien.

Mit der trocknen Säule erhält man, wenn die gehörige Zeit der Einwirkung innegehalten wird, vollkommene Staubbilder, und zwar ohne Ausnahme in der Farbe, die der angewandten Elektrizitätsart entgegengesetzten Art zugehört. Hier zeigt sich der wesentliche Nutzen des Pulvergemenges; stellt man die Staubbilder mit *Semen lycopodii* dar, so ist durchaus nicht zu unterscheiden, durch welche Elektrizitätsart sie hervorgebracht worden sind.

§. 14.

Die Farbe der unregelmäßigen Flecke in den Staubbildern zeigt, dafs sie von Elektrizität herrühren, die von dem angewandten Pole auf die Pechplatte an Stellen übergegangen ist, die ihr ein leichtes Einströmen erlaubte. Sie zu vermeiden, hat man nur jener Elektrizität einen noch leichteren Uebergang zu einer leitenden Umgebung zu bereiten, wie es geschieht, wenn man die Staubbilder in verdünnter Luft erzeugt.

Versuch 11. Ein hohler mit Metallfassungen geschlossener Glascylinder, in dem ein Stempel auf eine Pechplatte

gestellt war, wurde auf eine Luftpumpe geschraubt, und die Luft in demselben bis 3 Linien Barometerhöhe verdünnt. Eine Leydener Flasche, mit 25 Funken positiver Elektrizität geladen, wurde einige Secunden lang an die obere Fassung des Cylinders gehalten, die mit dem Stempel durch einen Draht verbunden war. Die Bestäubung der Pechplatte gab ein vollkommenes rothes Bild auf einem ganz gleichmäfsig bestäubten Grunde. Derselbe Versuch mit negativer Ladung der Flasche lieferte ein vollkommenes gelbes Bild.

In dieser Weise erhält man also ganz tadelfreie Bilder und zwar sehr sicher; nur wenn die Pechfläche nicht eben war oder unreine Stellen enthielt, habe ich durch diese Methode Bilder mißrathen sehen.

Versuch 12. Die Glasbüchse wurde bis 4 Linien Druck von Luft entleert, die obere Fassung derselben (die mit dem Stempel verbunden war, der in der Büchse stand) mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbunden, und letztere 10- bis 20mal umgedreht. Häufig entstanden hierbei vollkommene tadelfreie Bilder, zuweilen keine oder anormale. Dann waren entweder nur die Ränder des Stempels abgebildet, oder es erschienen zwar die Bilder normal gefärbt, aber mit anders gefärbten Rändern. Einigemal erschienen die Bilder anormal gefärbt, das positive Bild gelb, das negative roth, oder auch ein unbestäubtes Bild auf einem Grunde, der die Farbe der angewandten Elektrizitätsart hatte. In diesen Fällen war die angewandte Elektrizität auf die Pechplatte übergegangen, ohne die Schärfe der Bilder zu stören.

§. 15.

Die Staubbilder sind unter allen elektrischen Zeichnungen die einfachsten, und ihre Erklärung unterliegt keiner Schwierigkeit. Ein Stempel, der, mit einer Elektrizitätsart geladen, auf eine isolirende Platte gestellt ist, erregt an der Oberfläche derselben durch Influenz die entgegengesetzte Elektrizität, und zwar am stärksten da, wo er der Oberfläche am nächsten ist, unter den erhabenen Stellen, und

wo er selbst am stärksten elektrisch ist, an den Rändern dieser Stellen. Unter den vertieften Stellen des Stempels wird die schon an sich schwächere Influenzelektricität aufgehoben durch fortdauernden Uebergang der eigenen Elektricität des Stempels. So entstehen die vollkommensten Bilder (Versuch 11) mit Anwendung der Leydener Flasche im luftverdünnten Raume, wo der Uebergang der Elektricität an den Rändern erleichtert und zugleich die Stärke der Elektrisirung beschränkt ist. Wird durch zugelassene Luft der Uebergang der Elektricität erschwert, so entstehen, wenn die Elektrisirung des Stempels gering ist und längere Zeit hindurch erhalten wird, gute Bilder auf fleckigen Grunde (Versuch 8 bis 10); wenn aber jene Elektrisirung plötzlich und heftig eintritt, Bilder und Staubfiguren zusammen (Versuch 6 und 7). Alle diese Bilder sind durch Influenzelektricität erzeugt, weil, wie schon der Elektrophor zeigt, zwischen zwei ebenen Platten von sehr verschiedenem Leitungsvermögen Elektricität schwer übergeht. Dieser Uebergang kann indess bei den Stempeln auf der Pechplatte erzwungen werden, wenn die Elektrisirung der ersten, durch Verbindung mit dem Conductor einer sehr wirksamen Elektrisirmaschine, in häufig wiederkehrenden Stößen geschieht. Dann entstehen zuweilen (Versuch 5 und 12) die Bilder in der Farbe, die der Elektricität des Stempels zugehört, oder auch, wenn die übergegangene Elektricität nur zur Neutralisirung der Influenzelektricität hinreicht, unbestäubte Bilder. Die Erzeugung solcher Bilder ist ihrer Natur nach unsicher; ich werde unten (§. 23) ein complicirtes Verfahren angeben, solche anormal gefärbte Bilder sicherer zu erzeugen. Wendet man statt der glatten Metallstempel Holzstücke mit geschnittenen Figuren an, die auf Pech oder eine gefirnifste Glastafel gestellt werden, so erhält man zwar auch Bilder in der Farbe der angewandten Elektricität, sie sind aber stets unvollkommen und durch Staubfiguren entstellt.

Merkwürdig und belehrend sind die Staubbilder hauptsächlich durch ihre grofse Schärfe, mit welcher sogleich

einige zur Erklärung der Staubfiguren aufgestellte Hypothesen (§. 10) widerlegt werden. Bei allen meinen Versuchen verging 1 Minute oder mehr, ehe die Pechplatte nach Abnahme des Stempels bestäubt wurde, und dennoch erhielt ich gleiche und gleich scharfe Bilder, von welcher Elektrizitätsart sie auch herrühren mochten. Nirgends fand sich in dem eigentlichen Bilde eine strahlige Ausbreitung der positiven oder eine rundliche der negativen Elektrizität, nirgends waren die geraden Linien der Umrisse im geringsten gestört. Wären die Staubfiguren Eigenthümlichkeiten der beiden Elektrizitätsarten, so hätte sich hier die Neigung zu denselben zeigen müssen; würde eine Elektrizitätsart von der Luft oder der isolirenden Platte besser geleitet als die andere, so hätte sich ein solcher Unterschied in verzerrten Dimensionen der Bilder bemerkbar gemacht. Ich habe einmal eine Pechplatte, die dem negativen Pole der trocknen Säule ausgesetzt gewesen war, nach Abnahme des Stempels 37 Minuten liegen lassen, ehe ich sie bestäubte; dennoch erschien das Bild, wenn auch schwächer als sonst, gelb und mit vollkommen proportionirten Umrisse, im Gegensatze zu der zackigen Form, welche die positive Elektrizität bei den Staubfiguren, auch bei denen von geringster Ausdehnung, so leicht kenntlich macht. Dadurch eben erscheinen mir die Staubbilder von so großer Wichtigkeit, weil sie die scheinbare Beleuchtung der Staubfiguren, mit der man, so nothdürftig sie war, sich bisher begnügt hat, aufheben, diese Figuren in ein völliges Dunkel zurückwerfen, und die Lösung des Räthsels an einem anderen Orte, als bisher, zu suchen nöthigen.

III. Elektrische Hauchfiguren.

§. 16.

Ich habe im Jahre 1838 die Erfahrung gemacht ¹⁾, daß die Oberfläche von Glas und Glimmer, über die ein elektrischer Entladungsfunke fortgegangen war, beim Anhauchen eigenthümliche verästelte Figuren zeigt, die spiegelhell

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 43, S. 85.

auf dem vom Hauche getrübbten Grunde stehen. Die Platten waren zwischen Spitzen in den Schließungsbogen einer Batterie eingeschaltet, und ich habe als besonders auffallend hervorgehoben, daß die Figuren auf beiden Flächen jeder Platte, also um die mit der äußern Belegung der Batterie, wie um die mit der innern verbundene Spitze, von durchaus gleicher Form erschienen. Durch Prüfung am Elektroskope ergaben sich die Stellen einer trockenen Glasplatte, auf welchen beim Hauche die unbenetzten Figuren erschienen, als leitend geworden. Am Glimmer vermochte ich dies nicht nachzuweisen. Vier Jahre später ¹⁾ belegte ich die Erscheinung mit dem Namen der elektrischen Hauchfiguren und fügte Einiges über ihre Entstehung hinzu. Die Hauchfiguren waren von ganz gleicher Form, sie mochten an einer positiv oder negativ geladenen Batterie erzeugt sein; sie ließen sich lange Zeit aufbewahren, und endlich, wenn auch in anderer Form, auf Metallplatten darstellen. Nachdem nämlich elektrische Funken auf hellpolirte mit Gold oder Silber plattirte Kupferbleche geschlagen hatten, stellte sich im Hauche eine völlig spiegelnde Kreisfläche dar, umgeben von mehr oder minder getrübbten Kreisen. Hieraus ergab sich, daß die Hauchfiguren weder von haftender Elektrizität, noch von Metalltheilen, die von den Ansatzspitzen losgerissen seyn konnten, entstanden waren, sondern durch eine Oberflächenänderung der angewandten Platten an den Stellen, wo die elektrische Entladung sie berührt hatte. Ehe ich diese vorläufige Untersuchung hier wieder aufnehme, habe ich eine bisher unbekannte Eigenschaft des Glimmers anzugeben, die dabei zu Hülfe genommen wird.

§. 17.

Die Eigenschaft einer frischen Glimmerfläche, den Wasserdampf zu einer cohärenten Wasserschicht zu verdichten, ist in diesen Annalen, Bd. 67, S. 354, mitgetheilt worden.

§. 18.

Versuch 14. Eine kleine Metallkugel, die mit dem Conduc-

1) Repertorium der Physik, 6. Band 1842, S. 180.

ductor einer Elektrisirmaschine verbunden war, wurde an die Mitte einer einfachen Pechplatte angelegt, deren Basis vollkommen abgeleitet war. Der Conductor wurde positiv elektrisirt, so dafs mehrere Funken über die Pechfläche schlugen, ohne diese sichtlich zu verletzen. Angehaucht zeigte diese Fläche den Weg der Funken durch geschlängelte schwarze Streifen auf dem getrübten Grunde. Diese Streifen erschienen gleichfalls, wenn die Pechfläche vor dem Behauchen mit einer Flamme bestrichen worden war; sie erhielten sich sogar dann ungestört eine längere Zeit. Die Streifen waren genau von derselben Form, als der Conductor der Maschine negativ elektrisirt wurde. Diese Hauchfiguren schneiden zwar stets scharf von dem Grunde ab, aber nicht immer durch dieselbe Condensation des Wasserdampfs; häufig bemerkt man die Streifen von zwei Linien eingefasst, die stärker getrübt sind als der Grund, oft auch befindet sich eine solche getrühte Linie in der Mitte des Streifens. Diese Aenderungen im Aussehen der Hauchfiguren sind von der Art der angewandten Electricität gänzlich unabhängig.

Versuch 15. Ueber ein Glimmerblatt, das zwischen zwei Metallkugeln geklemmt war, schlugen Funken vom Conductor der Maschine, der positiv oder negativ elektrisirt wurde. Es entstanden sehr vollkommene Hauchfiguren in der Gestalt feiner Verästelungen auf beiden Seiten des Blattes, die durch Bestreichen mit einer Flamme nicht geändert wurden und spiegelhell auf getrübtem Grunde standen. Schon nach einigen Tagen wurden die Figuren merklich getrübt, schieden sich aber deutlich vom Grunde. Figuren, die durch einen Batteriefunken auf Glimmer erzeugt worden waren, konnten noch nach 8 Jahren deutlich erkannt werden.

Versuch 16. Ein Glimmerblatt wurde zwischen zwei Spitzen in den Schließungsbogen einer Batterie eingeschaltet. Der Entladungsfunke ging über beide Flächen bis zum Rande des Blattes und verursachte die eigenthümliche Veränderung der Glimmermasse, die ich vor längerer Zeit

unter dem Namen der elektrischen Farbenstreifen beschrieben habe ¹⁾; die beiderseitigen Streifen waren mit verästelten Hauchfiguren umgeben. Derselbe Versuch wurde an einem Glimmerblatte wiederholt, dessen eine Fläche durch Spaltung so eben erneut worden war. Der Funke ging, wie früher, über beide Flächen fort, aber nur die alte Fläche zeigte den Farbenstreifen und die Hauchfiguren, die frische hatte keine Spur davon und wurde bei dem Behauchen nur an einigen unregelmäßig vertheilten Stellen getrübt.

Versuch 17. Die Spitzen zweier im Schließungsbogen einer Batterie angebrachten, rechtwinklig gebogenen Haken, wurden auf dieselbe Glimmerfläche gesetzt, so daß eine Strecke von $5\frac{1}{2}$ Linien zwischen ihnen frei blieb, in welcher der Entladungsfunke übergehen mußte. Bei einer alten Glimmerfläche zeigte sich im Hauche ein breiter spiegelnder Streifen mit dem gewöhnlichen zackigen Hauchfiguren; auf einer frischen Fläche aber nur eine Anzahl unregelmäßiger benetzter Flecke, die den Raum zwischen den Spitzen ausfüllten.

Die Entladung, welche die Hauchfiguren erzeugt, bewirkt zugleich eine Ladung der isolirenden Platte, und man erhält daher auf dieser die Staubfiguren, aber stets mit Andeutung der Stellen, an welchen die Hauchfiguren sichtbar werden, wie der folgende Versuch lehrt.

Versuch 18. Eine Pechplatte wurde den Funken des positiven Conductors der Maschine ausgesetzt, durch welche auf ihr ein Bündel divergirender bandartiger Hauchfiguren entstand. Bestäubt erschienen gelbe Strahlenfiguren, durchbrochen von einem Bündel rother Streifen, die den Hauchfiguren genau entsprachen. Derselbe Versuch wurde an einem negativ elektrisirten Conductor angestellt; die Streifen der Hauchfiguren erschienen gelb zwischen den gewöhnlichen rothen Staubfiguren. Zuweilen erschienen aber die Hauchfiguren in der Farbe der angewandten Electricität, häufig auch gänzlich unbestäubt, nur als Unterbrechungen der sonst normalen Staubfiguren.

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 43, S. 85.

§. 19.

Diesen Versuchen zufolge bezeichnet die Hauchfigur den Weg, den eine einmalige elektrische Entladung auf einer Fläche genommen hat, und ihre Form ist daher nach der Substanz dieser Fläche verschieden. Auf Metall erscheint dieselbe als runde Scheibe, auf Harz als geschlängelter Streifen, auf Glimmer als feine vielfach verästelte Linie. Von der Art der angewandten Elektrizität ist die Hauchfigur unabhängig, da die Entladung stets beide Elektrizitäten ins Spiel zieht, und die überschüssige Elektrizität, welche auf der Platte haften bleibt, auf die Figur nicht wesentlich einwirkt. Indem der Hauch an die Fläche angebracht wird, worauf sich die Figur bildet, ist keine elektrische Einwirkung mehr vorhanden, ein Umstand, der die Hauchfiguren ganz bestimmt und viel schärfer von den Staubfiguren trennt, als die Verschiedenheit der Form. In elektrischer Beziehung genügt es, die Hauchfiguren einer Oberflächenänderung überhaupt zuzuschreiben, welche die angewandte Substanz durch die elektrische Entladung erfahren hat; die Natur dieser Aenderung wird durch einige Erfahrungen näher bestimmt. Hauchfiguren, die auf sehr alten, eine lange Reihe von Jahren der Luft ausgesetzten Glimmerflächen dargestellt werden, erscheinen sehr bestimmt und unter allen Umständen als spiegelhelle Zeichnungen auf getrübttem Grunde; bei Anwendung eines neuern Glimmer fehlt oft die Schärfe, zuweilen findet nur ein geringer Unterschied der Trübung zwischen Figur und Grund statt, es kommen Fälle vor, wo die Figur stärker getrübt ist, als der Grund. Eine gleiche Wandelbarkeit der Erscheinung tritt bei den Harzflächen ein; während neue zum ersten Male gebrauchte Pechflächen stets spiegelnde Hauchfiguren liefern, giebt eine oft umgeschmolzene, also ihres ätherischen Oels größtentheils beraubte Fläche nicht selten stark getrübtte Figuren auf weniger getrübttem Grunde. Ich habe diese Anomalieen, die man durch Wahl der Platten vermeiden kann, nicht angeführt, da sie der elektrischen Seite der Erscheinung nicht zugehören; sie sind leicht erklärlich, wenn man annimmt,

dafs in den Hauchfiguren nicht die eigentliche Oberfläche einer Substanz verändert ist, sondern eine diese Oberfläche deckende fremde Schicht, die durch Niederschlag aus der Atmosphäre oder durch die Zubereitung der Platte auf dieselbe abgelagert ist. Entscheidend spricht für diese Annahme der Umstand, dafs auf einer frischen Glimmerfläche, die erweislich nur mit einer Wasserschicht bedeckt ist, keine Hauchfigur zu Stande kommt, und es werden in dem folgenden Abschnitte Erscheinungen mitgetheilt werden, die nur unter dieser Annahme erklärt werden können.

IV. Elektrische Hauchbilder.

§. 20.

Diese Bilder sind gegen Ende des Jahres 1842 von Hrn. G. Karsten erfunden und zum Gegenstand von drei Abhandlungen genommen worden (diese Annalen, Bd 57, 58, 60). Herr Knorr hat einige Versuche über die Entstehung derselben angestellt (Annalen, Bd. 61).

§. 21.

Ich versuchte zuvörderst, ob dauernde Elektrisirung einer Platte ohne Entladung hinreiche, ein Hauchbild zu erzeugen.

Versuch 19. Ein Stempel auf einer Pechplatte wurde 16 Stunden lang von dem negativen Pole einer trocknen Säule elektrisirt. Die Platte zeigte im Hauche kein Bild, beim Bestäuben ein vollkommenes Staubbild. Unter den Knopf einer mit positiver Elektricität geladenen Flasche wurde in $9\frac{1}{2}$ Linien Entfernung eine Pechplatte mit dem Stempel gebracht; nach einer halben Stunde war kein Hauchbild entstanden, obgleich ein rothes Staubbild zum Vorschein kam. Eine Pechplatte mit dem Stempel wurde in einer bis 4 Linien Druck evacuirten Büchse durch 20 Umdrehungen der Elektrisirmaschine elektrisirt; im Hauche war nur der Rand des Stempels, bei der Bestäubung ein vollständiges Bild sichtbar.

Durch einfache Elektrisirung entstehen also keine Hauchbilder, es ist zu ihrer Erzeugung die Entladung der Elektricität nöthig, die ich, um den Versuch sicher zu machen, durch ein Funkenmikrometer bewerkstelligte. Dieser Ap-

parat besteht im Wesentlichen aus zwei kleinen Metallkugeln (Durchmesser $6\frac{1}{4}$ Linien), die auf Glasfüßen meßbar einander genähert werden können. Die eine Kugel blieb isolirt, die andere wurde vollkommen abgeleitet. Die isolirte Kugel wurde mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine verbunden und zugleich ging ein Silberfaden von ihr aus mit einem Metallgewichte (5 Grammen), das auf den abzubildenden Stempel gestellt wurde. Zu allen Versuchen wurde eine Elektrisirmaschine mit zweifüßiger Scheibe und einem Reibzeuge gebraucht, an welcher die Elektrizität des Conductors durch Umlegen zweier Arme schnell gewechselt werden konnte; eine Maschine mit doppeltem Reibzeuge würde die Anzahl der zu jedem Versuche nöthigen Umdrehungen bedeutend verringert haben.

Versuch 20. Entfernung der Kugeln des Mikrometers $\frac{1}{4}$ Linie. Auf eine sorgsam getrocknete Glasscheibe wurde ein Stempel und auf diesen das kleine Gewicht gestellt; nach 40 bis 50 Umdrehungen der Maschine zeigte das Glas im Hauche ein vollkommenes helles Bild. Aber nicht jedes Glas gab ein gutes Bild, auch eine sonst brauchbare Tafel gab oft unvollständige Bilder; bei Anwendung des Glimmers statt des Glases kamen gleichfalls, wenn auch seltner, mißlungene Bilder vor. Niemals aber war dies der Fall, als ich mich der Pechtafeln bediente, die leicht eben und spiegelnd zu erhalten sind; auf diesen entstand durch wenige Umdrehungen der Maschine ein vollkommenes ungetrübtes Bild. Dasselbe läßt sich mehrere Tage lang erhalten, wenn man die Pechplatte gleich nach dem Versuche durch eine Flamme unelektrisch gemacht hat.

§. 22.

Das einfache Hauchbild entsteht durch wiederholte elektrische Entladungen, die zwischen dem Modelle und der isolirenden Platte abwechselnd in entgegengesetzter Richtung statt finden. Die Elektrizität, welche dem Modelle mitgetheilt wird, geht auf die Platte über und später an das Modell zurück, wenn dies durch das Funkenmikrometer entladen wird; es entsteht also eine Bewegung der-

selben Elektrizitätsart von oben nach unten und von unten nach oben. Dafs Hauchbilder durch Entladungen nach Einer Richtung entstehen, habe ich nicht bemerkt. Es entstand zwar zuweilen ein ziemliches Bild auf einer Platte, die so gut leitete, dafs im Mikrometer keine Entladung stattfand; aber eine Funkenerscheinung am Rande des Modells zeigte alsdann, dafs die Oberfläche der Platte das Modell und nicht das Bild entlud, hier also dieselbe Folge der Entladungen, wie sonst, eintrat. Die Entladungen zwischen einem schlechten und einem guten Leiter sind nié vollständig; es bleibt Elektrizität der angewandten und der entgegengesetzten Art auf der isolirenden Platte zurück, die daselbst Staubfiguren, oft auch Staubbilder, zu erzeugen im Stande ist.

Versuch 21. Der Stempel T, auf eine Pechfläche gesetzt, erhielt durch das Funkenmikrometer positive Elektrizität. Nachdem eine Anzahl von Funken im Mikrometer übergegangen war, wurde die Pechfläche behaucht und bestäubt. Auf eine Umdrehung der Scheibe kamen in Durchschnitte 12 Funken.

Funkenzahl

- 20 kein Hauchbild. Bestäubung: T und Ring roth, im Grunde Figuren beider Art. Gelber Strahlenkranz als Einfassung (dieser auch in der Folge).
- 30 schwaches Hauchbild. Staubbild angedeutet, Figuren.
- 40 deutliches Hauchbild. T unbestäubt in einem Grunde von Staubfiguren.
- 50 scharfes Hauchbild. Gewirre von Figuren, kein Staubbild.

60 u. 70 dasselbe.

Die Ausbildung des Staubbildes ist daher zufällig und hat keinen directen Einfluss auf die des Hauchbildes; eine indirecte Einwirkung läfst sich in einigen Fällen nachweisen. Auf der Pechfläche nämlich ist das Hauchbild, auch wenn es nur durch 2 Umdrehungen erzeugt ist, stets voll-

ständig, das heißt, alle erhabenen Stellen des Modells sind durch gleichmäßig ungetrübte Stellen der Fläche wiedergegeben. Auf Glas hingegen und auf altem Glimmer bilden sich zuerst nur die Kanten des Modells scharf ab; von einem Stempel wird der Buchstabe durch seine Umrisse, der Ring durch zwei concentrische Kreise kenntlich, und erst nach lange fortgesetzter Elektrisirung erhält man das Bild mit vollkommen ausgedrückten Flächen. Der Grund hiervon ist in der auf der Platte nach einer Entladung zurückgebliebenen Elektricität zu suchen. Zu Anfang des Versuchs, wo diese Elektricität fehlt, oder nur in geringer Menge vorhanden ist, finden die Entladungen nur an den am stärksten elektrischen Stellen, den Kanten, statt, und erst dann, wenn diese Elektricität die Entladungen daselbst erschwert, treten sie auch im Innern der Bildfläche ein. Auf den Harzflächen ist die Isolirung nicht so vollkommen und die Entladungen finden sogleich in der ganzen Ausdehnung der Bildfläche statt.

§. 23.

Es ist bisher bei jedem Versuche nur auf Ein Hauchbild Rücksicht genommen worden, das auf der vom Stempel bedeckten Stelle der isolirenden Fläche entsteht; in der That waren aber die Bedingungen für mehrere Hauchbilder vorhanden, die gleichzeitig gebildet und unter geeigneten Umständen aufgezeigt werden können. Indem nämlich die eine Fläche einer dünnen Glimmer-, Glas- oder Harztafel an bestimmten Stellen Elektricität erhält, geht nach einem bekannten Gesetze von der zweiten Fläche Elektricität derselben Art fort, und zwar, wie der folgende Versuch zeigt, wenn die Flächen die Elektricität nicht leiten, an genau mit den ersten correspondirenden Stellen.

Versuch 22. Auf eine Pechplatte wurde ein Glimmerblatt, auf dieses der T-Stempel gestellt, der von einer positiv geladenen Flasche einen Funken erhielt und dann mit dem Glimmer abgenommen wurde. Die Pechfläche zeigte bestäubt den Buchstaben und Ring vollkommen scharf in gelber Farbe, den Grund mit positiven Staubfiguren ausge-

füllt. Nach einem Funken negativer Elektrizität gab die Pechfläche T und Ring scharf und roth, den Grund aus negativen Figuren gebildet.

In beiden Fällen fand also eine zwifache Entladung derselben Elektrizitätsart in gleicher Richtung statt: von dem Stempel zur obern Glimmerfläche, und von der untern Glimmerfläche zur Pechfläche; hätte man den Stempel entladen, so würden beide Entladungen in entgegengesetzter Richtung zurückgegangen seyn. Durch fortgesetztes Laden und Entladen des Stempels kann man daher zwei einander gleiche Reihen von Entladungen erzeugen, die abwechselnd in entgegengesetzter Richtung statt finden, und bei welchen sich die untere Glimmerfläche gegen die darunter liegende Fläche genau so verhält, wie der Stempel gegen die obere Glimmerfläche. Diese wichtige Consequenz wird durch die elektrolytischen Bilder (siehe den folgenden Abschnitt) vollkommen bestätigt.

Da ein Hauchbild entsteht, wenn wiederholte entgegengesetzte Entladungen dieselbe Stelle einer Fläche treffen, so müssen bei dem Versuche mit Glimmer und Pechfläche drei Bilder sichtbar werden.

Versuch 23. Eine Pechfläche wurde mit einem Glimmerblatte bedeckt und ein Stempel darauf gestellt, der durch das Funkenmikrometer geladen und entladen wurde. Nach 20 Umdrehungen der Maschine war der Stempel auf der obern Glimmerfläche im Hauche vollkommen abgebildet, auf der untern Fläche hingegen nur zum Theil und ebenso auf der Pechfläche. Bei mehrfacher Wiederholung des Versuchs kam nur zweimal ein vollständiges Hauchbild auf dem Pech zu Stande; am häufigsten war nur ein Theil des Stempels scharf abgebildet, der übrige durch Flecke verdeckt.

Diese Bilder bleiben so oft unvollkommen, weil Pech und Glimmer durch die nach jeder Entladung zurückbleibende Elektrizität stark zusammenhaften und folgende Entladungen dann an Stellen herbeigeführt werden, die zufällig zerstreut aufserhalb der Bildfläche liegen. Vollkommene Bilder entstehen, wenn eine der einander berührenden Platten leitend ist.

§. 24.

Ein Stempel, der auf eine Metallfläche gestellt und fort-dauernd elektrisirt wird, liefert kein elektrisches Bild, weil die abwechselnden Entladungen dabei vermieden und jede hinzugeführte Elektrizität sogleich abgeleitet wird. Trennt man hingegen den Stempel von der Metallfläche durch ein Glimmerblatt, so hat man, wie im vorigen Paragraphe gezeigt worden ist, zwei gleichbedeutende Entladungsreihen, und somit die Bedingung zu drei Hauchbildern.

Versuch 24. Eine ebene gut polirte Messingplatte wurde mit einem alten Glimmerblatte von 0,02 Linie Dicke bedeckt, auf dieses ein Stempel gestellt und mit dem Funkenmikrometer verbunden, dessen Kugeln $\frac{1}{2}$ Linie von einander standen. Der Conductor der Maschine wurde positiv elektrisirt; nach 40 Umdrehungen, die ungefähr 100 Funken im Mikrometer lieferten, wurde der Versuch abgebrochen. Es war ein vollkommenes Hauchbild auf der obern und untern Fläche des Glimmers und auf der Messingfläche entstanden. Auf der letztern war das T durch hellen Contour, der Ring durch zwei concentrische Kreise auf das schärfste gezeichnet, die übrige Fläche durch den Hauch gleichmäßig getrübt.

Wenn die Entladung zwischen den zwei sich berührenden Platten aufgehoben wird, so entstehen keine vielfachen Hauchbilder.

Versuch 25. In einer Büchse wurde eine Silberplatte mit einem Glimmerblatte gedeckt, auf das ein Stempel gestellt und mit der obern Fassung der Büchse leitend verbunden war. Die Fassung wurde an den Conductor der Maschine angelegt; bei 40 Umdrehungen schlugen Funken über den Glimmer zur Silberplatte. Es war auf der obern Seite des Glimmers ein vollkommenes, auf der untern und dem Silber ein ziemliches Hauchbild entstanden. Derselbe Versuch, nachdem der Luftdruck in der Büchse bis 3 Linien verringert war, gab auf der obern Glimmerfläche durch den Hauch nur Andeutung einer Scheibe, auf der untern Fläche und dem Silber keine Spur eines Bildes. Mit Anwendung einer Platinplatte statt der Silberplatte erhielt ich

bei vollem Luftdrucke durch 50 Umdrehungen der Scheibe drei vollkommene Hauchbilder, bei verringertem Drucke nur ein unvollkommenes Bild auf der obern Fläche des Glimmers. Als eine Pechplatte an die Stelle der Metallplatte gesetzt war, kam in verdünnter Luft weder ein Hauchbild, noch ein Staubbild auf dem Pech zu Stande.

Ein so vollständiges, artistisch genügendes Hauchbild auf Metall, wie im 23sten Versuche, kann nur als zufällig entstanden betrachtet werden, da ich auch durch die größte Vorsicht nicht dahin gelangt bin, es jedesmal sicher darzustellen. Selten mislangen die Bilder gänzlich; gewöhnlich war das Hauchbild auf der obern Glimmerfläche vollständig, auf der untern Fläche und dem Metalle unvollständig ausgedrückt. Es fanden sich da nur Theile des Buchstaben und des Ringes scharf wiedergegeben, andere durch Flecke verdeckt. Obgleich solche unvollständige Bilder für den Zweck der gegenwärtigen Untersuchung vollkommen genügen, so will ich doch Einiges mittheilen, was mir zur Erhaltung eines guten Bildes nöthig erschien.

Ein Haupterforderniß ist die richtige Wahl des Glimmerblattes, das auf seiner untern Fläche die Elektrizität nicht leiten darf und im Hauche vollkommen gleichnäsiger getrübt werden muß. Hat man daher mit einem Glimmerblatte ein Bild erzeugt, und wendet dieselbe Stelle zu einem zweiten Bilde an, so gelingt dieß nicht. Eine vor Kurzem erneute Fläche des Glimmers darf das Metall nicht berühren, wie sich im folgenden Versuche zeigt.

Versuch 26. Ein so eben gespaltenes Glimmerblatt wurde mit der frischen Fläche auf eine Silberplatte gelegt und der darauf gestellte Stempel durch 40 Umdrehungen elektrisirt; es entstand im Hauche kein Bild auf dem Silber, sondern nur ein Haufen unregelmäsiger Flecke. Das Glimmerblatt wurde umgekehrt, so daß nun die alte Fläche die Metallplatte berührte, und der Stempel auf eine andere Stelle gestellt; es entstand durch gleiche Elektrisirung, wie früher, auf dem Silber ein vollkommenes Hauchbild. — Es war an einem Glimmerblatte die Hälfte der einen Fläche erneut

worden. Als die alte Hälfte auf einer Messingplatte stand, erhielt ich ein ziemliches Bild; aber keins, als die neue Hälfte gebraucht wurde. Das Glimmerblatt wurde zugleich mit der alten und neuen Fläche auf das Messing gelegt, der Stempel aber so gestellt, daß er beide Flächen deckte; es entstand bei einem Versuche kein Bild, bei einem folgenden ein sehr verworrenes.

Gebrauchte Glimmerblätter werden nach einigen Tagen, wenn man sie unter leichter Bedeckung aufbewahrt hat, wieder brauchbar, stehen aber den alten unbenutzten Blättern stets nach. Geringern Einfluß als die Beschaffenheit des Glimmerblattes hat die Politur des Metalles auf das Gelingen der Bilder, und man hat darauf nicht die minutiöse Sorgfalt zu verwenden, welche bei Bereitung der Platten zu Daguerrebildern nöthig ist. Es genügt hier, wenn die Platte vollkommen trocken ist und vom Hauche gleichmäÙig getrübt wird. Doch aber erscheinen bei verschiedenen Metallen die Putzmittel nicht gleichgültig. Bei Messing fanden sich Oel, Zinnasche und Filz, bei Platin und Silber Alkohol, Knochenasche und lose Baumwolle am zweckdienlichsten. Die Anwendung des Oels giebt der Platte eine farbige Trübung durch den Hauch, die ich nur bei Messing als nützlich zu einem guten Bilde erprobt habe. Wahrscheinlich ist das verschiedene Verhalten der Metalle bei dem Putzen Ursach, daß die Hauchbilder auf verschiedenen Metallen nicht mit gleicher Leichtigkeit erzeugt werden. Platin gab mir am leichtesten gute Bilder, dann Messing, am schwersten Silber (Daguerreplatten). Daß das nützliche Putzen hier nicht die Reinigung des Metalls bewirkt, sondern vielmehr das Ueberziehen desselben mit einer fremden Schicht, zeigte folgender Versuch.

Versuch 27. Eine Platinplatte, mit Zinnasche, Alkohol und Baumwolle geputzt, gab vortreffliche Hauchbilder, bei welchen die Umrisse des Modells außerordentlich scharf ungetrübt erschienen. Die Platte wurde geglüht, in concentrirte, bis zum Kochen erhitzte Schwefelsäure getaucht, in destillirtem Wasser abgspült und erhitzt; sie war hiernach

so rein, daß sie warm einen Strom von Wasserstoffgas entzündete. Auf einer so zubereiteten Platte gelang aber kein Hauchbild, und nur einmal war die Scheibe des Stempels schwach angedeutet. Danach auf die frühere Weise geputzt, gab sie gute Bilder.

Das häufige Mißlingen der mehrfachen Hauchbilder kann nicht auffallen, wenn man bedenkt, daß ein gelungenes Bild Entladungen zwischen der untern Glimmerfläche und der Metall- oder Pechfläche in der ganzen Ausdehnung des Bildes voraussetzt. Sind die genannten Flächen an der Stelle des Bildes nicht ganz gleichförmig, finden sich Punkte an einer dieser Flächen, welche die Entladung begünstigen, so werden diese am meisten von der Elektrizität verändert und es entsteht neben dem Abbilde des Modells auch eins jener schadhafte Stellen. Ein Glimmerblatt, das an seiner untern Fläche mehrere Brüche hatte, gab auf Silber ein scharfes Hauchbild dieser Brüche, aber von dem aufgesetzten Stempel nur einen kleinen Theil des äußern Ringes wieder.

§. 25.

Das Sichtbarwerden der Hauchbilder ist von Karsten einer Reinigung der Platten zugeschrieben worden; derselbe hat eine solche bei den Bildern auf Metall thatsächlich nachgewiesen. Auch auf nichtleitenden Platten ist häufig das Bild durch Stellen bezeichnet, an welchen die reine Oberfläche blosgelegt ist. Auf einer Glimmerfläche, deren isolirende Eigenschaft an allen Stellen geprüft war, wurde ein vollkommenes Hauchbild erzeugt; die Stelle, an der es beim Anhauchen erschien, war leitend geworden und verlor diese Eigenschaft erst durch Erhitzen; sie verhielt sich also wie eine reine Glimmerfläche (§. 17). Bei dem Glase habe ich schon früher gefunden, daß die Hauchfiguren Stellen des Glases bezeichnen, welche durch die Entladung leitend geworden sind. Aber diese Reinigung, wenn sie auch am häufigsten vorkommt und die schönsten Bilder erzeugt, ist keineswegs allgemein, und das Hauchbild kann auch durch Verunreinigung der Platte entstehen.

Versuch 26. Auf der frischen Fläche eines eben gespal-

tenen Glimmerblattes wurde ein Stempel gesetzt, und, mit Einschaltung des Mikrometers, durch 40 Umdrehungen der Maschine elektrisirt. Es erschien ein vollkommenes Hauchbild auf dem Glimmer, in dem Buchstabe und Ring durch scharfe getrübt Linien gezeichnet waren, während der übrige Theil der Fläche ungetrübt blieb. Bei Wiederholung des Versuchs erschien die Zeichnung weniger scharf, aber Buchstabe und Ring vollkommen ausgefüllt und getrübt. Auf einer alten Glimmerfläche war ein vollkommen helles Hauchbild des Stempels dargestellt worden; der Stempel wurde wieder auf die Stelle des Bildes gestellt und durch 40 Umdrehungen elektrisirt. Das nun entstandene Hauchbild unterschied sich deutlich von dem alten, indem es vollständig getrübt war. — Auf einem alten Glimmerblatte, das bei 40 Umdrehungen ein gutes helles Hauchbild gab, wurde ein Bild durch 100 Umdrehungen hergestellt; es erschien eine helle Scheibe von größerm Umfange, als der Stempel besaß, auf welcher der Buchstabe vollkommen getrübt hervortrat.

Ich habe diese Fälle hervorgehoben, da sie unzweideutig sind und mit sicherem Erfolge wiederholt werden konnten. Sonst kommen Hauchbilder, in welchen die erhabenen Stellen des Modells durch stärkere Trübung vom Grunde abschneiden, gelegentlich vor, und ich habe sie bei den verschiedenartigen Platten und bei Anwendung jeder der beiden Elektrizitätsarten bemerkt. Auf Pech entstehen sie häufig bei Darstellung der mehrfachen Hauchbilder (§. 23). Die in der Trübung verschiedene Art des Hauchbildes hängt von dem Zustande der angewandten Platte und des Stempels und von der Stärke der Elektrisirung ab, und die hellen Bilder kommen nur darum öfter vor, weil man sich unreiner Platten und einer möglichst geringen Elektrisirung zu bedienen gewohnt ist.

Die Entstehung der Hauchbilder ist, wie die der Hauchfiguren, allgemein einer Veränderung zuzuschreiben, welche die elektrische Entladung in der Schicht hervorbringt, welche die Platten deckt, und je nach den Umständen in einer

Verdichtung oder Verdünnung dieser Schicht besteht. Bei den Hauchbildern geht die Entladung durch zwei auf einander ruhende Schichten, durch die Schicht des Modells oder der Modellfläche (untere Glimmerfläche bei den mehrfachen Bildern) und die der Bildfläche; wenn auch beide Schichten auf einander wirken, so ist doch die Veränderung, welche jede Schicht durch die Elektrizität erfährt, unabhängig von der der andern. Eine Verdünnung der einen Schicht bedingt nicht nothwendig eine Verdichtung der andern; bei den Bildern auf Metall entspricht am häufigsten das Bild der untern Glimmerfläche in der Schattirung dem der Metallfläche.

In elektrischer Beziehung sind noch die Bilder von Interesse, die zuweilen auf Metall ohne Hauch sichtbar, darin gleichsam eingätzt sind (§. 20). Ich habe in einer frühern Abhandlung erwähnt ¹⁾, dafs wenn eine Entladung aus einem festen Leiter in ein flüssiges oder luftförmiges Medium tritt und daselbst intermittirt, die discontinuirliche Entladung schon in geringer Tiefe des festen Körpers beginnt und daselbst mechanische Wirkungen ausübt. Ein Funke, aus einer reinen Metallfläche gezogen, verletzt dieselbe; läßt sie aber unverändert, wenn sie unrein oder gar gefirnist ist. Ein ähnlicher Fall tritt bei den Hauchbildern auf Metall ein. Geht nur eine geringe Anzahl von Entladungen zwischen der Metallfläche und dem sie deckenden Glimmer über, so beginnt die intermittirende Entladung in der fremden Schicht auf der Oberfläche des Metalls, und das Metall bleibt unverletzt; ist hingegen diese fremde Schicht zerstört und dadurch eben das Hauchbild entstanden, und man läßt die Entladungen fort dauern, so beginnen diese im Metalle selbst und verändern dasselbe in bekannter Weise. Ich habe solche feste Bilder auf Silber zuweilen schon durch eine geringe Anzahl von Umdrehungen der Maschine (50 bis 60) erhalten; es waren in ihnen einzelne Theile des Stempels in bräunlicher Farbe wiedergegeben.

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 65, S. 536.

V. Elektrolytische Bilder.

§. 26.

Diese Bilder entstehen durch elektrische Zersetzung eines dazu geeigneten Salzes (des Jodkalium), und sind daher nach der elektrischen Einwirkung ohne Weiteres sichtbar. Ich habe sie zum Beweise der oben angenommenen hin- und hergehenden Entladung bei den Hauchbildern (§. 22) erfunden, und ihre Darstellung als ein artiges Experiment bereits vorläufig bekannt gemacht ¹⁾. Es ist zuerst an einige bekannte Erfahrungen zu erinnern. Wird die stumpfe Spitze einer Platinnadel auf ein mit Jodkaliumlösung befeuchtetes Papier gestellt, das auf einer zur Erde abgeleiteten Metallplatte liegt, so entsteht unter der Spitze ein brauner Fleck, wenn man die Nadel positiv, aber kein Fleck, wenn man sie negativ elektrisirt. Wendet man positive und negative Elektrizität in beliebiger Ordnung nach einander an, so bleibt dennoch die Färbung durch die positive Elektrizität; dies ist auch dann noch der Fall, wenn die Menge der negativen Elektrizität die der positiven bei Weitem übertrifft. Die Platinnadel wurde mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbunden und durch drei Umdrehungen der Scheibe positiv elektrisirt, wodurch ein brauner Jodfleck auf dem Papiere entstand; dieser blieb vollkommen sichtbar, nachdem die Nadel sogleich durch 60 Umdrehungen negativ elektrisirt worden war. Bei einem elektrolytischen Versuche ist es nöthig, daß die Nadel fest auf dem Papiere stehe; bleibt zwischen ihrer Spitze und dem Papiere ein Luftzwischenraum, so tritt außer der elektrolytischen Wirkung eine chemische ein: es wird bei Anwendung jeder Elektrizitätsart in der Luft Salpetersäure gebildet, die, auf das Papier niederfallend, das Jod daselbst ausscheidet. Der elektrolytische Fleck unterscheidet sich von dem durch Salpetersäure gebildeten durch seine viel schärfere Begrenzung.

Wie oben (§. 23) angegeben wurde, treten bei Bildung der mehrfachen Hauchbilder Entladungen in abwechselnd entgegengesetzter Richtung zwischen dem Glimmerblatte und

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 67, S. 135.

der Metallplatte ein; bei positiver Elektrisirung des Stempels empfängt in der ersten Entladung die Metallplatte positive Elektrizität, bei negativer Elektrisirung die Glimmerplatte. Bei gleicher Funkenzahl im Mikrometer erhält die Metallplatte gleich oft positive Elektrizität, welche Elektrizitätsart auch man zu den Versuchen anwenden mag. Das Jodkalium wird nur von der Hälfte der stattfindenden Entladungen gefärbt, von der Hälfte nämlich, bei welcher es positive Elektrizität empfängt, und die andere Hälfte bleibt wirkungslos. Die äußern Bedingungen zur Bildung eines elektrolytischen Bildes sind dieselben, welche bei den mehrfachen Hauchbildern gelten, und es wird im Allgemeinen jedesmal, wo ein Hauchbild auf Metall entstanden wäre, bei Verwechslung der Metallplatte mit einem Jodkaliumpapier, ein elektrolytisches Bild zu Stande kommen.

Versuch 29. Ein Stück (Muster-) Kartenpapier wurde auf einer Fläche mit einer Lösung von Jodkalium in Wasser befeuchtet, auf eine zur Erde abgeleitete Metallplatte gelegt und mit einem Glimmerblatte bedeckt. Ein Stempel wurde auf den Glimmer gestellt, durch ein Gewicht von 2 bis 14 Unzen angedrückt und mit dem Funkenmikrometer (§ 21) verbunden, dessen Kugeln $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt waren. Nach zwanzig Umdrehungen der Scheibe, deren positive Elektrizität fortwährend mit Funken zwischen den Kugeln überging, war ein sehr scharfes Bild auf dem Papiere entstanden, in welchem Buchstabe und Ring einförmig braun erschienen.

Als der Conductor der Maschine negative Elektrizität erhielt, erschien kein Bild durch den erwähnten Versuch, sondern ein Haufen unregelmäßig vertheilter Jodflecke.

Der Grund dieses verschiedenen Erfolges ist nach der obigen Auseinandersetzung klar. Bei positiver Elektrisirung des Stempels wird das Papier durch Entladungen gefärbt, die bei der Ladung des Stempels eintreten; bei negativer hingegen durch solche, die in den Momenten statt finden, wo die Funken im Mikrometer überspringen. Die ersten Entladungen erfolgen schneller und mit geringerer Elektri-

täts-

tätsmenge als die zweiten; letztere gehen daher leichter an Stellen des Papiers über, die auferhalb der Bildfläche liegen. Um ein Bild mit negativer Elektrizität zu erhalten, hat man daher nur die mit Einemmale entladene wirksame Elektrizitätsmenge durch die Schlagweite im Mikrometer zu verkleinern.

Versuch 30. Die Kugeln des Mikrometers wurden bis $\frac{1}{4}$ Linie einander genähert. Die negative Elektrizität, welche durch 20 Umdrehungen der Scheibe erzeugt wurde, brachte ein vollkommenes Bild zu Stande, das sich in Nichts von dem mit positiver Elektrizität entstandenen Bilde unterschied, als das einzelne Stellen im Buchstaben und Ringe nicht gleichförmig braun, sondern gefleckt waren.

Beide Elektrizitätsarten geben im Wesentlichen Bilder derselben Art, in welchen die erhabenen Stellen des Modells durch volle vom Jod gefärbte Flächen abgebildet sind. Solche Bilder, wo nur die Kanten des Modells bezeichnet sind, wie sie sich oft im Hauche zeigen, kommen hier nicht vor, weil auf dem feuchten, sich der Glimmerfläche genau anschließenden Papiere die Entladung in der ganzen Bildfläche leicht gemacht ist. Die schönsten und am gleichmäßigsten gefärbten Bilder erhält man mit positiver Elektrizität; bei Anwendung der negativen entstehen fast immer Flecke, und ich erhielt einigemale Bilder, die, obgleich deutlich erkennbar, aus lauter gesonderten Flecken zusammengesetzt waren. Gänzlich mißlungene Bilder, wo bei Anwendung der positiven oder negativen Elektrizität nur ein Haufen einzelner Flecke sichtbar wird, entstehen bei gehöriger Vorsicht nur selten. Ich wandte zwei Sorten von Kartenpapier an. Die eine (mit Stärke) schwach geleimte Sorte wurde von der, etwas freies Jod enthaltenden, Jodkaliumlösung violett gefärbt; die andere (mit animalischem Leime) stark geleimte, blieb ungefärbt. Auf beiden Papieren entstanden scharfe Bilder, aber auf dem schwach geleimten Papiere waren sie beständiger und ließen sich durch eine zähe Lösung von Gummi arabicum leichter fixiren. Auf dem stark geleimten Papiere ging die Schärfe der Um-

risse schon in wenigen Minuten verloren. Die fixirten Bilder lassen sich lange Zeit erhalten, obgleich nie in der außerordentlichen Schärfe, die sie gleich nach dem Versuche besitzen. Ich habe verschiedene Stempel und Münzen abgebildet (durch 20 bis 80 Umdrehungen der Scheibe), aber scharf wiedergegeben nur die Flächen gesehen, welche unmittelbar an dem Glimmer anlagen. Von einer Münze erschien daher nur die Schriftseite vollständig; diese aber, 45 Zeichen verschiedener Größe enthaltend, vollkommen lesbar. Um das Bild einer Schrift ungedruckt zu stellen, stellte ich es auf dem stark geleimten Papiere dar und presste es sogleich gegen ein mit Gummilösung befeuchtetes schwachgeleimtes Papier. Eine richtige Befeuchtung des Papiers zur Darstellung des Bildes wird erhalten, wenn man einige Tropfen der Jodkaliumlösung in dasselbe einziehen lässt und die überflüssige Feuchtigkeit durch Fließpapier entfernt. Das Gelingen des Bildes hängt größtentheils von der Beschaffenheit des Glimmerblattes ab. Dasselbe darf nicht zu dick seyn (bis 0,05 Linie) und muss eine durchaus gleichmäßige Oberfläche ohne Risse oder Flecke besitzen. Vollkommene Isolation der Elektrizität durch die untere Fläche wird nicht erfordert, und ich habe zuweilen gute Bilder mit einer frischen Glimmerfläche erhalten, die auf dem Papiere lag. Es rührt dies daher, dass die Wasserschicht, welche die frische Fläche deckt, von dem angedrückten Papiere eingesogen, und wegen Ausschlusses der Luft während des Versuches nicht erneuert wird.

VI. Unächte Hauchbilder.

§. 27.

Diese Bilder haben nichts elektrisch Merkwürdiges, aber man muss sie kennen, da sie häufig vorkommen und mit den ächten Hauchbildern leicht verwechselt werden können. Ich habe in einer früheren Untersuchung bei einer Stelle, wo die Existenz von Staubfiguren nachgewiesen werden sollte, bemerkt, dass häufig ein leichtes Anhauchen der

Pechfläche genüge, diese Figuren zu erkennen ¹⁾). An jenem Orte war eine Verwechslung nicht möglich, da es keine Hauchfiguren von der angegebenen Form giebt und die im Hauche bemerkten Figuren ohne Weiteres für Staubfiguren genommen werden mußten; leicht aber kann eine Täuschung bei den Bildern eintreten. Befindet sich nämlich in dem Zimmer, wo ein Bild auf einer isolirenden Platte erzeugt wird, feiner Staub, besonders Tabacksrauch, so entsteht gleich nach dem Ableben des Stempels ein äußerst feines Staubbild, das in der Spiegelung der Platte nicht zu erkennen ist, aber durch verschiedene Condensation des Hauches deutlich hervortritt. Säubert man nun, wie zur Conservirung der Hauchbilder nöthig ist (§. 21), die isolirende Platte an einer Flamme von Electricität, so bleibt das Staubbild auf jener ersten Stufe stehen, und ist schwer von einem ächten Hauchbilde zu unterscheiden; unterbleibt diese Säuberung, so wird das Staubbild im Hauche immer merklicher und ist bald auch ohne Hauch sichtbar. Das wirkliche Hauchbild dagegen ist am schärfsten im Augenblicke, wo man den Stempel von der Platte hebt, und nimmt danach durch Bildung von Staubfiguren merklich an Bestimmtheit ab. Das unächte Hauchbild hat zwar stets den Charakter eines benetzten Bildes, kann aber dennoch, wenn nur die Kanten des Modells abgebildet sind, den Eindruck eines unbenetzten geben. Es entstehen auch zuweilen unächte Hauchbilder durch Unreinheit des angewandten Stempels oder (bei den mehrfachen Bildern) der untern Glimmerfläche; diese sind aber weniger gefährlich, da die gröbern Staubtheile auf der Platte vor der Behauchung leicht erkannt werden.

VII. Classification der elektrischen Zeichnungen im Allgemeinen.

§. 28.

Der Zusammenhang zwischen den elektrischen Zeichnungen jeder Art läßt sich am leichtesten übersehen, wenn

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 51, S. 352.

man dieselben nach der Art ihres Sichtbarwerdens classificirt und nach der Art ihrer Entstehung von einander unterscheidet.

Die primär elektrischen Zeichnungen

werden durch Elektrizität sichtbar, die auf Staubtheile elektroskopisch wirkt; sie kommen daher nur auf schlecht leitenden Flächen vor und sind nach der Art der sie bildenden Elektrizität verschieden.

Die Staubfiguren entstehen, wenn die Elektrizität durch eine discontinuirliche Entladung auf eine Platte gekommen ist; die continuirliche Entladung und die Elektrizitätserregung durch Influenz liefert sie nicht (§. 29). Diese Figuren werden daher stets durch die Elektrizitätsart gebildet, welche bei der Entladung im Ueberschusse angewendet wurde; charakterisirt sind sie durch ihre nach der Elektrizitätsart verschiedene Form; bei gehöriger Wahl der Pulver auch durch die Art der Bestäubung oder die Farbe.

Die Staubbilder entstehen bei jeder Art der Entladung, auch bei der Elektrizitätserregung durch Influenz; durch letztere am häufigsten und schönsten. Sie werden daher zumeist durch eine Elektrizitätsart gebildet, welche der am Modelle angebrachten entgegengesetzt ist. Nach der Wahl der Pulver sind sie bei verschiedener Elektrizitätsart verschieden bestäubt oder gefärbt.

Die secundär elektrischen Zeichnungen

werden sichtbar durch eine mechanische oder chemische Aenderung, welche die Oberfläche einer Platte durch elektrische Entladungen erfahren hat; sie entstehen auf Platten jedes Stoffes und sind nach der angewandten Elektrizitätsart nicht verschieden. Sie zerfallen in zwei Gruppen, je nachdem jene Aenderung nur die jede Oberfläche deckende fremde Schicht trifft, wonach die Zeichnungen erst durch Condensation von Dämpfen sichtbar werden, oder nachdem die Substanz der Oberfläche selbst verändert wird, wonach sie unmittelbar sichtbar sind.

Durch Condensation von Dämpfen sichtbare Zeichnungen.

Die Hauchfiguren entstehen durch eine einzelne elektrische Entladung, und sind nach dem Stoffe der Platte, auf der sie gebildet werden, verschieden geformt. Auf Harzen sind sie bandförmig, auf Metallen kreisförmig, auf Glas und Glimmer vielfach verästelt.

Die Hauchbilder entstehen durch abwechselnd in entgegengesetzter Richtung erfolgende Entladungen. Sie sind nach dem Stoffe der Platten nicht verschieden; eine unwesentliche Verschiedenheit (die stärkere oder geringere Trübung der Bildfläche) wird durch die Reinheit der Platten bedingt.

Unmittelbar sichtbare Zeichnungen.

Die Farbenstreifen ¹⁾ entstehen durch eine heftige elektrische Entladung auf der Oberfläche von Glimmer oder weichem Glase; sie erscheinen als gefärbte, von zwei scharfgezeichneten dunkeln Linien eingefasste Bänder.

Die Priestley'schen Ringe ²⁾. Wenn mehrere Entladungen einer Batterie zwischen einer Spitze und einer polirten Metallfläche statt finden, so entstehen auf der letztern mehrere gefärbte concentrische Kreise durch Oxydation des Metalls.

Die festen Bilder entstehen auf jeder Platte durch eine Reihe von Entladungen in abwechselnder Richtung, die nach Entstehung des vollkommeneu Hauchbildes eine längere Zeit fort dauern (§. 25).

Die elektrolytischen Bilder entstehen auf Papieren, die mit einer geeigneten zersetzbaren Flüssigkeit getränkt sind, durch eine Reihe von abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Entladungen, von welchen nur *die* Hälfte wirksam ist, bei welcher sich eine bestimmte Elektrizitätsart auf das Papier entladet.

1) Repertorium der Physik, Bd. 6, S. 182.

2) Priestley's Geschichte der Elektrizität (v. Krünitz), S. 468.

Mit dieser Uebersicht schliesse ich die allgemeine Untersuchung der elektrischen Figuren und Bilder, da ich die verschiedenen Arten derselben streng von einander geschieden und mit den bekannten Wirkungen der Elektricität und der elektrischen Entladung in Zusammenhang gebracht zu haben glaube, einige noch nicht berührte Fragen aber, wie die über die Natur der die Platten deckenden fremden Schicht, in ein anderes Gebiet verweisen darf. Ich habe nun einige Muthmassungen mitzutheilen über einen bereits (§. 10) erwähnten Gegenstand, der, von höchstem Interesse für die ganze Elektricitätslehre, bisher in tiefes Dunkel gehüllt geblieben ist.

VIII. Ueber die Formverschiedenheit der Staubfiguren und die Ursache derselben.

§. 29.

Es ist bisher behauptet worden, dafs wenn Elektricität von einem Körper auf eine isolirende Platte übergeht, auf dieser die charakteristischen Staubfiguren gebildet werden. Ist positive Elektricität übergegangen, so soll sich dieselbe mit Strahlen und Zacken ausbreiten; ist es negative, so soll sich diese zu Scheiben und Perlen abrunden. Ich habe ausserdem für diese Figuren gezeigt, dafs bei gleicher Elektricitätsmenge die positive Figur einen viel gröfsern, nahe siebenfachen Raum auf der Platte einnimmt, als die negative. Aber die ausgesprochene Bedingung zur Bildung der Figuren ist nicht genügend und schon in der vorstehenden Untersuchung sind mehrere Fälle angedeutet worden (§. 13. Vers. 8—10), wo Elektricität an Pechplatten überging, ohne Staubfiguren zu bilden. Als ein Staubbild unter dem positiven Pole der trocknen Säule erzeugt wurde, erschienen bei der Bestäubung neben dem rothen Bilde einige gelbe unregelmässige Flecke, und ebenso unter dem negativen Pole rothe Flecke neben dem gelben Bilde. Bestäubt man zwei Bilder, die unter beiden Polen der Säule entstanden sind, mit *Semen lycopodii*, so sind diese Flecke, obgleich sie von entgegengesetzten Elektricitätsarten herrühren, durch-

aus nicht zu unterscheiden. Man kann diese Flecke auch allein, ohne Staubbilder, erhalten.

Versuch 31. Eine Leydener Flasche mit großer Kugel wurde mit positiver Elektrizität geladen und horizontal auf einem Tische befestigt; unter und neben der Kugel wurden einfache Pechplatten befestigt in einer solchen Entfernung, daß auf sie kein Funke übergehen konnte. Als nach 30 bis 70 Minuten die Platten abgenommen und bestäubt wurden, erschien auf ihnen eine große Menge rundlicher gelber Flecke in unregelmäßiger Vertheilung, die keine Spur einer strahligen Ausbreitung zeigten. War die Flasche mit negativer Elektrizität geladen, so erschienen die Flecke roth, sonst aber den frühern völlig gleich.

Hier waren also durch beide Elektrizitäten, die von der Flasche zu den Pechplatten übergingen, Staubzeichnungen ohne Formverschiedenheit gebildet worden. Hätte man den Uebergang der Elektrizität durch unmittelbares Anlegen der Platten an den Knopf der Flasche bewirkt, so würde unfehlbar der erste Versuch gelbe Sonnen, der zweite rothe an einandergereihte Scheiben hervorgebracht haben. Aber die beiden Entladungsweisen sind auch von einander sehr verschieden. Bei Anlegung der Platte an den Knopf geschieht die Entladung mit Funken und Geräusch; es ist eine, von mir so genannte, discontinuirliche Entladung, während in dem 31sten Versuche die Elektrisirung der Platte durch eine licht- und geräuschlose continuirliche Entladung geschah ¹⁾. Dieser merkwürdige Zusammenhang zwischen der Art der Entladung und der Bildung der Staubfiguren findet sich überall bestätigt. Wo eine continuirliche Entladung der Elektrizität statt findet, entstehen keine Staubfiguren, sondern bei längerer Dauer nur die erwähnten Staufflecke; und wo Stauffiguren gebildet worden, läßt sich stets bei einiger Aufmerksamkeit die discontinuirliche Entladung entdecken. Bei Erzeugung der Staubbilder unter der trocknen Säule habe ich stets nur Staufflecke er-

1) Abhandlungen der Academie 1845. Poggendorff's Annalen, Bd. 65, S. 532.

halten, aber auch niemals einen Funken bemerkt; wurden diese Bilder unter dem Knopfe einer geladenen Flasche erzeugt, so fanden sich in den meisten Fällen nur Staubflecke vor; wenn eine Staubfigur erschien, so war durch ein knisterndes Geräusch früher erkannt worden, dafs zwischen Stempel und Pechplatte eine discontinuirliche Entladung statt gefunden hatte. Wir sind also zu dem Satze gekommen:

Elektrische Staubfiguren entstehen nur dann, wenn Elektrizität durch eine discontinuirliche Entladung an eine isolirende Platte gekommen ist.

§. 30.

Lichtenberg hat unter der Glocke einer Luftpumpe Staubfiguren erzeugt und gefunden, dafs die, verschiedener Elektrizitätsart zugehörigen, Figuren sich im Ansehen einander zu nähern scheinen ¹⁾. Die beigegebene Abbildung lehrt aber, dafs er nur eine geringe Verdünnung der Luft angewandt habe; seine positive Figur zeigt noch scharf ausgebildete Strahlen, die nach dem folgenden Versuche, bei stärkerer Verdünnung, gänzlich fehlen.

Versuch 32. Auf eine einfache Pechplatte in einer Glasbüchse wurde das stumpfe Ende eines Drahtes gestellt, der von einer mit positiver Elektrizität geladenen Flasche einen Funken erhielt. Bei vollem Luftdrucke entstand durch die Bestäubung der Platte eine vollständige Sonne mit dichten Strahlen; als die Luft aber bis $27\frac{1}{2}$ Linien Barometerhöhe verdünnt war, durch dasselbe Verfahren ein unregelmäßiger gelber Fleck, der abgerundet, zuweilen mit stumpfen Ecken versehen war. Einmal hatte dieser Fleck die Gestalt einer vollen 8, deren Kreuzungspunkt die Stelle der Drahtspitze markirte. Diese Figuren haben weder Aehnlichkeit mit der positiven Staubfigur, noch sind sie bestimmt charakterisirt. Ganz ebenso verhielt es sich mit der durch negative Elektrizität gebildeten Figur, die unregelmäßig, mit unbestimmten verwaschenen Umrissen erschien. Bei

1) *De nova methodo naturarum ac motum fluidi et. investigandi.* Gott. 1779. *Commentatio posterior* p. 14.

stärkerer Verdünnung (2 bis 3 Linien Druck) entstand keine Art von Zeichnung, die Drahtspitze hinterließ nur einen Punkt auf der Pechfläche, der bei positiver Elektrizität roth, bei negativer gelb, also durch Influenzelektricität gebildet war. Bei den Staubbildern ist schon angeführt worden (§. 14), daß sie in stark verdünnter Luft vollkommen rein erscheinen, weder durch Staubfiguren, noch durch Staubflecke entstellt.

§. 31.

Die Wirkungen einer discontinuirlichen elektrischen Entladung auf ein flüssiges oder luftförmiges Medium sind bekannt; das Medium wird auf dem Wege der Entladung zusammengedrückt, zerrissen und Theile desselben werden mit Heftigkeit nach allen Seiten geschleudert. Bei der Entladung zwischen einer Metallspitze und einer isolirenden Fläche lehren die Hauchfiguren, daß die fremde Schicht, welche die Fläche deckt, an vielen Stellen aufgerissen und entfernt wird; es werden daher Theile dieser Schicht mit Luft gemischt bei der Entladung gegen die Fläche geworfen. Nehmen wir nun an, daß diese Schicht zum Theil aus condensirtem Wassergase bestehe, so folgt, daß bei der Bildung der Staubfiguren feuchte Luft gegen die isolirende Platte getrieben wird. Die Wirkung eines solchen Luftstromes auf die Platte ist aus Faraday's Versuchen zu entnehmen; als derselbe comprimirt, nicht getrocknete Luft gegen Holz- oder Messingstücke strömen ließ, wurden diese negativ elektrisch ¹⁾. Die feuchte Luft verhielt sich ganz so wie feuchter Wasserdampf, mit welchem Faraday eine ausgedehntere Versuchsreihe anstellte, bei der 30 verschiedene Stoffe gebraucht wurden, unter welchen sich Metalle, Seide, Harze, Schwefel, Glas, Bergkrystall befinden. Alle diese Körper, wurden durch den feuchten Dampfstrom, der sie bestrich, negativ elektrisch ²⁾, so daß Wasser als der positivste aller Körper angesehen wird. Unter der obigen Annahme wird demnach jede Platte aus

1) *Experimental researches in electricity, Vol. II. ainea 2130.*

2) *ibidem ainea 2099.*

beliebigem Stoffe dadurch, daß eine discontinuirliche elektrische Entladung sie trifft, negativ elektrisch, und die von der Entladung übrigbleibende Elektrizität hat sich auf einer isolirenden Fläche zu verbreiten, die zugleich negativ elektrisch gemacht wird. Nothwendig wird die Verbreitung und davon abhängige Anordnung der überschüssigen Elektrizität eine andere seyn, wenn diese Elektrizität positiver, als wenn sie negativer Art ist; sie wird sich im ersten Fall leichter und weiter verbreiten, als im letzten. Wir haben gesehen, daß der von der positiven Figur auf der Fläche eingenommene Raum nahe siebenmal größser ist, als der von der negativen eingenommene. Abhängig von dieser verschiedenen Ausbreitung der Elektrizitäten ist die Formverschiedenheit beider Figuren; die zusammengedrückte abgerundete Form der negativen Staubfigur ist für sich klar, während die strahlige Form der positiven die Beachtung erfordert, daß bei ihr die secundär auf der Platte erregte Elektrizität mit der sich darauf verbreitenden ungleichnamig ist und von derselben neutralisirt wird.

§. 32.

Ist es zur Bildung der Staubfiguren nöthig, daß Elektrizität an die Oberfläche einer Platte trete und gleichzeitig diese Oberfläche negativ elektrisch werde, so dürfen da keine Figuren entstehen, wo die zweite Bedingung nicht erfüllt wird. Wir besitzen kein Mittel, Elektrizität auf eine isolirende Platte zu bringen und diese gleichzeitig positiv elektrisch zu machen; aber leicht können wir die Platte dabei unelektrisch lassen. Diefs geschieht, wenn Elektrizität durch Influenz auf einer Platte erregt wird, oder wenn Elektrizität durch continuirliche Entladung durch die Luft an die Platte tritt; wir haben gesehen, daß alsdann niemals Staubfiguren entstehen (§. 29). Die abgerundeten Staubflecke, die in diesen Fällen durch beide Elektrizitätsarten gebildet werden, zeigen die primitive, durchaus gleichmäßige Anordnung beider Elektrizitäten, aus welcher in den übrigen Fällen durch secundäre Wirkung der negativ gewordenen Platte die Staubfiguren sich entwickeln. Dieser

primitiven Form nähern sich die Staubfiguren, die in verdünnter Luft erzeugt werden; mit Verdünnung der Luft nimmt nämlich die elektrische Ladung des Körpers ab, der die Elektrizität auf die isolirende Platte bringt, und damit zugleich die Stärke der Entladung und die mechanische Wirkung derselben. Die Platte wird um so weniger elektrisch, je dünner die Luft um dieselbe ist, und bei hinlänglicher Verdünnung bleibt sie gänzlich unelektrisch; dann aber findet auch keine Entladung der angebrachten Elektrizität auf die Platte statt, und sie erhält Elektrizität nur durch Influenz (§. 30).

Der Feuchtigkeitszustand der Luft scheint auf die Bildung der Staubfiguren keinen Einfluss zu haben. Als in eine luftdichte Büchse von 8,6 Cubikzoll Inhalt 15 Grammen Chlorcalcium gebracht waren, konnte nach 46 Stunden auf einer von der trocknen Luft umgebenen Pechplatte eine vollkommene positive Staubfigur erzeugt werden.

§. 33.

Die versuchte Erklärung der Formverschiedenheit der Staubfiguren giebt zugleich die Erklärung jener Erscheinung, die unter dem Namen des Lullin'schen Versuches bekannt ist. Bringt man eine Spielkarte in dem Schließungsbogen einer Batterie zwischen zwei Spitzen so an, daß die Spitzen beide Flächen der Karte berühren und 1 Zoll von einander stehen, so geht der Entladungsfunke stets über *die* Fläche, welche von der positiv elektrischen Spitze berührt wird, und durchbohrt dieselbe an einer der negativen Spitze gegenüberliegenden Stelle. Tremery zeigte, daß, wenn der Versuch in verdünnter Luft angestellt wird, die Durchbohrungsstelle sich desto mehr von der negativen Spitze entfernt, je dünner die Luft ist und bei gehöriger Verdünnung in der Mitte zwischen den Spitzen liegt.

Ich habe in einer frühern Untersuchung gezeigt, daß jede Entladung aus einer großen Menge von Partialentladungen besteht, die in kurzer Zeit auf einander folgen. Man nehme an, daß in dem beschriebenen Versuche die

ersten Partialentladungen an beiden Spitzen statt finden und durch ihre mechanische Wirkung die Flächen der Karte in der Nähe der Spitzen negativ elektrisch machen, so werden die nächsten Entladungen von der Spitze aus, welche positive Elektricität abgiebt, sich immer weiter auf der Kartenfläche gegen die negative Spitze hin verbreiten können, während an dieser die Entladungen auf einen kleinen Raum beschränkt bleiben. Nach Verdünnung der Luft geschehen die Entladungen nicht mehr an der Oberfläche der Karte, sondern über derselben, die Bedingung zur negativen Elektrisirung der Kartenflächen fällt fort und die Entladungen können von beiden Spitzen aus gleichmäÙig fortgehen, so daß sie auf den entgegengesetzten Flächen eine nahe gleiche Ausdehnung erhalten.

II. *Untersuchungen über Vertheilung und Bindung der Elektricität;* *von P. S. Munch af Rosenschöld.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Verhandlungen der K. Schwed. Acad. der Wissenschaften (f. d. J. 1845), welche diesen Aufsatz mit dem Lindbom'schen Preise gekrönt hat.)

Wenn ein Körper keine elektrische Erscheinungen äußert, oder mit andern Worten nicht elektrisirt ist, so ist in ihm, nach Symmer's Hypothese, positive und negative Elektricität in gleicher Menge vorhanden. Man hat jedoch nicht nöthig anzunehmen, daß beide Elektricitäten, etwa durch eine Art von chemischer Verwandtschaft, eine Verbindung eingehen, durch welche ihre anziehenden und abstoßenden Wirkungen aufgehoben werden. Denn stellt man sich nur vor, daß die Verbreitung beider im Innern des Körpers dieselbe sey, so werden die Wirkungen der positiven Elektricität auf einen innerhalb oder außerhalb des Körpers befindlichen Punkt, genau aufgehoben durch die Wirkungen der negativen Elektricität auf denselben