X. Ueber die künstliche Herstellung von Blitzröhren; von Dr. W. Rollmann in Stralsund.

Alle die mannigfachen Erscheinungen, welche der Blitz beim Niederfahren zur Erde uns zeigt, hat man im Kleinen nachzuahmen verstanden. »Es giebt nur einen Fall, sagt Arago, wo der Physiker nicht erzeugen kann, was die Natur mit so viel Leichtigkeit hervorbringt; er kann den Blitz in Kugelform nicht entstehen lassen, er kann jene kugelförmigen Anhäufungen von Materien nicht hervorbringen die sich langsam bewegen, ohne die Eigenschaft zu verlieren als Blitze die Körper zu treffen.« Lassen wir diese feurigen Kugeln, die, wie der Herausgeber der deutschen Ausgabe von Arago's Werken sagt, zum Theil wenigstens nur auf subjectiven Lichterscheinungen beruhen, bei Seite, so finden wir unter den vielen anderen Nachahmungen der Blitzwirkungen noch ein Unicum, das ist die Herstellung von Blitzröhren.

Als die bekannten Untersuchungen des Dr. Fiedler über die Blitzröhren der Senner Heide vor etwa 40 Jahren in der pariser Akademie mitgetheilt wurden, fand man den Versuch nicht unnütz, diese Erscheinung mittelst Hindurchleitung des Schlages einer Elektrisirmaschine durch nicht gar zu schwer schmelzbare Materien künstlich hervorzu-
bringen.

Es vereinigten sich demzufolge, wie in diesen Annalen Bd. 13, S. 117 zu lesen, Hachette und Savart mit Beudant, um im *Conservatoire des Arts et Métiers* mit der Batterie im Charles'schen Cabinet, der stärksten in Paris, den Versuch anzustellen.

Die Aushöhlung eines Ziegelsteins wurde mit Glaspulver gefüllt und dadurch der Schlag geleitet. Man erhielt auf diese Weise Röhren, welche den in der Natur vorkommenden und dem Blitze zugeschriebenen völlig ähnlich waren, nur dafs sie im Verhältnifs zu den Mitteln kleinere Dimen-

sionen besaßen. Eine Röhre z. B. besaß die Länge von 25 Mllm. Der von einem Ende bis zum andern unregelmäßig abnehmende Durchmesser betrug 3 bis $1\frac{1}{2}$ Mllm., der innere $\frac{1}{2}$ Mllm. Nach einem Zusatze von etwas Kochsalz zum Glase betrug die Länge einer anderen Röhre 30 Mllm., der äußere Durchmesser im Mittel $4\frac{1}{2}$ und der innere 2 Mllm. Versuche mit gepulvertem Feldspath und Quarz gelangen nicht.

Spätere Versuche zur Darstellung dieser Röhren sind mir nicht bekannt. Vielleicht hat Manchen die starke Batterie von Charles zurückgeschreckt, deren Größe allerdings nicht genauer angegeben ist.

Es schien mir nun, da auch die pariser Akademiker den schwer schmelzbaren Sand mit Glaspulver vertauschten, angebracht, den Versuch mit noch leichter schmelzbaren Körpern zu wiederholen, und ich habe in Folge dessen schon mit einer einzigen Flasche von einem Quadratfuß einseitiger Belegung so gute Erfolge erzielt, daß ich das Experiment zur Herstellug künstlicher Fulguriten für nicht schwieriger erklären muß, als etwa das Einschmelzen eines Metallstreifens auf Glas.

Der Körper, welcher mir von allen untersuchten die besten Resultate lieferte, ist der Schwefel. Ich verwendete Schwefelblumen und zwar ist es für ein sicheres Gelingen nothwendig, daß dieselben gewaschen seyen. Das Schwefelpulver wurde in eine etwa 17 Mllm. weite Glasröhre gefüllt, die beiderseits mit durchbohrten Glasplatten geschlossen wurde, um so den Funken seinen Weg vorzuschreiben. Bei einer Höhe des kleinen Glasgefäßes von nur 13 Mllm. gelang der Versuch gut, es bildeten sich vollkommen Röhren, die innere Schmelzung zeigten. Um dieselben von größerer Länge zu erhalten, vertauschte ich die Glasröhre mit einer anderen von gleichem Durchmesser und 20 Mllm. Länge. Jetzt geschah es aber häufig, daß der Funke das Schwefelpulver nur auf geringe Entfernung oder auch gar nicht durchsetzte, statt dessen an den Wänden des Glases entlang ging, Halbröhren bildend und auf dem Glase eine

glänzende Spur zurücklassend. Ich habe daher Glasröhren nicht weiter verwendet, sondern einen anderen geräumigeren Apparat verwendet, der sich bewährt hat.

Derselbe besteht aus einem kleinen Trinkglase, welches sich nach oben schwach konisch erweiternd, einen mittleren Durchmesser von etwa 55 und eine Tiefe von 85 Milm. hat. Der Boden ist in der Mitte durchbohrt und in das Loch ist ein Metallstift eingekittet, dessen unteres Ende mit der Bodenfläche abschneidet. Auf eine kreisrunde ebenfalls durchbohrte Glasscheibe, die sich bis fast zum Boden des Glases schieben läßt, ist ein Metallstäbchen gekittet, dessen Enden durch die Bohrung der Platte geht. Das Metallstäbchen trägt oben eine kleine Kugel, die noch aus dem Glase herausragt, wenn die Glasplatte ihren tiefsten Stand hat. Zur Führung des Stäbchens ist das Glas mit einem durchbohrten Deckel aus Kamm-Masse versehen. Die in dießes Glas geschütteten Schwefelblumen packt man durch Aufklopfen dicht, setzt die Glasplatte auf den Schwefel und leitet dann durch das Glas, welches natürlich auf leitender Unterlage stehen muß, den Schlag der Flasche oder Batterie. Ist das geschehen, so setzt man das geöffnete Glas umgekehrt auf einen Bogen Papier. Es senkt sich dann bei passend starkem Klopfen auf das Glas die ganze Schwefelmasse langsam herab, so daß man die Röhren leicht herausbringen kann. Meist erhält man von dem dünnwandigen sehr zerbrechlichen Röhrchen nur Stücke. Doch habe ich sie bei vorsichtiger Behandlung bis zu 50 Milm. Länge auch unversehr erhalten.

Da ich bei diesen Versuchen sehr häufig Entladungen der Flasche oder Batterie vorzunehmen hatte, so liefs ich den Schlag mittelst Selbstentladung durch das Glas gehen. Es läßt sich das bequem ausführen, wenn man bei der Holtz'schen Maschine die eine der beiden unter den Elektroden stehenden Ausziehstangen durch einen kleinen vertikal verschiebbaren Tisch ersetzt, auf den man das Glas stellt. Wenn die Elektrokugel den Knopf des Glases berührt, der Entladungsstrom also außer dem Schwefel nur metalli-

sche Leiter zu durchlaufen hat, ist auch der sonst so laute Knall der die Luft durchbrechenden Elektrizität nicht mehr zu hören; man vernimmt nur einen unbedeutenden Knack oder Ruck.

Bei Anwendung einer Flasche von einem Quadratfuß einseitiger Belegung habe ich Röhren von 50 bis 60 Mllm. Länge erhalten bei einer innern Weite von etwa 2 Mllm. Vier der genannten gleiche Flaschen, zur Batterie verbunden, lieferten, wie zu erwarten war, keine längeren Röhren, doch war ihr Durchmesser etwa der doppelte. Längere Röhren erhielt ich, als ich die vier Flaschen zu einer Säule verband, also Cascadenströme benutzte.

Da es gleichgültig ist, welche Elektrizität man auf der äußeren oder inneren Belegung einer Flasche anhäuft, und da die Drahtverbindung des Knopfes der einen Flasche mit der äußeren Belegung der folgenden nicht gerade bequem ist, so habe ich eine andere Art der Aufstellung für die Flaschensäule gewählt, als die gebräuchlichste, welche bei Biot und Anderen abgebildet ist. Es seyen $i_1 i_2 i_3 i_4 \dots$ die inneren und $a_1 a_2 a_3 a_4 \dots$ die äußeren Belegungen von Flaschen, so wird die bekannte Verbindung der Belegungen zur Flaschensäule durch das Schema:

angedeutet, während meine Verbindungsweise die folgende ist:

Die inneren Belegungen werden also abwechselnd + und — Elektr. enthalten und ebenso die äußeren. Jede Flasche steht auf einem Glasteller. Die Verbindung der inneren

Belegungen ist die gewöhnliche bei der Batterie angewandte. Zur Verbindung der äußeren Belegungen dient ein passend gekrümmter federnder Draht, welcher auf dem Rande der Teller ruht. Bei gerader Flaschenzahl hat man die erste und letzte innere Belegung (oder nach Belieben die entsprechenden äußeren) zur Verbindung mit den Elektroden der Maschine frei.

Bei Benutzung des Cascadenstroms von vier Flaschen, die zu zwei Elementen verbunden waren, erhielt ich in dem Schwefelpulver Blitzröhren von einer Länge, wie sie das oben beschriebene Glas erlaubte, nämlich 80 Mllm. Ihr innerer Durchmesser war etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Mllm. Eine Verbindung der vier Flaschen zur Säule aus vier Elementen gab in sofern weniger günstige Resultate, als die Röhren geringere Dicke hatten.

Die Röhren sind unregelmäßig hin- und hergekrümmt und überall ziemlich von gleicher Weite, falls sie einfach sind. Es tritt aber auch der Fall ein, daß sie sich verästeln und somit die Form der natürlichen Blitzröhren nachahmen. Die Aeste verlaufen in Spitzen oder vereinigen sich auch wieder zu einer stärkeren Röhre. Die Verästelung tritt häufiger ein, wenn man die eine der beiden Spitzen, zwischen denen der Funke überschlägt, durch eine leitende Platte ersetzt, also das in der Natur vorkommende Verhältniß nachahmt. Es theilt sich dann sehr oft die Röhre in größerer oder geringerer Entfernung von der Spitze in Aeste, die meistens die Platte erreichen, mitunter aber auch blind endigen. Im Querschnitt sind die Röhren rund, zeigen sich innen glatt durch Schmelzung und haben außen das pulverige Ansehen der Schwefelblumen. Die mit einer Flasche erzeugten engeren Röhren sind dünnwandig und nach außen gut gerundet. Die mit der Batterie hervorgebrachten weiteren haben dickere Wände, sind oft weniger gut gerundet, haben außen unregelmäßige Längsfurchen oder sind stumpfzackig und knorrig. War der Schwefel locker gepackt, so zeigen sich auch Längsspalten, ja es erscheint dann die Röhre oft nur wie ein Netzwerk

von Stäbchen. Je lockerer das Schwefelpulver aufgeschichtet ist, desto weiter werden die Röhren.

Die verschiedene Beschaffenheit der Röhren erinnert an Fiedler's Beschreibung der Blitzröhren: »Alle Blitzröhren mit starken Seitenwänden haben stets eine zackige, knorrig-e Aufsenseite. . . . Blitzröhren, welche in ihrer ganzen Länge nur dünne Seitenwände haben, zeigen stets eine gerundete Aufsenfläche und eine rundere innere Höhlung. . . . Dafs zwischen den Blitzröhren, welche in ihrer ganzen Länge nur dünne und aufsen rundere Seitenwände haben und den Blitzröhren mit stärkeren und aufsen zackigen und knorrigen Seitenwänden eine Verschiedenheit in Absicht der $\pm$ Elektr. stattgefunden habe, läfst sich' zwar vermuthen, aber nicht nachweisen. Bei denen mit zackigen knorrigen Aufsenseiten sind alle Nebenäste meist gerundeter von aufsen und haben dünne Seitenwände, auch werden sie nach dem Ende zu meist runder: hier scheint also eine abnehmende Intensität des elektrischen Feuers zu Grunde zu liegen. Dafs diese nach dem Ende zu stattfinden mußte, zeigt der hier augenscheinlich immer leitender werdende Sand, aber auch bei Seitenästen ging ja auch nur ein Nebenfunke aus dem Hauptstrahle.«

Dafs die verschiedene Beschaffenheit der Röhren von der Intensität des elektrischen Schlages abhängt, hat, wie oben gezeigt ist, Fiedler richtig vermuthet. In Betreff der $+$ oder $-$ Elektr. habe ich keinen Unterschied wahrnehmen können.

Führt man mehrere Entladungen nach einander durch den Schwefel, so sollte man glauben, der zweite Schlag würde den Weg aufsuchen, welchen der erste gebahnt, doch habe ich das nur so gefunden, wenn der Weg durch die zu durchbohrende Schwefelmasse nicht zu lang war; befand sich dagegen eine hohe Schwefelschicht im Glase, so trat das Gegentheil ein und ich erhielt beim Nachsuchen ein ganzes Bündel Röhren, die nach den Spitzen hin zusammenliefen. War nach mehreren Entladungen nur eine Röhre vorhanden, so war dieselbe viel weiter als sonst,

von unregelmäßigem Querschnitt und nicht fest genug, um herausgenommen zu werden.

Läßt man die Glasplatte nicht auf dem Schwefel ruhen, sondern stellt sie etwa 1 Centim. darüber fest, so muß der elektrische Funke aus der obern Spitze in das freiliegende Pulver schlagen. An der Stelle, wo das geschieht, bildet sich dann eine trichterförmige Erweiterung ohne sichtbare Schmelzung, deren Fortsetzung eine innen geschmolzene Röhre bildet. Den Blitzschlag hat man auf freiem Felde nur selten auf frischer That ertappt; wo es indess geschehen, hat man auch in mehreren Fällen den genannten Trichter beobachtet. Am 17. Juli 1823 schlug der Blitz zu Rauschen in Ostpreußen längs dem Stamme einer Birke in die Erde. Professor Hagen zu Königsberg untersuchte die Sache wenige Tage darauf. Er fand am Fuße der Birke zwei Löcher. Das eine ging kaum einen Fuß nieder und bis zu dieser Tiefe zeigte sich Nichts der Beachtung Werthes, gleich darauf aber erschien die Blitzröhre. Auf die zweite Oeffnung, die der Blitz in die Erde gebohrt hatte, folgte keine Blitzröhre. — Den 29. April 1825 schlug der Blitz bei dem in der Senne gelegenen Dorfe Augustdorf in ein Roggenfeld. Die Stelle wurde von einem dasigen Einwohner an dem daselbst aufsteigenden Rauche bemerkt. Am 3. Juni 1825 begab sich Hr. Hentzen, in Begleitung zweier anderen Herren, nach jener Stelle. Beim vorsichtigen Nachgraben fand sich, daß das Loch, welches der Blitz gemacht, 9 bis 10 Zoll im Durchmesser und 3 bis 4 Zoll Tiefe hatte. In der Dammerde wurden nur einzelne kleine Stücke zusammengesinterter Erde gefunden. Gleich unter dieser aber, wo der reine Sand anfang, zeigte sich die Röhre in der Dicke eines halben Zolles.

Die vereinzeltten Wahrnehmungen, daß natürliche Blitzröhren stellenweise durch Eisen grün und durch Manganoxyd blau gefärbt erscheinen, verbunden mit den Beobachtungen van Marum's, daß durch elektrische Entladungen, Metalloxyde zersetzt werden, legten den Gedanken nahe

dem Schwefel ebenfalls fremde Beimischungen zu geben. Ein Zusatz von Metallen oder metallischen Verbindungen hinderte auch nicht die Entstehung der Röhren und gab in vielen Fällen Veranlassung zur Bildung von Schwefelmetallen. Durch Hinzufügung geringer Mengen von Eisen, Eisenoxyd, Quecksilberoxyd, Schwefelquecksilber, Bleiglätte wird die Röhre innen geschwärzt. Schwefelantimon (Grauspiessglanzerz) färbte das Innere der Röhre rothbraun. Zinkweifs und Braunstein veranlafsten keine Färbung. Ohne den Erfolg zu beeinträchtigen, kann man die Quantität der metallischen Zusätze bedeutend vermehren. Als dem Schwefel $\frac{1}{5}$ seines Gewichtes Eisen zugemischt war, erhielt ich noch gute Röhren, die gegen solche aus reinem Schwefel eine etwas erhöhte Festigkeit zeigten.

Aufser in Schwefel habe ich die elektrischen Röhren (man könnte sie so nennen zum Unterschiede von den Blitzröhren) auch in anderen Pulvern darzustellen versucht, aber nur mit halbem Erfolge. In allen dem Versuche unterworfenen Substanzen erhielt ich zwar Röhren, aber sie hatten keine festen Wände, waren also nicht viel anders beschaffen, als Löcher, die man durch Einstossen eines Pfriems in das Pulver bilden kann. Bei etwas backendem Pulver waren die Wände der elektrischen Röhren matt-cylindrisch geformt, beim Gegentheil oft theilweis wieder zusammengestürzt. Von Harzen wandte ich an: Colophonium, Asphalt und Bernstein. Namentlich das erste gab eine wohlgebildete Röhre, deren Wände leicht geschwärzt aber ohne sichtbare Schmelzung waren. Ferner gebrauchte ich: Glas, Smalte, Bleiweifs, Bleiglätte, Zinkweifs, Talk, Zucker und geschabtes Stearin. Glas, mit etwas Kochsalz gemischt, gab Spuren von Schmelzung; Bleiweifs zeigte einen leichten grauen Anflug; Stearin lieferte Röhren mit gut geschmolzenen Wänden, sie waren aber aus der übrigen Masse nicht loszulösen. Wiederholte Entladungen erweiterten die Röhren in den genannten Pulvern, brachten aber bei schlecht stehenden Wänden diese zum Theil zum Einsturz, so dafs sich der untere Theil der Röhre wieder aus-

füllte. Bei solchen Substanzen, die etwas leitend sind, ist die Selbstentladung der Batterie nicht anwendbar.

Beim Bilden der Röhren ist offenbar dem elektrischen Funken außer seiner chemischen Wirkung noch eine zweifache Thätigkeit zuzuschreiben. Er reißt den Isolator mechanisch nach allen Seiten auseinander und schmilzt durch seine Hitze die Wände des gebildeten Kanales. Kann das Pulver beliebig ausweichen, wie bei der oben erwähnten Trichterbildung, dann tritt die Schmelzung nicht ein.

Auffallend sind die Verzweigungen, zu denen in der homogenen Masse der Schwefelblumen ein Grund wohl nicht liegen kann. Schlug der Funke im Glase zwischen Spitzen über, so waren, wenn sich überhaupt Aeste bildeten, diese stets dem Boden zugerichtet. Da nun oben bereits gesagt ist, daß ein Vertauschen der einen Spitze mit einer leitenden Scheibe die Bildung der Verzweigungen befördert, und diese stets der Platte zugewandt sind, so muß auch die metallne Tischplatte, auf der das Glas beim Entladen stand, die Verzweigung und deren Richtung veranlaßt haben. Legt man etwa mitten in die Schwefelmasse einen Stanniolstreifen, welcher indess den Wänden des Glases mit seinem Rande nicht zu nahe kommen darf, weil sonst sich der Entladungsschlag leicht seinen Weg am Glase entlang sucht und so halb cylindrische Röhren bildet; so sind die Aeste von beiden Spitzen aus dem Stanniolblatte zugewendet. Sie treffen von beiden Seiten nicht auf dieselbe Stelle; auch die Zahl der Aeste, welche von unten und oben die leitende Scheibe treffen, ist verschieden. Wo sie auf dem Stanniol enden, ist derselbe wie mit einer stumpfen Spitze eingedrückt, zeigt einen Fleck von Schwefelmetall und ist auch bei starken Aesten durchbohrt mit aufgeworfenem Rande.

Man kommt bei den Verzweigungen unwillkürlich auf die Idee, sie seyen durch die Partialentladungen veranlaßt. Oben habe ich erwähnt, daß wiederholte Entladungen im Schwefel nicht immer denselben Weg wählen. Ja wenn ein erster Schlag durch das Pulver gegangen war, so wählte oft bei unveränderter Stellung des Apparats der folgende

den längeren Weg durch die Luft, so daß die Elektroden erst weiter von einander entfernt werden mußten, um eine zweite Röhre zu erhalten. Es schien mir daher möglich, daß man zwischen zwei Stanniolblättchen die Aeste ganz von einander getrennt oder mit anderen Worten mehrere Röhren nebeneinander durch einen Schlag erhalten könne. Ich habe indessen diese Vermuthung nicht bestätigt erhalten. Trotzdem bleibt es aber wohl wahrscheinlich, daß der Grund für die Bildung der Verzweigungen in den Partialentladungen liegt.

Zum Schlufs sey auch noch der Wirkung des rothen, durch Einschalten eines nassen Fadens erhaltenen, Funkens gedacht. Liefs ich den rothen Funken aus einiger Entfernung auf die glattgedrückte Fläche des Schwefelpulvers schlagen, so zeigte sich eine kleine geschmolzene Stelle, und zwar, der bekannten Wirkungsweise des Funkens entsprechend, ohne merkbare Zerstreuung des Pulvers, ohne Trichterbildung. Diese Stelle ist der Anfang eines Fadens von geschmolzenem Schwefel, der sich leicht aus der Masse herausnehmen läßt. Die Batterie von vier Flaschen (nicht Säule) gab einen unregelmäßig gekrümmten Faden, der bei einer Länge von 18 Mllm. etwa 0,5 Mllm. Dicke hatte. Es ist dieser Faden viel fester als eine elektrische Röhre von ungefähr gleicher Dicke, die mittelst der Röhrenflasche erzeugt war. Die dünne Röhre zeigte ihre Höhlung sehr leicht, während ich in dem Gebilde, welches durch den rothen Funken hervorgebracht war, auch mit scharfer Lupe keinen inneren Kanal entdecken konnte. Ich halte daher den Faden für massiv und sehe darin eine interessante Bestätigung der von Zündungsversuchen her bereits bekannten Wirkung der verzögerten Entladung.

Es erinnern diese geschmolzenen Fäden an die in den sandigen Ebenen von Bahia gefundenen Blitzröhren, über welche Dr. Schwägerichen (Gilb. Ann. Bd. 61, 1819, S. 259) berichtet. Sie sind gleichfalls nicht hohle Röhren, sondern unregelmäßig und tief gefurchte, kantige Stücke mit starker Verglasung. Ob die geschmolzenen Schwefelfä-

den eine ähnliche Form haben, liefs sich bei ihrer geringen Dicke und wegen des anhängenden Schwefelpulvers nicht recht erkennen. Bei Anwendung einer stärkeren Batterie, als sie mir zu Gebote stand, würde sich das wohl unschwer entscheiden lassen.

**XI. *Pseudoskopische Erscheinungen;*
von Dr. W. Rollmann in Stralsund.**

Die HH. Sinsteden und Mohr haben im CXI. Bande dieser Annalen die Täuschung besprochen und erklärt, welche eine aus der Ferne gesehene Windmühle in Bezug auf ihre Umdrehungsrichtung zuläfst, falls man die Mühle entweder senkrecht zur Radfläche oder auch schief, von der Seite her, ansieht. In beiden Fällen kann man die Bewegung der Flügel leicht umkehren. Die Wendung der Silhouette, wie Mohr das Bild der Mühle passend bezeichnet, wird unmöglich, wenn man sich so weit annähert, dafs man die Flügel vor dem Thurme oder umgekehrt erkennt.

Es läfst indessen die kurz angedeutete Erscheinung noch einige Erweiterungen zu.

Nimmt man nämlich eine solche Stellung zur Mühle ein, dafs Flügel und Thurm nicht vor einander erscheinen können, sondern neben einander liegen, so gelingt es schon in weit gröfserer Nähe, die Umkehrung der Drehung wahrzunehmen, trotzdem dafs man an der Mühle viel Detail und keineswegs eine blofse Silhouette erblickt. Man mufs nur eben nicht gerade die Drehungsaxe fixiren, weil diese das Vorn und Hinten wieder zeigen würde. Dafs der Thurm dann an der eintretenden Wendung nicht Theil nimmt, ist selbstverständlich.

Befindet man sich nahezu in der Drehungsebene der Flügel, so kann man eine noch auffallendere Täuschung