

Ueber
elektrische Figuren pulverartiger Körper
in isolirenden Flüssigkeiten und eigenthümliche
polarunterschiedliche Anhäufungen beider unter
dem Einfluss strömender Elektrizität.

(Hierzu Tafel V.)

Von

Dr. **W. Holtz.**

Die nachfolgenden Versuche sind von mir vor längerer Zeit bereits, freilich nur andeutungsweise, an einem andern Orte besprochen*). Inzwischen habe ich mich bemüht, dieselben zu vervollständigen und die am meisten charakteristischen Erscheinungen in einer Reihe von Abbildungen zu fixiren. Eine speciellere Betrachtung möchte um deswillen wohl erwünscht sein, weil die Versuche so einfach sind, dass sie Jeder leicht mit geringen Mitteln wiederholen kann, während andererseits die fraglichen Erscheinungen durch ihre Verwandtschaft mit anderen noch ungelösten Problemen ein grösseres Interesse beanspruchen dürften.

Literatur.

Elektrische Figuren pulverartiger Körper sind meines Wissens bisher nur in luftförmigen Medien beobachtet, und hier sind es die sogenannten Lichtenberg'schen Figuren, denen namentlich eine grosse Zahl von Untersuchungen gewidmet ist. Dieselben galten in der gewöhnlichen Art ihrer Darstellung lange als ein sicheres Unterscheidungszeichen

*) Poggendorff, Annalen, Ergänzungsbd. 7; 1876.

der beiden Elektricitäten, bis von Bezold zeigte, dass man die ringförmige Figur durch Verzögerung der Entladung mehr oder weniger vollkommen mit beiden Elektricitäten gewinnen könne*). Freilich war schon früher von Schneider, aber unter eigenthümlichen Versuchsbedingungen, constatirt, dass wenn auch nicht die gewöhnliche strahlenförmige, so doch eine formell verwandte Figur gleichfalls mit beiden Elektricitäten zu gewinnen sei**)

Ueber Bewegungen von Flüssigkeiten unter den Einfluss strömender Elektricität liegen eine grosse Zahl von Abhandlungen vor, wenn wir die bekannten Erscheinungen der „Endosmose“ mitrechnen wollen. Hiervon sehe ich jedoch ab, da es sich im Folgenden weder um eine galvanische Strömung, noch um besser leitende Flüssigkeiten, noch um die Abschliessung zweier Flüssigkeitshälften durch Diaphragmen handeln soll. Viel näher dem Folgenden stehen die Versuche von Quincke, welcher neben galvanischen auch reibungselektrische Ströme wirken liess und neben besser leitenden auch mehr oder weniger isolirende Flüssigkeiten benutzte, welche in enge Glasröhren eingeschlossen, aber durch kein Diaphragma geschieden waren***). Derselbe fand, dass sich die Flüssigkeit nicht immer im Sinne der positiven Elektricität, wie man bisher annahm, sondern je nach ihrer eigenen und der Natur der Röhrenwand auch im entgegengesetzten Sinne bewege, und dass die bewegte Menge im Uebrigen, wie es Wiedemann schon für die „Endosmose“ erwiesen †), in gleichem Verhältniss mit der Stromintensität und dem Widerstande der Flüssigkeitssäulen wachse.

Derselbe Forscher untersuchte gleichzeitig die durch strömende Elektricität bewirkte Bewegung respective Fortführung von in Flüssigkeiten suspendirten pulverartigen Substanzen, und fand, dass auch diese je nach ihrer eigenen und der Natur der Flüssigkeit sowohl im Sinne der positiven Elektricität, als in entgegengesetzter Richtung fortführbar seien.

*) Poggendorff, Annalen, Bd. 141, 1861.

**) De figuris electricis; dissertatio; Bonn, 1840.

***) Poggendorff, Annalen, Bd. 113, 1861.

†) Wiedemann, Galvanismus, 1, S. 378.

Auch bei diesen Versuchen wurden galvanische, wie reibungselektrische Ströme, leitende wie mehr oder weniger isolirende Flüssigkeiten, und zur Aufnahme letzterer, wie oben, enge Glasröhren benutzt.

Zur Erklärung gedachter Erscheinungen glaubt Quincke annehmen zu sollen, dass sich in den beweglichen Theilchen fortwährend Contactelektricität erzeuge, in den Flüssigkeitstheilchen durch ihre Berührung mit der Röhrenwand, in den suspendirten pulverartigen Substanzen durch ihre Berührung mit der Flüssigkeit, in welcher sie schwimmen. Ein solcher gestalt elektrisirtes Theilchen werde voraussichtlich in demselben Sinne fortgetrieben, als die gleichnamige Elektricität der äussern Elektricitätsquelle die Flüssigkeitssäule durchströme.

Von einer weiteren Betrachtung der Quincke'schen Versuche meine ich Abstand nehmen zu dürfen, da es sich im Folgenden weniger um eine Fortführung beweglicher Theilchen, als vielmehr ihre eigenthümliche Gruppierung in der Nähe der Elektroden handeln soll, auch die hier vorliegenden Versuchsbedingungen wesentlich von den dortigen abweichen, sofern ich die betreffenden Substanzen nicht in engen Röhren, sondern in weiten Gefässen der Elektrisirung unterwarf.

Vorbemerkungen.

Zur Elektricitätsquelle bediente ich mich einer gewöhnlichen Influenzmaschine d. h. einer solchen, welche eine constante und nicht etwa eine discontinuirliche Strömung liefert. Disruptive Entladungen dürften möglichst zu vermeiden sein, weshalb man bei den Versuchen auch keine Condensatoren benutzen darf. Andererseits dürfte man die meisten Versuche, wenn auch unbequemer und weniger vollkommen, auch mit einer Reibzeugmaschine anstellen können.

Im Ganzen handelt es sich weder um grosse Quantität noch um hohe Intensität der elektrischen Wirkung. Die meisten Erscheinungen lassen sich ganz im Gegentheil am besten gewinnen, wenn man die Maschine so langsam, als nur irgend möglich dreht. Man wird durchschnittlich das Richtige treffen, wenn man die Kurbel in drei Sekunden etwa

nur eine einzige Umdrehung machen lässt. Wohl aber ist eine Hauptbedingung, dass die Bewegung eine möglichst gleichmässige ist, und dass die Scheibe nicht etwa auf kurze Zeit eine rückgängige Bewegung macht. Um diese Bedingung bei so langsamer Rotation zu erfüllen, ist freilich — bei Anwendung einer Influenzmaschine wenigstens — eine gewisse Uebung erforderlich. Will man bei verschiedener Form der Elektroden ihre Polarität wechseln, so kehrt man den Strom der Maschine in bekannter Weise um, oder man dreht die Kurbel rückwärts, was, auf kurze Zeit wenigstens, dieselbe Wirkung zur Folge hat.

Zur Aufnahme der Flüssigkeit wandte ich Glasgefässe von 6 — 9 Centimeter Weite und je nach Umständen von 3—15 Centimeter Höhe an. Es ist nicht unwesentlich, dass dieselben gute Isolatoren sind; deshalb rathe ich die Versuche nur mit erprobten Gläsern und auch dann nur in geheizten Räumen zu wiederholen. Da isolirende Gläser in der Neuzeit immer seltener werden, so mag es nicht überflüssig sein, auf die Firma Warmbaum & Quilitz in Berlin als Bezugsquelle für gedachte Zwecke zu verweisen. Statt der flachen Glasgefässe kann man sich übrigens auch aushülfsweise dieser oder jener Porzellanschalen und selbst der gewöhnlichen Untertassen bedienen. Der Mangel genügender Höhe oder der Mangel einer graden Bodenfläche tritt hier freilich mancher Erscheinung erschwerend in den Weg.

Leicht verdampfende Flüssigkeiten muss man behutsam eingiessen, auch darf man sie nicht zu lange dem Versuche unterwerfen, wenn sie nicht ihre sonstigen characteristischen Eigenschaften verlieren sollen. Dies geschieht daher, weil sich an ihnen leicht Wasserdampf condensirt, der sie selbst und zugleich die innere Gefässwand ihrer Isolationsfähigkeit beraubt. Durch mehrfaches Umgiessen werden solche Flüssigkeiten natürlich noch in höherem Grade leitend. Zuweilen sind sie es auch schon frisch bezogen, weil der Verkäufer nicht immer absolut reine und trockene Behälter wählt. Eine gewisse Flüssigkeit aber, nämlich Schwefeläther, findet sich nur selten wasserfrei im Handel vor. Man muss für den vorliegenden Zweck ausdrücklich wasserfreie Waare fordern.

Aus ähnlichen Gründen muss man die zu benutzenden

pulverartigen Substanzen, welche ja sämmtlich mehr oder weniger hygroskopisch sind, vor jedem Versuche erwärmen, aber selbstverständlich nicht erhitzen, da sie, theilweise wenigstens, hierdurch andere Eigenschaften gewinnen würden. Die meisten Pulver darf man in der Flüssigkeit nicht längere Zeit aufbewahren, da sie auch dort, wo sie sich nicht auflösen, doch eine gewisse Aenderung zu erfahren scheinen. Sie zeigen sich dann mehr und mehr indifferent, einmal in ihrem Leitungsvermögen, dann in ihrem polarunterschiedlichen Verhalten. Bei einzelnen findet eine derartige Veränderung schon während der kurzen Zeit ihrer Anwendung statt.

Zur Einführung der Elektrizität in die Flüssigkeit sind je nach Umständen verschieden geformte Ueberleiter nöthig. Dieselben wählt man am besten von 4—6 Millimeter Dicke, damit in der Luft zwischen ihnen möglichst keine Ausgleichungen entstehn. Letztere haben einmal den Nachtheil, dass sie die Constanz der Strömung unterbrechen, dann, dass sie bei leicht entzündlichen Flüssigkeiten eine Zündung bewirken können. Will man nur einige oberflächliche Versuche anstellen, so mag man sich gleichwohl gewöhnlicher Drähte bedienen, welche leichter zu beschaffen und bequemer zu formen sind. Sollte bei solcher Gelegenheit eine Flüssigkeit entzündet werden, so braucht man nur vorsichtig die Drähte herauszuheben und die Schale zu verdecken.

Bei manchen Versuchen ist es nicht wohl zu umgehen, dass Flüssigkeitstheilchen durch elektrische Einwirkung staubförmig aus dem Gefässe geworfen werden. Ich möchte nicht unterlassen, daran zu erinnern, dass man unter Umständen die Politur der Maschine vor deren Einwirkungen schützen muss.

Figuren in der Ebene.

Zur Darstellung der hierhingehörigen Erscheinungen ist ein Gefäss von 3—5 Centimeter Höhe am geeignetsten. Man stellt es vor dem Brett der Maschine auf und füllt es zur Hälfte etwa mit der betreffenden Flüssigkeit an. Die Ueberleiter müssen so gebogen sein, dass sie sich in der Luft weiter von einander als in der Flüssigkeit befinden. Am günstigsten ist es, wenn sie überhaupt, also auch innerhalb der Flüssig-

keit ein wenig geneigt zu einander stehen. Man lässt beide Pole für gewöhnlich isolirt und berührt nur gelegentlich den einen oder anderen, um die etwaige Wirkung einseitiger Ableitung zu prüfen. Das Gefäss steht am einfachsten auf der Tischfläche, aber man kann die Erscheinungen auch dadurch variiren, dass man es auf eine isolirende Unterlage stellt. Man kann im einen oder andern Falle auch eine weisse oder schwarze Grundfarbe wählen, damit je nach der Farbe der Pulver die Figur um so deutlicher erscheint. Die Menge des zuzusetzenden Pulvers muss um so kleiner sein, je besser es leitet. Eine Federmesserspitze voll wird durchschnittlich genügen. Von reducirtem Eisen aber wäre es entschieden schon zu viel.

Es sind der Hauptsache nach zweierlei Art von Figuren darzustellen, solche, welche den Lichtenberg'schen, und solche, welche den magnetischen Zeichnungen eines Hufeisenmagneten gleichen. Zur Darstellung jener muss der eine Draht den andern auf dem Boden des Gefässes ringförmig umschliessen, zur Darstellung dieser müssen beide gleichförmig zwei entferntere Punkte der Bodenfläche berühren. Gedachte Unterscheidung ist indessen keine exacte, da im letzteren Falle jeder Leiter für sich eine der ersteren Art mehr oder weniger ähnliche Figur erzeugt. Die zweite Art schliesst also gewissermaassen die erstere Art mit ein. Es documentirt sich neben der gegenseitigen Einwirkung der Leiter hier gleichzeitig die Wirkung jedes einzelnen Leiters nach aussen. Aber die letztere Wirkung wird begreiflicher Weise verringert, wenn man das Gefäss, statt auf eine leitende, auf eine isolirende Unterlage stellt. Würde man bei der Darstellung der Lichtenberg'schen Figuren übrigens eine analoge Anordnung treffen, so würde man statt der gewöhnlichen einfachen Zeichnungen gleichfalls complicirtere Formen gewinnen. Tafel V zeigt die Figuren der ersten Art in den Abbildungen 1, 3, 13 und 14, während wir die Figuren der zweiten Art durch die Abbildungen 6, 8, 10 und 12 wiedergegeben finden.

Die Figuren der ersten Art unterscheiden sich wieder unter sich, und zwar in ähnlicher Weise, als wir es bei den Lichtenberg'schen Figuren kennen. In Fig. 1 und 3 bietet sich unschwer die gewöhnliche ringförmige, in Fig. 13 und

14 die gewöhnliche strahlenförmige dar. Nur theilweise jedoch bestimmt hierüber die Richtung des Stromes, mehr die Stärke desselben oder die Gleichförmigkeit seines Verlaufs. Bei schnellerer Bewegung der Kurbel sind die Pulver durchschnittlich mehr geneigt in einer kreisförmigen Welle den centralen Leiter zu flichen, bei langsamerer mehr sich demselben anzunähern, und sich gleichzeitig in radiale Linien zu formiren. Ausser gedachten Factoren aber entscheidet noch die Natur der Flüssigkeit und besonders die leitende und formelle Beschaffenheit der Substanzen. Sind sie leitender, so ordnen sie sich eher zu Linien an und sind bei rauherer Oberfläche nebenbei eher zur Zweigbildung geneigt. Fig. 1 und 3 stellen Zeichnungen von grobem und feinem Sande, Fig. 13 und 14 solche von Mahagonifeilicht und reducirtem Eisen dar.

In den Figuren der zweiten Art spricht sich im Ganzen dieselbe Gesetzmässigkeit aus, nur dass sich die polaren Unterschiede wegen der Gleichförmigkeit der Leiter hier besser zu erkennen geben. Die polaren Unterschiede aber richten sich eben so sehr nach der Natur der Flüssigkeit als nach derjenigen der Substanzen, und zwar vorwiegend wohl nach ihrer chemischen Constitution. Fig. 6 und 10 können als Typen polarer Indifferenz gelten, während sich in Fig. 8 ein entschieden polarer Character manifestirt. Fig. 12 stellt eine später noch specieller zu betrachtende eigenthümliche Bewegungerscheinung gewisser Schwefelmetalle dar.

Fast allemal beginnt die Bildung einer Figur sofort mit Beginn des Stromes und ist nach ein oder zwei Kurbelumdrehungen in soweit beendet, dass später kaum eine bessere Gestaltung folgt. Gleichwohl ist sie in fortwährender Veränderung begriffen, ohne dass sich jedoch, sofern die Strömung nur constant bleibt, im Wesentlichen der Character derselben ändert. Jene Veränderung besteht einmal in partiellen Schwankungen der einzelnen Partikelchen, wobei sie sich in ihren Linien, gleitend oder hüpfend, ein kleines Stück vor- und rückwärts zu bewegen pflegen, dann in partiellen Schwankungen ganzer Linien, indem sich diese langsam verschieben, oder indem die eine successive in die andere übergeht. Letztere Bewegung ist bei gleicher Form der Leiter gewisser-

maassen eine zwiefache, je nachdem die Linien zwischen beiden liegen, oder nur einem einzelnen angehören. Im ersteren Falle nähern sie sich bald der Mittellinie, bald entfernen sie sich, je nachdem die Strömung schwankt, im zweiten rotiren sie bald in diesem bald in jenem Sinne um den betreffenden Pol. Aber bei einzelnen besonders leitenden Pulvern, oder wenn man deren zu viel nimmt, gewinnt man eine stabilere Form, weil sich die Partikelchen hier zu Linien von vorzugsweise guter Leitungsbeschaffenheit formiren. Gedachte Linien sind alsdann unbeweglich, weil der Strom nur durch sie und nicht mehr durch die Flüssigkeit wandert, werden aber sofort durch einander geworfen, wenn man — mittelst eines Glasstabes etwa — eine derartige leitende Brücke unterbricht. Hält man die Kurbel an, so zerfallen die meisten Figuren wieder sofort, oder nach kurzer Zeit; nur jene von vorzugsweise leitenden Pulvern bleiben — wenn man das Gefäss unberührt lässt — länger erhalten. Einzelne Halbleiter, zumal in grösserer Menge zugesetzt, ballen sich — so lange der Strom passirt — gern zu dicksträhnigen klumpigen Massen zusammen. Bei diesen tritt eine bevorzugte Curvenbildung ausnahmsweise erst nach beendeter Rotation oder bei plötzlicher Berührung beider Ueberleiter ein. Wendet man gleichzeitig verschiedene Pulver an, so herrscht im Ganzen der Charakter der gröbereren Theile vor, zumal, wenn sie gleichzeitig eine bessere Leitungsfähigkeit repräsentiren. Es können aber auch polar indifferente Körper dadurch — wenn auch vielleicht nur scheinbar — zu polar unterschiedlichen werden, dass man neben ihnen eine Substanz von besonderer polarer Unterschiedlichkeit wirken lässt. In Petroleum z. B., wie auch in andern Flüssigkeiten ist Sand oder Schmirgel polar indifferent, was sich namentlich bei der zweiten Art der Figuren durch eine vollkommen symmetrische Gestaltung derselben offenbart (siehe Fig. 6). Setzt man aber Schwefelantimon hinzu, so wird die Form des Bildes dadurch unsymmetrisch, dass sich der freie Raum um den negativen Pol beträchtlich vergrössert. Aehnlich verschieben sich die sonst symmetrischen Curven von Braunstein, wenn noch Zinnober beigegeben wird.

Eine ähnliche Wirkung erzeugt bei polar indifferenten

Stoffen die Ableitung des einen oder andern Poles. Es vergrössert sich der freie Raum um denjenigen, welcher nicht abgeleitet ist. Hier resultirt naturgemäss eine erhöhte Dichtigkeit der Elektrizität, und es muss dieser eine verstärkte forttreibende Wirkung beigemessen werden. In den eben angeführten Beispielen setzen sich Schwefelantimon und Zinnober vorzugsweise an die positive Elektrode an. Da hierbei eine analoge Wirkung entsteht, so mag diese Anhäufung als eine Art Ableitung zu betrachten sein. Wir müssten annehmen, dass Elektrizität bei gedachten Umständen leichter in die betreffende Flüssigkeit überströmen kann.

Bei manchen Stoffen von besonders ausgeprägter polarer Unterschiedlichkeit findet kaum eine figurenartige Gruppierung sondern nur eine Anhäufung an der einen oder andern Elektrode statt. Dies trifft vorzugsweise zu für Bärlappsamen, welches sich bei fast allen isolirenden Flüssigkeiten klumpenartig an der negativen Elektrode sammelt. Nähert man die Drähte mehr, so stellen sich freilich auch bei derartigen Körpern strahlenartige Auswüchse von grösserem oder geringerem Umfange ein.

Figuren im Raume.

Stellt man die Versuche so an, wie es bisher beschrieben wurde, so wird sich, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch vorzugsweise eine Gruppierung auf dem Boden des Gefässes vollziehen. Hierbei wirkt einmal die Anziehung des äussern Gefässbodens oder der respectiven Unterlage, dann das durchschnittlich grössere specifische Gewicht der betreffenden pulverartigen Körper mit. Man kann aber auch räumliche Gebilde darstellen, wenn man höhere Gefässe anwendet und die Ueberleiter so einführt, dass entweder keiner oder nur einer von beiden die Bodenfläche berührt.

Im ersteren Falle verfährt man am einfachsten, wenn man das Gefäss mit einem Glas- oder Ebonitdeckel schliesst, in welchen die beiden Leiter in gehörigem Abstände eingekittet sind. Nimmt man einen Holzdeckel, so muss man dieselben auf genügende Weise mit Glas- oder Ebonitröhren bekleiden. Man wählt am besten kürzere Drähte, welche aber durch Kugeln abgeschlossen sind, und stellt das Gefäss

auf ein Tischchen so, dass letztere die beiden Entladungsstangen berühren. Im zweiten Falle schliesst man das Gefäss gleichfalls mit einem Deckel und womöglich wieder aus isolirender Masse ab, führt aber nur einen Leiter durch die Mitte desselben in die Flüssigkeit hinein. Als zweite Elektrode fungirt hier eine grössere Stanniolscheibe, welche auf der inneren Fläche des für diesen Zweck durchbohrten und mit Leitung versehenen Bodens befestigt ist. Man stellt das Gefäss dann am besten ausserhalb der Maschine auf, so dass die obere Kugel die linke, für diesen Zweck umgewandte Entladungsstange berührt, während die äussere Bodenfläche bei Ableitung der rechten Entladungsstange gleichfalls abgeleitet, oder bei Isolirung derselben durch einen Draht mit dieser verbunden ist. Die erstgenannte Ausrüstung der Gefässe finden wir nur durch Fig. 7, die letztgenannte durch die Figuren 5, 9 und 11 wiedergegeben.

Gewichtigere Stoffe sind von vorneherein von diesen Versuchen ausgeschlossen. Bei andern hilft man einer gleichmässigeren Vertheilung durch vorheriges Schütteln einwenig nach. Leichtere Stoffe heben sich durch die elektrische Einwirkung von selbst, namentlich bei der zweiten Anrüstung der Gefässe, oder sie werden durch die Bewegung der elektrisirten Flüssigkeit allmählig vertheilt. In Fig. 7 und 9 ist die einseitige Anhäufung von Bärlappsamen, in Fig. 5 und 11 die büschelartige Gruppierung von Mahagonifeilicht skizzirt. In letzterer Figur sieht man neben dem eigentlichen Büschel noch einen Kranz senkrechter das Hauptgebilde einschliessender Strahlen. In ersterem spiegelt sich gewissermaassen das Phänomen des positiven Büschels wieder, in letzterem die unverzweigten mehr oder weniger parallelen Ausstrahlungen einer negativen Elektrode. Hier ist jedoch die ganze Erscheinung keine polar unterschiedliche, wie in der Luft, da sie bei verschiedener Stromesrichtung keinen bemerkenswerthen Unterschied repräsentirt.

Die polarunterschiedlichen Anhäufungen für sich betrachtet.

Ich habe bisher nur über die Bildung von Figuren gesprochen und der polarunterschiedlichen Anhäufung der Pulver

nur beiläufig gedacht. Es schien mir richtiger, die letztere unter besonderer Ueberschrift specieller und gemeinsam mit der polarunterschiedlichen Anhäufung der Flüssigkeit zu betrachten.

Die Anhäufung der Pulver an dieser oder jener Elektrode documentirt sich durch ein Ankleben derselben in einer dünneren oder dickeren Schicht; die Anhäufung der Flüssigkeit in einem Aufsteigen derselben in Gestalt eines Kegels, dessen Axe oberflächlich betrachtet der betreffende Leiter ist. Bei einzelnen Pulvern bleibt gedachte Schicht selbst bei fortgesetzter Drehung so dünn, dass der Draht noch durch dieselbe hindurch sichtbar ist. Bei andern kann dieselbe, wenn nur genug Stoff vorhanden ist, successive eine Dicke von mehr als 1 Centimeter erreichen. Eine derartige Anhäufung von Bärlappsamen veranschaulichen die bereits einmal gedachten Abbildungen 7 und 9. Die Geschwindigkeit der Drehung spielt bei Anhäufungen der Pulver scheinbar nur eine untergeordnete Rolle. Bei der Anhäufung der Flüssigkeit ist dies anders. Die Höhe des Kegels wächst abgesehen von der Natur der Flüssigkeit wesentlich mit der Geschwindigkeit der Rotation. Er kann unter Umständen wohl eine Höhe von fast 3 Centimeter erreichen, wobei die obersten Flüssigkeitstheilchen staubförmig vom Leiter abgeschleudert zu werden pflegen. Die Höhe des Kegels wächst ferner mit der Ableitung des andern Leiters, sie wächst aber auch durchschnittlich, wenn man in die Flüssigkeit ein Pulver mengt, welches den andern Leiter überzieht. Dies erscheint als ein neuer Beweis für die Richtigkeit obiger Ansicht, dass von einer so umhüllten Elektrode die Elektrizität leichter in die Flüssigkeit übergehen kann.

Viele Pulver sind, wie bereits früher gedacht, polar indifferent. Es scheinen vorzugsweise die besten Isolatoren und gleichzeitig die besten Leiter zu sein. Es scheint also, als ob der Strom dieselben nicht ganz unberücksichtigt lassen, aber auch in denselben einen gewissen Widerstand finden muss. Des Weiteren werden diejenigen Körper, welche nach der Spannungsreihe für vorzugsweise negativ elektrisch gelten auch vorzugsweise nach der positiven Elektrode getrieben, und umgekehrt. Endlich lassen sich von dieser Regel, je

nach der Natur der Flüssigkeit wieder mehrfache Ausnahmen constatiren. Aber auch dadurch verliert ein Pulver seine Polarität, oder kehrt dieselbe um, dass man in die Flüssigkeit ein zweites Pulver von noch ausgeprägteren polaren Eigenschaften mischt.

Die polaren Unterschiede in der Anhäufung der Flüssigkeiten lassen sich mit kürzeren Worten characterisiren. Bei den meisten findet eine Hebung, oder richtiger eine bevorzugte Hebung, am negativen Leiter statt. Eine gewisse Hebung liegt nämlich von vorneherein in Folge Molekular-Attraktion vor; und eine weitere beide Pole tangirende hat auch sonst noch in Folge elektrischer Einwirkung statt. Eine bevorzugte Hebung am positiven Leiter liess sich mit Sicherheit nur für Terpentinöl constatiren: Für Petroleum und Benzin schwankte das Ergebniss, während sich Olivenöl, Schwefeläther und Schwefelkohlenstoff entschieden mit Vorliebe am negativen Pole hob. Am auffallendsten stellte sich dieser polare Unterschied für Schwefeläther und nächst dem für Schwefelkohlenstoff heraus. Alles dies kann natürlich nur für Flüssigkeiten allein und für eine gleichmässige Isolirung der Ueberleiter gelten.

Es mag noch bemerkt werden, dass die Hebung der Flüssigkeit ganz besonders durch eine geneigte Stellung der Leiter gefördert wird. Auch sei beiläufig erwähnt, dass sich in Glasröhren, welche letztere umgeben, die Flüssigkeit noch viel höher, aber im Uebrigen im Allgemeinen nach eben gegebenen Regeln hebt.

Versuche im Einzelnen.

Nachdem ich die Erscheinungen in ihrer Allgemeinheit besprochen, möchte ich nunmehr einige Resultate specieller geben, welche ich aus einer grösseren Versuchsreihe gewann, der Raumersparniss halber indessen mit Abkürzungen, welche nach dem Früheren wohl ohne weitere Erklärung verständlich sind: Ueberall wurde ein schalenartiges Gefäss auf hölzerner Unterlage und eine gleiche Form der Elektroden angewandt. Die Stoffe nahm ich, wie ich sie im Handel fand, ohne in der Lage zu sein, sie bezüglich ihrer chemischen Reinheit zu prüfen. Was nicht als Pulver käuflich war,

wurde thunlichst zerkleinert; doch ist auf den Grad der Feinheit im Ganzen wenig Rücksicht genommen worden. Nicht immer erhielt ich mit gleichen Stoffen ganz gleiche Erscheinungen. Ich führe diejenigen auf, welche sich als die durchschnittlichen ergaben.

Petroleum.

Keine bevorzugte polarunterschiedliche Hebung der Flüssigkeit erkennbar.

Schwefel. Klebt schwach an beiden Polen; am $+$ P. wohl etwas stärker. Feine Curven, aber wenig sichtbar.

Kohle. Klebt schwach an beiden Polen; am $-$ P. scheinbar etwas stärker. Feine Curven, ziemlich markirt, in theils ruhenden theils beweglichen Linien.

Schwefel und Kohle. Schwefel klebt entschieden stärker am $+$ P.

Schwefelantimon. Klebt stark fast nur am $+$ P. Neben ziemlich markirten Curven tritt ein eigenthümliches Phänomen auf, ein sporadisches Zusammenballen kleinerer Massen und ein ruckweises Fortrutschen der so gebildeten Klumpen, wodurch auf der dunkleren Grundfläche hellere eigenthümlich gewundene Strassen entstehn (Fig. 12). In der Nähe der Elektrode nimmt diese Bewegung einen entschieden rotatorischen Character an, ohne dass sich jedoch eine bestimmte Drehungsrichtung manifestirt. Bevorzugte Hebung der Flüssigkeit am $-$ P.

Zinnober. Fast gleiche Eigenschaften, wie die eben genannten.

Mennige. Annähernd ebenso.

Bärlappsamen. Klebt in dicken Massen fast nur am $-$ P. Vergrösserte Hebung der Flüssigkeit am $+$ P. Strahlenartige Auswüchse nur bei grosser Nähe der Elektroden.

Kampfer. Hält sich (in grösseren Stücken) nur am $-$ P., wird aber bald aufgelöst.

Kampfer und Bärlappsamen. Letzteres stärker am $+$ P.

Sand. Polar indifferent. Curven sehr ausgedehnt, in mehr oder weniger unterbrochenen Linien. Starkes Schwan-

ken der letzteren und grosse Beweglichkeit ihrer einzelnen Theile. Durchschnittlich freie Räume in grösserer Nähe der Pole.

Sand und Schwefelantimon. Der freie Raum um den negativen Pol vergrössert sich.

Schmirgel. Ganz ähnlich dem Sande.

Braunstein. Ebenso, aber noch reichere und feinere Curven, welche sich mehrfach kreuzen und durchschnittlich die Pole selbst berühren. Grössere Ruhe

Braunstein und Zinnober. Der negative Pol wird mehr und mehr frei.

Eisenoxyd. Polar indifferent. Curven noch reichhaltiger als bei Braunstein, im Uebrigen ähnlich verschlungen, aber diesmal sicher beide Leiter berührend. Noch grössere Ruhe der Linien und ihrer Theile.

Reducirtes Eisen. Bei äusserst geringen Mengen dem Vorigen ähnlich, nur markirter. Bei grösserer Menge vollständige Ruhe der reichen Verzweigung. Wird der eine Leiter (am besten mittelst isolirender Handhabe) ein wenig emporgehoben, so findet von hier aus sofort eine die Figur zerstörende halbkreisförmige Wellenbewegung statt. Sehr hübsch ist diese Erscheinung bei ringförmiger Gestalt des andern, wobei natürlich eine kreisförmige Welle dem emporgehobenen centralen Leiter enteilt. Man kann solchergestalt die beiden Formen der Lichtenberg'schen Figuren in schnellem Wechsel willkürlich nach einander erzeugen.

Magnesia usta. Polar indifferent. Curven mangelhaft während des Stromes; nach Aufhören desselben ziemlich ausgedehnte Formirung jener in ungewöhnlich breiten Linien.

Gummi arabicum. Ganz ähnlich dem Vorigen, aber die Linien ausserordentlich fein.

Mahagonifeilicht. Klebt scheinbar an beiden Polen gleichmässig. Hübsche Curven mit eigenthümlicher Verzweigung. Bei Aufhören des Stromes wird zuerst der + P. frei.

Korkfeilicht. Klebt anfangs an beiden Polen; später nur am + P., wo sich strahlenförmige Auswüchse bilden.

Hartgummifeilicht. Klebt schwach an beiden Polen, doch scheinbar etwas mehr am + P.

Schellackfeilicht. Klebt schwach an beiden Polen, aber entschieden mehr am + P.

Venetianischer Tepentin. Klebt scheinbar ein wenig stärker am — P.

Indigo. Klebt schwach an beiden, aber etwas stärker am + P. Eigenthümliche Wolkenbildung.

Terpentinöl.

Schwach bevorzugte Hebung der Flüssigkeit am + P.

Schwefel. Klebt anfangs an beiden Polen; aber bald fast ausschliesslich am + P.

Kohle. Klebt schwach an beiden Polen, aber entschieden stärker am — P. Man erkennt dies am besten bei momentaner Ableitung beider Drähte, bei welcher Gelegenheit der — P. eine entschieden dunklere Wolke fallen lässt.

Auch bei allen übrigen Stoffen mehr oder weniger gleiche Erscheinungen, wie in Petroleum.

Benzin.

Keine bevorzugte polarunterschiedliche Hebung der Flüssigkeit erkennbar.

Schwefel. Klebt schwach und scheinbar gleichmässig an beiden. Gleichwohl muss die Schicht am + P. eine etwas stärkere sein, da sich eine bevorzugte Hebung der Flüssigkeit am — P. documentirt.

Schwefel und Kampfer. Schwefel klebt fast nur am + P. Die Hebung der Flüssigkeit am — P. wird stärker.

Bärlappsamen. Klebt stark an beiden, aber stärker am — P. Verstärkte Hebung der Flüssigkeit am + P.

Indigo. Klebt schwach an beiden Polen.

Bei den übrigen Stoffen ein ähnliches Verhalten, wie in Petroleum.

Schwefeläther.

Stark bevorzugte Hebung der Flüssigkeit am — P.

Schwefel. Klebt fast nur am + P.

Kohle. Klebt fast nur am — P. Sehr feine über den ganzen Boden des Gefässes verbreitete Curven, aber nur bei sehr geringer Menge des Pulvers und bei äusserst langsamer Drehung.

Schwefelantimon. Klebt nur am $+$ P. Im Uebrigen wesentlich andere Erscheinungen, als in den bisher genannten Flüssigkeiten. Es entstehen weder Curven, noch jene eigenthümlichen Bewegungen sich zusammenballender Massen. Nahe der Oberfläche der Flüssigkeit werden scheinbar immer neue Partikelchen nach dem positiven Leiter gezogen, während gleichzeitig an dessen unterstem Ende eine Ablösung der bereits haftenden erfolgt. Letztere bilden eine sich nach dem $-$ P. hin erweiternde Wolke, welche diesen jedoch nicht berührt, so dass sich im Umkreise desselben eine fast klare Flüssigkeit befindet. Zugleich findet eine verstärkte Hebung dieser an selbigem Pole statt.

Zinnober. Aehnlich dem Vorigen.

Mennige. Klebt fast nur am $-$ P. Trotzdem bevorzugte Hebung der Flüssigkeit am $-$ P.

Mennige und Schwefel. Beides klebt ausschliesslich am $+$ P. Trotzdem keine verstärkte Hebung der Flüssigkeit am $-$ P.

Bärlappsamen. Klebt nur am $-$ P. Trotzdem bevorzugte Hebung der Flüssigkeit am $-$ P.

Mennige, Schwefel und Bärlappsamen. Mennige scheinbar indifferent.

Kampfer. Scheinbar indifferent.

Sand. Die Curven reichen bei langsamer Drehung der Scheibe niemals bis an den $+$ P., nur bei schneller Drehung pflegt auch ein kleinerer Theil an diesem zu kleben (Fig. 8).

Schmirgel. Dem Vorigen ähnlich.

Braunstein. Desgleichen.

Hartgummifeilicht. Klebt nur am $+$ P.

Indigo. Klebt schwach am $-$ P.

Ist der Schwefeläther leitend (siehe die Vorbemerkungen), so fallen alle Erscheinungen wesentlich anders aus. Es findet überhaupt kaum eine Hebung der Flüssigkeit statt, und die polaren Unterschiede der Pulver vermischen sich mehr und mehr.

Schwefelkohlenstoff.

Stark bevorzugte Hebung der Flüssigkeit am $-$ P.

Schwefel. Klebt vorzugsweise am $+$ P. Scheint in seiner Auflösung die Flüssigkeit leitender zu machen.

Kohle. Klebt schwach an beiden Polen; aber scheinbar etwas stärker am — P. Eigenthümliche Wolkenbildung der wegen der Schwere der Flüssigkeit leicht schwebenden Theilchen.

Zinnober. Klebt vorzugsweise am + P. Im Uebrigen ähnlich, wie in Schwefeläther.

Mennige. Dem Vorigen ähnlich.

Bärlappsamen. Klebt an beiden Polen, aber vorzugsweise am — P. Trotzdem bevorzugte Hebung der Flüssigkeit am — P. Sporadisches Kreisen (um die Pole) der auf der Oberfläche schwimmenden Partikelchen.

Sand. Die Curven berühren weniger den — P.

Schmirgel. Dem Vorigen ähnlich.

Braunstein. Desgleichen.

Hartgummifeilicht. Klebt nur am + P.

Indigo. Klebt vorzugsweise am — P.

Auch bei Schwefelkohlenstoff weichen, wahrscheinlich aus dem in den Vorbemerkungen gedachten Gründen, die Erscheinungen zuweilen von den aufgestellten ab.

Olivenöl.

Starke Hebungen der Flüssigkeit an beiden Polen, abwechselnd schwankend. Gleichwohl eine bevorzugte am — P. erkennlich.

Schwefel. Scheinbar indifferent.

Kohle. Desgleichen.

Schwefelantimon. Klebt schwach am + P.

Zinnober. Klebt stark am + P. Verstärkte Hebung der Flüssigkeit am — P.

Bärlappsamen. Klebt vorzugsweise am + P., aber setzt sich nur sehr langsam an. Auch hier finden häufig jene rotatorischen Bewegungen der noch auf der Oberfläche schwimmenden Theilchen statt. Verstärkte Hebung der Flüssigkeit am — P.

Kampfer. Klebt am — P. bei nicht zu schneller Bewegung der Scheibe.

Hartgummifeilicht. Scheinbar indifferent.

Indigo. Desgleichen.

Ein eigenthümliches Rotationsphänomen.

Es ist wiederholt einer eigenthümlichen Bewegung gedacht, welche den Pulvertheilchen im Umkreise der Elektroden angehört, einer rotatorischen Bewegung wenn auch ohne bestimmte Dauer, und ohne dass eine Gesetzmässigkeit der Richtung erkennbar ist. So verschoben sich bedingungsweise die Curven, rutschten die sich zusammenballenden Massen fort, bewegten sich die an der Oberfläche schwimmenden Theile. Es lag nahe, diese Erscheinung des Weiteren zu prüfen und zu versuchen, ob derselben nicht auf andere Weise eine grössere Beständigkeit zu geben sei.

Es liess sich erwarten, dass eine möglichst gleichmässige Zunahme oder Abnahme der Strömung dazu beitragen werde diese Beständigkeit zu fördern. Die erstere war weniger leicht erreichbar, die letztere glaubte ich am einfachsten auf folgende Weise zu gewinnen. Ich verlegte in die Axe eines höheren cylindrischen Glasgefässes einen Metallstab, welcher mit seiner untern Spitze genau die Mitte der inneren Bodenfläche berührte (Fig. 2). Das über den Deckel des Gefässes hervorragende Ende stellte ich an die linke Entladungsstange der Maschine, während die rechte abgeleitet war. Das Gefäss stand möglichst von der Maschine entfernt auf der Tischfläche oder richtiger auf einer erhöhenden Unterlage von Holz. Auf solche Weise konnte ich das Gefäss oder vielmehr den Boden desselben, auf den es vorwiegend ankam, sehr leicht nach Art einer Leydenen Flasche laden; und liess ich alsdann die Maschine ruhen, so musste sich das Gefäss langsam wieder entladen, weil der mittlere Leiter mit dem Spitzenkamm des Conductors in leitender Verbindung blieb. Bei dieser Gelegenheit musste sich zwischen jenem Leiter und den einzelnen Glaspunkten eine ausserordentlich gleichmässig abnehmende Strömung etabliren. Nun wurde aber der Versuch nicht mit einem leeren Gefässe angestellt, sondern es wurde eine etwa 15 Millimeter hohe Schicht von Tepentinöl eingegossen, und soviel Zinnober beigegeben, dass sich die Bodenfläche ganz gleichmässig mit diesem Pulver bekleiden konnte. Unter solchen Verhältnissen durfte freilich nur äusserst langsam gedreht werden, weil der dünne Glasboden sonst eine

Durchbohrung erfahren hätte. Sehr dünn aber wurde dieser Boden um deswillen gewählt, damit er zur Aufnahme einer stärkeren Ladung geeignet wäre.

Stellt man den Versuch so an, so wird man, nachdem sich die Flüssigkeit hinreichend geklärt, während der Entladung des Gefässes die folgenden Wahrnehmungen machen. Es erscheint plötzlich, von der Spitze auslaufend in radialer Richtung ein kleiner Faden, 1—2 Millimeter dick, aus zusammengeballten Zinnobertheilchen bestehend, und dieser Faden rotirt nun um die Spitze, sich bis zu einem gewissen Grade verstärkend, so langsam, dass man seine Bewegung ohne Mühe verfolgen kann. Die Rotationsrichtung ist freilich auch hier keine bestimmte; sie kann ebensogut im Sinne eines Uhrzeigers, als im entgegengesetzten Sinne erfolgen. Sie kann aber auch auf Augenblicke aufhören, indem der Faden plötzlich verschwindet, worauf dieselbe Erscheinung dann bald wieder an anderer Stelle beginnt. Findet ein solcher Faden irgend einen Widerstand, sei es in der Beschaffenheit des Glases, sei es in einer grösseren Anhäufung von Zinnobertheilchen, so kehrt er in seiner Bewegung entweder um, oder geht ruckweise über derselben fort. Zuweilen bilden sich auch gleichzeitig mehrere Fäden an verschiedenen Stellen, und ist ihre Bewegung dann eine entgegengerichtete, so gehen sie bei ihrer Begegnung in einander auf. Zuweilen scheint sich ein solcher Faden auch um einen andern Mittelpunkt zu drehen, als die Drahtspitze, doch findet dies immer nur auf Augenblicke statt. Hat die Maschine vorher eine längere Zeit lang gewirkt, so ist neben dem Boden des Gefässes natürlich auch die Seitenwand stark geladen. Auch diese entladet sich dann successive durch die Spitze, und die Bewegung kann dann soviel länger beobachtet werden. Ich habe unter besonders günstigen Verhältnissen zuweilen eine Dauer von 10 Minuten constatiren können. Zu Ende der Bewegung findet man die Bodenfläche jedesmal mit einer Reihe concentrischer Ringe bedeckt. Dieselben scheinen daher zu rühren, dass gedachte Fäden nicht alle gleich lang sind, während jeder in seiner Bewegung den dunkleren Untergrund mehr oder weniger klärt. Dieselben Erscheinungen, wie sie eben beschrieben, treten übrigens, wenn auch weniger vollkommen,

schon bei der Ladung des Gefässes auf, wenn man besondere Sorgfalt darauf verwendet, die Kurbel möglichst langsam und zugleich möglichst gleichmässig zu drehen.

Ich habe denselben Versuch später auch mit Petroleum angestellt, sowie mit Benzin, und annähernd mit gleichem Erfolge. Ich vertauschte Zinnober auch mit Schwefelantimon und Mennige, erreichte mit diesen aber, namentlich mit letzterem Stoffe niemals eine so dauernde Rotation. Ich habe endlich auch verschiedene Gefässe erprobt und gefunden, dass solche mit möglichst ebener und platter Bodenfläche die geeignetsten sind, dass die erste Bedingung aber, wie schon in den Vorbemerkungen hervorgehoben, eine möglichst gut isolirende Glasmasse ist.

Durch ein analoges Arrangement den anderweitigen rotatorischen Bewegungen eine grössere Beständigkeit zu geben, hat mir bisher nicht gelingen wollen.

Einige Folgerungen.

Die mitgetheilten Versuche dürften es wahrscheinlicher machen, als es bisher ist, dass sich in elektrischen Figuren weniger der Unterschied der beiden Elektricitäten, als vielmehr der Unterschied verschiedener Entladungsweisen manifestirt, von denen die eine oder die andere, je nach Umständen, mehr in der Nähe der positiven, oder mehr in der Nähe der negativen Elektrode herrscht.

Des Weiteren mag gefolgert werden, dass es die polarunterschiedlichen Anhäufungen der interpolirten Stoffe sind, welche wesentlich diese Entladungsweisen variiren, und dass jene zugleich das Characteristische der polarunterschiedlichen Lichterscheinungen in Flüssigkeiten wie in luftförmigen Medien bedingen.

Ferner mag man berechtigt sein zu schliessen, dass die Contactelektricität der fraglichen Stoffe schwerlich für sich allein gedachte Anhäufungen veranlassen kann, weil ein Stoff dann niemals eine beiderseits gleichzeitige, oder eine Flüssigkeit für sich allein überhaupt keine Anhäufung zeigen dürfte.

Vielleicht spiegelt sich in gedachten Anhäufungen

die Wirkung einer sogenannten unipolaren Leitungsfähigkeit ab, welche sich ihrerseits vielleicht dadurch erklären liesse, dass ungleichseitig beschaffene Moleküle durch elektrische Fernwirkung zunächst eine bestimmte Richtung erfahren.

Greifswald, 4. Nov. 1880.

Fig. 1

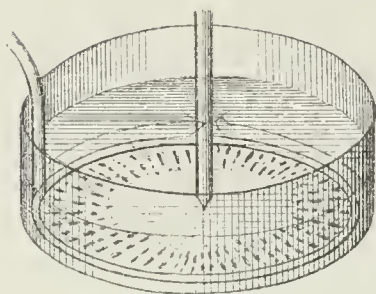


Fig. 6.

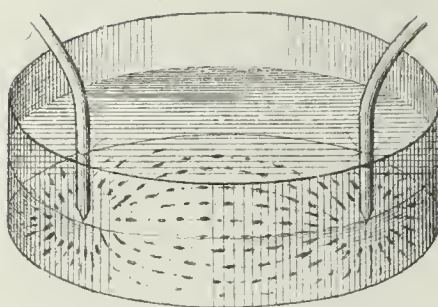


Fig. 5.

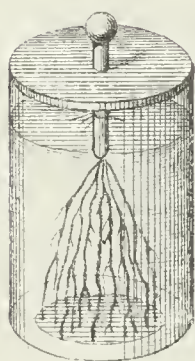


Fig. 10.

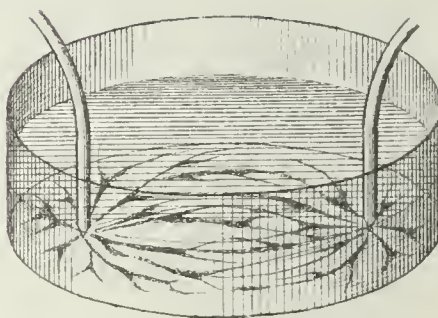


Fig. 13

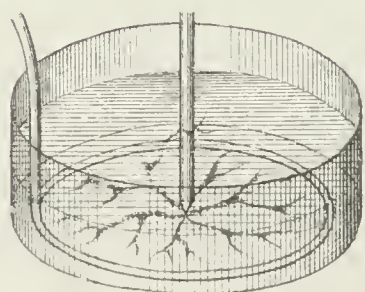


Fig. 2

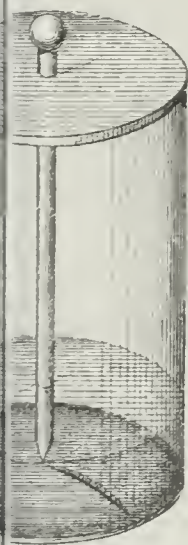


Fig. 3.

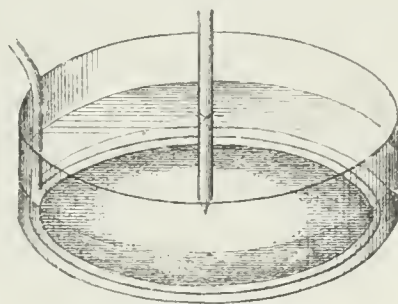


Fig. 8.

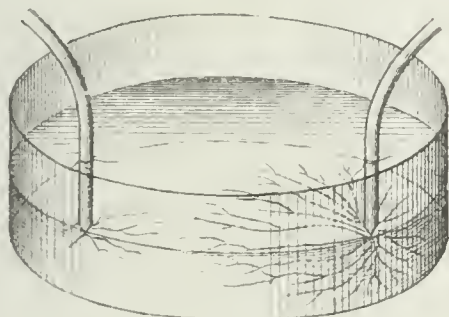


Fig. 9.

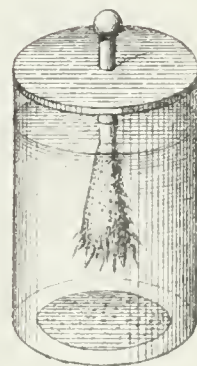


Fig. 7.



Fig. 12

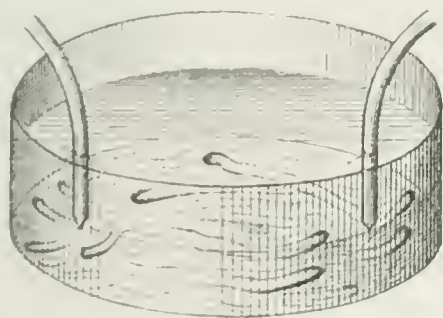
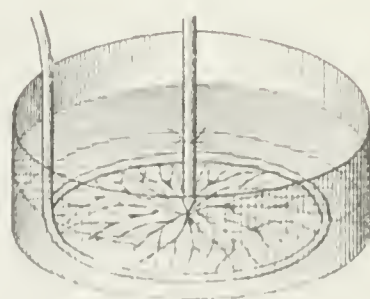


Fig. 11



Fig. 14



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus dem naturwissenschaftlichen Vereine von Neu-Vorpommern und Rügen](#)

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Holtz W.

Artikel/Article: [Ueber elektrische Figuren pulverartiger Körper in isolirenden Flüssigkeiten und eigenthümliche polarunterschiedliche Anhäufungen beider unter dem Einfluss strömender Elektricität 57-77](#)