

*Zur Erklärung des Lullin'schen Versuches und einiger anderen  
Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität.*

Von **Dr. Edmund Reitlinger,**

Universitäts-Dozenten der Physik.

(Nach Versuchen ausgeführt im k. k. physikalischen Institute.)

§. 1. Tremery suchte alle Zeichen, die man zu seiner Zeit als Beweis anführte, dass die Glaselektrizität Überfluss, die Harzelektrizität Mangel sei, also auch die Formverschiedenheit der positiven und negativen Staubfigur auf dieselbe Ursache, die er durch ein näheres Studium des Lullin'schen Versuches ermittelt zu haben glaubte, zurückzuführen. Der letztere Versuch besteht darin, dass man eine Spielkarte in den Schliessungskreis einer Franklin'schen Batterie oder auch eines Inductions-Apparates so bringt, dass die Spitzen beide Flächen der Karte berühren und in einer gewissen Distanz von einander stehen. Der Entladungsfunke geht dann stets über die Fläche, welche von der positiv elektrischen Spitze berührt wird, und durchbohrt dieselbe an einer der negativen Spitze gegenüberliegenden Stelle <sup>1)</sup>. Die von Tremery zur Erklärung des Lullin'schen Versuches, der Staubfiguren und anderer Artunterschiede benützte Annahme eines verschiedenen Leitungsvermögens der Luft für positive und negative Elektrizität ward von Biot widerlegt. Auch Riess suchte die Staubfiguren und den Lullin'schen Versuch aus derselben Ursache abzuleiten. Eine Widerlegung seiner Erklärungsweise findet man im §. 6 meiner Abhandlung „zur Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren“. Dort angeführte Experimente mit Karten, deren Flächen Terpentinöl bedeckte, widerlegen insbesondere die Erklärungsweise von Riess für den Lullin'schen Ver-

<sup>1)</sup> Lullin, Dissertatio physica de electricitate. Genev. 1766.

such. Dagegen lässt sich aus der Annahme Plücker's, die im §. 8 meiner eben citirten Abhandlung der Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren zu Grunde gelegt wurde, auch der Lullin'sche Versuch begreifen.

Nach Plücker's Annahme hat das am positiven Pole befindliche elektrisirte Theilchen eine eigene Bewegung in der Richtung des Stromes, welche das am negativen Pole befindliche nicht besitzt. Eine solche Bewegung der von der positiven Spitze elektrisirten Theilchen in der Richtung ihrer Elektrizitäts-Übertragung erklärt ungezwungen, dass die zum Durchschlagen nothwendige beiderseitige Ansammlung entgegengesetzter Elektrizitäten sich auf der aus einer isolirenden Substanz bestehenden Karte an der negativen Spitze bildet, welche den von ihr elektrisirten Theilchen keine solche Bewegung mittheilt. Man kann sich die Sache auch so vorstellen, als verhielten sich die zwei Kartenflächen wie zwei Harzflächen. Daher verbreiten sich die positiv elektrisirten Theilchen in der strahlenförmigen und ausgedehnten Weise der positiven Figur auf der der positiven Spitze zunächst liegenden Fläche viel weiter als auf der negativen Seite, wo die Entladungen, der negativen Figur entsprechend, auf einen kleineren Raum beschränkt bleiben. Desshalb findet die Ansammlung der zur Durchbohrung der Karte nöthigen entgegengesetzten Elektrizität gegenüber der negativen Spitze Statt.

Beide Vorstellungsweisen unterscheiden sich nur im Ausdrucke und sind im Wesentlichen identisch. Sie leiten den Erfolg des Lullin'schen Versuches von der verschiedenen Ausbreitungsweise der positiv und negativ elektrisirten Theilchen in der die isolirenden Kartenflächen zunächst berührenden Luftschichte her. Zur Prüfung dieser Erklärungsweise konnte also ein Experiment dienen, das den überwiegenden Einfluss dieser Luftschichte durch eine leitende Bedeckung der Kartenflächen beseitigte. Die Benetzung beider Kartenflächen mit gewöhnlichem Wasser diente zur Anstellung eines solchen Versuches. Die benetzte Karte wurde im Schliessungsbogen des Ruhmkorff-Apparates jedesmal an beiden Spitzen durchbohrt, wenn auch die hier jedenfalls aus mehreren Entladungen bestehende Einwirkung nur sehr kurze Zeit gedauert hatte. Dagegen bei den Entladungen der Leidner Flasche war bei einem einzigen Schläge meist nur eine Durchbohrung an der negativen Spitze zu bemerken, und erst einige wiederholte Entladungen liessen zwei Durchschla-

gungsstellen, die eine an der positiven, die andere an der negativen Spitze, wahrnehmen. Eine Vertiefung war übrigens schon meist nach der ersten Entladung der positiven Spitze gegenüber zu beobachten. Andererseits waren auch beim Ruhmkorff-Apparate die Durchbohrungen an beiden Spitzen nicht genau gleich gross, und zuweilen mehrfach. Es liess also der Versuch bei den schwächeren, aber sich rasch wiederholenden elektrischen Mittheilungen des Ruhmkorff-Apparates nur mehr einen sehr geringen Einfluss der Luftschichte wahrnehmen; es sammelten sich vielmehr die zur Durchbohrung genügenden Elektrizitäten durch die gute Leitung im Wasser an beiden Spitzen an. Bei der starken und plötzlichen Entladung durch die Leydner Flasche schien die Luft einen grösseren Theil ihres Einflusses zu behalten, zum Theile machte sich aber auch der Einfluss der Fortleitung der negativen Elektrizität von der negativen zur positiven Spitze durch das Wasser geltend. Jedenfalls erfüllten die Experimente die Erwartung, die oben gegebene Erklärung des Lullin'schen Versuches zu bestätigen <sup>1)</sup>.

§. 2. Man hatte den Lullin'schen Versuch als entscheidend für die Franklin'sche Theorie angeführt, bis Tremery zeigte, dass der Versuch mit der dualistischen Hypothese in keinem Widerspruche steht, wenn man ihn durch ein grösseres Leitungsvermögen der atmosphärischen Luft für die positive als für die negative Elektrizität erklärt. Diese Annahme zu prüfen, wiederholte Tremery den Versuch unter dem Recipienten einer Luftpumpe, unter welchem die Luft bis zu einer Quecksilberhöhe von ungefähr 5" ausgepumpt war. Die Karte wurde in einem Punkte *y* durchbohrt, der ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Spitzen lag. Er liess nun die Luft allmählich wieder hinein und wiederholte den Versuch in verschiedenen Dichtigkeiten. Für jede entstand ein Loch an einer anderen Stelle zwischen der Mitte und der negativen Spitze. Um die Entladung durch die früher gebildeten Löcher zu vermeiden, musste die Karte vor jedem neuen Schlage etwas in die Höhe gezogen werden. Manchmal entstanden mehrere Löcher zugleich, wo es dann unmöglich war, zu sagen, an welcher Seite der positive und an welcher der negative Drath gewesen sei. Wurde der Versuch in Luft von geringerer

<sup>1)</sup> Die benützten Karten waren aus weissem Kartenpapier, dessen Oberfläche geglättet aber nicht lackirt war. Form und Grösse entsprachen gewöhnlichen Visitenkarten.

Dichtigkeit wiederholt, so fand Tremery den Punkt, wo der Schlag die Karte durchbohrte, näher beim positiven Drathe als beim negativen.

Ich erwähnte schon im vorigen Paragraphen, dass die verschiedene Grösse des Leitungsvermögens der Luft in der Art, wie sie Tremery annimmt, durch directe Versuche widerlegt ist. Dies konnte mich aber natürlich nicht entheben, meine Erklärung mit den von Tremery bei Prüfung seiner Annahme gefundenen, interessanten Thatsachen zu vergleichen. Nun konnte man wohl begreifen, dass bei grosser Verdünnung der umgebenden Luft die directe Influenz der zwei Metallspitzen den Einfluss der Luft je nach dem Grade der Verdünnung ganz oder theilweise überwand, und so die Durchbohrungsstelle von der negativen Spitze gegen die Mitte rückte. Die mehreren Löcher in einigen Fällen erklären sich durch ein theilweises Leitungsvermögen der Kartenoberfläche, das sich bei Luftverdünnung geltend macht, und entsprechen so den im Schliessungsbogen des Ruhmkorff-Apparates jedesmal entstehenden zwei Durchbohrungsstellen einer mit Wasser bestrichenen Karte, worüber ich im vorigen Paragraphen gesprochen habe.

So weit harmonirten also die Versuche Tremery's mit meiner Erklärungsweise. Aber nicht eben so verhielt es sich mit der Mittheilung Tremery's, dass bei noch geringerer Dichtigkeit als 5" Barometerstand der Durchbohrungspunkt näher bei dem positiven Drathe als beim negativen lag. Dafür vermochte meine Erklärungsweise des Lullin'schen Versuches keine Ursache anzugeben. Dies veranlasste mich, Tremery's Versuche zu wiederholen, wobei ich die gleichmässige Wirksamkeit des Ruhmkorff-Apparates zu benützen beschloss.

Bis circa 5" Quecksilberhöhe fand auch ich ein Fortschreiten der Durchbohrungsstelle gegen die Mitte, die jedoch nicht völlig erreicht wurde. Mehrere Durchbohrungen bekam ich bis zum Barometerstande von 5" nie. Unter 5" aber fand ich überhaupt keine gleichmässigen Resultate mehr. Die Durchbohrungsstelle lag nun meistens gar nicht in der Verbindungslinie der beiden Spitzen, sondern seitwärts derselben. Ja, bei Barometerständen von 1 — 2", den stärksten Verdünnungen, bei denen noch Durchbohrungen und nicht leuchtende Umwallungen der Karten stattfanden, ging die Unregelmässigkeit so weit, dass ich zuweilen Durchbohrungsstellen in den

Verlängerungen der Verbindungslinie sowohl jenseits der negativen als der positiven Spitze erhielt. In diesen Fällen waren auch manchmal mehrere Löcher sichtbar. Eine Annäherung an die positive Spitze als Regel war nicht zu bemerken, im Gegentheile schien noch immer die negative Spitze einen gewissen Einfluss zu behalten. Die Unregelmässigkeit des Papiers war offenbar bei der guten Leitung der verdünnten Luft viel massgebender, als die wenigen bewegten elektrisirten Theilehen oder auch die directe Influenz der Spitzen. Ich machte in dieser Hinsicht sehr viele Versuche und da ich öfters 3 — 4 Male nach einander Durchbohrungen näher der positiven als der negativen Spitze erhielt, wie auch umgekehrt, so sah ich, dass Tremery, bei dessen Theorie diese Thatsache nicht schwieriger als die Annäherung an die Mitte zu begreifen war, sich in dieser Rücksicht mit einer unvollständigen Induction begnügt hatte. Die genaue Wiederholung der Versuche Tremery's widerlegten also die im 1. Paragraphen mitgetheilte Erklärungsweise des Lullin'schen Versuches nicht, sie zeigte im Gegentheile eine vollständige Harmonie der näher studirten Versuche Tremery's mit derselben

Die Wiederholung dieser Versuche mit Benützung des Ruhmkorff-Apparates war aber noch in anderer Hinsicht lehrreich. Es zeigte sich nämlich bei Verdünnung der Luft im Recipienten an den Durchbohrungsstellen der Karten eine beträchtliche Schwärzung des Papiers. Sie wird mit der Verdünnung stärker, bis sie ein Maximum erreicht, von welchem an sie bei noch weiterer Verdünnung wieder etwas abnimmt. Diese Schwärzung ist offenbar eine Wärmewirkung des Funkens. Da durch Luftverdünnung der Widerstand des Schliessungsbogens vermindert, also der ausgleichende Strom vermehrt wird, so begreift man eine Vermehrung der Wärmewirkung des Funkens durch Luftverdünnung. Da die Schwärzung als Verbrennungsprocess von der Reichlichkeit des zu Gebote stehenden Sauerstoffes abhängt und da ferner auch die Verminderung des Widerstandes durch Verdünnung nach Versuchen Gauguain's ein Maximum besitzt, so hat der Umstand, dass die Schwärzung bei der Verdünnung der Luft ein Maximum zeigt, nichts Unbegreifliches.

Schon in sehr früher Zeit hatte man den elektrischen Funken in seiner Wirksamkeit einem brennenden Stoffe verglichen. Gegen diese Ansicht, dass der elektrische Funke stets Wärme erzeuge, wurde vorzüglich angewendet, dass man, wenn man einen Ent-

ladungsfunken durch ein Kartenblatt schlagen lässt, nicht die mindeste Spur einer Verbrennung in dem durch den Funken gebildeten Loche wahrnimmt. Masson hat in seiner gekrönten Preisschrift über den elektrischen Funken diese Einwendung zu entkräften gesucht. Er macht darauf aufmerksam, dass jede an einem Punkte erregte Wärme oder Verbrennung eine gewisse Zeit bedarf, um sich den benachbarten Punkten mitzutheilen. Es begreift sich daher, dass Funken, die nur sehr kurz dauern und sich in Pausen folgen, während welcher die erregte Wärme sich wieder zerstreuen kann, keine sichtbare Spur von Wärme zeigen, wenn sie auch eine reichliche Menge derselben besitzen <sup>1)</sup>. Da der Inductionsfunken des Ruhmkorff-Apparates nichts Anderes ist als eine rasche Folge gewöhnlicher Entladungsfunken, so bestätigt die oben mitgetheilte Schwärzung völlig die Betrachtungen Masson's. Auch in unverdünnter atmosphärischer Luft schwärzt sich das Kartenpapier bei längerer Fortdauer des Funkens. Es wird also der erwähnte Einwand gegen die Wärme des Funkens nicht nur durch Betrachtungen, sondern auch durch Thatsachen widerlegt.

Die kräftige Wärmewirkung des Inductionsfunken und daher des Entladungsfunken (wie schon Masson bemerkt) ist aber ohnehin durch andere Thatsachen so unzweifelhaft festgestellt, dass man sich bezüglich des obigen Einwandes mit Betrachtungen hätte begnügen können. Nicht so ist es mit der anderen Frage, ob die ausserordentliche Wärmewirkung, die bei rasch sich folgenden Funken wahrgenommen wird, von den Polen oder den Funken selbst herührt. Der Übergang der Elektrizität zwischen einem guten und einem schlechten Leiter, zwischen dem Metalle und der Luft könnte ebenso gut als der Funke selbst die Ursache dieser bedeutenden Wärmentwickelung an der Unterbrechungsstelle sein. Beobachtungen an Thermometern konnten diese Frage nicht entscheiden <sup>2)</sup>. Masson erklärt sich in der von ihm als sehr wichtig bezeichneten Frage für die Eigenwärme des Funkens. Der Versuch, den er aber für seine Ansicht anführt, dass bei grösserer Annäherung der Pole die Wärme an denselben in hohem Masse zunimmt, spricht wohl für diese Meinung, ohne jedoch schlagend zu sein. Bei grösserer Nähe der Pole

<sup>1)</sup> Masson, Mémoire sur l'étincelle électrique. Harlem 1834. p. 18.

<sup>2)</sup> Masson l. c. p. 19.

ist der Strom selbst und daher seine erwärmende Wirkung durch Verminderung des Widerstandes verstärkt und ferner können sich die Wärmewirkungen beider Pole wechselseitig unterstützen. Doch ist Masson's Ansicht richtig und eine genauere Beobachtung der oben mitgetheilten Schwärzung beim Lullin'schen Versuche im luftverdünnten Raume lieferte einen entscheidenden Beweis für dieselbe.

Beide Metallspitzen, die als Pole dienten, berührten das Papier, und doch waren die Stellen, wo dies geschah, nicht geschwärzt. Wohl aber waren die durchgebohrten Löcher auf beiden Seiten mit schwarzen Rändern umgeben, von welchen an Breite und Schwärze abnehmende Verbrennungsspuren gegen die Pole zuliefen, ohne dieselben völlig zu erreichen. In den Fällen, wo eine gewisse Verdünnung schon eingetreten war, aber doch die Durchbohrungsstelle noch in der Nähe des negativen Poles stattfand, war, wie schon früher bemerkt, die Schwärzung am grössten. Eben unter diesen Umständen war es auch nicht zu verkennen, dass die Schwärzung auf der die positive Spitze berührenden Kartenfläche viel beträchtlicher, als auf der Seite der negativen Spitze war.

Die nähere Beobachtung der so vertheilten Schwärzung beweist also gewissermassen schon durch unmittelbare Anschauung die Richtigkeit der Ansicht Masson's, dass der elektrische Funke selbst eine sehr hohe Temperatur besitzt, und den Polen, indem sie den glühenden gasförmigen Leiter berühren, von seiner Wärme mittheilt <sup>1)</sup>.

So weit diese Beobachtung zum Beweise des eben erwähnten Satzes von Masson verwendet wird, kann man sich dieselbe auch unmittelbar ohne die Anordnung des Lullin'schen Versuches als solchen verschaffen, in welcher Weise sie mir sehr geeignet scheint als Schulversuch für die Eigenwärme des Funkens zu dienen. Man braucht nämlich nur mit zwei nicht weit entfernten Polspitzen eines Ruhmkorff-Apparates die Fläche des Papiere zu berühren und dann den Funken einige Zeit zwischen ihnen überschlagen zu lassen, so entsteht eine Schwärzung des Papiere, die im mittleren Raume zwischen beiden Spitzen am stärksten ist und gegen beide Pole in augenfälligster Weise abnimmt.

§. 3. Es hat übrigens Tremery, wie schon Anfangs erwähnt wurde, nicht nur die Verschiedenheit der positiven und negativen

<sup>1)</sup> Masson l. c. p. 20

Staubfigur und den Lullin'schen Versuch, sondern auch alle Zeichen, die man zu seiner Zeit als Beweis anführte, dass die Glaselektricität positive (Überschuss), die Harzelektricität dagegen negative (Mangel an) Elektricität sei, auf das von ihm angenommene verschiedene Leitungsvermögen der Luft für positive und negative Elektricität beim gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre zurückzuführen gesucht. Eben so fügt Riess in seiner „Lehre von der Reibungselektricität“ (Bd. II, p. 214) seiner Erklärung der Formverschiedenheit der positiven und negativen Staubfigur und des Lullin'schen Versuches noch die Worte bei: „Vielleicht gibt das angewandte Erklärungsprincip auch Aufschluss über den sehr räthselhaften Unterschied der Lichterscheinungen der positiven und negativen Elektricität. Es ist angeführt worden, dass, wenn von einer Spitze negative Elektricität ausströmt, viel leichter das auf eine kleine Stelle beschränkte glimmende Licht erscheint, als der weit in die Luft ragende Büschel. Mit positiver Elektricität war hingegen der Büschel leicht zu erhalten. Nimmt man an, dass der Luftstrom, von dem das Glimmen stets begleitet wird, mit Wassertheilchen vermischt ist, die von der, die ausströmende Spitze bedeckenden, Schicht condensirten Wassers losgerissen wurde und liesse sich nachweisen, dass feuchte Luft gegen trockene gerieben, diese in gleicher Art negativ elektrisch macht, wie starre Körper, so würde der bezeichnete Unterschied der positiven und negativen Lichterscheinung unserem Verständnisse bedeutend näher gerückt sein.“ Da das Erklärungsprincip von Riess für die Formverschiedenheit der positiven und negativen Staubfigur und den Lullin'schen Versuch in der Abhandlung „zur Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren“ §. 6 widerlegt wurde, so lag in diesen Worten die Aufforderung, das in der citirten Abhandlung aufgestellte Erklärungsprincip für die Lichtenberg'schen Figuren in gleicher Weise auszudehnen. Für den Lullin'schen Versuch geschah es in §. 1 dieser Abhandlung. Es bietet aber auch keine grosse Schwierigkeit, durch Plücker's Annahme einer eigenen Bewegung der von der positiven Spitze elektrisirten Theilchen, und keiner solchen eigenen Bewegung der von der negativen Spitze elektrisirten Theilchen zu begreifen, dass das weit in die Luft ragende Büschel leichter bei der Ausströmung von positiver als von negativer Elektricität erscheint. Eben so leicht erklärt sich aus dieser Annahme die viel grössere Ausdehnung des positiven als der

negativen Lichtes in den Geissler'schen Röhren. Das verschiedene Verhalten des positiven und negativen Lichtes unter der Einwirkung des Magnetes hatte Plücker eben zur Aufstellung der erwähnten Annahme bewogen, ist also auch durch dieselbe erklärt, als deren einfachste Bestätigung wohl die Lichtenbergischen Figuren erscheinen dürften. Schon in §. 8 meiner Abhandlung „zur Erklärung etc.“ habe ich mehrere Bewegungserscheinungen in der Richtung des positiven Stromes als durch Plücker's Annahme begrifflich angeführt. Hierher scheint mir auch ein älterer Versuch zu gehören, den man mit einer Korkkugel anstellte, welche man in ein zu einer Rinne umgebogenes recht trockenes Kartenblatt, oder in eine Rinne von wohl ausgedörrtem überfirnissten Holze auf das Tischehen des allgemeinen Ausladers zwischen die beiden Knöpfe brachte, wovon jeder etwa  $\frac{3}{4}$ " von der Korkkugel abstand und dann eine Entladung hindurch führte. Die Korkkugel wurde in diesem Falle gegen den Knopf, der mit dem negativen Belege verbunden ist, getrieben <sup>1)</sup>. Da hier ein Zwischenraum von Luft ist, so erklärt sich der Versuch leicht auf dieselbe Weise, wie die Staubfiguren und der Lullin'sche Versuch. Man sieht also, dass sich ein grosser Theil der Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität vermöge der von Plücker aufgestellten Annahme und der in dieser und meiner früheren citirten Abhandlung mitgetheilten Versuche und Entwicklungen unter einen Gesichtspunkt bringen lässt. Die Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität dürften aber bessere Prüfungsmittel von Theorien der Elektrizität sein, als Erscheinungen, wo die Elektrizitätsarten sich nur als mathematisch entgegengesetzte, sich aufhebende Grössen verhalten. Kann man viele derselben unter einem Gesichtspunkte vereinigen, so kann ein solcher ein besonderer Anhaltspunkt elektrischer Theorie werden. Diese Ansicht veranlasste mich eben zum Studium der Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität.

Schon von jeher wurden die Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität als die Hauptargumente der Unitarier und Dualisten benützt und beim Streite derselben spielten die Unterschiede der Lichtenbergischen Figuren und der Lichterscheinungen, der Lullin'sche Versuch und das erwähnte Korkkuglexperiment die

<sup>1)</sup> Gehler's physikalisches Wörterbuch, Bd. IV, Abth. I. p. 429.

Hauptrolle. Es liegt darin eine Aufforderung, über das Verhältniss der so viele Artunterschiede umfassenden Plücker'schen Annahme, zur Streitfrage der unitarischen und dualistischen Hypothese zum mindesten eine Vermuthung aufzustellen. Wenn ich dies wagen darf, so scheint mir die Plücker'sche Annahme die Frage zwar nicht zu entscheiden, doch aber für die unitarische Hypothese zu sprechen. Nimmt man nur ein elektrisches Fluidum an und setzt voraus es sei dasselbe die positive Elektrizität, so dass also an der positiven Spitze Ausströmung, an der negativen Aufsaugung stattfindet, so begreift man in plausibler Weise, dass den positiv elektrisirten Theilchen ein Impuls in der Richtung des Stromes ertheilt wird, den negativ elektrisirten aber nicht, was ja eben der Plücker'schen Annahme entspricht. Die dualistische Hypothese bietet für die Plücker'sche Annahme keine ähnliche plausible Erklärungsweise, während den statischen und dynamischen Erscheinungen beide Hypothesen bekanntlich in gleicher Weise genügen.

Schliesslich erlaube ich mir noch meinen Dank für die Güte und Liberalität auszusprechen, mit welcher Herr Regierungsrath Ritter von Eettinghausen, Director des physikalischen Institutes, mich bei Anstellung der in den zwei ersten Paragraphen erwähnten Versuche unterstützte.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1860

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Reitlinger Edmund

Artikel/Article: [Zur Erklärung des Lullin'schen Versuches und einiger anderen Artunterschiede der positiven und negativen Elektrizität. 759-768](#)