

I. *Achtzehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;*  
*von Michael Faraday.*

[Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Philosoph. Transact. f. 1843, pt. I.*]

§. 25. Ueber die Elektrizitäts-Erregung durch Reibung von Wasser und Dampf an andern Körpern.

2075) Vor zwei Jahren wurde von Hrn. Armstrong und Andern ein Versuch beschrieben <sup>1)</sup>, in welchem das Ausströmen eines Dampfs von hohem Druck in die Luft eine Fülle von Elektrizität erzeugte. Die Quelle der Elektrizität ward nicht ermittelt, sondern vorausgesetzt, sie liege in der Verdampfung oder Aggregatveränderung des Wassers, und stehe in directer Beziehung zur atmosphärischen Elektrizität. Seit dem Mai des letzten Jahres habe ich zu verschiedenen Zeiten über den Gegenstand gearbeitet, und wiewohl ich erfahre, daß Hr. Armstrong in neueren Mittheilungen einige auch von mir erhaltene Thatsachen bereits veröffentlicht hat, so wird doch die K. Gesellschaft einen gedrängten Abriss meiner Ergebnisse und Schlüsse wohl nicht der Beachtung für unwerth halten.

2076) Der von mir angewandte Apparat war nicht darauf berechnet, Dampf in Menge oder von hohem Drucke zu liefern, reichte aber hin zu meinem Zweck, welcher in der Untersuchung der Wirkung und ihrer Ursache bestand, und nicht in einer Verstärkung der Elektrizitäts-

1) *Phil. Mag.* 1840, *Vol. XVII* p. 370, 452. (Annalen, Bd. LII S. 328 u. ff.)

Erregung. Hr. Armstrong hat das Letztere in einer neueren Arbeit wohl ausgeführt <sup>1</sup>). Der von mir angewandte Dampfkessel, der *London Institution* gehörig, hält ungefähr zehn Gallonen Wasser und gestattet fünf Gallonen zu verdampfen. An ihm befestigte ich eine 4,5 Fufs lange Röhre, an deren Ende sich ein grofser Hahn nebst einer Metallkugel befand. Letztere, die 32 Kubikzoll fafste, will ich *Dampfkugel* nennen; an ihr Mundstück konnten verschieden geformte Apparate angesetzt werden, die als Ausgänge für den ausströmenden Dampf dienten <sup>2</sup>). So konnte man mit der Dampfkugel einen Hahn verbinden, der bei den Versuchen als Ausgang des Dampfes (*experimental steam passage*) diente, oder konnte ein hölzernes Rohr einschrauben, oder konnte eine kleine Metall- oder Glasröhre in einen Kork stecken und diesen einschrauben; in diesen Fällen war die Bahn des Dampfes in der Kugel und der zum Kessel führenden Röhre so weit, dafs man sie als einen Theil des Kessels ansehen konnte, und diese Endkanäle als die Hindernisse, welche allein, das Ausströmen des Dampfes hemmend, einen bedeutenden Grad von Reibung ausübten.

2077) Ein anderes Mundstück bestand in einer Metallröhre, endigend in einem Metalltrichter und einem Kegel, der sich mittelst einer Schraube mehr oder weniger in den Trichter schieben liefs, so dafs der ausströmende Dampf auf den Kegel stofsen mußte (Taf I Fig. 2). Der Kegel konnte entweder mit dem Trichter oder dem Kessel elektrisch verbunden oder isolirt werden.

2078) Ein anderes Endstück bestand aus einer Röhre mit einem Hahn und einem oben darauf gesetzten Fütterer (*feeder*), mittelst dessen eine Flüssigkeit in den Dampf-

1) *Phil. Mag.* 1843, *Vol. XXII* p. 1.

2) Diese Kugel und die übrigen Theile des Apparats sind in den zu diesem Aufsatz gehörigen Figuren (Taf. I Fig. 1 bis 6) im Viertel der natürlichen Gröfse abgebildet.

strom gebracht und mit demselben fortgeführt werden konnte (Taf. I Fig. 3.).

2079) Noch ein anderes Endstück bestand in einer kleinen cylindrischen Kammer (Taf. I Fig. 4), in welche sich verschiedene Flüssigkeiten bringen ließen, so daß, wenn die Hähne geöffnet waren, der aus der Dampfkugel (2076) strömende Dampf in diese Kammer treten, alles daselbst Befindliche fortnehmen und in den Endkanal führen, oder gegen den Kegel (2077) treiben mußte, je nachdem der Apparat zusammengefügt worden war. Diese kleine Kammer werde ich immer *C* nennen.

2080) Der Druck, mit dem ich arbeitete, ging von acht bis dreizehn Zoll Quecksilber, und ward nie höher als dreizehn Zoll oder etwa zwei Fünftel einer Atmosphäre.

2081) Der Kessel war isolirt auf drei kleinen Klötzen Lack, und der Schornstein verbunden durch eine trichterförmige Röhre, die nach Belieben fortzunehmen war. Es wurde mit Coke und Holzkohle geheizt, und die Isolation war so gut, daß wenn der Kessel mit einem Goldblatt - Elektrometer verbunden und dann geladen wurde, die Divergenz der Blätter sich nicht änderte, weder durch die Anwesenheit eines starken Feuers, noch durch das reichliche Entweichen der Verbrennungsproducte.

2082) Bei der Elektrizitätserregung durch ausströmenden Dampf lassen sich zwei Dinge untersuchen, entweder der isolirte Kessel, oder deren tweichende Dampf; beide sind immer im entgegengesetzten Zustande. Ich befestigte an dem Kessel sowohl ein Goldblatt- als ein Entladungs Elektrometer; das erstere zeigte jede Ladung kurz vor einem Funken an, und das zweite durch die Anzahl von Funken in einer gegebenen Zeit, die zur Messung der entwickelten Elektrizität verwandt worden. Der Zustand des Dampfes läßt sich beobachten, entweder indem man ihn durch eine isolirte weite Röhre

treibt, worin einige Scheidewände von Drahtnetz, welche dem Dampf als Entlader dienen, oder indem man einen Puff (*a puff*) von ihm neben einem Elektrometer vorbeigehen läßt, wo er vertheilend (*by induction*) wirkt, oder indem man Drähte und Platten aus leitenden Substanzen in seine Bahn bringt und ihn so entladet. Den Zustand des Kessels oder der Substanz, an welcher der Dampf gebildet wird, zu untersuchen, ist, wie schon Hr. Armstrong beobachtet hat, weit zweckmäßiger, als sich wegen der Elektrizität an den Dampf zu wenden, und daher werde ich in diesem Aufsatz, wenn nicht das Gegentheil gesagt wird, immer den Zustand des ersteren angeben.

---

2083) Zur Ursache der Elektrizitätserregung übergehend, muß ich zuvörderst bemerken, daß sie, wie ich mich überzeugt habe, weder in der Verdampfung noch in der Verdichtung (zur Tropfbarkeit *P.*) liegt, und auch weder durch die eine noch die andere abgeändert wird. Wenn, bei voller Spannkraft des Dampfs, die Sicherheitsklappe plötzlich gehoben und fortgenommen wurde, fand keine Elektrizität in dem Kessel statt, obwohl nun die Verdampfung sehr stark war. Wenn ferner der Kessel, vor der Oeffnung der Klappe, durch geriebenes (*excited*) Harz geladen ward, änderte das Oeffnen der Klappe und die nun erfolgende Verdampfung diese Ladung nicht. Als es mir endlich gelungen war, Dampf-Ausgänge zu construiren, die entweder den positiven, oder negativen, oder den neutralen Zustand gaben (2102. 2110. 2117), konnte ich diese an die Bahn des Dampfs befestigen, und so den Kessel mit einem und demselben Dampf nach Belieben, entweder positiv, negativ oder neutral machen, während die Verdampfung in der ganzen Zeit unverändert fort dauerte. Somit ist denn die Elektrizitäts-Erregung offenbar unabhängig von

der Verdampfung oder der Aenderung des Aggregatzustandes.

2084) Der Austritt von *Dampf allein* ist nicht genügend Elektrizität zu entwickeln <sup>1)</sup>. Zur Erläuterung dieses Satzes kann ich sagen, daß der Kegel-Apparat (2077) ein vortrefflicher Erreger ist, so auch eine Buchsbaum-Röhre (2102. Taf. I Fig. 5), getränkt mit Wasser und eingeschraubt in die Dampfkugel. Wenn mit einer dieser Vorrichtungen die Dampfkugel leer von Wasser ist, so daß sie das aus der Verdichtung des Dampfs entstehende auffängt und zurückhält, so erregt, nach den ersten Momenten (2089) und sobald der Apparat heiß ist, der austretende Dampf keine Elektrizität. Ist aber die Dampfkugel so weit gefüllt, daß der Rest des verdichteten Wassers durch den Dampf fortgetrieben wird, so erscheint eine Fülle von Elektrizität. So wie dann die Kugel wieder geleert wird vom Wasser, hört die Elektrizität auf; füllt man sie aber bis zur geeigneten Höhe, so erscheint die Elektrizität abermals in voller Kraft. So zeigte sich keine Elektrizität, wenn der Fütter-Apparat (2078) gebraucht ward, und kein Wasser in dem Kanale war; leitete man aber Wasser in diesen aus dem Fütterer, so entwickelte sich sogleich Elektrizität.

2085) Die Elektrizität entspringt gänzlich aus der Reibung der vom Dampfe fortgeführten Wassertheilchen an der umgebenden festen Masse des Kanals (*passage*) oder des ihm eigends entgegen gehaltenen Körpers, wie des Kegels (2077), ganz wie bei der gewöhnlichen Erregung durch Reibung. Es wird späterhin gezeigt werden (2130. 2132), daß eine sehr kleine Menge Wasser, zweckmäßig an einen verstopfenden oder vorgehaltenen

1) Auch Hr. Armstrong hat gezeigt, daß Wasser wesentlich ist zu einer starken Elektrizitäts-Erregung. *Phil. Mag.* 1843, *Vol. XXII* p. 2.

Körper gerieben, eine sehr merkliche Menge Elektrizität erzeugt.

2086) Von den mannigfachen Umständen, die auf diese Elektrizitäts-Erregung einwirken, giebt es einen oder zwei, deren ich hier erwähnen muß. Erhöhung des Drucks (wie es durch Hrn. Armstrong's Versuche wohl erwiesen ist) vergrößert den Effect bedeutend, einfach dadurch, daß die beiden erregenden Substanzen stärker an einander gerieben werden. Erhöhung des Drucks ändert zuweilen den positiven Zustand des Kanals in den negativen um, nicht weil sie an sich das Vermögen hat, die Beschaffenheit des Kanals zu ändern, sondern, wie man (2108) sehen wird, durch Fortführung dessen, wodurch die positive Elektrizität erregt ward; keine Verstärkung des Drucks vermag, so weit ich finden kann, die Negativität eines gegebenen Kanals in Positivität umzuwandeln. Bei anderen, weiterhin (2090. 2105) beschriebenen Erscheinungen, ist die Verstärkung des Drucks ohne Zweifel von Einfluß gewesen, und eine Wirkung, welche abgenommen hat und selbst verschwunden ist (wie bei Zusatz von Substanzen zum Wasser in der Dampfkugel oder zum austretenden Strom von Wasser und Dampf), kann unzweifelhaft durch Verstärkung des Drucks wieder erhöht oder hergestellt werden.

2087) Die Gestalt (*shape and form*) des erregenden Kanals (*exciting passage*) hat großen Einfluß, indem sie die Berührung und nachherige Trennung der Wassertheilchen und der festen Substanz, an welche sie sich reiben, befördert.

2088) Wenn der mit Wasser gemischte Dampf durch eine Röhre oder einen Hahn (2076) geht, so kann er beim Austreten entweder einen zischenden sanften, oder einen schnarrenden rauhen Ton hervorbringen <sup>1)</sup>; und

1) Hr. Armstrong und Hr. Schafhäutl haben beide den Zusammenhang gewisser Töne oder Geräusche mit der Elektrizitäts-Erregung beobachtet.

zwar mit der Kegelvorrichtung oder einer Röhre von gewisser Länge plötzlich mit einander abwechselnd. Bei dem sanften Ton wird wenig oder keine Elektrizität erregt, bei dem schnarrenden dagegen viel. Der schnarrende Ton begleitet jene unregelmäßige rohe Vibration, welche das Wasser heftiger und wirksamer gegen die Substanz des Kanals schleudert, und somit eine bessere Elektrizitäts-Erregung hervorbringt. Ich wandelte zu dem Zweck das Ende des Kanals in eine Dampfpeife um, indess ohne Nutzen.

2089) Wenn sich kein Wasser in der Dampfkugel befindet, so ist der *erste Effect* bei Oeffnung des Dampfahns sehr auffallend; es findet eine gute Elektrizitäts-Erregung statt, allein sie hört bald auf. Dies rührt von dem in den kalten Kanälen verdichteten Wasser her, welches durch Reibung an ihnen Elektrizität erregt. Besteht der Kanal z. B. aus einem Hahn, so wird, so lange er kalt ist, mit dem, was man nur für Dampf hält, Elektrizität erregt; allein sobald er heiß wird, verschwindet diese Erregung. Wenn man dann, während der Dampf ausströmt, den Hahn durch einen isolirten Wasserstrahl abkühlt, nimmt er sein Vermögen wieder an. Wird er andererseits mit einer Weingeistlampe erhitzt, ehe der Dampf austritt, so findet *kein* erster Effect statt. Auf diese Weise habe ich einen erregenden Kanal gemacht, indem ich einen Theil einer Ausgangsröhre mit einer kleinen Cisterne umgab und darin Wasser oder Weingeist that.

2090) Wir finden also, daß Wassertheilchen, gerieben durch einen Dampfstrom an anderen Körpern Elektrizität erregen. Zu dem Ende muß jedoch nicht bloß Wasser, sondern *reines* Wasser angewandt werden. Bei Anwendung der Fütter-Vorrichtung (2078), welche das reibende Wasser in das Innere des Dampf-

kanals führte, fand ich, wie zuvor gesagt, daß ich mit Dampf allein keine Elektrizität bekam (2084). Bei Hineinleitung von destillirtem Wasser wurde reichlich Elektrizität entwickelt; als indess ein kleiner Krystall von schwefelsaurem Natron oder Kochsalz in das Wasser gethan wurde, hörte diese Entwicklung ganz auf. Abermalige Anwendung von destillirtem Wasser rief die Elektrizität wieder hervor. Als ich das gewöhnliche Wasser, mit dem London versorgt wird, anwandte, konnte ich dies nicht bewerkstelligen.

2091) Wenn ich ferner, bei Anwendung der Dampfkugel (2076) und einer Buchsbaum-Röhre (2102), die, sobald destillirtes Wasser mit dem Dampf aus dem Kessel durch sie geleitet ward, gut erregte, einen kleinen Krystall von schwefelsaurem Natron oder Kochsalz, oder Salpeter, oder den kleinsten Tropfen Schwefelsäure in die Dampfkugel mit dem Wasser brachte, war der Apparat höchst unwirksam, mit ihm keine Elektrizität zu erregen. Nahm ich aber solches Wasser fort und ersetzte es durch destillirtes Wasser, so war die Erregung wieder vortrefflich. Sie hörte auf, so wie eine sehr geringe Menge jener Substanzen hinzugefügt ward, und erschien abermals, so wie wieder reines Wasser hineingebracht wurde.

2092) Gemeines Wasser in der Dampfkugel war unvermögend zur Elektrizitäts-Erregung. Ein wenig Kali zu destillirtem Wasser hinzugefügt, nahm diesem alle Kraft. Dasselbe that der Zusatz *irgend* einer jener salzigen oder anderen Substanzen, die das Wasser leitend machen.

2093) Dies rührt offenbar davon her, daß das Wasser ein so guter Leiter wird, daß bei seiner Reibung an Metall oder sonst einem Körper die erregte Elektrizität sich unmittelbar wieder entladen kann. Es ist gerade so, wie wenn wir Lack oder Schwefel durch Flannell zu erregen suchen, der, statt trocken zu seyn, feucht ist.



Es zeigt sehr klar, dafs die Elektricitäts-Erregung, wenn sie stattfindet, vom Wasser und nicht vom durchströmenden Dampf herrührt.

2094) Da Ammoniak die Leitungsfähigkeit des Wassers nur in geringem Grade erhöht (554), so schlofs ich, es würde hier das Erregungsvermögen nicht fortnehmen. Demgemäfs brachte ich etwas davon in das reine Wasser der Kugel, und wirklich ward Elektricität entwickelt, obgleich der mit Wasser gemischte Dampfstrom Kurkumäpapier röthete. Allein der Zusatz einer sehr geringen Portion verdünnter Schwefelsäure nahm, durch Bildung von schwefelsauren Ammoniak, alle Erregbarkeit fort.

2095) Wenn in einem dieser Fälle die Dampfkugel Wasser enthielt, welches keine Elektricität erregen konnte, so war es niedlich zu beobachten, wie beim Oeffnen des Hahns, welcher vor der Dampfkugel in die Dampfrohre eingesetzt war (der bezweckte, das in der Rohre vor ihrem Eintritt in die Dampfkugel verdichtete Wasser fortzunehmen), augenblicklich Elektricität entwickelt ward; einige Zoll weiterhin war der Dampf ganz wirkungslos, weil die Beschaffenheit des Wassers, über welches er hinweggestrichen und welches er mitgenommen, ein wenig geändert war.

2096) Als eine hölzerne oder metallene Rohre (2076) als erregender Kanal gebraucht ward, zeigte die Anbringung von Salzlösungen auf der Außenseite oder das Ende der Rohre in keiner Weise einen Einfluß auf die Erregung. Gebrauchte man aber einen hölzernen Kegel (2077) und befeuchtete denselben mit den Lösungen, so zeigte sich beim ersten Herauslassen des Dampfs keine Erregung; vielmehr erschien diese erst als die Lösung fortgewaschen war, und stieg dann bald auf ihre volle Höhe.

2097) Nachdem ich diese Punkte hinsichtlich der Nothwendigkeit des Daseyns und der Reinheit des Wassers ermittelt hatte, untersuchte ich zunächst den Ein-

fluß der Substanz, an welche der Strom von Dampf und Wasser sich rieb. Zu dem Ende gebrauchte ich anfangs Kegel (2077) von verschiedenen Substanzen isolirt oder nicht. Folgende, nämlich: Messing, Buchsbaum, Büchenholz, Elfenbein, Leinen, Kasimir, weiße Seide, Schwefel, Kautschuck, geölte Seide, lackirtes Leder, geschmolzenes Kautschuck und Harz, wurden sämtlich negativ, machten also den Strom aus Dampf und Wasser positiv. Die Gewebe (*fabrics*) wurden über Holzkegel ausgespannt. Das geschmolzene Kautschuck wurde auf einem buchshölzernen oder leinenen Kugel ausgebreitet, und der Harzkegel war ein leinener Kegel, der in eine concentrirte Lösung von Harz und Alkohol getaucht und darauf getrocknet worden. Ein in Terpenthinöl getauchter Holzkegel, ein anderer mit Baumöl getränkter, und ein mit alkoholischer Harzlösung bestrichener und darauf getrockneter Messingkegel waren anfangs wirkungslos und wurden darauf allmähig negativ, wobei es sich aber ergab, daß dann das Terpenthinöl, das Baumöl und das Harz sich von den durch den Strom aus Dampf und Wasser getroffenen Stellen abgelöst hatten. Ein Kegel von Kasimir, der zwei oder drei Mal nacheinander in eine alkoholische Harzlösung getaucht und darauf getrocknet worden, wirkte sehr unregelmäßig, ward bald positiv, bald negativ, in einer Weise, die anfangs schwer, hernach aber (2113) leicht zu begreifen war.

2098) Das Ende einer Schellackstange ward auf einen Moment in den Strom aus Dampf und Wasser gehalten, und dann an ein Goldblatt-Elektrometer gebracht. Es zeigte sich negativ, genau wie wenn es mit einem Stück Flanell gerieben worden. Die Ecke einer Schwefelplatte verhielt sich eben so, wenn sie auf gleiche Weise untersucht wurde.

2099) Eine andere Methode, die geriebene Substanz zu untersuchen, bestand darin, dieselbe in Form von Drähten, Fäden oder Stücken anzuwenden, und, wäh-

rend sie mit dem Goldblatt-Elektrometer verbunden war, an einer isolirten Handhabe in den Dampfstrom zu halten. Auf diese Weise wurden folgende Substanzen untersucht:

Platin	Rosshaar	Holzkohle
Kupfer	Bärenhaar	Asbest
Eisen	} Flintglas	Cyanit
Zink		} Grünglas
Schwefelkupfer	Federkiel	Bergkrystall
Leinen	Elfenbein	Opferment
Baumwolle	Schellack auf Seide	Schwerspath
Seide	Schwefel auf Seide	Gyps
Wollen - Garn	Stangenschwefel	Kohlens. Kalk
Holz	Graphit	Flussspath

*Alle* diese Substanzen wurden negativ, obwohl nicht in gleichem Grade. Diese anscheinende Verschiedenheit im Grade hängt nicht *bloss* ab von der specifischen Tendenz, negativ zu werden, sondern auch von der Leitungsfähigkeit des Körpers, vermöge welcher derselbe seine Ladung an das Elektrometer abgibt; ferner von seiner Neigung, feucht zu werden (welche sehr verschieden ist, z. B. bei Schellack oder Federkiel einerseits und Glas oder Linnen andererseits), was auf seine Leitungsfähigkeit einwirkt; und endlich von seiner Gestalt und Gröfse. Dessenungeachtet konnte ich unterscheiden, daß Bärenhaar, Federkiel und Elfenbein, verglichen mit den andern Körpern, ein sehr geringes Vermögen zur Elektrizitätserregung besitzen.

2100) Ich muß hier ein Paar Bemerkungen machen über die Einbringung der Körper in den Dampfstrom. Um die Verdichtung an der Substanz zu verhüten, machte ich einen Platindraht durch eine isolirte Volta'sche Batterie weißglühend und brachte ihn in den Strahl. Er wurde bald durch diesen bis auf 212° F. abgekühlt, konnte jedoch natürlich niemals unter den Siedpunkt

kommen. Kein Unterschied war sichtbar zwischen der Wirkung der ersten Eintauchung und jedem späteren Zeitpunkt derselben. Er wurde augenblicklich elektrisirt und zwar negativ.

2101) Die angewandten Fäden wurden über eine Gabel von steifem Draht ausgespannt, und mit ihrer Mitte in den Dampf gehalten. Wenn hiebei die Schnur oder der Faden genau in der Mitte des Strahls gehalten, und längs auf sie gesehen wurde, so erschienen sie ruhig; führte man sie aber im Mindesten rechts oder links von der Axe des Strahls, so vibrirten oder rotirten sie (sehr natürlich), wobei sie einen schönen Kreis beschrieben, dessen Tangente die Axe des Strahles war. Das Interessanteste war, daß, wenn der Faden rotirte, gleichsam mit dem Strom wanderte, wenig oder keine Elektrizität erregt wurde, wogegen sich, sobald er nahe oder ganz ruhig war, eine Fülle von Elektrizität zeigte, somit den Effect der Reibung erläuternd.

2102) Der Unterschied in der Beschaffenheit der oben (2099) beschriebenen Substanzen giebt ein werthvolles Mittel zur Abänderung der Versuche. So macht eine metallene, gläserne oder hölzerne Röhre <sup>1)</sup> (2076), als Dampföffnung benutzt, den Kessel gut negativ und den Dampf stark positiv. Wenn man aber einen Federkiel, oder, besser noch, eine Elfenbeinröhre anwendet, so erhält der Kessel kaum eine Ladung, und der Dampfstrom ist auch neutral. Dies Resultat unterstützt nicht nur den Beweis, daß die Elektrizität nicht von der Verdampfung herrührt, sondern ist auch für die experimentelle Untersuchung sehr werthvoll. Es war in einem solchen neutralen Strom aus Dampf und Wasser, worin die Erregung der vorhin beschriebenen Körper (2099) erlangt wurde.

1) Eine Holzhöhre, 3 Zoll lang und innen 0,2 Zoll weit, gut mit destillirtem Wasser durchzogen und in die Dampföhre geschraubt, ist ein bewundernswürdiger Elektrizitäts-Erreger.

2103) Es können demnach Substanzen entweder in den neutralen Strahl aus einem Elfenbeinrohr oder in den positiven aus einer Holz- oder Metallröhre gehalten werden, und im letzteren Fall treten Erscheinungen ein, welche, nicht verstanden, zu großer Verwirrung führen. So hielt ich einen isolirten Draht in den aus einem Glas- oder Metallrohr hervorkommenden Dampfstrom, etwa einen halben Zoll von der Mündung des Rohrs, und fand ihn unerregt. Entfernte ich ihn mehr, so wurde er positiv, näherte ich ihn dagegen mehr der Röhre, so war er negativ. Dies entsprang einfach daraus, daß der Draht, wenn er dem Rohre nahe, in dem kräftigen Theil des Stromes war, erregt und negativ wurde, dabei den Dampf und Wasserstrom positiver als zuvor machte, daß er dagegen weiter ab, in dem ruhigeren Theil des Stroms, bloß als Entlader des zuvor in der Ausgangsröhre erregten Stromes diente, und somit denselben Zustand wie dieser zeigte. Platin, Kupfer, Band (*string*), Seide, Holz, Graphit oder irgend eine andere der zuvor (2099) genannten Substanzen, mit Ausnahme von Federkiel, Elfenbein und Bärenhaar, konnte auf diese Weise positiv oder negativ gemacht werden, je nachdem sie, durch den ihr in dem Strom gegebenen Platz, als Erreger oder Entlader benutzt wurde. Ein Stück feinen Drahtnetzes, quer vor dem Strom gehalten, zeigt die obige Erscheinung niedlich. Eine Verschiebung von einem Achtelzoll rück- oder vorwärts aus der centralen Stelle ändert schon den elektrischen Zustand des Netzes.

2104) Wenn statt eines erregten Stroms von Dampf und Wasser (2103), ein aus einem Elfenbeinrohr (2102) heraustretender, neutraler angewandt wird, kann man den Drähten u. s. w. nicht mehr abwechselnd die beiden Zustände geben. Sie können zwar negativ (2099), aber in keinem Abstände zu Entladern oder positiv gemacht werden.

2105) Wir haben bereits gesehen, daß das Daseyn

einer sehr geringen Menge einer Substanz, die das Wasser leitend zu machen vermag, alle Erregungsfähigkeit fortnimmt (2090 etc.) bis zu den höchsten Graden von Druck, d. h. mechanischer Reibung, die ich anwandte (2086). Das Nächste war nun zu versuchen, ob diess für alle durch den Strom geriebene Substanzen gelte, oder ob sich dem Grade nach Unterschiede bei denselben zeigen würden. Ich untersuchte daher wiederum alle Körper und setzte einmal etwa zwei Gran Glaubersalz zu den vier Unzen Wasser, welche die Dampfkugel bei regelmässiger Wirkung beständig enthielt; ein ander Mal fügte ich noch nicht ein Viertel so viel Schwefelsäure hinzu (2091). In beiden Fällen blieben alle die Substanzen (2099) gänzlich neutral. Sehr wahrscheinlich würde eine grosse Verstärkung des Drucks einige Wirkung gegeben haben (2086).

2106) Ich that Schwefelsäure von der äussersten Schwäche bis zur beträchtlichen Sauerheit in die Dampfkugel, und wandte Röhren und Kegel von Zink an, konnte aber *keine Spur* von Elektrizität erhalten. Chemische Action scheint daher mit der Elektrizitätserregung durch den Dampfstrom nichts zu schaffen zu haben.

2107) Nachdem ich sonach das Resultat der Reibung von Dampf und Wasser gegen so viele Körper angegeben, will ich hier noch den merkwürdigen Umstand hervorheben, dass das Wasser gegen sie alle *positiv* ist. Wahrscheinlich steht es über allen Substanzen, selbst über Katzenhaar und kleesaurem Kalk (2131). Wir werden späterhin finden, dass wir es in unserer Macht haben, nicht nur, durch Anwendung einer Elfenbeinröhre (2102), das Positivwerden des Dampf- und Wasser-Stroms zu verhüten, sondern auch seine eigene Elektrizität, wenn er durch oder gegen Substanzen, wie Holz, Glas, Metall u. s. w., strömt, zu schwächen. Ob wir, bei einem so geschwächten Strom, unter den oben (2099) genannten Körpern einige finden werden, welche

ihn positiv, und andere, welche ihn negativ machen, ist eine noch zu beantwortende Frage.

2108) Im Fortschritt der Untersuchung war es nun eine neue Frage, wie sich andere Körper als Wasser bei der Fortführung ihrer Theilchen durch den Dampfstrom verhalten würden. Zu dem Ende wurde der Fütter-Apparat (2078) aufgesetzt und mit Terpenthinöl geladen, um dieses nach Belieben in die Mündung des Dampfkanals zu bringen. Zuerst wurde der Fütter-Hahn geschlossen, und der austretende Strom von Dampf und Wasser machte den Kessel negativ. Als nun Terpenthinöl hinabgelassen wurde, änderte sich dieser Zustand sogleich; der Kessel wurde stark positiv, und der Strom von Dampf u. s. w. eben so stark negativ. Bei Abschließung des Oels verschwand dieser Zustand allmählig, und nach einer halben Minute war der Kessel so negativ als anfangs. Die Einführung von mehr Terpenthinöl machte ihn wieder positiv, und so hatte man die Erscheinungen ganz in seiner Gewalt.

2109) Als der Fütter-Apparat fortgenommen und bloß die Dampfkugel nebst einer hölzernen Ausgangsröhre (2076) angewandt wurde, war das Resultat eben so schön. Mit reinem Wasser in der Kugel war der Kessel negativ und der austretende Dampf etc. positiv. Allein ein Paar Tropfen Terpenthinöl, in die Dampfkugel mit dem Wasser gebracht, machten sogleich den Kessel positiv und den ausströmenden Dampf negativ. Bei Anwendung der kleinen Zwischenkammer C (2079) waren die Wirkungen eben so entscheidend. Ein Stück neues Segeltuch, zu einem Ring geformt, mit Terpenthinöl benetzt und in die Büchse gebracht, machte, so lange eine Spur der Flüssigkeit in der Büchse war, den Kessel positiv und den ausströmenden Dampf negativ.

2110) So kann der positive oder negative Zustand

nach Belieben entweder der geriebenen Substanz oder dem reibenden Strom gegeben werden, besonders mittelst Terpenthinöl, da, wegen seiner vollkommenen und leichten Verflüchtigung bei fortdauerndem Ausströmen des Dampfs, der neue Effect bald verschwindet, aber auf abermaligen Zusatz sogleich wieder erscheint.

2111) Mit Olivenöl sind im Allgemeinen die Erscheinungen dieselben, d. h. der Strom von Dampf etc. wird *negativ*, und die geriebene Substanz *positiv*. Allein wegen der verhältnißmäßigen Unflüchtigkeit des Oels ist der Zustand bleibender; sehr wenig Oel, in die Dampfkugel (2076) oder die Kammer C (2079) oder die Ausgangsröhre gebracht, macht den Kessel für lange Zeit positiv. Es ist jedoch erforderlich, daß dies Oel sich an solcher Stelle befinde, daß der Dampfstrom, nachdem er durch dasselbe gegangen, gegen andere Substanzen reibe. Nahm man z. B. eine Holzröhre (2076. 2102) zum Erreger und brachte etwas Oel an deren inneres Ende, oder an das Ende, worin der Dampf eintrat, so wurde sie positiv und der austretende Dampf negativ; brachte man aber das Oel an das äußere Ende der Röhre an, so war diese Röhre, wie bei reinem Wasser, negativ und der ausströmende Dampf positiv.

2112) Wasser ist wesentlich für diese Elektricitäts-Erregung durch fettes Oel, denn wenn die Dampfkugel vom Wasser geleert wurde, konnte man Oel in diese und die Kanäle bringen, ohne daß eine Erregung stattfand. Zwar war der erste Effect (2089) wirklich eine Erregung, bei welcher der Kessel positiv wurde, allein dieser Effect rührte von dem in dem Kanale verdichteten Wasser her, verbunden mit der Wirkung des Oels. Späterhin als Alles heiß war, fand keine Elektricitäts-Erregung statt.

2113) Ich versuchte manche andere Substanzen mit der Kammer C und anders geformten Apparaten, dabei die feuchte Holzröhre (2102) als den Ort und die Substanz



stanz der Elektricitäts-Erregung des Dampfstroms benutzend. Speck, Wallrath, Bienenwachs, Ricinusöl, Harz gelöst in Alkohol; alle diese, nebst Baumöl, Terpenthinöl und Lorbeeröl machten den Kessel positiv und den austretenden Dampf negativ. Von Substanzen mit dem umgekehrten Vermögen ist zweifelhaft, ob irgend eine über dem Wasser stehe. Schwefelkohlenstoff, Naphtalin, Schwefel, Kampher, geschmolzenes Kautschuck, schienen zuweilen, im strengen Gegensatz zu den vorher genannten Körpern, den Kessel sehr negativ zu machen, allein, als gleich darauf Wasser versucht wurde, schien es diefs ganz eben so stark zu thun. Einige der letzteren Substanzen, nebst Oelgas-Flüssigkeit, Naphtha und Kautschuck, gaben zuweilen veränderliche Resultate, wie wenn sie die Folge unregelmässiger und complicirter Effecte wären. In der That ist leicht einzusehen, dafs eine Substanz, je nachdem sie an dem geriebenen Körper haftet, oder von dem Dampfstrom fortgeführt wird, also vom Geriebenen zum Reiber wird, verschiedenartige Wirkungen geben mufs. Diefs, glaube ich, war der Fall bei dem zuvor erwähnten Kegel aus Harz (2097).

2114) Dafs Salze, Säuren etc., wenn sie im Wasser vorhanden, dessen Wirkung vernichten, habe ich bereits erwähnt (2090 etc.). Hinzufügen kann ich noch, dafs Schwefeläther, Holzgeist und Borsäure dasselbe thun.

2115) Alkohol schien anfangs den Kessel positiv zu machen. Halb Alkohol und halb Wasser machten den Kessel negativ, doch viel schwächer als reines Wasser.

2116) Zu bemerken ist, dafs eine Substanz, die das umgekehrte Vermögen des Wassers, jedoch nur in geringem Grade, besitzt, dieses nur durch eine Schwächung des Vermögens des Wassers äufsern kann. Diese Verringerung des Vermögens ist in ihrer Ursache sehr verschieden von der, welche aus der Erhöhung der Leitungsfähigkeit des Wassers, durch Zusatz eines Salzes (2090) entspringt, obwohl der sichtbare Effect derselbe ist.

2117) Soll der ausströmende Dampf bleibend negativ seyn, so erlangt man dies sehr leicht. Es genügt dazu, etwas Oel oder Wachs in die Dampfkugel (2076) oder einen dicken Ring von Schnur oder Hanf, getränkt mit Wachs oder einer alkoholischen Harzlösung, in die Kammer C (2079) zu bringen. Richtet man es dabei gehörig ein, so ist es leicht die Kraft des Wassers zu neutralisiren, so daß der ausströmende Dampf weder elektrisch ist, noch an dem geriebenen Körper sich elektrisirt.

2118) Wir sind demnach zu drei Methoden gelangt den Strom aus Dampf und Wasser neutral zu machen, nämlich durch Benutzung einer Elfenbeinröhre oder eines Federkiels (2102), durch Lösung von Substanzen in Wasser (2090 etc.) und durch Neutralisation von dessen natürlichem Vermögen durch die entgegengesetzte Kraft von Oel, Harz etc.

2119) Bei den Versuchen der eben beschriebenen Art kann eine Elfenbeinröhre nicht mit Sicherheit mit Säuren oder Alkalien in der Dampfkugel angewandt werden, denn diese greifen das Elfenbein an, ändern, durch Ausscheidung oder Lösung der öligen Substanz dessen Zustand ab, und machen sein eigenthümliches Erregungsvermögen sehr veränderlich. Auch andere Umstände wirken zuweilen kräftig darauf ein (2144).

2120) Sehr wenig Oel in den Reibungskanälen hat einen großen Einfluß, und dies war anfangs eine Quelle beträchtlicher Verdriefflichkeiten, indem fortwährend unerwartete Resultate erschienen. Ein wenig in dem Gang einer unvermutheten Schraube verborgen, ist hinreichend für eine Woche den Effect jeder Einrichtung zu verderben, Digeriren und Waschen mit etwas Alkalilösung und Vermeiden aller geölten Wäscher (*all oiled washer*) ist das beste Mittel bei delicatesen Versuchen das Uebel zu vermeiden. Zuweilen habe ich gefunden, daß ein Kanal, der, von etwas geschmolzenem Kautschuck, bis zu einem gewissen Grade bleibend negativ, oder durch Oel, Harz

etc. positiv war, dadurch gänzlich gereinigt werden konnte, dafs man etwas Terpenthinöl durchbliefs. Der Kanal nahm dann für eine Weile den positiven Zustand an; allein wenn jenes durch den Strom fortgenommen war (2110), zeigte er sich vollkommen rein und gut in seinem normalen Zustande.

2121) Ich versuchte nun die Wirkung von Oel u. s. w., wenn etwas Salz oder Säure dem Wasser in der Dampfkugel (2090 etc.) zugefügt war, und fand, dafs wenn das Wasser in dem Zustand war, dafs es für sich keine Kraft ausübte, doch Terpenthinöl, Oel oder Harz in der Kammer *C* die Kraft zeigten, in Verbindung mit solchem Wasser, den Kessel positiv zu machen; doch schien ihre Kraft geschwächt. Verstärkung der Spannkraft des Dampfs würde sie hier, wie in allen andern Fällen, das leidet wenig Zweifel, wiederum erhöht haben. Wenn Alkali in der Dampfkugel war, so verloren Oel und Harz sehr viel von ihrer Kraft, Terpenthinöl aber sehr wenig. Diese Thatsache wird späterhin wichtig (2126).

2122) Wir haben gesehen, dafs Körper, wie Oel, in den Dampfstrom gebracht, dessen Kraft verändern (2108); allein nur durch den Versuch konnten wir ermitteln, ob diese Veränderung so weit gehe, dafs die Elektrizität für wenige oder viele der vom Dampf geriebenen Substanzen geändert werde. Mit Olivenöl in der Kammer *C* werden *alle* zuvor (2097) aufgezählten Kegel positiv. Mit Essigsäure in der Dampfkugel werden sie alle neutral (2091). Mit Harz in der Kammer *C* werden alle Substanzen der früheren Liste (2099), keine ausgenommen, positiv.

2123) Die merkwürdige Eigenschaft des Oels, Terpenthinöls, Harzes u. s. w., in sehr geringer Menge das Erregungsvermögen des Wassers zu schwächen, obwohl einige von ihnen (2112) ohne Wasser wirkungslos sind,

wird einige theoretische Betrachtungen über deren Wirkungsweise entschuldigen. Zunächst erhellt, daß Dampf allein durch Reibung keine Elektrizität zu erregen vermag, sondern daß es nur die von ihm mit fortgeführten Wasserkügelchen sind, die, über den Körper hinwegstreichend, denselben reibend, und von diesem abgerissen (2085), die Elektrizität erregen und selbst elektrisch werden, gerade wie wenn die Hand auf einer Schellackstange hinwegfährt. Wenn Baum- oder Terpenthinöl zugegen ist, so bestehen die Kügelchen, glaube ich, aus diesen Substanzen, und es ist nicht mehr das Wasser, sondern die neue Flüssigkeit, welche den getroffenen Körper reibt.

2124) Die Gründe zu dieser Ansicht sind folgende: Wenn ein in Baum- oder Leinöl getauchter Holzsplitter die Oberfläche von Wasser berührt, so breitet sich sogleich eine Haut von diesem Oele darauf aus. Es ist also gewiß, daß jedes Wasserkügelchen, welches durch die Baum- oder Terpenthinöl enthaltende Kammer *C* geht, mit einem Häutchen davon überzogen ist. Wenn ferner eine Waagschale von Metall, Holz oder anderer Substanz, *wohl gereinigt* und *benäßt* mit Wasser, auf die Oberfläche von Wasser in eine Schüssel gebracht wird, und man belastet die andere Schale bis sie beinahe, doch nicht ganz, die erste von dem Wasser abreißt, so hat man dann ein rohes Maas der Cohäsionskraft des Wassers. Wenn nun der ölige Holzsplitter irgendwo die reine Fläche des Wassers in der Schüssel berührt, so wird das Oel sich nicht nur auf der Wasserfläche ausbreiten, sondern auch die Schale von dem Wasser los-trennen, und wenn man diese wieder niederdrückt, wird das Wasser nicht mehr im Stande seyn, sie festzuhalten. Hier erleichtert also offenbar das Oel die Zertheilung des Wassers durch eine sonst nicht hinlängliche mechanische Kraft und bekleidet die entstandenen Theilchen mit einer Schicht seiner eigenen Substanz.

2125) Alles diefs muſs in dem Dampfſtrom in gröſſerem Maafſe ſtattfinden; die Waſſertheilchen müſſen darin mit einem Oelhäutchen bekleidet ſeyn. Die Zartheit des Häutchens iſt kein Einwurf gegen die Vorausſetzung, denn die Erregung geſchieht ohne Zweifel an der Oberfläche, wo das Häutchen als vorhanden angenommen wird, und ſolch ein Kügelchen, obwohl faſt ganz aus Waſſer beſtehend, kann als ein Oelkügelchen wirken, und durch ſeine Reibung das Holz u. ſ. w. poſitiv machen, während es ſelbſt negativ wird.

2126) Daſs Waſſer, welches durch ein wenig Salz oder Säure unwirksam gemacht iſt, doch die Wirkung des ihm anhaftenden Oelhäutchens (2121) zeigt, ſtimmt mit dieſer Anſicht vollkommen überein. So auch die noch auffallendere Thatſache, daſs alkalifirtes Waſſer (2092), das für ſich keine Kraft beſitzt, die Kraft des Olivenöls und Harzes bedeutend ſchwächt, dagegen die des Terpenthinöls kaum verändert (2121), denn Olivenöl und Harz bilden dann nicht mehr eine Haut auf dem Waſſer, ſondern löſen ſich, während das Terpenthinöl fortfährt dieſe Haut zu bilden.

2127) Daſs Harz eine ſtarke Wirkung giebt und Schwefel nicht, iſt auch in der Ordnung, denn ich finde, daſs Harz auf ſiedendem Waſſer ſchmilzt und eben ſo auf eine Waagschale wirkt wie Oel (2124), wogegen Schwefel dieſe Eigenschaft nicht beſitzt, weil ſein Schmelzpunkt zu hoch iſt.

2128) Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daſs, wenn Holz, Glas oder ſelbſt Metall durch dieſe Oelſtröme gerieben wird, das Oel nicht blofs als reibend an Holz u. ſ. w., ſondern auch an Waſſer betrachtet werden muſs, indem nun Waſſer an der Seite des Geriebenen iſt. Unter dieſen Umſtänden hat das Waſſer eine gröſſere Anziehung zum geriebenen Holz als das Oel, denn in dem Dampfſtrom werden Leinwand, Holz u. ſ. w., die lange Zeit mit Oel getränkt worden, ſchnell von dieſem be-

freit und mit Wasser gesättigt. In solchen Fällen wird dann noch die Positivität der geriebenen Substanz und die Negativität des ausströmenden Dampfs erhöht.

2129) Nachdem ich die Versuche so weit mit Dampf angestellt, und die Ansicht erlangt hatte, dafs der Dampf an sich unwirksam sey, und blofs als mechanisches Mittel, welches die reibenden Theilchen forttreibt, wirke, schritt ich zu Versuchen mit comprimierter Luft <sup>1)</sup>. Zu dem Ende benutzte ich eine starke Kupferbüchse, 46 Kubikzoll fassend, mit zwei Hähnen, durch welchen einen die Luft immer eingepumpt ward, während der andere als Ausgangsröhre diente. Die Büchse war sorgfältig durch Aetzkali gereinigt. Aeufserste Sorgfalt war getroffen (und erforderlich), um Oel, Wachs oder Harz an den Ausgangsöffnungen zu entfernen und zu vermeiden. Die Luft wurde durch eine Compressionspumpe eingepumpt, und in Fällen, wo sie trocken seyn mußte, wurden vier oder fünf Unzen Aetzkali in Stangen in die Büchse gethan, und die verdichtete Luft zehn oder funfzehn Minuten lang mit ihnen in Berührung gelassen. Die Luftmenge, welche man durchschnittlich bei jedem Versuch ausströmen liefs, betrug 150 Kubikzoll. Es war sehr schwierig, diese Luft von dem Oelgeruch zu befreien, den sie in der Compressionspumpe erlangt hatte.

2130) Zunächst will ich von ungetrockneter gemeiner Luft reden. Wenn solche Luft plötzlich gegen den Messing- oder Holzkegel (2077) herausgelassen wurde, so machte sie denselben negativ, genau wie der Strom aus Dampf und Wasser (2097). Ich schrieb dieses den Wassertheilchen zu, welche durch die Ausdehnung und Abkühlung der an dem Metall oder Holz sich reibenden Luft verdichtet werden. Solche Theilchen werden in dem erscheinenden Nebel sichtbar, so wie auch dadurch,

1) Auch Hr. Armstrong hat Luft in gröfsere Quantitäten angewandt. *Phil. Mag.* 1841, Vol. XVIII p. 113, 328.

dafs sie die Oberfläche des Holzes oder Metalls feucht machen. Die hiebei entwickelte Elektrizität stimmt ganz mit der durch Dampf und Wasser erregten, und widerspricht der Ansicht, dafs sie von der Verdampfung herühre (2083), auf's Schlagendste.

2131) Als man jedoch gemeine Luft gegen Eis strömen liess, machte sich dieses positiv, ein Mal wie das andere, während sie dazwischen Holz und Metall negativ elektrisirte. Diefs bestätigt die hohe Positivität, welche schon dem Wasser beigelegt wurde (2107).

2132) Bei Versuchen mit trockner Luft (2129) fand ich, dafs sie in allen Fällen ganz *unfähig* war, an Kegeln von Holz, Schwefel oder Messing (2077. 2097) Elektrizität zu erregen; allein wenn ich, mitten in diesen Versuchen, einen Theil der Luft, sogleich nach ihrer Compression, herausliess, ihr nicht Zeit zum Trocknen liess, so machte sie das geriebene Holz oder Messing negativ (2130). Diefs ist für mich ein überzeugender Beweis, dafs in den früheren Fällen der Effect von dem verdunsteten Wasser herrührt, und dafs *weder Luft allein noch Dampf allein* Körper, wie Messing u. s. w., so erregen kann, dafs sie die in Untersuchung genommenen Erscheinungen zeigen.

2133) Hierauf befestigte man die Büchse *C* an diesem Luft-Apparat und machte die Versuche mit verschiedenen in dieselbe gebrachten Substanzen (2108): dabei gemeine Luft als fortführendes Vehikel gebrauchend.

2134) Mit destillirtem Wasser in *C* war der Metallkegel ab und zu negativ, häufiger aber neutral. Der Mangel eines immerwährenden Luftstroms störte sehr die gehörige Abpassung des gehörigen Antheils Wasser in dem austretenden Strom.

2135) Mit gemeinem Wasser (2090), einer sehr verdünnten Salzlösung, sehr verdünnter Säure (2091) oder Ammoniak konnte ich niemals irgend eine Spur von Elektrizität erhalten.

2136) Mit Terpenthinöl allein in der Büchse *C* wurde

der Metallkegel positiv, wurden aber Wasser und Terpen-  
thinöl zugleich hineingethan, so wurde der Kegel sehr  
*positiv*, weit mehr als zuvor. Gegen Eis gesandt, ward  
dieses positiv.

2137) Baumöl und Wasser oder alkoholische Harz-  
lösung und Wasser auf dieselbe Weise in *C* gebracht,  
machte den Kegel positiv, genau wie wenn diese Sub-  
stanzen durch den Strom mit fortgerissen wären.

---

2138) Obwohl die Untersuchung, was den Dampf-  
strom betrifft, hiemit als geschlossen betrachtet werden  
konnte, so wurde ich doch veranlaßt im Zusammenhang  
mit dem Gegenstand einige Versuche mit dem Luftstrom  
und trocknen Pulvern zu machen. *Schwefelblumen* mach-  
ten sowohl Metall als Holz, ja selbst einen Schwefel-  
kegel negativ; nur einmal machten sie das Metall positiv.  
*Gepülvertes Harz* machte im Allgemeinen Metall negativ  
und Holz positiv, zeigte aber Unregelmäßigkeiten und  
gab oft *beide Zustände in einem und demselben Ver-  
such*, indem es anfangs die Goldblättchen zum Divergiren  
brachte und sie doch am Ende ungeladen liefs. *Gummi*  
gab unstete und doppelte Resultate wie das Harz. *Stärke*  
machte Holz negativ. *Kieselerde*, entweder als fein ge-  
pülverter Bergkrystall oder als Niederschlag aus Fluor-  
kieselsäure durch Wasser, gab sehr beständige und kräf-  
tige Resultate; sie machte sowohl Metall als Holz stark  
positiv, und wenn sie mit einem feuchten isolirten Brett  
aufgefangen wurde, zeigte sie sich negativ.

2139) Diese Versuche mit Pulvern veranlassen ein  
Paar Bemerkungen. Zunächst ward der hohe Grad von  
Reibung, der zwischen den vom Dampf oder von der  
Luft fortgeführten Theilchen stattfindet, wohl erläutert  
durch den Vorgang beim Schwefel. Er zeigte sich in  
dem ihm entgegengehaltenen Kegel von trockenem Buchs-  
baumholz mit solcher Kraft eingetrieben, dafs er nicht



abgewaschen oder abgewischt werden konnte, sondern nur durch Abkratzen zu entfernen war. Nächst dem waren die *doppelten* Erregungen sehr merkwürdig. Bei einem Versuch öffneten sich die Goldblättchen anfangs sehr weit und fielen dann plötzlich zusammen, während der Strom noch fort dauerte, und zuletzt blieben sie neutral, oder sehr wenig positiv oder negativ zurück. Dies war besonders der Fall beim Gummi und Harz. Die Anhaftung einiger der zu Anfange des Blasens herausgerissenen Theilchen an das Holz und der Niederschlag von Feuchtigkeit durch die Ausdehnung der Luft sind Umstände, welche, neben andern, diese veränderlichen Resultate hervorzubringen suchen.

2140) Schwefel ist nahe, und Kieselerde sehr constant in den Resultaten, doch sind ihre Zustände die umgekehrten von denen, die man wohl erwarten möchte. Schwefel in Stücken ward negativ beim Reiben an Holz oder irgend eins der von mir versuchten Metalle und machte diese *positiv* (2141), und doch machte er in den obigen Versuchen immer beide negativ. Kieselerde, als Krystall, an Harz und Metall gerieben, macht diese *negativ*; allein so angewandt wie oben, macht sie dieselben stark *positiv*. Diese Verschiedenheiten müssen eine natürliche Ursache haben; für jetzt müssen sie jedoch als unvollkommene Resultate stehen bleiben, da ich nicht Zeit habe sie weiter zu untersuchen.

2141) Zur Erläuterung der Wirkungen, die Dampf und Wasser beim Reiben mit andern Körpern gaben, rieb ich diese andern Körper (2099) paarweise zusammen, um ihre Ordnung zu ermitteln. Ich fand sie wie folgt:

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| 1) Katzen- oder Bärenhaar | 6) Flintglas           |
| 2) Flanell                | 7) Baumwolle           |
| 3) Elfenbein              | 8) Leinwand, Segeltuch |
| 4) Federkiel              | 9) Weiße Seide         |
| 5) Bergkrystall           | 10) Die Hand           |

- |                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| 11) Holz                    | Messing, Zinn, Silber Pla- |
| 12) Lack                    | tin)                       |
| 13) Metalle (Eisen, Kupfer, | 14) Schwefel               |

Jeder dieser Körper wurde negativ gegen die vorhergehenden und positiv gegen die nachfolgenden. Es giebt jedoch einige Ausnahmen von dieser Regel. So war eine Stelle eines Katzenfells sehr negativ gegen eine andere und selbst gegen Bergkrystall. Auch verschiedene Stücke Flanell wichen sehr von einander ab.

2142) In einigen Fällen macht auch die Art des Reibens einen großen Unterschied, obwohl es nicht leicht ist zu sagen warum, da die Theilchen, welche wirklich reiben, denselben constanten Unterschied darbieten müßten. Eine Feder leicht auf Segeltuch hinweggestrichen, wird stark negativ, und dennoch wird dieselbe Feder, mit etwas Druck zwischen den Falten desselben Segeltuch durchgezogen, stark positiv. Diese Effecte wechseln ab, so dafs es leicht ist, den einen Zustand in einem Moment fortzunehmen durch den Grad des Reibens, der den andern Zustand hervorruft. Halbirt man ein Stück Flanell und zieht die beiden Stücke quer auf einander hin, so haben beide unregelmäßig verschiedene Zustände, oder dasselbe Stück zeigt beide Zustände an verschiedenen Stellen, oder beide Stücke zeigen sich zuweilen negativ, in welchen Fällen ohne Zweifel die Luft positiv geworden und darauf entwichen seyn muß.

2143) Elfenbein ist merkwürdig in seinem Verhalten. Es ist sehr schwierig durch Reiben an Metall zu erregen, schwieriger als Leinwand, Baumwolle, Holz u. s. w., welche in der Skale (2141) unter ihm stehen und zugleich bessere Leiter sind. Dennoch würden die beiden Umstände erwarten lassen, dafs es, beim Reiben an Metallen, besser als sie erregte. Diese Eigenschaft hat wahrscheinlich Einfluß darauf, dafs eine Röhre von ihm den Dampf nicht erregt (2102).

2144) Ehe ich diesen Aufsatz schliesse, will ich er-

wähnen, daß eine dünne Elfenbeinröhre, die ich zu vielen Versuchen mit Oel, Harz u. s. w. in einem Kork (2076) befestigt hatte, zuletzt einen solchen Zustand annahm, daß sie nicht nur einen erregenden Kanal für den Dampf darstellte, sondern auch auf ihn einen vernichtenden Einfluß ausübte, denn der durch sie strömende Strahl von Dampf und Wasser erregte keine Elektrizität an irgend einem der vorgehaltenen Körper, wie bei einer früheren Gelegenheit (2099). Die Röhre war anscheinend ganz rein, und ward späterhin in Alkohol getränkt, um alles Harz zu entfernen, behielt aber seinen eigenthümlichen Zustand.

2145) Endlich will ich noch sagen, daß die Ursache der Elektrizitäts-Erregung bei der Freilassung von eingeschlossenem Dampf nicht Verdampfung ist, sondern, wie ich glaube, Reibung, daß sie also mit der allgemeinen Elektrizität der Atmosphäre und deren Erzeugung in keinem Zusammenhang steht, und daß, so weit ich zu ermitteln vermochte, reine Gase, d. h. Gase, unvermengt mit starren oder flüssigen Theilchen, bei Reibung an starren und flüssigen Substanzen keine Elektrizität erregen <sup>1</sup>).

1) Vergl. Armstrong, *Phil. Mag. Vol. XVII pp. 370 und 452; Vol. XVIII pp. 50, 123 und 328; Vol. XIX p. 25; Vol. XX p. 5; Vol. XXII p. 1.* — Pattinson, *Phil. Mag. Vol. XVII pp. 375, 457.* — Schafhaeutl, *Phil. Mag. Vol. XVII p. 449; Vol. XVIII pp. 14, 95, 265.* — [Von diesen Aufsätzen wird es jetzt genügen, den letzten des Hrn. Armstrong mitzutheilen. P.]