Versuch

einer

auf rein mechanische Principien sich stützenden Erklärung der galvano-elektrischen und magnetischen Polaritätserscheinungen.

Von **Christian Doppler,**
wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Vorgelegt in der Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe am 8. Juni 1848.)

§. 1. Zu den wundervollsten Erscheinungen im gesammten Bereiche der anorganischen Natur darf man wohl ohne Zweifel das Phänomen der galvano-elektrischen und magnetischen Polarität zählen. Wie es aber auffallenden Erscheinungen, deren Endursachen für uns noch in ein geheimnissvolles Dunkel gehüllt sind, von jeher erging — so wurde auch der Begriff, oder richtiger gesagt, der Name der Polarität sehr bald vielfach ausgebeutet, und als ein willkommenes Mittel betrachtet, die Mangelhaftigkeit und Unzulänglichkeit mancher anderen vorgeblichen Erklärung, meistentheils zwar ganz unabsichtlich, damit zu verhüllen. Und so ist es denn gekommen, dass wir nicht etwa bloss in Werken, welche von Elektricität und Magnetismus handeln, sondern auch in solchen, die der Chemie, der Optik, der Wärmelehre, der Physiologie, der Psychologie, dem thierischen Magnetismus, der Naturphilosophie und noch fremdartigeren Gebieten des menschlichen Forschens angehören, den Ausdrücken: Polarität, polares Verhalten, polare Gegensätze u. a. m. allerwärts begegnen. Ein Begriff aber, der ohne sonderlichen Nutzen zu stiften, sich den verschiedenen Anforderungen so fügsam erweist, kann, so dünkt es mich, unmöglich zu den sehr klar und scharf aufgefassten gehören. Es kann wohl nicht in meiner Absicht liegen, den Polaritätsbegriff in dieser unbestimmten und unbestimmbaren Ausdehnung zu erfassen, und ihn zu einem Gegenstand einer wesentlichen mathematischen Untersuchung machen zu wollen, und diess um so weniger als mir in den meisten Fällen jene Uebertragungen im hohen Grade willkürliche und ungerechtfertigte zu sein scheinen, oder doch bei genauerem Eingehen in dieselben sich jedenfalls ein bedeutend modificirtes Sachverhältniss herausstellen würde. Das Ziel, das ich meinen gegenwärtigen Betrachtungen gesetzt habe, darf ich wohl als ein bescheideneres bezeichnen, da ich mich innerhalb der Grenzen derjenigen Wissenschaft zu bewegen gedenke, welcher eben jener Polaritätsbegriff ursprünglich entstammt.

§. 2. Ich befürchte nicht, Widerspruch zu erfahren, wenn ich zu behaupten wage, dass die Polaritätserscheinung, selbst in dieser engern Bedeutung, vielfacher Bemühungen ungeachtet, bis zur Stunde noch nicht eine den strengeren Anforderungen der Wissenschaft völlig genügende Erklärung gefunden habe. — Gleichwohl dürfte es vielleicht nicht am unrechten Orte sein, in Kürze den Standpunkt näher zu beleuchten, welchen gegenwärtig die Naturforschung der gesuchten Erklärung des Polaritätsphänomens gegenüber einnimmt.

Gestützt auf die Symmer'sche oder dualistische Elektricitätshypothese, scheint man sich nämlich gegenwärtig, so gut als es angeht, mit der Annahme zufrieden zu stellen, dass allen Körpern eine gewisse Kraft (die elektromotorische) inwohnt, durch welche bei einer statthabenden Berührung mit andern

materiell verschiedenen Körpern wechselseitig eine Zersetzung und Trennung ihrer latenten und neutralen Elektricität in der Weise bewirkt wird, dass die entgegengesetzten Elektricitäten an den metallenen Berührungsflächen sich wechselseitig anziehen und sich daselbst anhäufen.

Allen anderwärtigen Erfahrungen in der Elektricitätslehre und einem sonstigen vernünftigen Dafürhalten nach, sollten sich nun zwar diese einander gegenüberstehenden entgegengesetzten Elektricitäten, da ihrer Vereinigung nichts entgegensteht, ja dieselbe durch das gute Leitungsvermögen, der sich berührenden metallischen Flächen vielmehr im hohen Grade begünstigt wird, sofort augenblicklich wieder vereinigen, sich wechselseitig neutralisiren, und die beiden sich berührenden Körper demnach im früheren unelektrischen Zustande zurücklassen. Ein solcher Erfolg aber, wiewohl er aus jenen Voraussetzungen mit Nothwendigkeit zu erwarten steht, wird durch die offenkundige Erfahrung nicht bestätigt, und man sieht sich demnach zur Behebung dieser Schwierigkeit genöthigt, dieser elektromotorischen Kraft nebst der zersetzenden Eigenschaft auch noch eine völlig analogielose bindende oder bannende Kraft beizulegen, vermöge welcher die angehäuften elektrischen Fluida in ihrem natürlichen Bestreben nach Ausgleichung gehindert und genöthigt werden, statt sich zu Null-Elektricität zu neutralisiren, sich an den Berührungsflächen bleibend anzuhäufen und sich daselbst wechselseitig festzuhalten. Da ferners die verschiedenen Körper dieser Zersetzung der latenten Elektricität in ihre beiden Bestandtheile einen sehr ungleichen oft bedeutenden Widerstand entgegensetzen, wie diess namentlich bei den magnetischen Erscheinungen ersichtlich wird: so sieht man sich noch zur Annahme einer weiteren Kraft genöthigt, die dieser Trennung entgegenwirkt und Coërcitivkraft genannt wird.

Diess ist nun der Erklärungsapparat, mit welchem ausgerüstet man sich sofort an die Enträthselung der verschiedenen galvano-elektrischen und magnetischen Erscheinungen machet, und es lässt sich daraus wohl schon ermessen, wie wenig man sich am Ende darauf zu Gute thun darf, wenn die versuchten Erklärungen sodann von einem mehr oder minder günstigen Erfolg begleitet werden.

Unter solchen Umständen nun scheint es mir kaum einem Zweifel unterworfen zu sein, dass ein Versuch, das galvano-elektrische und magnetische Polaritätsphänomen nach rein mechanischen, oder richtiger gesagt, nach rein aërostatischen und aërodynamischen Principien zu erklären, auf eine bereitwillige Aufnahme rechnen darf, und dass demselben sofort auch diejenige wünschenswerthe Würdigung und prüfende Beurtheilung nicht entstehen wird, welche mir jedes aufrichtige Streben nach Wahrheit an sich zu verdienen scheint.

§. 3. Eine jede Erklärung einer physikalischen Erscheinung hat von gewissen Voraussetzungen auszugehen, und diese Voraussetzungen sind entweder bereits allgemein anerkannte, auch in anderen Theilen der Naturlehre schon adoptirte, — oder aber solche, die noch einer weiteren Rechtfertigung, einer noch begründeteren Darlegung ihrer Statthaftigkeit bedürfen. In letzerem Falle scheinen nun allerdings bestimmte Vorschriften der angewandten Logik es zu verlangen, vor allem Andern diesen hypothetischen Annahmen die volle Anerkennung der Beurtheiler zu erwerben, und dann erst auf die Erklärung selber, welche man als den Complex der daraus fliessenden Folgerungen betrachten kann, überzugehen. Allein sehr oft ist es bekanntlich aus Gründen der Darstellung gerathener, den verkehrten, übrigens gleiche Ueberzeugung gewährenden Weg einzuschlagen, und die Erklärung unter vorläufig bedingter Anerkennung den Voraussetzungen zu geben, die letztgenannten aber erst schliesslich gründlich zu rechtfertigen, — ein Verfahren, dessen sich im vorliegenden Falle zu bedienen der Verfasser gegenwärtigen Aufsatzes keinen Anstand nimmt.

Indem ich mich nunmehr anschicke, dem wissenschaftlichen Publikum im Nachfolgenden einen Erklärungsversuch des galvano-elektrischen und magnetischen Polaritätsphänomens zur Beurtheilung und Würdigung vorzulegen, kann ich wohl nicht anders als des subjektiven Dafürhaltens sein, dass es mir, wie mangelhaft und unvollständig auch immer die Durchführung und Darstellung desselben sein mag, gleichwohl gelungen sei, auf einen bisher noch ganz unbetretenem Wege eine befriedigende Erklärung

gefunden zu haben, die geeignet sein dürfte, Licht über eine Erscheinung zu verbreiten, welche man bisher zu den räthselhaftesten und geheimnissvollsten zu zählen gewohnt war.

Die oben erwähnten Voraussetzungen, deren weitere Rechtfertigung schliesslich folgen soll, sind nun folgende:

1. Sämmtliche Körper, ihre absolute Grösse und Form mag welche immer seyn, sind in ihrem natürlichen Zustande mit einer Atmosphäre des elektrischen Fluidums umgeben.

2. Diese elektrischen Atmosphären, welche den verschiedenen Körpern in ihrem natürlichen Zustande eigenthümlich sind, — sind nicht unbegrenzt, d. h. sie erstrecken sich nicht ins Unendliche, sondern sie sind in bestimmter Weise begrenzt, und haben demnach eine gewisse Höhe.

3. Die Höhe dieser Atmosphäre ist zwar unabhängig von der absoluten Ausdehnung der Körper, gleichwohl aber ist sie nicht bei allen Körpern dieselbe, — sondern sie hängt ab von der materiellen Beschaffenheit des betreffenden Körpers, und ist somit beim Kupfer z. B. eine andere als beim Zinke, u. s. w.

Mit Unrecht würde man die so eben namhaft gemachten drei Voraussetzungen eben so vielen Hilfshypothesen, im gewöhnlichen Sinne genommen, gleichsetzen, da sie selber wiederum nur, wie die Folge zeigen wird, sich als untereinander zusammenhängende Folgerungen einer andern naturgemässen Annahme herausstellen.

§. 4. Es seien Taf. X. Fig. 1 Z und K zwei Körper von verschiedener materieller Beschaffenheit und von beliebiger Form und Grösse. Zugleich denke man sich dieselbe vor der Hand so weit von einander entfernt, dass ihre wechselseitige Einwirkung ausser Betracht bleiben kann. Werden diese beiden Körper in einen mit ungebundenem elektrischen Fluidum erfüllten Raum gebracht, so wird sich sogleich jede derselben eine Atmosphäre dieses elektrischen Fluidums, falls er eine solche nicht bereits schon mitgebracht, in einer Weise aneignen, dass z. B. der Körper K angenommen, er habe eine stärkere Anziehung zu besagtem Fluidum wie Z auch eine Atmosphäre von grösserer Höhe um sich bilden wird. An den Grenzen dieser Atmosphären hat bei beiden Körpern das elektrische Fluidum einen gleichen Grad von Spannung und somit auch von Dichte, welche jedoch bei beiden gegen ihre respektiven Oberflächen zunimmt, und bei K begreiflich einen höheren Grad erreicht, als bei Z, dergestalt, dass von α und β gegen Innen zu gerechnet gleichen Entfernungen gleiche Dichtigkeiten entsprechen, während umgekehrt von den Oberflächen aus gegen α und β zu, in einem gleichen Abstande bei K ein ungleich dichteres Fluidium als bei Z sich vorfindet, dem also auch eine ungleich grössere Spannkraft entspricht, die Dichte der Schichte bei γ wird also, falls $\alpha\ \gamma = \beta\ n$ ist, jener unmittelbar an der Oberfläche von Z gleichkommen. — Die ausserhalb den beziehungsweisen Entfernungen $\alpha\ m$ und $\beta\ n$, d. h. ausserhalb der angedeuteten Begrenzung liegenden elektrischen Atome stehen in keinem weiteren Rapport mehr zu K und Z und gehören demnach auch nicht mehr zu ihren Atmosphären. Sie werden zwar noch immer beziehungsweise von K und Z angezogen, aber mehr noch abgestossen von den die Körper K und Z umgebenden und ihre Atmosphäre bildenden elektrischen Atomen, und somit im Ganzen genommen, abgestossen, wie ich diess schliesslich strenge nachweisen werde. — Während demnach sämmtliche die Atmosphäre bildenden Atome bei einer allenfallsigen Bewegung von K und Z an derselben Theil zu nehmen genöthigt werden, entziehen sich die erstgenannten ganz und gar jedem Antheile an derselben, — ja wenn das elektrische Medium, in dem sich K und Z befinden, nicht von aussen her, etwa durch einen schlecht leitenden Einschluss an seiner weiteren Ausbreitung gehindert wird, so müsste es sich in dem unendlichen Raum zerstreuen und K und Z mit ihren respektiven Atmosphären zurücklassen. Die Körper K und Z befinden sich in Bezug auf das elektrische Fluidum in einem gesättigten oder neutralen Zustande, und würde man sie leitend mit der Erde, als dem allgemeinen unerschöpflichen Reservoir für Elektricität verbinden, — so würden sie weder an diese Elektricität abgeben, noch auch aus ihr welche aufnehmen, da weder zu dem Einen noch zu dem Andern irgend ein Grund vorhanden ist.

Es befinden sich demnach sämmtliche Atome jener Atmosphären ganz eigentlich in dem Zustande eines stabilen aërostatischen Gleichgewichtes. Wird nun einem Körper ein Theil dieser Atmosphäre bei irgend einer Veranlassung entzogen, so muss er ein Bestreben zeigen, sich diesen Abgang wieder zu ersetzen, d. h. er wird als negativ-elektrisch sich erweisen. Wird ihm dagegen ein grösserer Antheil an Elektricität zugemessen, als er sich nach Obigem anzueignen vermag, so wird sich dieser Theil der Elektricität bei jeder sich darbietenden Gelegenheit zu entfernen suchen, und der betreffende Körper demnach als positiv-elektrisch sich erwähren. In Fig. 2 α, β, γ ist derselbe Körper K in seinen drei Zuständen, nämlich als neutral, als negativ und als positiv-elektrisch dargestellt. — Noch ist hier ausdrücklich zu bemerken, dass die Höhen dieser Atmosphären, wie schon erwähnt wurde, von der absoluten Ausdehnung der Körper nahezu unabhängig sind, und dass alle Erfahrungen dafür sprechen, dass dieselben an und für sich genommen im hohen Grade niedrig seien. In den Zeichnungen aber wurden diese hier, begreiflicherweise nur desshalb unverhältnissmässig gross dargestellt, um die Aenderungen, die sie sofort zu erfahren haben werden, noch ersichtlich graphisch darstellen zu können.

Die Lehre von der bestimmten Begrenzung der elektrischen Atmosphären der Körper ist nicht bloss desshalb von so hoher Wichtigkeit, weil erst dadurch der Begriff von entgegengesetzten elektrischen Zuständen einen festen Halt gewinnt, und alle weiteren Deductionen den Charakter einer vollkommenen Bestimmtheit und Klarheit dadurch annehmen, — sondern insbesondere, weil diese Grundansicht, wenn ich nicht sehr irre, als der Ausgangspunkt einer Atomenlehre betrachtet werden kann, deren möglicherweise tief eingreifende Wichtigkeit ich im gegenwärtigen Augenblicke mehr zu ahnen als nachzuweisen vermag.

§. 5. Man denke sich nun beide Körper K und Z mit ihren Atmosphären in ein nicht leitendes, oder wenn man lieber will, in ein schlechtleitendes Medium, wie etwa in trockne Luft gebracht, und nähere dieselben mittelst isolirter Handhaben einander dergestallt, dass ihre Seitenflächen AB und ab zusammenfallen, wie in Fig. 3 dargestellt ist. Die nächste und unausbleibliche Folge dieser Annäherung und Berührung ist die theilweise Vertreibung desjenigen Theiles ihrer Atmosphären, welcher sich über den Zusammenstossungsflächen AB und ab befindet. Es möge erlaubt sein, für einen Augenblick es ununtersucht zu lassen, wohin sich dieser Theil des elektrischen Fluidums wendet, doch ist es jedenfalls ersichtlich, dass derselbe keinen eigentlichen Bestandtheil weder der einen noch der andern Atmosphäre mehr bilden könne, da diese beziehungsweise nur bis α und β reichen, sondern dass er als freie ungebundene Elektricität auftreten muss, die sich augenblicklich von dem Doppelkörper KZ entfernen würde, wenn sie nicht das schlechtleitende umgebende Mittel daran hinderte. Nach dieser Nebenbemerkung will ich zu den unausbleiblichen Hauptfolgen, welche eine solche Berührung zweier heterogener Körper K und Z stets begleiten, übergehen, und ihnen die, wie ich glaube, wohlverdiente Aufmerksamkeit widmen.

Ein Blick auf Fig. 3 zeigt ganz augenscheinlich, dass sich die jedenfalls schwächere elektrische Atmosphäre des Körpers Z, welche mit ihren Begrenzungsflächen ap und bp an dem dichtesten Theile der elektrischen Atmosphäre von K anstehet, gegen das Ausdehnungsbestreben eben dieser untern Schichte von viel grösserer Spannung nicht zu erhalten vermögen wird. Der Gleichgewichtszustand der Atmosphären ist unter diesen Verhältnissen aufgehoben, und ganz aus demselben Grunde, wesshalb die zusammengedrückte und daher verdichtete atmosphärische Luft aus der Düsenöffnung eines Gebläses tritt, wird sofort ein Theil der elektrischen Atmosphäre von K nach Z überströmen, wobei zugleich die Höhe der Atmosphäre von α bis δ herabsinkt (siehe Fig. 4 und 5), während jene von Z von β bis ε steigt. — Hier ist der Ort zu bemerken, dass auch das von den Begrenzungsflächen vertriebene obenerwähnte Fluidum, welches bei ungestörter Gleichgewichtslage der Atmosphären offenbar sich über die Gesammtoberfläche als freie Elektricität verbreitet haben würde, sich gleichfalls nach Z zu begeben gezwungen wird. — Dieser Uebertritt erreicht, insoferne K und Z isolirt

sind, sein Ende dann, wenn die Resultirende der Expansivkraft der zwar dünneren, aber um desto grösseren Atmosphäre auf der Seite von Z, der zwar niedrigeren aber um so dichteren Atmosphäre von K das Gleichgewicht hält. — Nach zu Stande gekommener Ausgleichung tritt zwar Gleichgewicht ein, aber nicht mehr, wie früher bei den einzelnen unverbundenen Körpern K und Z ein stabiles, sondern so zu sagen ein labiles in ärostatischer Beziehung, — wie in Folgendem gezeigt werden soll.

§. 6. Da nämlich dem Körper K die Kraft zugesprochen wurde, sich das ungebundene, elektrische Fluidum, wenn es ihm dargeboten wird, bis auf die Entfernung α (siehe Fig. 4 und 5) als eigenthümliche Atmosphäre anzueignen, d. h. es seiner Selbstständigkeit und freien Beweglichkeit zu entkleiden, so ist klar, dass der Körper K nach seiner Vereinigung mit Z, wodurch seine Atmosphäre von α auf δ herabsinkt, das Bestreben zeigen muss, Elektricität in sich aufzunehmen und zu bilden, d. h. er muss sich als entschieden negativ erweisen. — Andererseits ist es ebenso unläugbar, dass die von K nach Z überströmte Elektricität, daselbst nicht als Theil der Atmosphäre von Z, die nun einmal nach dem Früheren nicht weiter als bis β reichen kann, sondern im freien ungebundenen Zustande vorkömmt, und es müsste dieselbe augenblicklich von dem Körper Z sich hinwegbegeben, wenn sie nicht durch das schlechtleitende umgebende Medium daran gehindert würde. Sie bleibt demnach auf der Seite Z, und wirkt, sich gleichsam an das schlechtleitende Medium anstemmend, durch ihre Expansivkraft rückwirkend auf die Atmosphäre von Z und K ganz so, als ob sie einen Theil der Atmosphäre von Z selber bildete. Da aber dieser Theil der Elektricität frei und ungebunden ist, so entweicht er durch jeden sich ihm darbietenden bessern Leiter, und der Körper Z erweiset sich daher bei jeder Untersuchung als positiv elektrisch. — Endlich ist ersichtlich, dass bei jedem solchen Doppelkörper KZ an der Oberfläche desselben (siehe Fig. 4 und 5), und zwar rings um denselben herum, sich eine schmale, neutrale Zonne nn' vorfinden muss, die sich weder als positiv, noch als negativ elektrisch erweiset, und deren geometrischen Ort die Curve bezeichnet, in der die neue Atmosphäre die frühere durchschneidet. Das hier Gesagte gilt natürlich auch für alle nachfolgenden Fälle.

§. 7. Bevor ich zu weiteren Erscheinungen, welche sich unter verschiedenen Umständen an dem Doppelkörper ZK vor und nach der Trennung wahrnehmen lassen, übergehe, liegt es mir ob, darzuthun, dass das im vorhergehenden Paragraphe nachgewiesene Sachverhältniss, bei jedem relativen wie absoluten Grössenverhältnisse und bei jeder Form der beiden sich berührenden Körper K und Z in ganz gleicher Weise, und aus denselben Gründen, wie im früheren Falle, stattfindet. — Es werde nun zuerst angenommen, der mit der höhern Atmosphäre umgebene Körper, d. i. K, sei kleiner als jener mit der niedrigeren begabte Z, wie diess als zweiter der Wechselfälle in Fig. 5 und Fig. 6 dargestellt ist. — Was wieder zuvörderst geschieht, bestehet in dem Verdrängtwerden desjenigen Theiles der Atmosphären, welcher früher die nunmehrigen Berührungsstellen bei AB umgab. Er wirft sich als freie Elektricität auf die Oberfläche, da am völligen Entweichen ihn das umgebende Medium hindert, und begibt sich nachher auf diejenige Seite des Doppelkörpers KZ, der ihm, zufolge der sogleich zu erörternden neuen Gleichgewichtslage der Atmosphären angewiesen wird, d. i. nach Z. — Um sich die unausbleiblichen weiteren Folgen möglichst klar zu veranschaulichen, nehme man für einen Augenblick an, dass sowohl Z wie K zwar anziehend auf die Atome ihrer eigenen Atmosphäre, nicht aber zugleich auch anziehend auf jene der fremden Atmosphäre wirken sollen, und dass ferners die Atome der beiderseitigen Atmosphären aufeinander durchaus keine abstossende Wirkung ausüben. — Unter diesen beiden, mit der Wirklichkeit allerdings in Widerspruch stehenden Voraussetzungen würde der Raum $nqmaAp$ (und ebenso $n'q'm'bB'p'$) von beiden Atmosphären zwar erfüllt und daher auch dichter sein, wie die Umgebung, allein da unter den obigen Voraussetzungen keinerlei Zuwachs an Repulsivkraft stattfände, so fehlte es auch an jedem Grunde für eine Bewegung, und demnach auch für eine neue Formgestaltung der Atmosphäre. Ganz anders dagegen verhält es sich, wenn man obige

Voraussetzungen, wie es die Natur der Sache erheischt, wieder aufhebt, d. h. wenn man annimmt, dass nicht nur die Atome der beiderseitigen Atmosphären abstossend auf einander einwirken, sondern dass auch die Körper K und Z die elektrischen Atome beider Atmosphären in ganz gleicher Weise anziehen. Durch erstere Annahme allein schon erwächst der innerhalb des genannten Raumes befindlichen dichteren Atmosphäre eine bedeutende Spannung, welche durch den zweiten Umstand noch sehr vermehrt wird. Die unmittelbare Folge in zweiter Beziehung ist ein stark vermehrter Zug und eine dadurch bedingte grössere Verdichtung gegen die Körperfläche am, aA und Ap hin. Dieser ursprünglich freilich senkrecht auf die genannten Seitenflächen wirkende Zug pflanzt sich aber, wie bei expansiblen und tropfbaren Flüssigkeiten überhaupt, auch in seitlicher Richtung mit gleicher Stärke fort, und es muss sich demnach nothwendig diese erhöhte Spannung längs mq, insbesondere bei m, wo dieser Spannungsunterschied am grössten ist, offenbaren. Die schwache Atmosphäre von Z vermag sofort der überwiegenden Expansivkraft des in $Apnqma$ angehäuften elektrischen Fluidums das Gleichgewicht nicht mehr zu halten und es strömt dasselbe, den Weg des geringsten Widerstandes einschlagend, in die Atmosphäre von Z über. Da indess die Ursache dieser Verdichtung fortbesteht, so ersetzt sich dieser Abgang augenblicklich wieder aus der Atmosphäre von K, der ebenso schnell wieder nach Z sich ergiesst, wobei in dem Masse, als die Atmosphäre von K sinkt, jene von Z zunimmt. Dieses Ueberströmen währt nun so lange fort, bis der Druck, welchen die hiedurch erhöhte Atmosphäre von Z durch ihre Expansivkraft auf mq ausübt, der daselbst herrschenden Spannkraft das Gleichgewicht zu halten vermag. — Dass das im genannten Raume befindliche elektrische Fluidum nothwendig an der Stelle bei m, als dem Orte des kleinsten Wiederstandes nach Z, und nicht bei p nach k überzutreten genöthigt wird, lässt sich, wenn es ja noch nothwendig erscheint, auf folgende Weise darlegen. Bezeichnet man durch K und Z die beziehungsweisen Spannkräfte zunächst an den Oberflächen der Körper K und Z, welche demnach auch die Grösse der Anziehungen an diesem Orte ausdrücken, — mit k und z dagegen die Spannungen oder Anziehungen an den Grenzen ihrer Atmosphären; so ist offenbar $K > Z$, während $k = z$. Es ist demnach $K + z > Z + k$. Nun ist aber $K + z$ die Kraft, welche dem Entweichen des Fluidums bei p und, $Z + k$ jene, welche ihm bei m entgegenwirkt, woraus unmittelbar das folgt, was zu beweisen war. Dass endlich der mehrerwähnte Raum von Elektricität grösserer Spannung als die Umgebung erfüllt wird, folgt schon daraus, dass die elektrischen Atome dem combinirten Einflusse der von K und Z ausgehenden Anziehungen unterworfen sind, deren Resultirende, da diese Ziehkräfte senkrecht auf einander stehen, demnach stets grösser ist, als selbst die stärkere der beiden Componenten. Diese Resultirende ist aber zugleich das Mass des an diesem Punkte stattfindenden nach allen Seiten hin sich fortpflanzenden Druckes und der daselbst stattfindenden Spannung. Wenn aber die Resultirende unter solchen Umständen auch nur die kleinere der beiden Seiten-Zugkräfte übertrifft, so ist begreiflicher Weise das Entweichen eines expansiblen Fluidums nach eben dieser Seite hin gar nicht zu verhindern.

Nach zu Stande gekommener Ausgleichung hat sich die gemeinschaftliche Atmosphäre in einer Weise angeordnet, wie diese in Fig. 7 dargestellt ist. Obgleich nun aber Ruhe eingetreten ist und Gleichgewicht herrscht, so ist dieses letztere keineswegs ein stabiles, sondern gleichsam nur ein labiles. Denn da K das Bestreben und die Kraft besitzt, sich eine bis α reichende Atmosphäre anzueignen, welche sich zu erhalten das angrenzende, so vielmal dünnere Fluidum von Z ihm zwar nicht gestattet, — während die Aneignungsmacht des Z nur bis β reicht, der ganze übrige Theil der elektrischen Atmosphäre von Z demnach als ungebundenes Fluidum auftritt, welches sich augenblicklich von Z entfernen würde, wenn das schlechtleitende umgebende Medium es nicht daran verhinderte: so folgt hieraus mit Nothwendigkeit, dass sich K stets negativ, Z dagegen stets positiv elektrisch zeigen muss.

§. 8. Es werde endlich als dritter und letzter Wechselfall angenommen, dass (S. Fig. 8) der mit der höhern Atmosphäre umgebene Körper, d. h. K, grösser sei, als jener mit der kleineren Atmosphäre

umgebene Z — Zunächst kann hier übergangen werden, was schon zweimal in Betreff desjenigen Theiles der beiderseitigen Atmosphären gesagt wurde, welcher in Folge der vor sich gehenden Berührung der beiden Körper von seinem früheren Platze verdrängt wurde.

Was den übrigen Theil der Atmosphäre anbelangt, so lässt sich leicht zeigen, dass ein Fortbestehen des Gleichgewichtes zwischen den beiden Atmosphären unter den vorliegenden Umständen, und zwar aus ganz denselben Gründen, wie oben, unmöglich ist, und somit eine neue Anordnung des elektrischen Fluidums einzutreten hat. Denn betrachtet man den parallelopipedischen Raum, dessen Seitenansicht $mbpn$ ist (S. Fig. 8), so ist klar, dass falls man wieder für einen Augenblick dieselben Voraussetzungen, wie im vorigen Falle gelten lässt, d. h. annimmt, dass die Körper K und Z bloss anziehend gegen die elektrischen Atome der eigenen, nicht aber zugleich auch auf jene der fremden wirken, während die Atome der beiden Atmosphären wechselseitig auf einander keine Abstossung äussern sollen, und sofort als für einander gleichsam gar nicht vorhanden zu betrachten sind: so ist klar, dass der Raum $mbpn$, wohl zwar von den Antheilen der beiderseitigen Atmosphären, und somit von einem dichteren elektrischen Fluidum erfüllt ist, als früher, — sich jedoch nichts desto weniger keine grössere Spannung zeigen kann. Nimmt man dagegen jene Voraussetzungen wieder zurück, so muss sich sofort augenblicklich aus einem doppelten Grunde eine sehr vermehrte Spannung einstellen, einmal, weil nunmehr die elektrischen Atome der beiden Atmosphären wechselseitig sich abstossen und dadurch die Summe der schon vorhandenen Repulsivkräfte sich erhöht, sodann aber weil jedes derselben der combinirten Anziehung von K und Z zugleich ausgesetzt ist, welche unter einem rechten Winkel auf dasselbe einwirkend, eine Resultirende erzeugt, die jedenfalls selbst die grössere der beiden Seitenkräfte übersteigt. Aber diese Resultirende ist zugleich das Mass des sich nach allen Seiten gleichmässig verbreitenden Druckes, woraus folgt, dass ein Entweichen des in erhöhte Spannung versetzten elektrischen Fluidums aus $mbpn$ auf dem Wege des geringsten Widerstandes unvermeidlich ist. Dieser Ort des geringsten Widerstandes ist aber bei m. Denn behält man wieder die frühere Bedeutung von K, Z, k und z bei, so ist wieder wegen $K > Z$ und $k = z$ offenbar $K + z > Z + k$, d. h. der Widerstand $(K + z)$, welcher einem Entweichen bei p sich entgegenstellt, ist jedenfalls grösser, wie jener $(Z + k)$, der bei m sich wirksam zeigt.

Was hier in Bezug auf die beiden Punkte m und p nachgewiesen wurde, gilt auch wiewohl im abnehmenden Grade von allen anderen Punkten der Linie mn und pn, und nur im Punkte n selber sind die Widerstände für ein Entweichen nach K und z gleichgross. Man könnte daher vielleicht auch für einen Augenblick die Ansicht hegen, dass das Entweichen an diesem Orte vor sich gehe. Aber angenommen selbst, es geschehe diess im ersten Augenblicke, und zwar in der Weise, dass sich das elektrische Fluidum theilweise auch nach K ergösse, so ist es doch gewiss, dass sich ein anderer Theil bei n und längs der ganzen Linie nm nach Z wirft, in Folge dessen die Atmosphäre von K in eben dem Masse sinkt, als jene von Z steigt. Die Spannung der Atmosphäre von K an ihrer äussersten Grenze nimmt aber mit dem Sinken ihrer Höhe zu, während jene von Z mit deren Steigen sich vermindert, woraus sofort ganz unläugbar folgt, dass, wenn ja eine solche Tendenz des elektrischen Fluidums nach K überzugehen beim Beginne dieses Entweichens vorhanden gewesen sein sollte, diese im nächsten Augenblicke schon wieder aufhören musste. — Da nun die Ursache dieser Verdichtung und somit auch jene des Uebertrittes des Elektricums nach Z die gleichzeitig wirksame, aber ungleich starke Anziehung der Körper K und Z zum elektrischen Fluidum ist, so muss auch die Wirkung hievon fortdauern und der Abgang nach Z augenblicklich wieder aus K ersetzt werden. Diess währet so lange fort, bis ganz so wie in den früheren Fällen, die nunmehr niedrigere, aber dichtere Atmosphäre von K mit der ungleich höheren von Z im ärostatischen Gleichgewichte stehet. Aber auch hier wieder (S. Fig. 9) tritt kein stabiles, sondern so zu sagen, nur ein labiles Gleichgewicht ein, da die Atmosphären bildende Kraft des K bis α reicht, und doch nur eine solche bis γ

sich zu erhalten vermag, während hinwieder jenes Vermögen bei Z nur bis β reicht, und gleichwohl den Forderungen des ärostatischen Gegendruckes gemäss eine solche bis δ reichende auf sich nehmen muss. Und so wird sich denn daher auch K stets negativ, Z dagegen stets positiv elektrisch erweisen.

§. 9. Wie wenig die hier besprochene neue Anordnung der elektrischen Atmosphären im Wesentlichen von der Form und relativen Grösse der sich berührenden verschiedenartigen Körper abhängt, dürfte wohl am besten der nachgewiesene Erfolg einer stattfindenden Berührung zweier Kugeln von verschiedener materieller Beschaffenheit und Grösse zeigen. Handelte es sich hier nicht bloss um einen Nachweis des Vorganges überhaupt und im Allgemeinen, sondern um die genaue Ermittlung des quantitativen Ergebnisses desselben: so würde man allerdings mit der gegenwärtigen, der obigen analogen Darstellungsweise keineswegs ganz ausreichen, — die indess hier, wo nur ersteres beabsichtigt wird, für diesen Zweck genügen dürfte. — Es sei daher K, wie in Fig. 10 und Fig. 11 dargestellt, die grössere und zugleich stärkere anziehende Kugel mit der kleinern und schwächer anziehenden Z in Berührung, oder aber man nehme in Uebereinstimmung mit Fig. 12 und 13 das gerade Gegentheil davon an, so wird das, was sofort in beiden Fällen geschieht, in Folgendem bestehen. — Denkt man sich wie früher K und Z nur als anziehend auf die Atome ihrer eigenen Atmosphäre, und die Atome der beiden elektrischen Hüllen als für einander indifferent, so wird zwar bei einer stattfindenden Berührung, nachdem mgp und nqr entweichen, der Raum $mpnq$ (und ebenso $psrq$) mit Elektricität von grösserer Dichte, aber nicht von erhöhter Spannkraft erfüllt werden. Unter so bewandten Umständen entfiele demnach auch jeder Grund für irgend eine einzutretende Bewegung. — Nimmt man dagegen jene zwei unstatthaften einstweiligen Voraussetzungen wieder zurück, so muss sich in diesem Raume eine sehr gesteigerte Repulsivkraft bemerkbar machen, veranlasst theils durch die auftretende wechselseitige Abstossung der sich durchdringenden elektrischen Atmosphären, theils und insbesondere aber durch die gleichzeitige Anziehung der Kugeln K und Z auf jedes einzelne elektrische Atom derselben. — Denn auch hier wieder leuchtet es ein, dass durch die resultirende Wirkung der von K und Z ausgehenden Anziehungen ein gegen das Innere des Raumes $npmq$ gerichteter Zug entstehen muss, der in einer zwischen K und Z liegenden Curve oder eigentlich krummen Fläche sein absolutes Maximum erreicht, und in diesem Falle jede der beiden Seitenkräfte übertrifft. Der hiedurch bedingte Druck aber pflanzt sich mit gleicher Stärke nach allen Richtungen fort, und veranlasst das elektrische Fluidum jenes Raumes, auf jenem Wege sich aus $npmq$ zu entfernen, welcher ihm den geringsten Widerstand entgegensetzt. Dieser Ort des geringsten Widerstandes ist die Linie mp. Jedenfalls lässt sich zeigen, dass längs dieser Linie der Widerstand kleiner ist, als jener, welcher in der Linie mp sich offenbart. Denn behält man wieder die frühere Bezeichnung bei, so ist im Punkte m die Grösse des Widerstandes, da jene Kräfte beinahe senkrecht auf einander wirken, nahezu $(K+Z)$, und jene in Bezug auf den Punkt n, ebenso gleich $(Z+K)$, und da wegen $K<Z$ und $k=z$ auch $K+z<Z+k$ ist, so folgt hieraus zunächst, dass der Widerstand, der sich dem Entweichen des Fluidums am Orte m entgegenstellt, bedeutend grösser ist, als jener am Orte n. Dieser Widerstand aber nimmt von m und n ausgehend, längs der Linien mp und np, ab, bei p selber und nur bei diesem Punkte allein sind diese Widerstände der Atmosphären von K und Z gleich gross. In allen zwischen liegenden Punkten ist er bezüglich der Linie mp grösser als rücksichtlich np. In den Punkten m und n ist dieser Unterschied am grössten, er beträgt hier $(K-Z)$. — Die unausbleibliche Folge dieser Sachlage ist aber ein Ueberströmen des mit höherer Spannkraft begabten elektrischen Fluidums in die nur einen schwachen Widerstand darbietende Atmosphäre von Z. — Auch hier muss gesagt werden, dass sich dieser Abgang, wegen des Fortbestehens der veranlassenden Ursache augenblicklich aus der Atmosphäre von K ersetzt, wieder nach Z überströmt, und so unter dem fortwährenden Fallen der einen und dem Steigen der andern Atmosphäre eine Metamorphose der beiderseitigen elektrischen Hüllen herbeigeführt wird, wie

sie in Fig. 11 und in Fig. 13 dargestellt erscheint. Analog mit den früheren Fällen muss sich demnach *K* stets negativ, *Z* dagegen stets positiv elektrisch zeigen.

In Beziehung auf das quantitative Ergebniss muss noch ausdrücklich bemerkt werden, dass dieses allerdings, und zwar aus nachstehendem Grunde, von der absoluten Grösse der Kugeln abhängt. Da nämlich die absolute Höhe der elektrischen Atmosphäre bloss von der materiellen Beschaffenheit, keineswegs aber in bemerkbarer Weise von der absoluten Grösse der Körper abhängt, mithin weit mehr als eine Oberflächen-, denn als eine eigentliche Massenwirkung zu betrachten ist, so werden sämmtliche elektrische Atome, welche sich in dem von beiden Atmosphären zugleich erfüllten Raume befinden, falls die Radien dieser Kugeln die Höhen ihrer Atmosphären auch nur mehrmalen übertreffen, die von *K* und *Z* ausgehenden Anziehungen schon unter einem so stumpfen Winkel auf dieselben einwirken, dass deren Resultirende nicht anders als ziemlich geringe ausfallen kann. Von dieser aber hängt die Stärke des Druckes und die Intensität der Spannung ab, und daher auch die Lebhaftigkeit der Strömung. Kugeln von auch nur sehr mittelmässiger Grösse (und dasselbe gilt von allen nur in einem Punkte sich berührenden Körpern) werden demnach im Allgemeinen nur eine schwache elektrische Spannung zeigen.

§. 10. Noch möge nachfolgende Betrachtung hier einen Platz finden. Es sei Fig. 13 eine etwa aus gleichen Volumtheilen Kupfer und Zink bestehende messingene Kugel, und es werde angenommen, dass dieselbe durch Verbindung mit der Erde in den Zustand eines neutralen elektrischen Gleichgewichtes versetzt und sodann isolirt in ein schlechtleitendes Mittel gebracht worden sei. Wäre diese ganz von Kupfer, so würde sie in diesem Zustande sich mit einer elektrischen Atmosphäre von der Höhe γm umgeben haben — wäre sie dagegen ganz von Zink, sich nur eine bis β reichende aneignen. Als Kugel von Messing dagegen wird sie für sich eine zwischen den genannten liegende mittlere Höhe $m\alpha$ in Anspruch nehmen. — Denkt man sich nun durch irgend einen chemischen oder anderweitigen Process die genannten Bestandtheile der messingenen Kugel in der Weise getrennt, dass Fig. 15 Kupfer und Zink, jedes in einer Kugelhälfte sich ablagerte, so wird die noch kurz vorher ganz unelektrische Kugel nunmehr auf einer Seite stark positiv, auf der entgegengesetzten dagegen stark negativ sich zeigen. Denn da auf der Kupferseite eine ungleich stärkere Anziehung gegen die Atome der gemeinschaftlichen Atmosphäre sich bemerklich machen muss, als auf der Zinkseite, so wird die nächste Folge davon die sein, dass sich der auf der genannten Seite liegende Theil der Atmosphäre bedeutend verdichtet. Aber dieser verdichteten Atmosphäre vermag die zweite Hälfte derselben nicht mehr das Gleichgewicht zu halten. Es strömt daher Elektricität von K nach *Z* über, unter gleichzeitiger Erhöhung und Erniedrigung der respectiven Atmosphären. Es wird demnach in Uebereinstimmung mit dem bereits auseinandergesetzten K negativ, *Z* aber positiv-elektrisch sich erweisen. — Da nun alles bisher Erwiesene für jede absolute Grösse der sich berührenden Körper, d. h. ganz unabhängig von derselben gilt, so muss es auch in gleichem Grade auf die einzelnen Körpermolekel, ja selbst auf die einfachsten Atom-Verbindungen seine volle Anwendung finden. Eine weitere wichtige Folgerung ist noch die folgende. Tritt bei einem aus verschiedenartigen Bestandtheilen zusammengesetzten, völlig neutral-elektrischen Körper etwa in Folge einer chemischen Action oder sonst wie, eine neue Anordnung seiner Bestandtheile ein, so ist damit nothwendig auch eine Aenderung der elektrischen Atmosphären-Anordnung verknüpft, die sich durch Erscheinungen der elektrischen Spannung und Strömung offenbaren wird.

§. 11. Obgleich ich nun genügend dargethan zu haben glaube, dass bei jeder Berührung ungleichartiger Körper, mögen diese von was immer für einer Form und Grösse sein, und mögen sie sich in einer grösseren oder kleineren Fläche oder gar nur an einer einzelnen Stelle berühren, wesentlich oder qualitativ dieselben Erscheinungen sich zeigen, so würde man doch mit Unrecht dort diese Umstände ausser Betracht lassen, wo auch das Quantitative der verschiedenen Erscheinungen

zur Sprache gebracht wird. In dieser Beziehung muss vor Allem bemerkt werden, dass bei noch statthabender Berührung die negative Spannung der positiven nur in jenen Fällen wird völlig gleichbefunden werden, wo sich die beiden Körper *K* und *Z* nur an einer Stelle berühren, oder wenigstens die Berührungsfläche mit der Gesammtoberfläche der Körper in keinen Betracht kömmt. Ist diess, wie meistentheils, nicht der Fall, so muss, wenn die Untersuchung der sich berührenden Körper noch während ihrer Berührung, also noch bevor sie wieder getrennt werden, geschieht, die positive Spannung um denjenigen Betrag von Elektricität sich grösser zeigen, welcher von den Berührungsflächen vertrieben ward. Oft, ja meistentheils ist dieser Antheil sogar beträchtlicher als der aus der Spannungsdifferenz herrührende selber, in welchem Falle es leicht geschehen kann, dass man, so lange die Körper mit einander verbunden sind, wohl zwar eine deutliche positive, kaum aber eine schwache Spur einer negativen elektrischen Spannung zu entdecken vermag. Berühren sich dagegen die beiden Körper statt in einer bedeutenden Fläche nur an einer einzelnen Stelle, so wird, abgesehen selbst davon, dass irgend eine schlechtleitende dazwischenliegende Schichte den ganzen Erfolg gefährden kann, auch die positiv auftretende Elektricität durch die aus der Berührungsstelle entwichene kaum merklich verstärkt, und kann nur bei sorgsamer und wiederholter Untersuchung entdeckt und nachgewiesen werden. Endlich ist es in Beziehung auf die sich kundgebende positive wie negative Spannung nichts weniger als gleichgiltig, in welchem relativen Grössenverhältnisse die Oberflächen der sich berührenden Körper zu einander stehen, da bekanntlich erstere den letzteren umgekehrt proportional sind.

§. 12. Nach diesen vorläufigen Untersuchungen will ich wieder zu einem der früheren Fälle (z. B. zum ersten durch Fig. 4 und Fig. 5 dargestellten) zurückkehren, und die weiteren Erscheinungen, die der Doppelkörper *KZ* unter abgeänderten Umständen darbietet, in Betracht ziehen. — Die im Früheren angestellte Untersuchung hat dargethan, dass man zwei verschiedene Körper *K* und *Z*, wovon jeder für sich im neutral-elektrischen Zustande sich befindet, in Berührung gebracht werden, schon während dieser ihrer Verbindung eine wiewohl schwer nachweisbare freie Elektricität zeigen, und zwar der eine *K* freie negative, der andere *Z* freie positive. Werden nun diese Körper mittelst isolirter Handhaben, ohne sie früher mit der Hand oder überhaupt berührt zu haben, getrennt, so findet man nach ihrer Trennung *K* genau eben so stark negativ, wie *Z* positiv-elektrisch, denn da von der gesammten vorhandenen Elektricität beider Körper nichts verloren ging, und diese eben hinreichte, um beide Körper jeden für sich neutral-elektrisch erscheinen zu lassen, bei einer schnellen und vorsichtigen Trennung aber der grösste Theil der nach *Z* übergangenen freien Elektricität nicht mehr die nöthige Zeit findet, nach *K* wieder zurückzukehren, so muss in *K* gerade derjenige Theil von Elektricität fehlen, der nunmehr in *Z* als freie positive Elektricität auftritt. Diess ist nun der Grund, wesshalb der Körper *K*, der während der Verbindung mit *Z* nur eine schwache, schwer nachweisbare negative elektrische Spannung zeigte, nunmehr nach erfolgter Trennung sich sehr merklich und genau ebenso stark negativ-elektrisch zeigt, wie sich *Z* positiv-elektrisch erweiset. — Diese in Folge der Trennung plötzlich vor sich gehende Erhöhung der negativ-elektrischen Spannung begreift sich um so leichter, wenn man bedenkt, dass sich nach erfolgter Trennung die ohnehin schon herabgebrachte Atmosphäre von *K* auch noch über die von elektrischem Fluidum völlig entblösste Berührungsfläche *AB* zu verbreiten hat, welches nur unter einer nochmehrigen Erniedrigung und Schwächung jener Atmosphäre möglich ist. — Wird dagegen Taf. XI. Fig. 16, während *K* noch mit *Z* in Verbindung steht, der Körper *K* mit der Erde leitend verbunden, so strömt augenblicklich demselben aus diesem grossen unerschöpflichen Reservoir so viel an Elektricität zu, als er sich als Atmosphäre anzueignen vermag. Einer solchen bis α reichenden (S. Fig. 4 und 5) Atmosphäre ist dagegen die dermalige Atmosphäre von *Z* nicht gewachsen. Es strömt daher von *K* nach *Z* so lange Elektricität über, bis die nach η reichende Atmosphäre von *Z*, der vollständig hergestellten Atmosphäre von *K* das Gleichgewicht zu halten vermag. Diess ist der Fall, bei einer Anordnung, wie sie Fig. 16 darstellt. Aus dem Gesagten leuchtet nun ein,

dass, während *K* sofort neutral-elektrisch sich zeigt, *Z* sehr beträchtlich an positiver Spannung zugenommen hat.

Dass übrigens bei einer leitenden Verbindung des Körpers *K* mit dem Erdboden die hiedurch erhöhte Spannung des *Z* gerade das Doppelte der früheren betragen müsse, folgt gleichfalls mit Nothwendigkeit aus der gegenwärtigen theoretischen Ansicht dieses Gegenstandes. Da nämlich die Grösse der negativen sowohl, als der positiven elektrischen Spannung nach dem frühern einander gleich sind, so muss der Körper *K* bei einer leitenden Verbindung desselben mit dem Erdboden, wodurch der Abgang an Elektricität aus demselben ersetzt wird, von diesem Fluidum ein gleich grosses Quantum nach *Z* überströmen lassen, indem nur eine gleich grosse Summe von Expansivkräften der nunmehr gänzlich hergestellten Atmosphäre von *K* das Gleichgewicht zu halten vermag. Der Körper *Z* erhält daher den früheren Betrag an Elektricitätszuwachs noch einmal, d. h. zweimal, daher sich denn auch eine doppelt so grosse Spannung wie früher zeigen muss, was eben darzuthun war. Ganz dasselbe gilt auch in Beziehung auf die negative Spannung bei dem im folgenden Paragraphe zu besprechenden Falle, wesswegen am genannten Orte eine eigene nochmalige Besprechung dieses Umstandes überflüssig erscheint.

§. 13. Verbindet man, statt wie im vorigen Paragraphe, den Körper *K*, so nun den Körper *Z* leitend mit der Erde, wobei man sich jedoch, so wie früher den andern Körper hier nämlich *K* isolirt zu denken hat, so wird augenblicklich alle auf der Seite *Z* befindliche freie, d. h. positive Elektricität in die Erde abfliessen. Aber in eben dem Masse muss, da hiedurch das Gleichgewicht gestört wird, aus der Atmosphäre von *K* Elektricität überströmen, und dieses wird so lange fortdauern, bis die Elektricität in *Z* eine so geringe Spannung erlangt, dass sie den Leitungswiderstand des Leiters nicht mehr zu überwinden vermag. Würde *Z* mittelst eines absolut guten Leiters mit der vollkommen neutralen Erde verbunden, so müsste jede Spur einer freien Elektricität in *Z* verschwinden, und die negative Spannung in *K* den grösstmöglichen Grad erreichen. — Durch diesen Vorgang wird aber die ohnediess schon erniedrigte Atmosphäre von *K* noch mehr herabgebracht, oder mit andern Worten, die negative elektrische Spannung in *K* wird durch die Verbindung des *Z* mit dem Erdboden sehr bedeutend, und zwar nachweislich genau auf das Doppelte erhöht, während *Z* in seinen natürlichen Zustand zurückkehrt, oder richtiger gesagt, von freier positiver Elektricität nur jenen geringen Theil zurückbehält, welcher den Leitungswiderstand nicht mehr zu überwinden vermag.

§. 14. Verbindet man endlich beide Körper *K* und *Z* noch, bevor man sie getrennt hat, in geeigneter Weise leitend mit einander, oder mit der Erde, in welchem letzteren Falle die Erde die Rolle eines Leiters vertritt, so treten die in den §§. 12 und 13 besprochenen Erscheinungen gleichzeitig, und zwar dergestalt ein, dass ein beständiger continuirlicher Strom von *K* nach *Z* (S. Fig. 18) und von da wieder durch den Leiter zurück nach *K* eintritt. Eine jede derartige Verbindung zweier heterogener Körper pflegt man daher auch, da sie den innern Grund einer fortwährenden Bewegung in sich schliesst, sehr bezeichnend einen Motor zu nennen. — Hier ist der passendste Ort zu bemerken, dass zum Leiter nicht wieder ein Metall oder überhaupt ein solcher Körper gewählt werden dürfe, welcher in Berührung mit *K* oder *Z* eine neue, die früher ganz oder zum Theil behebende Spannung hervorzurufen vermöchte, sondern dass, wie diess die gegenwärtige Theorie gebieterisch erheischt, dieser nur ein feuchter oder sogenannter Leiter der zweiten Classe sein könne, der bei ziemlich gutem Leitungsvermögen, keine oder so viel wie keine erregende Wirkung ausübt.

Da die nächste Veranlassung zu dieser merkwürdigen Erscheinung offenbar der Contract der beiden Körper *K* und *Z*, die entferntere, und so zu sagen letzte Ursache aber die ungleiche Anziehung der materiell verschiedenen Körper zur Elektricität ist, — verbunden zugleich mit der absoluten Unmöglichkeit, bei einer stattfindenden Berührung mit andern heterogenen Körpern, sich die ihnen zukommenden elektrischen Atmosphären zu erhalten, — diese Ursachen somit, so lange wenigstens als die Berührung währet, dauernde sind; — so muss auch die Wirkung davon, nämlich die nach Umständen einerseits

oder beiderseits sich zeigende positive oder negative elektrische Spannung, und die elektrische Strömung als eine dauernde anerkannt werden. — Werden die beiden Körper *K* und *Z* auf eine bleibende und unveränderliche Weise mit einander verbunden, wie etwa zusammengelöthet, so vermag keine vorübergehende äussere Einwirkung diese Erscheinungen auf eine dauernde Weise zu unterdrücken oder zu zerstören, und Ursache und Wirkung sind von einer gleich endelosen Dauer. Da bei einer solchen bleibenden Verbindung der Körper *K* und *Z* jede Einrede wegen stattgefundener Reibung oder Druckes, und auch falls dieselben stets blank erhalten werden, wegen eingetretener chemischer Wirkung von selber sich behebt, so muss der zusammengelöthete Kupfer-Zinkstab mit den an ihm wahrzunehmenden Erscheinungen als das reine Prototyp des Galvanismus, zugleich aber auch als das geeignetste *experimentum crucis* für jede vorgebliche Contact-Theorie betrachtet werden.

§. 15. Berühren sich mehr als zwei Körper auf unmittelbare Weise, z. B. Fig. 19 und 20 die Körper *K*, *A*, *B*, *Z*, welche alle als Erreger vorausgesetzt worden, und verbindet man den ersten (K) oder den letzten (*Z*) leitend mit dem Erdboden, so zeigt sich im ersten Falle Z eben so stark positiv, im zweiten *K* eben so stark negativ-elektrisch, als ob *K* und *Z* sich unmittelbar berührten. Beliebig viele dazwischen gebrachte andere Erreger *A*, *B* u. s. w. vermögen, wie nachfolgende Betrachtung zeigt, durchaus keinen Einfluss auf das Ergebniss dieses Versuches zu äussern. Wie immer nämlich die Zwischen-Elemente *A*, *B* u. s. w. beschaffen sein mögen, und welchen Grad der Anziehung gegen das elektrische Fluidum sie auch besitzen, so gestattet ihnen der Umstand, dass das erste (oder letzte) Element mit der Erde verbunden ist, nur eine Atmosphärenbildung von einer solchen Höhe, dass dieselben der Expansion der dem *K* (oder *Z*) eigenthümlichen und nunmehr wieder hergestellten Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten vermögen, da sonst ein Zu- oder Abströmen des Elektricums in die Erde bei *K* (oder *Z*) unvermeidlich erfolgen müsste. Einer Atmosphäre $\alpha\,\omega$ bei *K* entspricht aber (siehe Fig. 16 und 17) eine bis η reichende bei *Z* (und umgekehrt), da letztere nur bei dieser Höhe gegen jene in *K* sich im Gleichgewichte zu erhalten vermag, woraus sofort unmittelbar folgt, dass beliebig viele Zwischenerreger auf den Erfolg dieses Versuches keinen Einfluss zu äussern vermögen. Welche Erscheinungen sich jedoch unter der Voraussetzung zeigen, dass das mit der Erde nicht verbundene Anfangs- oder Endglied isolirt abgehoben und nunmehr untersucht wird, möge einer folgenden Untersuchung vorbehalten bleiben, die überdiess geeignet sein dürfte, Aufschluss über die Ergebnisse von Versuchen einiger Experimentatoren zu geben, welche mit dem gut constatirten Voltaischen in einem directen Widerspruche zu stehen scheinen.

§. 16. Nach diesen umständlichen Betrachtungen und Untersuchungen dürfte es zweckdienlich erscheinen, die gewonnenen Resultate derselben hier in Kürze zusammenzustellen.

1. Werden zwei beliebige, jedoch verschiedenartige Körper *K* und *Z* (Kupfer und Zink z. B.) in unmittelbare Berührung gebracht, so versetzen sie sich schon während ihrer Verbindung in einen entgegengesetzten elektrischen Zustand, der eine z. B. *Z* zeigt sich positiv, der andere *K* dagegen negativ, elektrisch.

2. Diese Erscheinung, so wie alle folgenden sind ferner im Wesentlichen völlig unabhängig von der Grösse sowohl, als der Form der sich berührenden Körper *K* und *Z*. — Sie finden also auch für die Körpermolekel, ja selbst für die einfachsten Verbindungen einzelner Atome Statt.

3. Die absolute sowohl, wie die relative Spannung der sich offenbarenden Elektricität, d. i. das Quantitative der Erscheinung, ist dagegen in einem sehr hohen Grade abhängig von der materiellen Verschiedenheit der sich berührenden Körper, ferner von der relativen Grösse der sich berührenden Contactflächen, unendlich auch von der relativen Grösse ihrer Oberflächen selber.

4. Werden die Körper *K* und *Z* noch während ihrer Verbindung untersucht, und ist die Berührungsfläche auch nur einigermassen von Belang, so wird durch den Hinzutritt, der aus den Berührungsflächen vertriebenen Elektricität, der reine Erfolg der Contactelektricität getrübt und es zeigt der

Körper *K* während seiner Verbindung mit *Z*, stets eine geringere negative, *Z* dagegen eine höhere positive Spannung, als ihnen zu Folge des reinen Contactergebnisses eigentlich zukäme, und dieser Unterschied ist um so grösser, je bedeutender die Berührungsfläche im Vergleich mit der ganzen Oberfläche ist. — Berühren sich die beiden Körper nur an einer Stelle, so ist die negative Spannung der positiven gleich, beide jedoch, wie natürlich, nur bei einer genauern Untersuchung nachweisbar.

5. Werden die beiden Körper, ohne sie früher leitend berührt zu haben, mittelst isolirter Handhaben getrennt, so steigt hiedurch die negative Spannung dergestalt, dass sich *K* eben so stark negativ, wie *Z* positiv elektrisch erweiset, gleich viel, ob sich die Körper in einer grösseren oder kleineren Fläche berühren.

6. Bringt man noch vor ihrer Trennung den negativ-elektrischen Körper *K* mit der Erde in leitende Verbindung, so steigt augenblicklich die positive Spannung des Körpers *Z* genau um das doppelte, — und setzt man umgekehrt den Körper *Z* mit der Erde in Rapport, so steigt die negative bei *K* bis zu einem gleich hohen Grade. — Nach Aufhebung der Verbindung mit der Erde zeigt sich in beiden Fällen derjenige Körper, der mit ihr verbunden war, völlig neutral-elektrisch, der andere mit der ihm zukommenden Spannung.

7. Werden zwei heterogene Körper *K* und *Z* in eine zeitweilige oder bleibende Verbindung gebracht, und verbindet man diese mit einander mittelst eines guten Leiters der zweiten Classe, oder dadurch, dass man beide leitend mit der Erde verbindet, so entsteht eine continuirliche Strömung von dem Körper *K* nach *Z*, und von diesem durch die Leiter wieder zurück nach *K*, welche so lange fortdauert, als jene Körperverbindung währet. — Hebt man einseitig oder beiderseitig diese Verbindung mit der Erde auf, so unterbleibt auch die Strömung, tritt aber selbst nach noch so langer Zwischenzeit augenblicklich wieder mit ganz gleicher Stärke ein, sobald jene Verbindung hergestellt wird.

8. Bilden eine beliebige Anzahl von Erregern eine Spannungsreihe, und verbindet man das erste oder letzte Glied derselben leitend mit dem Erdboden, so zeigt sich das andere Endglied genau ebenso stark, und in demselben Sinne elektrisch, wie wenn das erste und letzte Glied ohne alle Zwischenkörper sich unmittelbar berührt hätten, und unter der obigen Voraussetzung auf ihren elektrischen Zustand untersucht worden wären.

§. 17. Vergleicht man nun die im vorhergehenden Paragraphe zusammengestellten, auf dem Wege einer rein aërostatischen und aërodynamischen Betrachtungsweise ohne alle Rücksichtnahme auf bestehende Erfahrungsdaten gewonnenen Resultate, mit den ganz sichern und unbestreitbaren Ergebnissen der angestellten Versuche, so wird man wohl nicht umhin können, anzuerkennen, dass zwischen diesen und jenen eine, wie es mich dünkt, vollkommene Uebereinstimmung herrscht. Irre ich mich überdiess nicht, so dürfte die hier auseinander gesetzte Ansicht sehr befriedigende und umfassende Aufschlüsse, — über die Ursache der elektrischen Vertheilung, über das Wesen der Condensation, über elektrische Anziehung und Abstossung, — sowie über den wahren Grund der häufig sich widersprechenden Ergebnisse angestellter Versuche zu bieten vermögen, — durchwegs Erwägungen der wichtigsten Art, deren Resultate jedoch einem späteren Aufsatze vorbehalten bleiben müssen. — Der Zweck, den ich mir gegenwärtig gesetzt habe, war auf die Enthüllung der wahren Ursache der Elektricitätserregung durch Berührung, und auf eine wissenschaftliche Feststellung des galvano-elektrischen und magnetischen Polaritätsbegriffes gerichtet, und es liegt mir demnach ob, mit Benützung des bereits Gewonnenen diesem meinen Vorhaben sofort nachzukommen.

Wie verschieden auch immer der Begriff und die Bedeutung der Polarität überhaupt aufgefasst worden sein mag, so macht sich doch allerwärts als Grundgedanke dabei die Ansicht geltend, dass man sich unter Polarität eine Naturäusserung zu denken habe, welche nach verschiedenen Seiten hin, einander direct entgegengesetzte Zustände hervorruft, die fortwährend bestrebt sind, sich auszugleichen, ohne diesen Endzweck doch jemals auf eine dauernde Weise erreichen zu können, — und die eben dieses zu-

letzt genannten Umstandes wegen als ein inneres Bewegungsprincip von Ende-loser Fortdauer betrachtet werden müsse. — Auf die Frage nun, was denn in galvanischer und magnetischer Beziehung die eigentliche Ursache dieser Polarität, und was ferner sie selber sei, diene Nachfolgendes als Antwort.

Werden zwei verschiedenartige Substanzen, gleichviel ob einfache Atome, einzelne Körpermolekel oder selbst Körper von beliebiger Ausdehnung und Form auf eine bleibende Weise mit einander verbunden, so zeiget diese Atomen-, Molekel- oder Körperverbindung ohne Aufhören auf verschiedenen Seiten entgegengesetzte elektrische Zustände, die sich fortwährend zu indifferenziren streben, und deshalb ohne Unterlass und mit immer erneuerter Kraft eine continuirliche Strömung des elektrischen Fluidums einzuleiten versuchen. Beziehet sich diese Verbindung auf Körper, so bildet der Inbegriff dieser Erscheinungen das, was man galvano-elektrische Polarität und Strömung nennt. Geht diese Verbindung unter gewissen Modalitäten schon zwischen den Molekeln verschiedener Körper vor sich, so fällt jener Inbegriff der magnetischen Polarität anheim, und treten solche Verbindungen schon bei den einzelnen Körperatomen selber ein, so scheint diese eigenthümliche Naturäusserung insbesondere den chemischen Polaritätserscheinungen anheimzufallen. Unter welchen Bedingungen die polaren Gegensätze bleibender Verbindungen von Körpermolekeln magnetische Erscheinungen zu begründen vermögen, soll im nächsten Paragraphe besprochen werden.

§. 18. Denkt man sich je zwei Körpermolekel oder auch Atome von verschiedener materieller Beschaffenheit, etwa Kohlenstoff und Eisen zu Doppel-Molekeln oder galvanische Motoren vereinigt, so muss nothwendig jedes derselben auf verschiedenen Seiten entgegengesetzte Elektricitätszustände zeigen oder polar sein, die Form mag eine wie immer polyedrische oder sphärische sein. Der leichteren graphischen Darstellung wegen werden wir uns an die letztere Voraussetzung halten, wiewohl nicht zu läugnen, dass erstere die wahrscheinlichere ist. — Würden nun diese Motoren, einer den andern berührend, längs einer Linie dergestalt sich aneinander reihen, wie diess in Fig. 21 und in Fig. 22, oder endlich in Fig. 23 dargestellt ist, so würden sich in den beiden letzteren Fällen die polaren Zustände wechselseitig völlig zerstören, im ersten Falle dagegen nur eine polare Spannung übrig bleiben, welche dem Eisenmolekel des ersten mit dem Kohlenmolekel des letzten Motors entsprechen würde, da bei allen dazwischen liegenden Motoren immer ein Eisenmolekel zwischen zwei Kohlenmolekel und vice-versa zu liegen käme, deren Wirkungen auf einander sich demnach nothwendig aufheben müssten, — während jene zwischen dem ersten Eisenmolekel und letzten Kohlenmolekel, so überaus gering sein würde, dass sie unmöglich wahrgenommen werden könnte. — Unter der Voraussetzung einer unmittelbaren Berührung der Körpermolekel oder der Motoren wäre demnach an ein Auftreten von wahrnehmbaren Polaritätserscheinungen gar nicht zu denken. Allein eine solche Voraussetzung ist auch nichts weniger als eine der Natur der Sache völlig angemessene, und muss demnach durch eine entsprechendere ersetzt werden. Ich hoffe die Zustimmung der Sachkenner zu erlangen, wenn ich in dieser Beziehung nachstehende Annahmen in Betreff der Constituirung der Körper als höchst wahrscheinlich bezeichne.

Da jede chemische Verbindung und Trennung sich auf die einzelnen Atome bezieht, und diese Vorgänge stets von elektrischen Erscheinungen begleitet werden, so berechtiget diess zu der sehr wohlbegründeten Vermuthung, dass die verschiedenen Körperatome, indem sie sich nach bestimmten Gesetzen zu Molekeln, primitiven Krystallgestalten oder Körperincrementen gruppiren, zur Ermöglichung ihrer Gleichgewichtslage elektrisches Fluidum sowohl in ihre Zwischenräume als auch in Form einer Atmosphäre sich aneignen. Unter solchen Verhältnissen müssen, nach dem früher Gesagten in den meisten, wo nicht in allen Fällen, polare Zustände an den einzelnen Körpermolekeln sich offenbaren. — Anderseits ist es allgemein bekannt, dass alle Körper, ohne die mindeste Aenderung ihrer chemischen Beschaffenheit, ihrer Textur und Aggregatsform, also ohne Veränderung der Atomengruppirung selber, bis zu einem nicht unbedeutenden Grade erwärmt und erkältet werden können, und

sich dabei im ersten Falle bedeutend ausdehnen, im letztern dagegen sich ebensoviel zusammenziehen. Dieser ganze Vorgang weiset daher unverkennbar darauf hin, dass die einzelnen Körpermolekel oder Elementartheilchen selber wieder durch den zwischen ihnen befindlichen Wärmestoff auseinander gehalten werden, und dass die Menge dieses letztgenannten Stoffes eben die Aggregatsform der Körper bestimme. — Wird diese Voraussetzung als eine im hohen Grade wahrscheinliche anerkannt; so gewinnt unsere obige Annahme von polaren Körpermolekeln eine neue Basis zur Erklärung mehrerer anderwärtigen wichtigen und interessanten Erscheinungen.

Denn nun begreift man leicht, dass bei aufgehobener unmittelbarer Berührung der einzelnen Motoren oder Molekel, nach Massgabe ihrer grösseren oder geringeren Entfernung von einander jedes derselben seine polaren Gegensätze völlig oder doch mehr oder weniger frei und ungestört auszubilden vermag. Die allermeisten Körper müssen nun sofort betrachtet werden, als ein in Bezug auf die beiden polaren Seiten der Molekel regelloses Aggregat von polaren Körpermolekeln, deren elektrische Atmosphären sich theilweise durchdringen, sich schwächen und zerstören (S. Fig. 25). Werden jedoch diese polaren Körpermolekel durch eine geeignete Manipulation aus der Lage, in der sie sich Fig. 25 befinden, in jene, wie sie Fig. 24 zeigt, gebracht, so muss sich bei *A* und *B* eine sehr bedeutende, der Länge *AB* proportionale, polare Spannung zeigen, da sich hier die Wirkungen, nicht wie diess in den früheren Fällen (S. Fig. 21, Fig. 22, Fig. 23) der Fall war, wegen zu grosser Nähe der Molekel wechselseitig aufheben, sondern wie die Plattenpaare einer Voltaischen Batterie sich wechselseitig unterstützen und summiren. Jedes Verfahren nun, wodurch die polaren Molekel aus einer Lage, wie sie in Fig. 25 dargestellt ist, in jene durch Fig. 24 repräsentirte gebracht werden, nenne ich magnetisiren. — Bilden die polaren Molekel in Fig. 24 eine in sich zurückkehrende Curve wie in Fig. 26, oder ist wenigstens wie in Fig. 24, das erste mit dem letzten derselben durch einen guten Leiter verbunden, so tritt eine ohne Aufhören fortwährende Strömung ein, in der durch die Darstellung angedeuteten Richtung. Eine in sich zurückkehrende Reihe von polaren Molekeln könnte man nicht unpassend eine magnetische Windung nennen, und ein System solcher sich parallel laufender magnetischer Windungen wäre sodann das, was man einen Magnet nennt. Die Darstellungen Fig. 27 und 28 würden demnach beziehungsweise einem unmagnetisirten und einem magnetisirten Stahlstab entsprechen. — Man hat es bekanntlich, und wie mich dünkt mit Recht, für einen sehr gewichtigen Einwurf gegen die ursprüngliche sowohl wie gegen die modificirte Ampére'sche Theorie des Magnetismus angesehen, dass man bei dieser Hypothese sich genöthigt sieht, das Zustandekommen der den Magnet umkreisenden elektrischen Ströme, der magnetisirenden Einwirkung eines andern Magnetes oder eines querdarüber geleiteten mächtigen elektrischen Stromes, jedenfalls also nur einer momentan wirkenden und somit vorübergehenden Kraft zuzuschreiben, während doch die Wirkung davon, d. h. die Aeusserung des Magnetismus, ungeachtet der unläugbar vorhandenen Widerstände, von einer endlosen Dauer sich zeigt.

Nach der von mir entwickelten Theorie des Magnetismus entfällt dieser Einwurf begreiflich von selbst, da auch die Ursache der Strömungen keine bloss momentane, sondern eine continuirlich fortwirkende ist, und in der ungleichen Anziehung der Eisen- und Kohlen-Atome zur Elektricität besteht. Eben so deutlich lässt sich nach der erwähnten Ansicht der grosse Einfluss oft selbst bis ins Detail nachweisen, welchen jede Temperatur-Erhöhung oder Erniedrigung sowohl auf die Intensitätsäusserungen als auch auf die vermehrte oder verminderte Leichtigkeit, mit der Stahlstäbe den Magnetismus annehmen, ausübt. — Dass ferner durch die Einwirkung eines nahen Magnetes oder eines elektrischen Stromes die hier verlangte Umstellung und regelmässige Anordnung der auf und nahe an der Oberfläche liegenden polaren Molekel zu Stande kommen könne, dürfte man am allerwenigsten in neuester Zeit bezweifeln, wo durch Faraday's und Anderer schöne Entdeckungen der thatsächliche Beweis hergestellt ist, dass durch die blosse Kraft eines Magnetes oder eines Stromes eine Veränderung in der wechselseitigen Lage der Molekel selbst durch das ganze Innere eines flüssigen oder auch festen Kör-

pers hindurch sich hervorrufen lasse. — In hohem Grade merkwürdig bleibt es übrigens, dass man bis jetzt nur Eisen, Nickel und Kobalt, welche zugleich die einzigen Metalle sind, die sich chemisch mit Kohlenstoff verbinden, — bleibend und stark magnetisch zu machen vermochte. Kohlenstoff und im minderen Grade auch Sauerstoff (im Magneteisenstein) scheinen demnach vorzugsweise durch ihre Verbindung mit den Metallen die nöthigen Bedingungen zur Erzeugung eines bleibenden Magnetismus zu begründen. Da der ungemein grosse Einfluss der Härte eines Stahlstabes auf dessen Magnetisirbarkeit schon lange bekannt ist, diese aber sowie dessen Härtungsvermögen lediglich von seinem Kohlengehalte abhängt, und der grosse Abstand des Eisens von der Kohle in der elektro-chemischen Spannungsreihe ebenfalls allbekannt ist, so ist es sehr zu wundern, dass man dem Kohlenstoffe im Stahle bisher keine wichtigere Rolle beim Magnetischwerden desselben zuwies, als nur eben jene seiner passiven Anwesenheit. — Um sich übrigens von den im Magnete wirksamen Kräften kein inadäquates Bild zu machen, möge man nicht vergessen, dass die hier thätigen galvanischen Ströme im hohen Grade schwach sind, und nur durch ihr vereinigtes Wirken wahrnehmbare Erscheinungen zu erzeugen vermögen. — Diess möge vor der Hand genügen, um im Allgemeinen auf das Gemeinschaftliche und gleichwohl doch wieder Verschiedenartige der elektrischen und magnetischen Polaritätsäusserungen hinzudeuten.

§. 19. Es kann wohl kaum Jemanden entgangen seyn, dass mein gegenwärtiger Erklärungsversuch des galvano-elektrischen und magnetischen Polaritätsphänomens sich nicht bloss der Sprache, sondern seinem inneren Wesen nach auf die unitarische Ansicht Francklin's fusset. Ich würde glauben, der Pflicht der Aufrichtigkeit zu entstehen, wenn ich es bei dieser Gelegenheit unterliesse, meine diessfallsige subjective Ueberzeugung ohne allen Rückhalt und mit Freimuth auszusprechen. Der grösste Nachtheil, welcher den exacten Wissenschaften zugefügt werden kann, besteht meiner unmassgeblichen Meinung nach, in der Einführung dunkler, unbestimmter oder gar sich widersprechender Begriffe, und eine Hypothese, wäre sie an sich auch noch so zulässiger Art, die auf solche unausweichlich führt, verdient je eher desto besser, aufgegeben zu werden. Und in dieser Lage befindet sich, meinem aufrichtigen Dafürhalten nach, die Dualistische oder Symmer'sche Elektricitätshypothese! — Was kann wohl im ersten Augenblicke zulässiger und entschuldigender lauten, als die Annahme zweier elektrischer Fluida da, wo man behaupteter Massen mit einem solchen Agens zur Erklärung sämmtlicher elektrischen Erscheinungen nicht mehr auslangt? Den Werth einer Hypothese erkennt man aber nur erst an ihren nothwendigen Consequenzen, wie den edlen Baum an seinem Erzeugnisse! — Und welche Früchte hat die bereitwillige An- und Aufnahme der dualistischen Elektricitätshypothese der klaren und nüchternen Natureinsicht bisher eingetragen? — Eine genügende Beantwortung dieser sehr wichtigen Frage erheischte ein umfassendes Eingehen in die gesammte Elektricitätslehre und in jene des Magnetismus, sowie eine kritische Beleuchtung und Gegenüberstellung der verschiedenen bisher versuchten Erklärungen, was offenbar ausserhalb des Vorwurfes dieser gegenwärtigen Abhandlung liegt. Doch möge im Vorbeigehen auf den Nothpanzer hingedeutet werden, mittelst dessen sich die Symmer'sche Hypothese noch immer flott, und sogar in einigem Ansehen zu erhalten weiss, — als da ist: die Annahme einer Kraft, welche die indifferente Elektricität in ihre beiden Bestandtheile zu trennen strebt, elektromotorische Kraft genannt, — eine andere wieder, die dieser Trennung in ihre Bestandtheile schon gleich anfänglich entgegenwirkt, Cöercitiv-Kraft genannt, — ferner einer weiteren Kraft, oder wenigstens einer neuen Eigenschaft der letzteren, welche der fortwährenden Zersetzung des elektrischen Fluidums eine bestimmte Grenze setzt, und recomponirende Kraft heisst, — sodann einer Kraft, welche die an den sich berührenden metallenen Flächen angehäuften entgegengesetzten Elektricitäten condensirt, und endlich einer solchen, welche sie verhindern soll, der möglichst günstigen Umstände ungeachtet, sich zu vereinen und zu neutralisiren? — Und nebst allen diesen Voraussetzungen, gleichviel ob diese als selbstständige Kräfte, oder als ebenso viele gesonderte Eigenschaften einer einzigen Kraft angenommen werden mögen, noch die schon an und für sich unwahrscheinlichen, wo nicht gar un-

möglichen, jedenfalls aber wahrhaft monströsen weiteren Annahmen, dass nämlich erstlich in jedem Körper ein ganz und gar unerschöpflicher und somit unendlicher Vorrath an zersetzbarer Elektricität vorhanden sei, — dass ferner die beiden entgegengesetzten elektrischen Fluida, ohne sich im mindesten zu beirren, ohne sich zu neutralisiren, oder auch nur wechselseitig zu schwächen, den selbst noch so langen Leitungsdraht in entgegengesetzter Richtung ungehindert neben einander durchströmen sollen, — und dass endlich, wie die Erfolge bei den Telegraphen beweisen, diese beiden elektrischen Ströme durch den blossen Erdboden, ich erlaube mir es zu wiederholen, durch den blossen unregelmässigen, durchaus heterogenen, tausendfach zerklüfteten, von guten und schlechten Leitern unzählige Mal durchsetzten Erdboden ohne Leitungsdraht auf hundert Meilen weite Entfernungen, und zwar hier wie dort in dem nämlichen Augenblicke, ihren ihnen vorgezeichneten Weg direct in den Zeichenapparat des Telegraphisten finden sollten?? — Und schliesslich noch davon überzeugt, dass sämmtliche elektrische Erscheinungen auch ohne derlei Annahmen, einfach und ungezwungen sich erklären lassen dürften, wird man es zu entschuldigen wissen, wenn ich, dieses geistigen Zwanges mich entwindend, von Vornherein mich zu einer Ansicht bekannte, welche den unsterblichen die Erscheinungswelt mit klarem Auge erschauenden Franklin zu ihrem Urheber hat.

Vielleicht gestatten es Zeit und Umstände, auf den im gegenwärtigen Paragraphe besprochenen Gegenstand bei einer andern Gelegenheit wieder zurückzukommen.

§. 20. Wenn eine Hypothese, ohne eben zu den höchst wahrscheinlichen zu gehören, an und für sich nur nichts Widersprechendes enthält, sie dabei aber, ohne weitere Hilfsannahmen, die Gesammtheit der Erscheinungen, für die sie erdacht, genügend erklärt, so lässt man sich ihre Aufnahme in das wissenschaftliche Lehrgebäude wohlgefallen. Viele berühmte Theorien der Vergangenheit und Gegenwart bestehen zumeist nur unter diesem Rechtstitel. — Andererseits aber kann es nicht bezweifelt werden, dass am Ende das streng richtig Erschlossene und Gefolgerte keine grössere Gewährschaft für den Werth der hierdurch gewonnenen Natureinsicht zu bieten vermag, als eben jene Hypothese, von der man ausging, selbst in sich schliesst; — und dass tausend glücklich erklärte Naturerscheinungen einer Hypothese, für die sonst nichts spricht, erst zu einiger Wahrscheinlichkeit zu verhelfen vermögen, während eine einzige gegentheilige Erfahrung, falls sie sich als solche bewährt, dieselbe völlig zu vernichten im Stande ist. — Um nun meinen gegenwärtigen Erklärungsversuch nicht ohne Noth des unläugbaren Vorzuges zu berauben, dessen Grundprincipien zu allgemeiner Anerkennung gebracht zu haben, — zugleich aber auch, wie es sich geziemt, meinem gegebenen Versprechen nachzukommen, schicke ich mich sofort an, die eingangserwähnten Voraussetzungen zu rechtfertigen, welche gegenwärtigem Erklärungsversuche zum Grunde liegen.

Was zuvörderst die erste Voraussetzung anbelangt: „dass nämlich die verschiedenen Körper, von welcher absoluter Grösse sie immer sein mögen, von einer Atmosphäre des elektrischen Fluidums umflossen seien" — so scheint diese Ansicht ohnehin schon beinahe allerwärts das Bürgerrecht sich erworben zu haben. Denn dass alle Körper ohne Ausnahme elektrisches Fluidum in sich bergen, folgt schon aus dem alleinigen Umstand, dass sich unter geeigneten Verhältnissen aus allen Körpern Elektricität entwickeln lässt. Die Theile dieses Fluidums wirken aber bekanntlich in einem hohen Grade abstossend aufeinander, und es lässt sich wohl kaum ein anderer Grund ihres Aufenthaltes in denselben denken, als die Anziehung der Körpermolekel zur Elektricität. Allein diese Anziehung ist nicht nur nicht minder, sondern vielmehr noch stärker thätig an den Oberflächen als im Innern, da hier der nach Innen gerichtete Zug durch keinen gleich starken Zug nach Aussen aufgehoben wird. Die unmittelbare Folge davon ist aber eine Atmosphärenbildung an der Oberfläche eines jeden Körpers. — Ob diese Atmosphären aber bestimmt begrenzte oder unbegrenzte seien, folgt hieraus freilich noch keineswegs. Da mir dir Beantwortung dieser Frage von sehr grosser Wichtigkeit zu sein scheint, auch

so viel mir bekannt, diese eine gehörige Erledigung bisher noch nicht gefunden hat, so möge diess im Folgenden in, wie es mich dünkt, genügender Weise geschehen.

Vorerst kann es nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass die elektrische Atmosphäre eines Körperatoms eine begrenzte dann sein werde, wenn die vereinigte Wirkung der abstossenden Kräfte aller dem Körperatome näher liegenden Elektricitäts-Atome auf eines derselben, und von da an auf alle weiter entfernten grösser ist, als die an sich stärkere Anziehung des Körpermolekels auf eben dieses Atom, und wenn zugleich dieses Uebergewicht der Repulsivkraft über die Anziehungskraft auch bei einem sofortigen Entfernen dieses Atoms vom Central-Atom selbst bis in's Unendliche fortbesteht. — Eben so wenig kann es ferner bezweifelt werden, dass falls sich die Nothwendigkeit einer bestimmten Begrenzung unter der Voraussetzung einer gleichförmigen der äussersten Schichte gleichkommenden Dichte der Atmosphäre erweisen lässt, dieses um so mehr dann gelten müsse, wenn man eine gegen das Central-Atom hin zunehmend dichter werdende Atmosphäre annimmt, wodurch, ohne dass die Anziehungskraft des Central-Atoms hierdurch vermehrt oder überhaupt geändert würde, die Summe der thätigen Repulsivkräfte ungemein erhöht wird. — Hierdurch aber wird, ohne die Allgemeinheit des Beweises zu schwächen, die anzustellende Untersuchung gar sehr erleichtert.

Es sei Fig. 29 A das Central-Atom, dessen relative Anziehungskraft in der Entfernung 1 gleich M sei. Der Raum von A bis B sei mit einer endlichen Anzahl, nämlich mit n elektrischen Atomen erfüllt, deren unter sich gleiche Abstände von einander gleich α sein mögen. Es ist demnach $AB = n\alpha$. Die Intensität der Repulsivkraft eines elektrischen Atoms in der Entfernung 1 sei dagegen gleich m, wobei jedoch zu bemerken kommt, dass die Abstossung der elektrischen Atome eine wechselseitige und daher die Wirkung derselben eine verdoppelte ist, während dagegen die Anziehung von A nur als eine einseitig wirkende in Rechnung gebracht werden darf. Uebrigens ist es klar, dass jedenfalls M in bedeutendem Grade grösser sein müsse als m, da nur unter dieser Voraussetzung eine Atmosphärenbildung überhaupt denkbar ist. Es folgt hieraus zugleich aber auch unbestreitbar, dass in der nächsten Umgebung von A jedenfalls die Anziehungskraft des Central-Atoms die Repulsivkraft der elektrischen Atome übertreffen muss. — Endlich nehme man noch an, dass die Atomen-Anziehung und Abstossung im umgekehrten Verhältnisse mit der r^{ten} Potenz der Entfernungen abnehme, wobei r jedenfalls grösser als die Einheit vorausgesetzt wird, — eine Annahme, die sehr viele Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Man denke sich nun in einem Abstande BE gleich β vom letzten der n elektrischen Atome, ein elektrisches Atom E, und untersuche nun den Unterschied der auf dasselbe einwirkenden abstossenden und anziehenden Kräfte. Bezeichnet man diesen mit D, so findet man, da wie gesagt die Anziehung nur eine einseitige, die Abstossung dagegen eine wechselseitige ist, für:

$$D = \frac{M}{(n\alpha+\beta)^r} - 2m\left(\frac{1}{\beta^r} + \frac{1}{(\beta+\alpha)^r} + \frac{1}{(\beta+2\alpha)^r} + \ldots + \frac{1}{(\beta+n\alpha)^r}\right) =$$

$$= \frac{1}{\beta^r}\left(\frac{M}{\left(1+\frac{n\alpha}{p}\right)^r} - 2m\left(1 + \frac{1}{\left(1+\frac{\alpha}{\beta}\right)^r} + \frac{1}{\left(1+\frac{2\alpha}{\beta}\right)^r} + \ldots + \frac{1}{\left(\beta+\frac{n\alpha}{p}\right)^r}\right)\right) =$$

$$= \frac{1}{\beta^r}[P - Q];$$

wobei P und Q die obigen durch das Minuszeichen verbundene Hauptglieder vorstellen. — Das Zeichen des Gesammtausdruckes, d. h. jenes von D hängt, da die beiden Hauptbestandtheile des Ausdruckes P und Q für jeden Werth von β bleibend positiv sind, lediglich von dem Grössenverhältnisse dieser Werthe ab. Lässt sich nun nachweisen, dass diese Differenz D bei einem zwar beliebig grossen, aber doch endlichen und constanten Werth von n, für alle zwischen 0 und ∞ liegenden Werthe von β stets negativ ausfällt, so ist auch bewiesen, dass die Repulsivkraft von einer Entfernung $= n\alpha$ an,

bleibend die Oberhand gewinnt über die von A ausgehende Anziehungskraft und dass demnach jedes elektrische Atom, welches man sich etwa zur Vergrösserung der bis B reichenden Atmosphäre hinzugefügt denkt, bleibend und bis ins Unendliche von dieser Atmosphäre abgestossen wird. Ein Blick auf die Ausdrücke P und Q zeigt, dass beide mit dem Wachsen von β gleichfalls continuirlich zunehmen, dergestalt, dass jedem grösseren Werthe von β auch ein grösserer Werth von P und Q entspricht. Für $\beta = 0$ und $\beta = \infty$ geht P beziehungsweise in 0 und M über; Q dagegen nimmt unter denselben Voraussetzungen die Werthe $2m$ und $2m(n+1)$ an. Während demnach P bei einem Wachsen des β von 0 bis ∞ stetig wachsend alle Werthe von 0 bis M durchläuft, — wächst gleichzeitig Q und geht von $2m$ in $2m(n+1)$ über. — Die Werthausdrücke von P und Q stellen demnach Curven vor, von der Beschaffenheit, dass die eine wie die andere sich geraden Linien asymptotisch nähern, welche mit der Achse X parallel laufen, und zwar (S. Fig. 30) die eine in einem Abstande $= M$, die andere in jenem $= 2m(n+1)$. Die dem P entsprechende Curve geht durch den Ursprung, jene dem Q zugehörige schneidet dagegen die Ordinatenachse in einem Abstande $= 2m$. Ist demnach $2m(n+1) > M$, d. h. nimmt man die willkürliche Grösse n so an, dass: $n > \frac{M}{2m} - 1$ ist, so nähert sich die Curve P asymptotisch der Parallelen AB, jene von Q dagegen der Parallelen CD. Von zwei solchen Curven kann, selbst ohne ihren weiteren Verlauf näher zu kennen, wenigstens so viel mit voller Bestimmtheit behauptet werden, dass dieselben von einem gewissen endlichen Werthe der Abscissenachse $x = \beta$ an, wenn diess überhaupt geschähe, sich nicht weiter mehr durchschneiden können, und demnach für alle von da an bis ins Unendliche steigenden Werthe von β, stets $P < Q$ und demnach D bleibend negativ werden muss, und darauf kommt es im vorliegenden Falle eigentlich an. — Ein genaues Eingehen in die Sache zeigt aber überdiess noch, dass ein Durchschneiden dieser Curven unter den erwähnten Voraussetzungen überhaupt nur einmal, und zwar nicht für $\beta > 0$, sondern für $\beta < 0$, d. h. für einen gewissen negativen Werth desselben stattfindet, welches sich auf den Umstand bezieht, dass in grösserer Nähe von A (s. Fig. 29) die Attractionskraft vorherrscht. — Und so scheint es mir denn strenge erwiesen zu sein, dass die Atmosphären der Körper von einer, wenn auch gegenwärtig noch nicht in Zahlwerthen angebbaren, doch jedenfalls bestimmten und nicht bis ins Unendliche reichenden Höhe seien. — Was die dritte und letzte der Voraussetzungen anbelangt, „dass nämlich die Höhen dieser Atmosphären von der materiellen Beschaffenheit des Körperatoms A abhänge", so bedarf diese, wie es mich dünkt, nicht einmal erst einer eigenen Rechtfertigung, da obiger Ausdruck für D, woraus sich die Höhe der Atmosphäre bestimmt, ersichtlich von M, d. h. von der Beschaffenheit der Körperatome abhängig ist.

Aber die hier angewandte Schlussweise findet auch eine wörtliche Anwendung auf jedes Aggregat von Atomen und somit auch auf die Körpermolekel und auf beliebig grosse und beliebig gestaltete Körper, und somit glaube ich das, was ich allgemein zu behaupten wagte, sofort auch allgemein bewiesen zu haben.

§. 21. Zwanzig Jahre mögen es nun wohl fast sein, seit ich, unbefriedigt durch die gewöhnliche Erklärungsweise der Contact-Elektricität den Versuch wagte, auf eine, wie es mich damals dünkte, rationellere Weise diese Erscheinung zu erklären. Ein Paar Jahre später legte ich eine darauf bezügliche Abhandlung, meine erste auf diesem Gebiete des Wissens in dem 18. Actenbande des k. k. polytechnischen Institutes nieder. Meinem damaligen Versuche wurde zwar eine nie genug hochzuachtende wissenschaftliche Würdung und Beurtheilung nicht zu Theil. Aber nicht lange darauf erkannte ich selber, dass ich wohl den Weg, der nur allein zu einer richtigen Deutung dieser merkwürdigen Erscheinung führen konnte, verfehlt haben musste, da ich nach den daselbst aufgestellten Principien die auffallendste, unzweideutigste und interessanteste aller galvano-elektrischen Erscheinungen, nämlich jene der ohne Ende fortbestehenden durch Nichts zerstörbaren Polarität an der zusammengelötheten Kupfer-,

Zinkstange durchaus nicht zu erklären vermochte. — Kürzlich eingetretene neue Berufspflichten liessen mich nun vor einigen Wochen wieder auf jenen Gegenstand, an den ich seit so vielen Jahren nicht wieder gedacht hatte, zurückkommen, und mit derselben Kupfer-Zink-Lamelle in der Hand, stellte ich so wie damals die Frage abermals an mich: „Was ist die Ursache dieser wunderbaren, geheimnissvollen Erscheinung?" — Denn, um es aufrichtig zu bekennen, die Zeit hatte mich für die gewöhnliche Erklärungsweise weder empfänglicher noch auch gelehriger gemacht! — Indem ich daher jenen ersten Versuch wieder zur Hand nahm, erkannte ich gar bald den Abweg, auf den ich damals gerathen war, so wie ich mich hinwieder in den Stand gesetzt sah, den, wie es mich dünkt, allein sicher zum Ziele führenden Weg sofort zu betreten. Die vorstehenden Betrachtungen nun, die ich dem wissenschaftlichen Publikum hiermit zur gütigen Erwägung vorlege, verdanken ihr Entstehen dem ebenso lebhaften wie aufrichtigen Wunsche mit meinen geringen Kräften zur endlichen Aufhellung einer Erscheinung beizutragen, die, wer wollte es läugnen, bisher noch mit undurchdringlichen Dunkelheiten und schwerlöslichen Räthseln umgeben war.

Fig. 1.

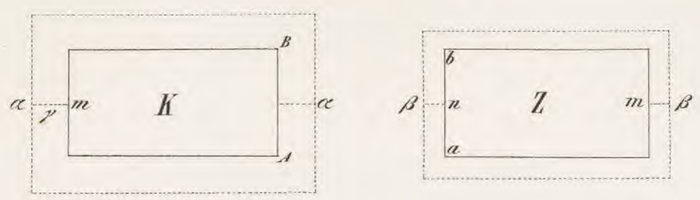


Fig. 2.

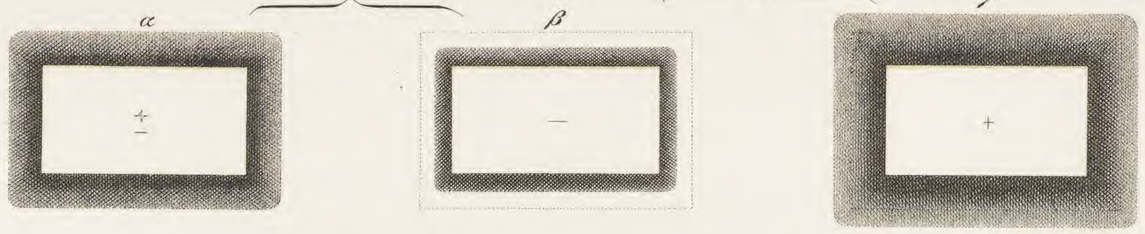


Fig. 3.

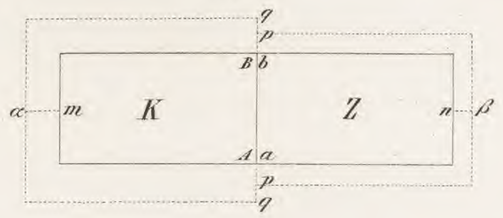


Fig. 4.

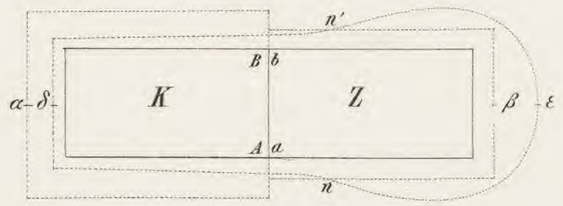


Fig. 5.

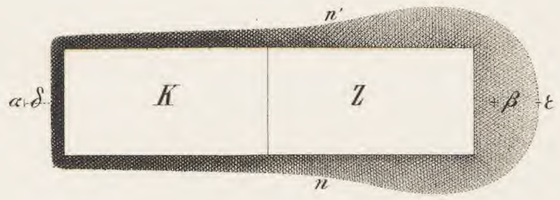


Fig. 6.

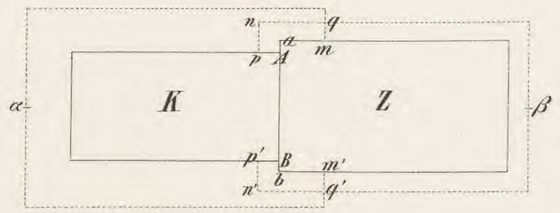


Fig. 7.

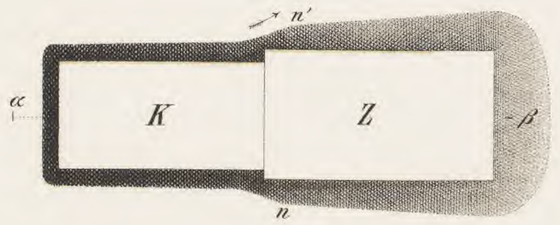


Fig. 8.

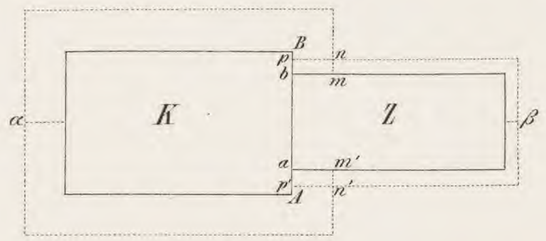


Fig. 9.

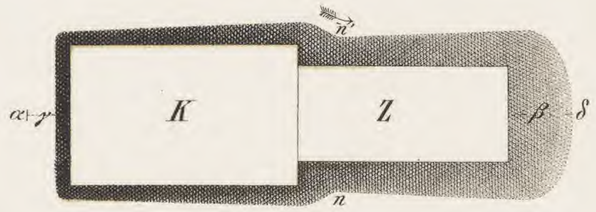


Fig. 10.

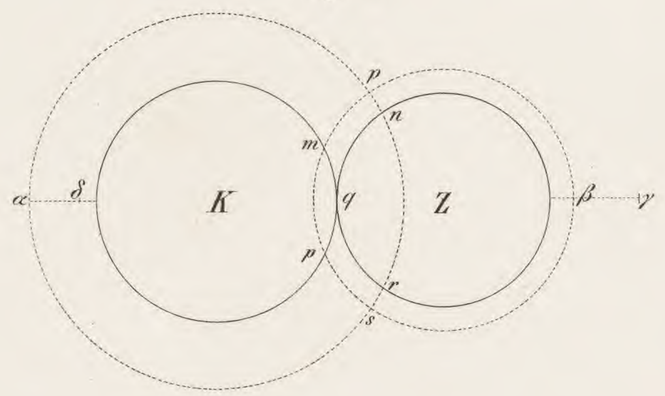


Fig. 11.

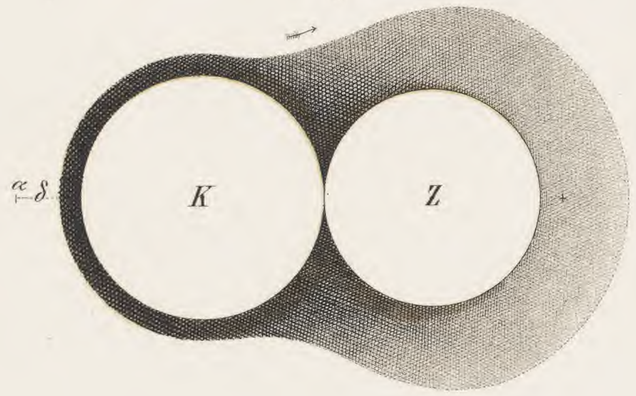


Fig. 12.

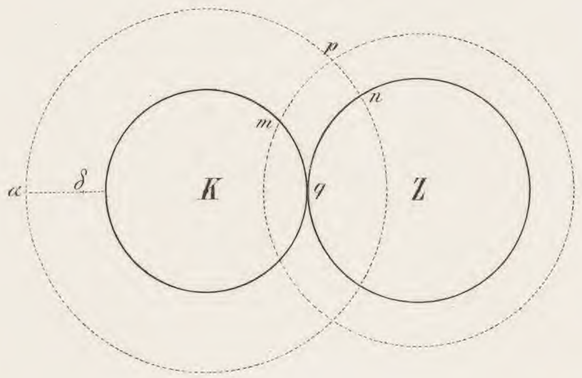


Fig. 13.

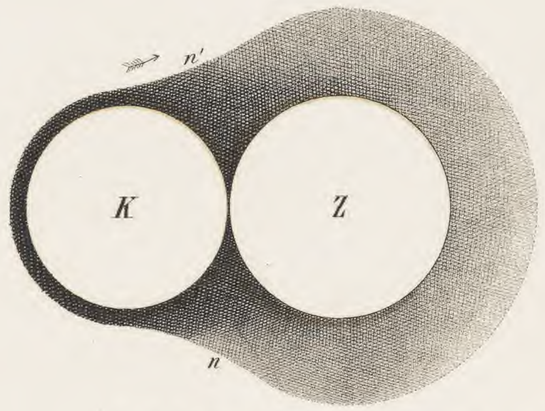


Fig. 14.

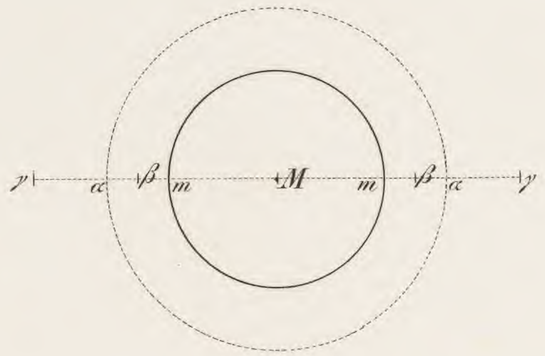
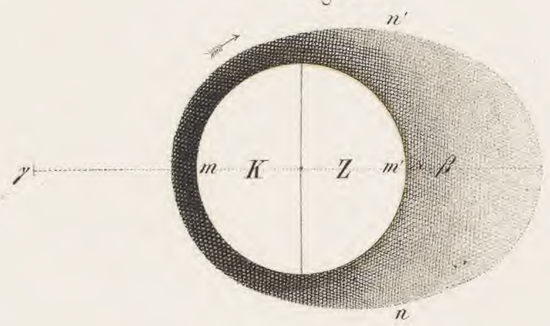


Fig. 15.



Lith. u. Gedr. in der k. k. Hof- u. Staatsdruckerei unter der Leitung v. Ant. Hartinger.

Fig. 16.

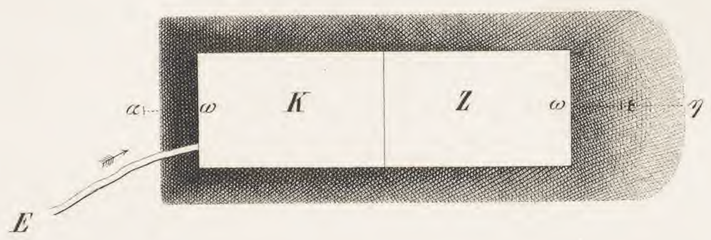


Fig. 17.

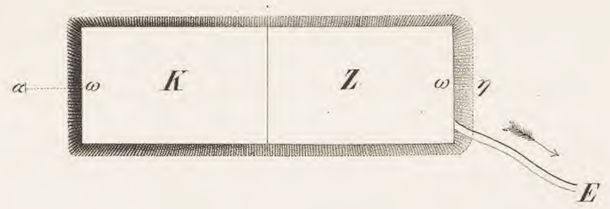


Fig. 19.

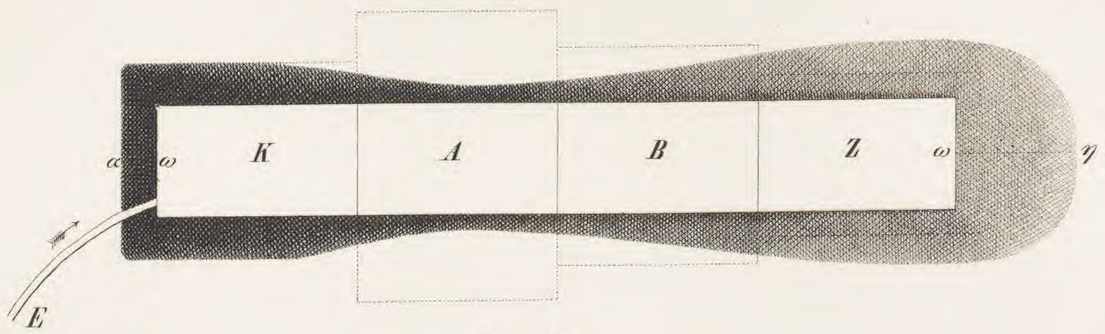


Fig. 21.

Fig. 18.

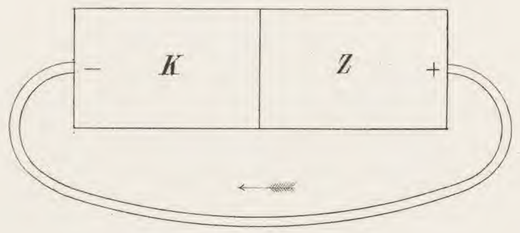


Fig. 20.

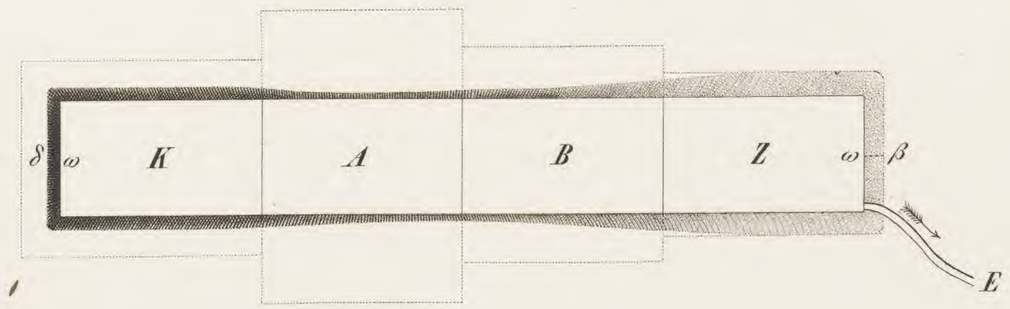


Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 24.

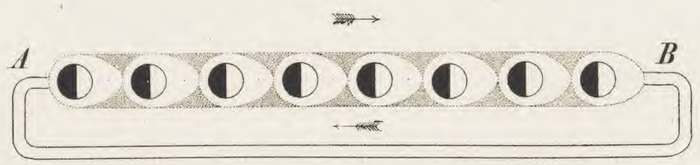


Fig. 25.

Fig. 26.

Fig. 27.

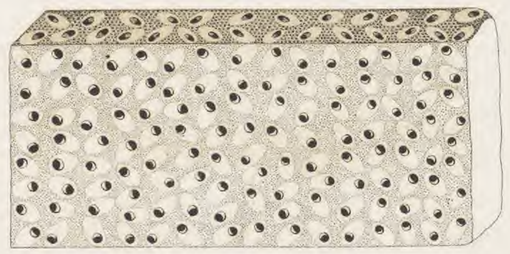


Fig. 28.

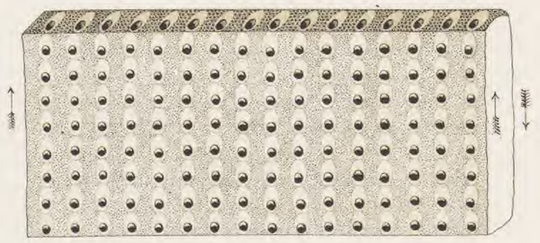


Fig. 30.

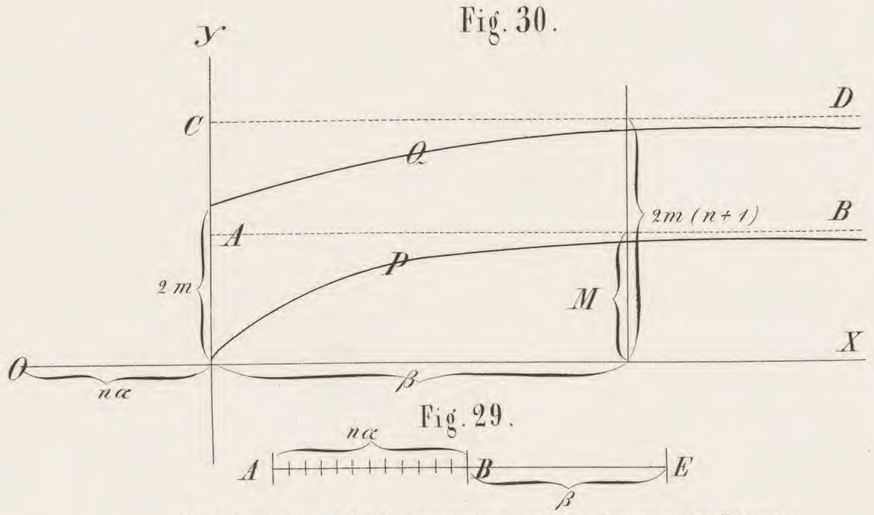


Fig. 29.

Lith. u. Gedr. in der k. k. Hof- u. Staatsdruckerei unter der Leitung v. Ant. Hartinger.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.

Jahr/Year: 1850

Band/Volume: 1_1

Autor(en)/Author(s): Doppler Christian Andreas

Artikel/Article: Versuch einer auf rein mechanische Principien sich stützenden Erklärung der galvano-elektrischen und magnetischen Polaritätserscheinungen. (Vorgelegt am 8.6.1848) 157-176