

www.e-rara.ch

Johann Samuel Traugott Geher's Physikalisches Wörterbuch

Geher, Johann Samuel Traugott

Leipzig, 1825-1845

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 8737

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-8925>

[Landcharte. - Leiter, Nichtleiter, Halbleiter.]

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelnformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

L a n d c h a r t e.

Mappa geographica; Mappe géographique; *a Map.*

Man versteht darunter die Darstellung eines Theiles der Erdoberfläche auf einer Ebene. Wegen der Kugelgestalt der Erde kann eine solche Darstellung nicht im strengsten Sinne die Lage der einzelnen Punkte der wahren Lage auf der Kugel ähnlich angeben; die verschiedenen Arten, Landcharten zu entwerfen, haben den Zweck, diese Aehnlichkeit so nahe, als möglich ist, zu bringen; indessen sollen bei einigen auch noch andere Absichten erreicht werden. Die verschiedenen Arten der Charten werden sich am besten in drei Abtheilungen bringen lassen, 1) solche, die nur kleine oder mässig große Theile der Erdoberfläche umfassen; 2) solche, welche die ganze Halbkugel auf einmal darstellen (Planiglobien); 3) diejenigen, die zum Nutzen der Seefahrt eine besondere Einrichtung haben.

I. Darstellung einzelner Länder.

Wenn es auf die Darstellung eines sehr kleinen Theiles der Erde ankommt, so ist es bekanntlich erlaubt, diesen als eben anzusehn, und man kann ihn daher den Regeln gemäß auftragen, die für ähnliche Figuren in der Ebene gelten. Da man auf der Landcharte die Angabe der geographischen Länge und Breite der Orte fordert, der Längengrad aber unter irgend einer Breite gleich dem Producte aus der Gröfse des Breitengrades in den Cosinus der Breite ist, so theilt man die zu zeichnende Charte durch Parallellinien, welche die Meridiane, und darauf senkrechte Parallellinien, welche die Parallelkreise vorstellen, so ein, daß die Grade oder Minuten auf jenen und auf diesen das eben angegebene Verhältniß haben. Bei der Bestimmung dieses Verhältnisses legt man den Breitengrad des in der Mitte der Charte liegenden Punktes zum Grunde. Obgleich nun diese Darstellung eigentlich nur für sehr kleine Theile der Erdoberfläche gelten kann, so läßt sie sich doch allenfalls bis etwas über 1 Grad gebrauchen, indem die wahre Gröfse der Parallelkreise, selbst unter 60 Graden, sich für jeden halben Grad doch nur wenig über $\frac{1}{10}$ ändert.

Da der Hauptfehler dieser Darstellungsart darin besteht, daß die Gröfse der Grade auf den meisten Parallelkreisen erheblich von der Wahrheit abweicht, so geht man von ihr am leichtesten zu folgender Construction über. Man ziehe in der Mitte der Charte eine gerade Linie, die den Meridian des mittlern Ortes vorstellen soll; man trage auf sie die Grade des Meridians nach einem gegebenen Maßstabe auf und ziehe durch die Theilungspuncte Linien auf den Meridian senkrecht, welche die Parallelkreise vorstellen; auf den äußersten nördlichen Parallelkreis trage man Grade auf, so groß als es der wahren Gröfse der Längengrade in dieser Breite angemessen ist, und eben so trage man auf dem südlichsten Parallelkreise Längengrade der wahren Gröfse, für diese Breite angemessen, auf; durch diese von der Mittellinie an aufgetragenen Puncte ziehe man gerade Linien durch die correspondirenden Theilungspuncte, so daß die nächste Linie den um 1 Grad, die zweite den um 2 Grade von der Mitte liegenden Meridian vorstellt. Wie die einzelnen Orte in diese Vierecke eingetragen werden, läßt sich leicht übersehn und es erhellt, daß diese Charte allerdings von der Aehnlichkeit mit dem Urbilde abweicht, weil die Meridiane nicht, wie es auf der Kugel geschieht, die Parallelkreise senkrecht durchschneiden, in Hinsicht auf die Abstände aber werden die Fehler selbst bei ziemlich bedeutender Ausdehnung der Charte nicht sehr groß. Erstreckt sich die Charte von der Breite = b bis zur Breite = $b + \Delta b$ und von der Länge = $l - \frac{1}{2} \Delta l$ bis zur Länge = $l + \frac{1}{2} \Delta l$, so ist, wenn ich die Länge eines Breitengrades durch β , die Länge eines Längengrades durch $\lambda = \beta \cdot \text{Cos. } b$ bezeichne, der auf der Charte abgemessene Abstand der Orte, die unter den Längen = $l - \frac{1}{2} \Delta l$ und $l + \frac{1}{2} \Delta l$ und unter den Breiten b und $b + \Delta b$ liegen, durch

$$\sqrt{[(\text{Cos. } b + \text{Cos. } (b + \Delta b))^2 \frac{1}{4} \beta^2 \cdot \Delta l^2 + \beta^2 \cdot \Delta b^2]}$$

ausgedrückt; so lang ist die Diagonale der Charte, wenn man diese durch die zwei letzten Meridiane begrenzt. Der wahre Abstand dieser Orte ist dagegen durch

$\text{Cos. } c = \text{Sin. } b \cdot \text{Sin. } (b + \Delta b) + \text{Cos. } b \cdot \text{Cos. } (b + \Delta b) \cdot \text{Cos. } \Delta l$
 gegeben. Jene Formel giebt, wenn man $b = 55^\circ$, $b + \Delta b = 63^\circ$ und $\Delta l = 12^\circ$ annimmt und $\beta = 15$ Meilen setzt, den Abstand = 151,5 Meilen; diese giebt $c = 10^\circ 4\frac{1}{2}'$, also = 151,1 Meilen. Aber die vom mittlern Meridiane am meisten entfernten Meridiane würden auf dieser Charte schon Winkel von 5 Graden mit

der Senkrechten machen und daher eine leicht näher zu berechnende Unähnlichkeit hervorbringen.

Eine Charte mit geraden Meridianen und geraden Parallelen reicht also für grössere Länder nicht aus und wir suchen daher, was eine Charte leistet, auf welcher die eine Classe dieser Linien gerade bleibt. Sollen nämlich die Meridiane gerade Linien bleiben und die nach richtigem Verhältnisse gegen die Pole kleiner werdenden Parallelkreise senkrecht durchschneiden, so ist es am besten, diese Parallelkreise als wirkliche Kreisbogen aufzutragen. Um hier das Verhältniß der Längengrade auf den beiden äußersten Parallelkreisen, die den Breiten $= b$ und $= b'$ entsprechen, richtig zu erhalten, müssen sich die Halbmesser derjenigen Kreise, welche diese äußersten Parallelkreise vorstellen sollen, wie $\text{Cos. } b$ zu $\text{Cos. } b'$ verhalten. Soll also die Charte eine Höhe $= a$ in irgend einem Mafse, zwischen den Parallelkreisen in den Breiten b, b' , bekommen und soll r der Halbmesser des aufzuzeichnenden kleinern Parallelkreises seyn, so wird $\frac{r \text{ Cos. } b}{\text{Cos. } b'}$ der Halbmesser des größern Parallelkreises und da

ihre Differenz $= a$ seyn soll, so ist $r = \frac{a \text{ Cos. } b'}{\text{Cos. } b - \text{Cos. } b'}$. Die

Construction ist daher diese. Man zieht in der Mitte der Charte eine gerade Linie AB als Meridian der Orte, welche in der Mitte des aufzuzeichnenden Stückes der Erde liegen; man theilt diese in gleiche Theile, die Grade des Meridians vorstellend, und verlängert sie gegen den Pol hin, bis $AC = r = \frac{a \text{ Cos. } b'}{\text{Cos. } b - \text{Cos. } b'}$ ist; den so gefundenen Punct C macht man zum gemeinschaftlichen Mittelpuncte der durch alle Theilungspuncte der AB zu ziehenden Kreise, nimmt auf BG die Bogen $BD = DD' = D'D'' = BF \cdot \text{Cos. } b$, wenn BF einen Grad des Meridians vorstellt, und zieht durch D, D', D'' die geraden Linien $DC, D'C, D''C$ als Meridiane. Es läßt sich leicht übersehen, daß die so hervorgehende Theilung der Parallelkreise nur für die beiden Kreise AH, BG in richtigem Verhältnisse ist, nicht aber für die zwischenliegenden Parallelkreise; der Fehler ist gegen die Mitte am größten. Um diesen Fehler zu vermindern, ist es gut, nicht die äußersten Parallelkreise zur Bestimmung des r zu gebrauchen, sondern zwei Parallelkreise, welche zwischen der Mitte und den beiden äußersten Grenzen

liegen, damit die Fehler um die Mitte geringer werden und dagegen ein Theil der fehlerhaften Eintheilung auf die oberen und unteren Grenzen der Charte komme. Eine Charte von Europa muß 30 Grade der Breite und 60 Grade der Länge umfassen; wäre hier der 45ste Grad und der 60ste Grad zur Eintheilung zum Grunde gelegt, jener = $0,707 \cdot \alpha$ und dieser = $0,5 \cdot \alpha$, so würde der Längengrad in der Breite = $52\frac{1}{2}$ Grad auf der Charte = $0,6035$ seyn, statt dafs er nach dem wahren Verhältnisse = $0,6088 \cdot \alpha$ seyn sollte; ist also der Meridiangrad = $\alpha = 1$ Zoll, so macht diefs für 30 Längengrade allerdings ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll aus, aber bei Charten, die so viel Raum umfassen, pflegt man sehr oft nur solche Bestimmungen zu verlangen, bei denen es auf kleine Fehler nicht ankömmt; man will nur die Lage der Länder und Städte übersehn, ohne sich auf genaue Abmessungen einzulassen, und wenn dieses der Fall ist, so darf man sich selbst zu so großen Charten dieser Zeichnungsart bedienen. Diese Construction¹ hat den Vorzug, leicht ausführbar zu seyn und die Lage der Meridiane gegen die Parallelkreise als rechtwinklig richtig darzustellen, auch ist das Verhältniß der Theile des Netzes, das Verhältniß der Seiten der Vierecke, worein die Charte getheilt ist, nur wenig von dem richtigen Verhältnisse abweichend.

Genauer erhält man allerdings die Darstellung, wenn man die Construction noch etwas abändert und sich gefallen läßt, auch die Meridiane nicht alle gerade zu zeichnen. Man zeichne den Meridian für die Mitte der Charte als gerade Linie und bezeichne den Punct I auf ihm, der in der Mitte der Charte liegen soll und dessen geographische Breite ich = b setze; man berechne, wenn α die Größe des Breitengrades bezeichnet, $\alpha \cdot 57,296 \cdot \text{Cotang. } b$ und trage diese Linie von I nach C; um C als Mittelpunkt ziehe man durch I den Parallelkreis und auch durch die übrigen auf dem Meridiane AB aufgetragenen Theilungspuncte die übrigen Parallelkreise; dann aber trage man auf jedem der Parallelkreise besonders die Längengrade nach ihrem richtigen Maße = $\alpha \text{ Cos. } b$ für die Breite = b , ferner = $\alpha \text{ Cos. } b$ für die Breite = b' und so ferner auf und ziehe die alsdann

¹ Die man die von DE L'ISLE nennt und die der schon von PROLEMAEUS vorgeschlagenen sehr ähnlich ist.

sich gekrümmt ergebenden Meridiane durch die so bestimmten zusammengehörenden Punkte.

Diese Construction giebt alle auf einerlei Parallelkreise gemessenen Abstände in genau richtigem Verhältnisse; dieses findet dagegen nicht ganz strenge für die Meridiane statt, indem die gekrümmten Meridiane für gleiche Breitenunterschiede nicht ganz gleiche Stücke geben, auch sind die Meridiane nicht ganz genau gegen die Parallelkreise rechtwinklig, indess betragen beide Abweichungen selbst bei einer grossen Ausdehnung der Charte nicht sehr viel.

Der Halbmesser = a . 57,296 Cotang. b wird durch folgende Ueberlegung bestimmt. Wenn B den Ort vorstellt, der auf dem mittlern Parallelkreise der Charte liegt, so hat hier die Kugelfläche eben die Neigung gegen die Axe PC der Erde, wie die Seitenlinie der durch Umdrehung der PB um PC entstandenen Kegelfläche, PB aber ist = CB . Cotang. ACB , wo $ACB = b$ die geographische Breite dieses Ortes ist. Wenn man statt der Kugelzone, die sich in nicht zu grosser Breite nach beiden Seiten von B erstreckt, die abgewickelte Kegelzone nähme, so würde man die Meridiane als gerade Linien zeichnen müssen; man erhält aber noch etwas mehr Genauigkeit, wenn allen Parallelkreisen ihre richtige Eintheilung gegeben wird. Dafs diese Zeichnungsart, welche **BONNE** angegeben und bei mehreren Charten zuerst gebraucht hat¹, den Vorzug besitzt, den Flächenraum in jedem kleinen Theile getreu anzugeben, hat zuerst **ALBERS** bemerkt und dann **MOLLWEIDE** umständlich gezeigt².

Da es hier nicht meine Absicht seyn kann, alle Zeichnungsarten der Landcharten anzugeben, so bemerke ich nur, dafs die Vergleichung einer Kugelzone mit einer ihr nahe gleichen Kegelzone noch zu mehrern Zeichnungsmethoden Veranlassung gegeben hat, unter denen die Murdochsche vorzüglich erwähnt zu werden verdient³. Statt ihrer hat **ALBERS** eine andere angegeben⁴, die jeden schmalen Theil der Kugelzone durch eine gleich

1 Vergl. über sie **PUISSANT** supplém. au second livre du traité de topographie. Paris 1810.

2 v. Zach's Mon. Corr. XI. 111. und XIII. 144.

3 Ebend. XI. 97.

4 Ebend. XII. 450.

grofse Kegelzone darstellt; VON TEXTOR hat gezeigt, wie man ähnliche Betrachtungen für einen darzustellenden langen Streifen benutzen kann, der eine schiefe Lage gegen den Aequator hat, indem man den nach der Hauptrichtung dieses Streifens gezogenen grössten Kreis wählt, um an ihm eine Cylinderfläche als berührend anzunehmen und auf diese die Zeichnung so zu beziehen, wie es so eben von der Kegelfläche angedeutet wurde¹.

Alle diese Darstellungen haben den Zweck, die abzubildenden Theile der Kugel so ähnlich, als möglich, darzustellen; sie sind also als besondere Fälle einer höchst allgemeinen Aufgabe anzusehn, die GAUSS aufgelöst hat²: *die Theile einer gegebenen Fläche auf einer andern gegebenen Fläche so abzubilden, dafs die Abbildung dem Abgebildeten in den kleinsten Theilen ähnlich wird.* Die von GAUSS gegebene Auflösung umfaßt nicht blofs die Fälle, wo das Verhältnifs der Gröfse jedes Theils der Abbildung zu jedem Theile des Abgebildeten ein constantes ist, sondern auch die, wo es nach bestimmten Gesetzen ein veränderliches ist, und die Untersuchung schließt sich sonach zwar an die unsrige an, geht jedoch in mehr als einer Hinsicht viel weiter. Die von GAUSS erwähnten Beispiele zeigen, in welcher Verbindung die Untersuchung mit dem Zeichnen der Landcharten steht.

Die bisher angeführten Zeichnungsmethoden gingen nicht von einer eigentlich so zu nennenden Projection aus, indem ihr Zweck nicht war, die abzubildenden Gegenden so darzustellen, wie sie einem Auge, das eine gewisse Stelle einnimmt, erscheinen, sondern so, dafs die Entfernungen in ihnen mit möglicher Genauigkeit mit einem und demselben Mafse für alle Entfernungen auf der Charte abgemessen werden könnten. Als eine zur Abbildung kleiner Theile der Erdfäche brauchbare Projection aber verdient doch auch hier die stereographische genannt zu werden, die auf folgende Weise entsteht³. Man nimmt den mittelsten Punct der in eine Charte zu bringenden Gegend und zieht von ihr einen Durchmesser der Kugel; auf diesen senk-

1 Mon. Corr. XVIII. 185.

2 Schumacher's astron. Abh. Stes Hft.

3 Zuerst von JOH. WERNER, nachher vorzüglich von MATH. HASE angewandt.

recht legt man eine durch den Mittelpunct der Erde gehende Ebene und zieht nun vom andern Endpuncte des Durchmessers aus nach den einzelnen aufzutragenden Puncten gerade Linien; die Durchschnittspuncte dieser Linien mit jener senkrechten Ebene geben auf dieser Ebene die projecirte Lage der Puncte so an, wie ein am andern Ende des Durchmessers stehendes Auge sie sehen würde. Da diese Projection aber auch für die Darstellung der ganzen Halbkugel gebraucht wird, so komme ich sogleich auf sie zurück.

Was den Gebrauch der Landcharten betrifft, so ist erstlich bei der Abmessung der Längen, wenn diese größere Entfernungen umfassen, auf die aus jeder Constructionsmethode unvermeidlich hervorgehenden Fehler, die gewöhnlich erst gegen die Grenzen der Chartre zu erheblich werden, Rücksicht zu nehmen; zweitens auch die Richtung von einem Orte zum andern macht nicht genau auf der Chartre den Winkel mit dem Meridiane, den die Abstandslinie auf der Kugel mit ihm macht, und man muß den statt findenden Fehler nach den Eigenthümlichkeiten jeder Construction berechnen. Was drittens die Berechnung des Inhaltes der Länder betrifft, so ist bei den Entwurfsarten, die nicht die einzelnen Theile der Kugel in richtiger, proportionaler Größe darstellen, auf diese Ungleichheit Rücksicht zu nehmen, aber außerdem auch eine Schwierigkeit zu bemerken, die selbst bei einer ganz vollkommenen Darstellung statt finden würde. Die genau gezeichneten Grenzen eines Staates nämlich bieten oft so unregelmäßige Krümmungen dar, daß eine nach der Landchartre vorzunehmende geometrische Ausmessung nicht wohl möglich ist, und in Beziehung auf diese Schwierigkeit hat von ZACH gezeigt, daß man, bei einer genauen Abzeichnung der Grenzen auf sehr gleichförmigem Papiere, durch ein Abwägen des begrenzten Theiles den Zweck, die Größe in Quadratmeilen zu finden, sehr genügend erreicht. Nachdem man nämlich den größten Theil des auszumessenden Landes, so weit es zwischen regelmäßig gezogenen Streifen auf der Kugel liegt, ausgerechnet hat, schneidet man die außerhalb dieser Kreise noch übrigen, mit unregelmäßigen Grenzen umgebenen Stücke aus, wägt diese Stücke ab und vergleicht ihr Gewicht mit dem Gewichte der in eben der Gegend der Chartre liegenden Quadratgrade, wodurch man, bei gehöriger Sorgfalt, den Zweck so genau, als es die Genauigkeit der Zeichnung erlaubt, erreichen

kann¹. VON ZACH bemerkt übrigens, daß man bei der Berechnung des Inhalts nach geometrischen Regeln die sphäroidische Gestalt der Erde berücksichtigen müsse, deren Einfluß in der Zeichnung der Charten gewöhnlich nicht merklich ist². Bei Charten von erheblicher Größe kann indessen eine Rücksicht hierauf, selbst bei der Zeichnung, nöthig werden.

II. Darstellung einer ganzen Halbkugel der Erde.

Man nennt diese Abbildungen Planisphären, Planiglobien (*Planisphaerium*, *Planiglobium*; *Planiglobe*) und gründet sie theils auf Projectionen, theils auf andere, eine gewisse Uebereinstimmung mit der wirklichen Lage gebende Zeichnungsarten. Bei den Projectionen nimmt man eine bestimmte Lage des Auges und eine bestimmte Lage der Projectionsebene an, zieht vom Auge gerade Linien nach allen abzuzeichnenden Puncten und trägt die Durchschnittspuncte dieser Linien mit der Projectionsebene als die Projectionen jener Puncte in die Charte ein. Unter diesen verdienen die *stereographische* Projection, die schon HIPPARCH kannte³, und die *orthographische* Projection vorzüglich erwähnt zu werden.

Bei der *stereographischen* Projection denkt man sich das Auge in demjenigen Puncte der Kugeloberfläche, welcher dem mittleren Puncte der darzustellenden halben Kugelfläche gerade gegenüber steht; die Projectionsebene aber ist senkrecht gegen die vom Auge nach dem Mittelpuncte gezogene Linie und geht durch den Mittelpunct der Kugel. Ist diese Ebene die Ebene des Aequators, so steht das Auge im Pole und der andere Pol ist in der Mitte der Projection, die dann *Polarprojection* heißt; geht die Projectionsebene durch die Pole, so erscheint in der *Aequatorealprojection* ein Punct des Aequators in der Mitte der Projection, wie auf den Planiglobien, deren eine America, die andere die sogenannte Alte Welt vorstellt; ist die Mitte der Projection irgend ein anderer Ort, so heißt sie eine *Horizontalprojection*.

1 v. Zach's Mon. Corr. I. 169.

2 Ebend. I. 185.

3 Ebend. II. 67.

Die Hauptregeln zur Construction dieser Projection lassen sich so übersehn.

Fig. 20. 21. Es stelle ABDE die Erdkugel, B, E ihre Pole vor und es sey eine Aequatorealprojection zu entwerfen. Das Auge stehe in A, so ist D der Punct, welcher in der Mitte C der Projectionstafel BFE erscheint, BDE der Meridian, der durch die gerade Linie BCE vorgestellt wird. Fängt man an, die Projection zu zeichnen, so ist offenbar, daß der Meridian BFE, welcher die Projectionstafel begrenzt, als Kreis in bfe erscheint und daß die auf ihm abgetheilten Breitengrade 15° , 30° , 45° u. s. w. durch eine Eintheilung des Kreises bfe in gleiche Theile richtig angegeben werden. Ebenso leicht erhellt, daß be die übertragene BE ist, die den mittlern Meridian BDE vorstellte, und wenn man BDE in seine Grade eintheilt, von jedem Theilungspuncte G, H u. s. w. aus aber die Linien GA, HA u. s. w. zum Auge zieht und ihre Einschnittpuncte g, h... in den Durchmesser BE, das ist in die Projectionstafel, bemerkt, so erhält man, indem man Cg, Ch nach dg, dh überträgt, in g, h das Bild der Puncte G, H u. s. w. Kreisbogen, die durch die mit 15° , 15° , 15° oder 30° , 30° , 30° bezeichneten Puncte gehen, stellen die Parallelkreise vor. Auch das läßt sich leicht übersehn, daß man CF eben so eintheilen muß, um die Abtheilungen des Quadranten DF des Aequators aufzutragen, wie man CB eintheilte, um die Theile des Quadranten BD zu erhalten; trägt man also diese Abtheilungen auf fl auf und zieht durch jeden Theilungspunct einen zugleich durch beide Pole b, e gehenden Kreisbogen, so erhält man die Meridiane. In die so gezeichneten Vierecke lassen sich die Orte ziemlich leicht eintragen.

Aehnliche Betrachtungen führen zu der Zeichnung der *Polarprojection*.

Die *orthographische* Projection setzt das Auge als unendlich entfernt voraus, oder, was dasselbe ist, man projicirt alle Puncte der Kugel durch parallele, auf die Projectionsebene senkrechte Linien auf diese. Will man also eine Polarprojection orthographisch entwerfen, so fällt der Pol in die Mitte, der Aequator in den Umfang des Kreises, der diese Projection vorstellt, alle Parallelkreise erscheinen als Kreise und zwar als Kreise, deren Halbmesser $= r \cdot \cos$, der Breite ist; die Meridiane erscheinen als gerade Linien, die vom Mittelpuncte ausgehend eben die

Winkel mit einander machen, wie die Ebenen der Meridiane. Verlangt man eine orthographische Projection, wo irgend ein anderer Punct als Mittelpunct der Halbkugel angenommen wird, so erhält man die Meridiane und Parallelkreise als Ellipsen dargestellt, indem ihre gegen die Projectionsebene geneigten Ebenen die kreisförmigen, schiefen Schnitte elliptischer Cylinder, die auf der Projectionsebene senkrecht stehen, vorstellen. Es scheint mir der hier nöthigen Kürze nicht angemessen, hierbei länger zu verweilen, und ich erwähne daher auch die Centralprojection nur mit wenigen Worten. Sie entsteht als Zeichnung auf einer die Kugel berührenden Ebene durch Linien, die von dem im Mittelpuncte der Kugel gedachten Auge ausgehen, und stellt die Erdoberfläche also so dar, wie ein Auge im Mittelpuncte derselben sie auf jene berührende Ebene überträgt.

Unter denjenigen Darstellungen einer ganzen Halbkugel, die nicht perspectivisch sind, verdienen besonders die von LAMBERT¹ und von G. G. SCHMIDT² vorgeschlagenen erwähnt zu werden, die sich auch auf Kugelabschnitte anwenden lassen. Bei beiden ist jeder Theil der dargestellten Fläche seinem Bilde an Inhalt proportional, oder, wenn man sich zuerst eine Zeichnung auf einer Kugel vom Halbmesser r vorstellt, so sind in der ebenen Zeichnung alle Flächentheile eben so groß, als sie auf dieser Kugel waren,

Da die Größe des Flächeninhalts einer Halbkugel vom Halbmesser $= r$ durch $2\pi r^2$ ausgedrückt wird, so ist ein Kreis vom Halbmesser $= r\sqrt{2}$ an Flächeninhalt jener Halbkugel gleich und wenn man die gegebene Linie $= r$ in 859,5 gleiche Theile theilt, so bedeuten diese Theile auf jener Zeichnung Meilen. Um diesen Kreis zuerst für eine Polarprojection so zu theilen, daß die Räume zwischen den Parallelkreisen eine richtige Größe erhalten, muß man überlegen, daß der Inhalt der Fläche eines Kugelsegments dem Quadrate der Sehne, die von der Mitte bis zur Grenze des Segments gezogen wird, proportional ist. Ist also ABD ein Kreis vom Halbmesser $= r$, OPQ der Kreis vom Halbmesser $= r\sqrt{2}$, so theilt man AB in gleiche Theile, zum Beispiel von 15 zu 15 Graden, zieht $A15$, $A30$, $A45$ und zeichnet mit Halbmessern, die diesen Sehnen gleich sind, die

Fig.
22.

1 Lambert's Beiträge III. 106.

2 Mon. Corr. XII. 152.

mit 15° , 30° u. s. w. bezeichneten Kreise. Auf diese Weise ist der Entwurf der Halbkugel OPQ in Flächenräume getheilt, die an Inhalt eben so groß sind, als die entsprechenden Zonen auf der Kugel AD. Dafs die vom Mittelpunkte aus gezogenen geraden Linien KO, KR, KP die Meridiane vorstellen, erhellt leicht. Hier ist also die Fläche der Halbkugel in gleiche Theile, welche der wahren Flächengröße proportional sind, getheilt; aber weder die Parallelkreise, noch die Meridiane haben ihre richtige Größe, sondern statt dafs der Umfang des Parallelkreises in der Breite = b seyn sollte = $2\pi \cdot r \cdot \cos. b$, ist er hier = $2\pi \cdot r \cdot 2 \cos. (45^\circ - \frac{1}{2}b)$, und statt dafs der vom Pole bis zur Breite = b gemessene Theil des Meridians wirklich = $\frac{2r\pi(90^\circ - b)}{360^\circ}$ ist, erscheint er hier = Sehne $(90^\circ - b)$ = $2r \cdot \sin. (45^\circ - \frac{1}{2}b)$,

Für eine Aequatorealprojection sind die Regeln folgende.

Um die Kugel ABD vom Halbmesser = r darzustellen, Fig.
23. zeichnet man wieder den Kreis APBQ vom Halbmesser = r . \surd 2, bezeichnet nun P, Q als Pole, AB als den Aequator. Man theilt CB in gleiche Theile und zeichnet die Meridiane genau elliptisch. Es ist nämlich bekannt, dafs, wenn $CD = \frac{1}{2}CB$, auch der Inhalt der halben Ellipse PDQ = dem Inhalte des halben Halbkreises ist und dafs der Raum PDQP den Raum bis zum 45sten Meridiangrade vorstellt. Die Parallelkreise kann man¹ durch Sehnen dem Aequator AB parallel vorstellen, muß sie aber so bestimmen, dafs die Stücke der Zeichnung vom Pole an bis an den Parallelkreis der Oberfläche des darzustellenden Kugelabschnittes gleich sind. Da nun im Kreise der Inhalt des zwischen Parallelen enthaltenen Stückes AHKB = $CB^2 \cdot \varphi + CB^2 \cdot \sin. \varphi \cos. \varphi = \frac{1}{2}CB^2 (2\varphi + \sin. 2\varphi)$ ist, wenn $BK = \varphi$, so muß, damit dieses Stück der Zone bis zur Breite = μ gleich sey, $\frac{1}{2}CB^2 \cdot (2\varphi + \sin. 2\varphi) = r^2 \cdot \pi \cdot \sin. \mu$ seyn, weil nämlich auf der Kugel vom Halbmesser = r die halbe Zone vom Aequator bis zur Breite = μ durch $\pi \cdot r \cdot r \sin. \mu$ gegeben ist. Jene Gleichung giebt, da $\frac{1}{2}CB^2 = r^2$ ist, den Werth von φ und man kann daher durch Eintheilung des Halbmessers CP die Lage der Parallelkreise finden; die Rechnung

1 Mon. Corr. XII. 152.

zeigt, daß die Theilungspuncte L folgenden Theilen des Halbmessers entsprechen:

für μ	ist CL	für μ	ist CL
10°	0,1368	50°	0,6512
20°	0,2720	60°	0,7624
30°	0,4040	70°	0,8619
40°	0,5309	80°	0,9454
		90°	1,0000.

Diese Vorschrift scheint die angemessenste zu seyn, obgleich man, da die Verhältnisse der Distanzen nicht den wahren Verhältnissen angemessen sind, auch andere Vorschriften geben kann, je nachdem man sich vorsetzt, andere Bedingungen zu erfüllen.

III. Seecharten.

Wenn man eine Charte von mäßigem Umfange so gezeichnet hat, daß alle Meridiane unter sich parallel und die Parallelkreise auch unter sich parallel sind, die Längengrade aber auf der ganzen Charte dasjenige Verhältniß zu den Breitengraden haben, was für die Mitte der Charte genau statt findet, so hat man diejenige Art von Charten, welche die Schiffer *Plancharten* nennen. Da der Schiffer gewohnt ist, längere Zeit nach demselben Compafsstriche zu segeln und dann auf der in die Charte eingetragenen Richtung die durchlaufene Entfernung aufzuzeichnen, so kann er sich dieser Charte nur für sehr mäßige Entfernungen bedienen. Gingen nämlich von einerlei Puncte, zum Beispiel unter 45 Grad Breite, zwei Schiffe so aus, daß das eine beständig nach Nordost, das andere nach Südost steuerte, so würden beide gewiß 60 Meilen in der Länge fortgerückt seyn, wenn sie 60 Meilen in der Breite fortgekommen sind oder ihre Breite um 4 Grade verändert haben. Diese 60 Meilen betragen nach dem Maße der Längengrade unter 45 Graden der Breite beinahe 5° 40' und um so viel würden beide Schiffer ihre geographische Länge geändert zu haben glauben; aber da der nördlich Schiffende zu immer kleinern Längengraden kommt, der südlich Schiffende zu immer größern, so hat jener in Wahrheit seine Länge mehr verändert, dieser dagegen weniger, und sie würden, selbst bei dieser mäßigen Entfernung, ihre Länge aus der Charte um etwa $\frac{1}{4}$ Grad unrichtig abnehmen.

Wollte der Schiffer sich einer andern Charte bedienen, auf welcher die Längengrade abnehmen, so würde ihm dieses un-
bequem seyn, indem er da nicht geradezu den Richtungswinkel
seines Courses einzeichnen könnte. In diesem Falle würde er
nämlich, weil die Meridiane nicht parallel sind, eine gekrümmte
Linie zeichnen müssen, um seinem immer nach gleichem Wind-
striche gehenden Course den immer gleichen Winkel gegen den
Meridian zu geben.

Die Curve, welche ein Schiff auf dem Meere durchliefte,
wenn es immer unter gleichen Winkeln gegen den Meridian
oder nach dem immer gleichen Windstriche fortginge, ist die-
jenige, die man die *Loxodromische Curve* (Linie des schiefen
Laufes) nennt, und es ist offenbar, dafs sie, wie eine Spiral-
linie, in unzähligen Windungen um den Pol der Erde herum-
läuft, sobald die Richtung nicht genau mit dem Meridiane über-
einstimmt¹. Diese Linie, die auf unsern gewöhnlichen Land-
charten sich als krumme Linie darstellen würde und die offenbar
von dem zwischen zwei Punkten in ihr gezogenen grössten
Kreise abweicht, verlangt der Schiffer in seine Charta als gerade
Linie einzuzichnen, damit er nur, wenn sein Lauf einen Win-
kel von 45 Graden oder 60 Graden u. s. w. mit dem Meridiane
macht, eben diesen Winkel auch in der Charta aufzutragen
brauche. Damit dieses geschehn könne, müssen alle Meridiane
seiner Charta parallel seyn und folglich werden alle Längengrade
in niederen und in höheren Breiten gleich groß ausfallen. Damit
aber dennoch in jeder einzelnen Gegend das Verhältnifs der
Längengrade gegen die Breitengrade sich richtig darstelle,
müssen die Breitengrade ungleich groß, gegen die Pole immer
größer werden. Diese Charten, die unter dem Namen von
MERCATOR'S Charten bekannt sind², heißen daher mit Recht
Charten mit wachsenden Breitengraden. Da in der Breite von
25° 50' der Längengrad nur $\frac{9}{10}$ des Breitengrades ist, so muß
hier der Breitengrad = $\frac{10}{9}$ derjenigen Größe haben, die ihm
unter dem Aequator zukommt; unter 36° 52' muß der Breiten-
grad = $\frac{4}{3}$, unter 45° 34' muß er = $\frac{5}{4}$, unter 53° 8' muß er

1 Brandes höhere Geometrie. II. S. 240.

2 MERCATOR zeichnete solche Charten zuerst um 1550. WRIGHT
gab ihre Theorie genauer an. *Certain errors in Navigation corrected.*
London 1657.

= $\frac{2}{3}$ seyn und so weiter. Wenn man in eine so gezeichnete Charte, in welche die Länder und Meere gehörig eingetragen sind, von einem gegebenen Orte eine gerade Linie unter bestimmtem Winkel gegen den Meridian zieht, so trifft diese alle die Orte, welche der Schiffer erreichen würde, indem er immer seinen Lauf, unter diesem Winkel gegen den Meridian gerichtet, beibehielte.

Was das Eintragen der zurückgelegten Wege in diese Charten betrifft, so versteht es sich schon von selbst, daß es nicht nach einem immer gleichen Maßstabe geschehn darf. Je weiter man gegen die Pole kommt, desto größer wird ein auf der Kugel selbst gleicher Raum dargestellt und der veränderliche Maßstab muß sich danach richten. Da aber der Schiffer seine geographische Breite oft und mit Leichtigkeit bestimmt, so macht diese Ungleichheit im Längenmaße ihm keine Schwierigkeit; er weiß, daß er denjenigen Punct erreicht hat, wo die Richtung seines Courses denjenigen Breitengrad trifft, auf welchem er sich, seiner Beobachtung nach, befindet.

Um diese Charten richtig zu zeichnen, fängt man damit an, alle Meridiane parallel und gleich weit entfernt aufzutragen. Erstreckt sich die Charte bis zum Aequator, so zieht man an der Stelle, wo dieser seinen Platz haben soll, eine gegen die Meridiane senkrechte Linie, trägt auf den Meridianen die Länge des ersten Breitengrades, des zweiten Breitengrades, des dritten Breitengrades und so weiter nach der reducirten Größe, die nahe genug = Sec. $\frac{1}{2}^{\circ}$, = Sec. $1\frac{1}{2}^{\circ}$, = Sec. $2\frac{1}{2}^{\circ}$ u. s. w. ist, auf und erhält so das Netz der ganzen Charte. Soll sie sich nicht bis zum Aequator erstrecken, so gilt ein ähnliches Verfahren. Bis sehr nahe an den Pol kann man die Zeichnung nicht fortführen, da die Grade der Breite für den 80sten Grad schon über 6mal so groß als die Längengrade werden und gegen den Pol zu immer schneller wachsen¹.

Geschichtliche Notizen.

Daß man schon in uralten Zeiten eine Darstellung der Länder versucht habe, erhellt aus der Bibel². Unter den Griechen

1 Handbuch der Schiffahrtskunde. Hamburg 1819. S. 143. 207.

2 S. Josua Cap. XVIII. v. 4.

soll ANAXIMANDER zuerst Charten von den bekannten Ländern verfertigt haben¹.

Die auf unsere Zeiten gekommene Zeichnung aus viel späterer Zeit, welche unter dem Namen der Peutingerschen Tafel bekannt ist, kann eigentlich nicht eine Landcharte heißen, da sie gar nicht die Bestimmung hat, die Länder in ihrer richtigen Gestalt darzustellen².

PTOLEMAEUS giebt mehrere Zeichnungsmethoden für Landcharten an und verbessert seinen Vorgänger MARINUS; zu des PTOLEMAEUS Geographie hat der Alexandriner AGATHODAEMON die Charten gezeichnet³.

Von denen, die sich nach der Wiederherstellung der Wissenschaften vorzüglich um die Landcharten verdient gemacht haben, führt GEHLER folgende an. SEBASTIAN MÜNSTER⁴, ORTELIUS⁵, GERHARD MERCATOR, dessen Atlas JODOCUS HOND herausgab⁶. WILH. JANSSON BLAEU und JOHANN BLAEU lieferten einen aus 616 Charten bestehenden Atlas. Die Hond'sche Officin, die nach und nach an JANSSON WAESBERGE, PITT, SWART, PETER SCHENK und GERARD VALK kam, hat sich manche Verdienste um die Verbesserung der Charten erworben. Später hat sich JOH. BAPT. HOMANN und seine Nachfolger ebenfalls viele Verdienste erworben. Unter den ältern Chartenzeichnern haben sich VISSCHER, DANKERTS, DE WITT, KITCHIN, D'ANVILLE, VAUGONDY, BUACHE, BELLIN ausgezeichnet.

Die Zahl derer, welche sich in den letzten Jahren auf eine rühmliche und ausgezeichnete Weise mit der Vervollkommnung der Landcharten beschäftigt haben, ist so groß, daß sie hier nicht angeführt werden können.

Von den Erfindern der merkwürdigsten Zeichnungsmethoden ist oben das Wichtigste angeführt worden. Aber als ein vollständ-

1 Diog. Laërt. II. 2. Plinii hist. nat. VII. 56. Von andern Bemühungen der Alten s. Fabricii bibl. gr. IV. 2. 14. Cellarii notit. orb. ant. pag. 4.

2 Tabula Peuting. itineraria, ed. Scheyb. Vindob. 1753.

3 MOLLWEIDE über des Ptol. Mappirungskunst. v. Zach's Mon. Corr. XI. 319. 504.

4 Cosmographia. Basil. 1550.

5 Theatr. orbis terr. Antverp. 1570.

6 Atlas Gerh. Mercatoris. Amst. 1604.

diges Buch, welches alles Wichtige umfaßt, was hierher gehört, verdient JOH. TOB. MAYER's Werk genannt zu werden: Vollständige und gründliche Anweisung zur Verzeichnung der Land-, See- und Himmelscharten. 4te Aufl. Erlangen 1828. (Der 4te Theil von Mayer's practischer Geometrie.) Es giebt theoretische Entwicklungen und praktische Anleitungen über alle hierher gehörigen Gegenstände. Ein neueres Werk, das ich noch nicht selbst gesehn habe, ist: Delangeard observations on geographical projections, or an examination of the principal methods of constructing maps. *B.*

Landtromben, s. Wind.

L e b e n s k r a f t .

Lebensprincip; *Vis vitalis*; Force vitale, Faculté vitale, Vitalité; *Vital power*, *vital faculty*, *Vitality*.

Die Physik, indem sie die in der Natur wirksamen Gesetze aufzufinden strebt, beschränkt sich zunächst nur auf diejenigen Kräfte, welche die Veränderungen unorganischer Körper bedingen, überläßt dagegen alles dasjenige, was zur Lebensthätigkeit gehört, der Physiologie. So wie es aber keine scharfe Grenze zwischen organischer und unorganischer Materie giebt und außerdem Pflanzen und Thiere kaum mit völliger Bestimmtheit von einander gesondert werden können, so lassen sich auch die Kräfte der leblosen und der lebenden Natur nicht mit absoluter Schärfe trennen und müssen daher die letzteren bei den allgemeinen Untersuchungen der Naturgesetze schon deswegen berücksichtigt werden, weil einige Physiologen keine eigenthümlichen Kräfte in lebenden Wesen annehmen wollten, während andere einen gewissen Grad des Lebens und somit auch der Lebensthätigkeit allen Körpern beizulegen geneigt waren. Im Allgemeinen wird jedoch das wirkliche Vorhandenseyn des Lebens und besonderer, dieses bedingender Kräfte nicht in Abrede gestellt, weswegen der Physiker nicht wohl umhin kann, diese letzteren zu berücksichtigen und demjenigen nachzuforschen, wodurch sie sich von den Kräften der leblosen Natur unterscheiden.

Um eine sonst nur zu leicht mögliche Unbestimmtheit der Begriffe zu vermeiden, muß zuvor festgesetzt werden, was man unter *Leben* zu verstehen habe¹. Wenn man nicht allen Körpern Leben beilegt, wodurch nur Verwirrung entstehen kann, und, statt scharfsinniger Unterscheidung auffallend verschiedenartiger Functionen, solche Erscheinungen als identisch gesetzt werden, zwischen denen kaum entfernte Aehnlichkeit statt findet, so läßt sich ein *eigentliches*² Leben nur solchen Körpern beilegen, welche mit Organen versehen sind, und selbst auch diesen nur so lange, als ihre Organe sich thätig beweisen. Hiernach kann also zuerst keinem Körper Leben beigelegt werden, wenn er nicht mit Organen versehen ist, und zweitens auch in diesem Falle nur so lange, als letztere ihre eigenthümliche, von ihnen sogenannte organische Thätigkeit beibehalten; denn ein Thier oder eine Pflanze heißen todt, sobald die letztere sie verlassen hat.

Das Vorhandenseyn und die Thätigkeit von Organen, welche im Allgemeinen die Entstehung, Erhaltung und Fortpflanzung bedingen, geben also die unterscheidenden Kennzeichen solcher Körper ab, in denen wir ein Leben und durch gewisse eigenthümliche Thätigkeiten sich äußernde Lebenskräfte annehmen; wo sie überhaupt fehlen, heißt der Körper absolut todt, wo sie nicht mehr thätig sind, gleichfalls todt oder erstorben.

Aus dem Unterschiede der durch Organe belebten Körper und solcher, denen alle Lebensthätigkeit fehlt, ist ein anderer, noch weiter ausgedehnter hervorgegangen, wonach sie in *organische* oder *unorganische* zerfallen. Organische Körper oder Materien heißen solche, die durch belebte Wesen während der Dauer ihrer Lebensthätigkeit entstanden oder vielmehr aus ihren einfachen Bestandtheilen zusammengesetzt sind, alle andern dagegen werden unorganische genannt. Die Unterschiede belebter oder unbelebter organischer Körper und der allezeit unbelebten unorganischen lassen sich auf das Bestimmteste nachweisen.

Der erste Hauptunterschied beider zeigt sich in der Art ihrer Entstehung und in der hierbei angenommenen Gestalt. Alle

1 Vergl. Treviranus Biologie. Th. I. S. 39.

2 Eine uneigentliche, eine *quasi* Kraft, wie die quasi Götter bei CICERO, anzunehmen, ist wohl allgemein unzulässig.

organischen Körper wachsen von Innen eben durch die Thätigkeit eigenthümlicher Organe und ihre Formen sind zwar regelmäsig, mitunter selbst geometrisch construierbar¹, keineswegs aber geben sie im lebenden Zustande gleichmäsig gestaltete regelmäsig Körper und überhaupt sind von allen organischen Materien nur die einfachsten Verbindungen, namentlich die Säuren, krystallisationsfähig. Alle unorganischen (nie belebten, absolut todten) Körper dagegen wachsen durch Hinzukommen neuer Bestandtheile von Aussen, durch eine Art von Aggregation, und zugleich in der Art, dafs sie eine regelmäsig Gestalt annehmen (Krystallbildung), welche geometrisch aus der Hypothese einer nach constanten Gesetzen erfolgenden Auflagerung gleichgeformter Bestandtheile construirt werden kann². Diese Krystallisirbarkeit ist den meisten, vermuthlich allen unorganischen Körpern eigen und zeigt sich daher allgemein, wenn sie fest werden und dabei das Bestreben einer regelmäsig Auflagerung ihrer Bestandtheile nicht durch anderweitige Bedingungen gehindert wird. Die sämmtlichen regelmäsig gebildeten, unorganischen Naturkörper lassen sich daher mechanisch (zum Theil auch durch Auflösungsmittel) so zerlegen, dafs die Theile dem Ganzen vollkommen ähnlich sind oder diejenigen einfacheren Gestalten zeigen, deren Vereinigung die Form der zerlegten erzeugen mufste³.

Ein zweiter Unterschied unbelebter unorganischer Körper und der organischen, welche belebt oder der Belebung fähig oder durch Lebensthätigkeit entstanden sind, zeigt sich in der Quantität und dem quantitativen Verhältnisse ihrer constituirenden Bestandtheile. Die unorganischen Körper sind nämlich ent-

1 Einen Versuch von VIETH, die Formen organischer lebender Körper geometrisch zu construiren, findet man in G. LIII. 225.

2 Vergl. *Krystall*.

3 Einige Naturphilosophen lassen auch die Krystalle durch ein inneres Leben, einen Bildungstrieb u. s. w. entstehn. Will man Anziehung, chemische Verwandtschaft und sonstige physische Kräfte insgesammt unter den gemeinsamen Begriff des Lebens bringen, so kann man hierdurch zuletzt den Unterschied zwischen einem Sandsteine und einem Menschen aufheben, allein dennoch zeigt der Augenschein jedem Unbefangenen in ersterem eine bloße Aufhäufung ähnlicher Theile, in letzterem aber ein Wesen mit höherem Organismus versehen.

weder einfache, d. h. solche, die bis jetzt durch kein Verfahren in ihre Bestandtheile zerlegt werden konnten, oder zusammengesetzte. Sind sie einfache, so nehmen alle in fester Gestalt darstellbaren eine mehr oder minder kenntliche regelmässige Gestalt an, sie geben Krystalle, wie der Schwefel, das Iod und die meisten, vermuthlich alle Metalle, keiner von diesen zeigt aber jemals eine solche organische Lebensthätigkeit, wie wir diese bei den Erzeugnissen des Thier- und Pflanzenreichs wahrnehmen. Sind sie zusammengesetzte, so bestehen sie insgesammt aus binären Verbindungen oder lassen sich sämmtlich auf solche zurückbringen, wobei dann noch ausserdem die constituirenden Bestandtheile nach gewissen bestimmten quantitativen Verhältnissen vereinigt sind¹. Die Schwefelsäure z. B. besteht aus Sauerstoff und Schwefel und ähnliche Verbindungen sind alle Oxyde und viele Säuren; das schwefelsaure Kali besteht zwar aus 3 Elementen, nämlich Kalium, Schwefel und Sauerstoff, allein genau genommen ist dasselbe nur eine Vereinigung zweier binären Verbindungen, nämlich Kalium mit Sauerstoff und Schwefel mit Sauerstoff, wobei dann noch obendrein ein constantes Verhältniß der Quantitäten des Sauerstoffes in beiden Verbindungen statt finden muß. Der krystallisirte Alaun besteht aus 5 Elementen, nämlich aus Alumium, Kalium, Schwefel, Sauerstoff und Wasserstoff, ist aber eigentlich eine binäre Verbindung der vierten Ordnung, nämlich aus Alumium, Kalium, Schwefel und Wasserstoff, wovon jedes mit der proportionalen Menge Sauerstoff verbunden ist. Alle organischen Körper dagegen, sowohl die belebten als auch die des Lebens beraubten, sind ternäre, quaternäre u. s. w. Verbindungen, in denen sich nicht weniger als 3 Elemente unmittelbar vereinigt finden. So sind im Alkohol 2 Mischungsgewichte Kohlenstoff, 3 Mischungsgewichte Wasserstoff und 1 Mischungsgewicht Sauerstoff enthalten, wovon der Sauerstoff ebensowohl dem Kohlenstoffe als dem Wasserstoffe, der Kohlenstoff ebensowohl dem Sauerstoffe als dem Wasserstoffe und der Wasserstoff eben so gut dem Kohlenstoffe als dem Sauerstoffe angehört².

1 Vergl. *Verwandtschaft*.

2 BERZELIUS in *Ann. of Phil.* IV. 323. Andere Chemiker haben hiergegen Einwendungen gemacht, allein diese lassen sich füglich beseitigen.

Ein dritter Unterschied belebter organischer und unorganischer Körper besteht darin, daß die letzteren, wenn auch nicht in gleicher GröÙe, doch von der nämlichen Gestalt und Beschaffenheit aus ihren Bestandtheilen künstlich zusammengesetzt werden können, so wie die Natur sie liefert, daß die Zusammensetzung belebter organischer Körper aus ihren Elementen aber der Kunst ganz unmöglich und selbst die Darstellung der durch Lebensorganismus erzeugten Verbindungen bis jetzt unerreicht war. Die unorganischen sind nämlich entweder einfache Substanzen, oder durch chemische Affinität vereinte und durch Vermehrung von Außen her gebildete, die organischen dagegen ternäre und mehrfache Verbindungen, welche den in belebten Körpern wirksamen Kräften ihre Vereinigung verdanken. Auch diese, wenn gleich unbelebt, als Zucker, Stärkemehl, thierisches und vegetabilisches Fett, Muskelfleisch, Blut u. s. w., lassen sich durch Kunst nicht erzeugen¹ und man vermag bloß eine höhere Verbindung, z. B. Stärkemehl, in eine niedere, das Zucker, oder letzteres in eine noch einfachere, z. B. die Kleesäure, zu verwandeln.

Nur in ternären und höheren Verbindungen, nicht aber in binären oder solchen, die sich auf diese zurückbringen lassen, zeigt sich Leben; die Natur, so wenig sie sonst in bestimmte Classen abtheilt, hat hier eine genaue Grenze gezogen. Die Aeußerungen des Lebens finden nur statt vermittelt gewisser Organe, welche von den kenntlichsten bis zu den feinsten, dem Auge des Beobachters entschwindenden abnehmen und nach ihrer Menge und Feinheit die höheren Organismen von den niederen, die feiner organisirten Wesen von den gröber organisirten unterscheiden lassen. Die Hauptclassen der durch diese Or-

1 Die Kleesäure steht anscheinend mit diesen Sätzen im Widerspruche, indem sie als organischer Körper aus 2 Mischungsgewichten Kohlenstoff und 3 Mischungsgewichten Sauerstoff bestehen soll, mithin eine binäre und doch organische Verbindung ist und außerdem durch Kunst erzeugt werden kann. Allein die aufgestellten Gesetze sind anderweitig so vielfach bestätigt und das Verhalten dieser einzigen Substanz ist noch zu wenig mit absoluter Gewißheit aufgefunden, als daß man hiernach das Ganze aufzugeben geneigt seyn sollte. Endlich wird auch die Kleesäure künstlich aus Zucker, also einem organischen Körper durch die Einwirkung der Salpetersäure erzeugt. S. L. GME-LIN'S Handbuch der Chemie. Th. II. Abth. 1. i. A.

gane bedingten Lebensfunctionen sind die Erzeugung und die Ernährung¹, wozu bei den höheren Organismen noch die Erhaltung gesetzt werden kann; eine tiefer eingehende Untersuchung dieser Functionen bildet das Gebiet der Physiologie. Die Erzeugung geschieht bei den höheren Organismen durch den belebten Samen, bei den niederen fällt sie zuweilen mit der Ernährung zusammen, indem ein von einem belebten organischen Körper getrennter Theil unter gegebenen Bedingungen fortwächst und ein neues Individuum bildet. Bei den niederen Organismen ist ferner die Ernährung zugleich einzige Bedingung der Erhaltung, bei den höheren kommen jedoch noch eigenthümliche, hierzu nothwendige Functionen hinzu, namentlich bei den Thieren das Athmen, die Hautausdünstung u. s. w. Das Leben ist ferner durch eine Menge Abstufungen gesteigert, insofern es namentlich bei den Pflanzen oft in den einzelnen Theilen derselben besteht, welche dann für sich ernährt fortwachsen, bei den Thieren aber durch die Zusammenwirkung der gesammten Organe bedingt wird. Man darf hiernach nicht füglich einzelnen Theilen der thierischen Körper eigentliches Leben beimessen², obgleich eine gewisse Lebensreizbarkeit noch nach dem Tode sowohl im ganzen thierischen Körper, als auch in einzelnen Theilen desselben fortduert, wie sich in den unwillkürlichen Zuckungen der Muskeln zeigt, welche durch mechanische oder chemische Reizmittel, insbesondere aber durch den Galvanismus erzeugt werden.

Dafs die das Leben bedingenden Thätigkeiten der Organe sich nicht auf die anderweitig bekannten physikalischen und chemischen Kräfte zurückbringen lassen, geht schon daraus unverkennbar hervor, dafs organische Verbindungen durch diese nicht erzeugt werden können; aber es giebt noch ausserdem eine Menge Beweise hierfür³. Dabei versteht sich von selbst, dafs auch die belebten Körper den allgemeinen Naturgesetzen, z. B. der Anziehung, der chemischen Verwandtschaft u. s. w., folgen müssen, allein es zeigen sich bei ihnen noch ausserdem

1 Vergl. Th. YOUNG Lectures on Nat. Phil. I. p. 723 ff.

2 BLUMENBACH de vi vitali sanguini neganda, vita autem propria solidis quibusdam corp. hum. partibus adserenda curae iteratae. Gott. 1795. C. W. HUFELAND's Ideen über Pathogenie u. s. w. Jen. 1795. 8.

3 S. TREVIRANUS Biologie IV. 631.

Thätigkeiten, welche sich auf diese nicht zurückführen lassen, wie z. B. das Aufsteigen des Saftes in Pflanzen auf die Capillarität, die Bildung des Chylus auf den Chemismus; vielmehr wird die Wirksamkeit der rein physischen Kräfte vielfach durch die organische Thätigkeit bedingt und selbst aufgehoben, wie namentlich die der Schwere im Kreislaufe des nach dem Gehirne aufsteigenden Blutes, der Einfluß der Wärme in der constanten Temperatur thierischer Körper u. s. w. Es ist somit wohl über allen Zweifel erhaben, daß die Lebensfunctionen durch eigenthümliche Kräfte bedingt werden, und hierüber waren die Physiker und Physiologen, mindestens der Mehrzahl nach, allezeit einverstanden¹, aber die Schwierigkeit lag darin, den eigentlichen Sitz und die Beschaffenheit, kurz das Wesen dieser Kräfte aufzufinden.

Man pflegt diejenige Kraft, welche die Erscheinungen des vegetabilischen und thierischen Lebens erzeugt und bedingt, durch den Ausdruck *Lebenskraft* zu bezeichnen, und weil jedes lebende Individuum ein Ganzes ausmacht, dessen sämtliche Lebensfunctionen nicht bloß einander ähnlich, sondern auch wechselseitig bedingt sind, so war man meistens geneigt, nur eine einzige Lebenskraft anzunehmen und diese durch die Eigenthümlichkeit der verschiedenen Organe nebst deren einzelner Bestimmung modificirt zu betrachten. In einer lebenden Pflanze z. B. kann man nur eine einzige, ihr Leben bedingende Kraft annehmen, welche sich dann aber verschieden äußern muß in der Ausscheidung des Saftes aus dem nährenden Boden und der Assimilirung desselben zur Bildung der verschiedenen Pflanzentheile u. s. w., und auf ähnliche Weise könnte die nämliche Potenz als Ursache des Blutumlaufs, der Verdauung, der Respiration u. s. w. angesehen werden. Verschiedene Physiologen glaubten dieses Lebensprincip in der einen oder der andern bekannten physikalischen Potenz zu erkennen, namentlich beim Aufkommen des antiphlogistischen Systems im Sauerstoff², allein

1 Vergl. KANT in Berl. Monatsschr. 1796. Dec. G. W. HUFELAND Pathologie, zu academ. Vorlesungen. 1r Bd. Pathogenie. Jena 1799. S. 1 ff.

2 GIRTANNER in Gren's Journ. III. S. 507. ACKERMANN'S Versuch einer physischen Darstellung der Lebenskräfte organisirter Körper. II Bde. 8. Frankf. 1797.

wenn gleich die fortgesetzte Säuerung des Blutes der Thiere nothwendige Bedingung des thierischen Lebens ist, so kann doch dieser Sauerstoff nicht selbst als die in lebenden Thieren wirkende Kraft betrachtet werden, welche letztere vielmehr sowohl Säuerung, als auch Entsäuerung bewirkt, mithin zur Erhaltung des Lebens den Sauerstoff auf gleiche Weise als andere Stoffe erfordert und dessen Vereinigung mit andern Stoffen und seine Trennung von denselben bewirkt. Mit weit mehr Gründen ließen sich die Hypothesen unterstützen, wonach die Wärme und noch mehr die Elektricität oder der Magnetismus das Princip des Lebens ausmachen sollten, allein man muß dennoch wenig klare Begriffe von der Wirkungsart dieser drei Potenzen haben, um darin die Bedingung des animalischen und vegetabilischen Lebens zu finden. Einige Physiologen wollten diese auf die Wechselwirkung des Sauerstoffs, Wasserstoffs, Kohlenstoffs und Stickstoffs zurückführen¹, welche allerdings in allen belebten Körpern existirt, aber nur als Resultat der Lebensthätigkeit, keineswegs als Ursache derselben, und wenn andere endlich die letztere in der eigenthümlichen Mischung und zugleich in der Form der organischen Materie finden wollten², so kommt dieses auf die Beantwortung der schwierigen, unten noch kurz zu erwähnenden Frage zurück, nämlich ob es bleibend belebte Materie giebt oder nicht; alle Betrachtungen über diesen Gegenstand werden aber allezeit zu dem Resultate führen, daß die Functionen des Lebens sowohl bei den Pflanzen, als auch bei den Thieren durch eine eigenthümliche Kraft bedingt werden³, deren eigentliches Wesen jedoch bisher noch eben so wenig erkannt worden ist, als das Wesen der Materie und der sie bewegend und verändernden Kräfte überhaupt. Es ist also zunächst vorliegender Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung, die in

1 J. B. T. BEAUME'S Versuch eines chemischen Systems der Kenntnisse von den Bestandtheilen des menschl. Körpers. A. d. Französ. Berl. 1802. 8.

2 HILDEBRANDT'S Lehrbuch der Physiologie. 4te Aufl. Erl. 1809. S. 44. STEPH. GALLINI'S Betrachtungen über die neueren Fortschritte in der Kenntniß d. menschl. Körpers. A. d. Ital. Berl. 1794. 8. Reil von der Lebenskraft. Bd. 1. St. 1. S. 8.

3 HUFELAND a. a. O. S. 89. C. H. PFAFF über thierische Elektricität und Reizbarkeit. Leipz. 1795. BRANDIS Versuch über die Lebenskraft. S. 516.

belebten Körpern wirksamen Kräfte vorerst nur in Beziehung auf ihre Aeußerungen näher kennen zu lernen, und in sofern man zu diesem Ende mit der Kenntniß der verschiedenen einzelnen Organe lebender Wesen, in denen sich die Lebensthätigkeit ganz eigentlich zeigt und welche zu ihrer Wirksamkeit unentbehrlich sind, in einem höheren Grade ausgerüstet seyn muß, als dieses bei dem Physiker in der Regel der Fall seyn kann, so bleibt dieser eigenthümliche Zweig der Naturforschung als eine specielle weitläufige und schwierige Aufgabe den Physiologen überlassen.

Die Lebensfunctionen sind sowohl bei den Pflanzen, als auch bei den Thieren höchst mannigfaltig und die Frage, ob alle diese auf eine einzige Kraft zurückgeführt werden können und müssen, liegt daher sehr nahe bei der Sache. Im Allgemeinen bestehen manche Pflanzen- und Thier-Species aus den nämlichen einfachen Bestandtheilen, auch ist eine scharfe Grenze zwischen den Animalien und Vegetabilien kaum nachzuweisen, so daß man hiernach die das Leben bedingende Kraft bei beiden als gleich ansehen könnte. Auf der andern Seite aber ist das Leben bei den Animalien innigst mit dem Empfindungsvermögen verbunden, welches den Pflanzen fehlt, bei den höheren Thierclassen aber bis zum Selbstbewußtseyn gesteigert, bei den Menschen sogar mit dem eigentlichen Nachdenken verbunden ist. Die Aufgabe wird zunehmend verwickelter, wenn man die vielfachen anderweitigen physiologischen Gesetze berücksichtigt, namentlich das vermöge der fortdauernden Lebensthätigkeit zwar fortwährend neue Individuen erzeugt werden, aber allezeit nur solche Species, als die erzeugenden selbst sind, und daß bei Bastarden die Fortpflanzungsfähigkeit aufhört, daß überhaupt die zahlreichen Organe, namentlich bei den höheren Thierclassen, auf so ganz verschiedene Weise wirken, bald zur Assimilation, bald zur Ausscheidung gewisser Bestandtheile, sich zwar vielfältig einander zu vertreten vermögen, im Ganzen aber für ihre individuellen Bestimmungen und ihnen eigenthümliche Leistungen ganz unentbehrlich sind.

Man erkennt selbst bei einer nur oberflächlichen Betrachtung die außerordentliche Menge von Untersuchungen, welche vorausgehen müßten, wenn es darum zu thun wäre, die vorliegende Frage zu beantworten, nämlich ob allen Erscheinungen der Lebensthätigkeit nur eine einzige Kraft zum Grunde liege oder ob die Wirksamkeit der verschiedenen Organe auf mehreren eigen-

thümlichen oder nur anders modificirten Kräften beruhe. Es scheint mir jedoch hier nicht der Ort zu seyn, tiefer in diese Untersuchungen einzugehn, und es wird genügen, darüber nur Folgendes zu bemerken. So lange noch für keinen einzelnen Proceß des organischen Lebens die eigenthümliche, ihn bedingende Kraft deutlich erkannt ist, muß die Frage, ob bei allen die nämliche oder einzelne verschiedene Kräfte wirksam sind, noch zu frühzeitig erscheinen. Allerdings sind die erzeugten Wirkungen in einem hohen Grade verschieden, allein sie werden zugleich durch sehr ungleiche Organe bedingt und es dürfte nicht schwer werden, bei der Erlaubniß hypothetischer Voraussetzungen sie insgesammt auf eine gemeinsame Kraft zurückzuführen. Wenn jedoch einige Physiologen¹ dieses für ganz nothwendig erklären, weil die einzelnen Kräfte nicht für sich allein wirken könnten, vereint aber wieder eine höhere, sie insgesammt treibende, fordern würden, welche dann erst als die eigentliche Lebenskraft zu betrachten wäre, so richten sie hierbei ihr Augenmerk hauptsächlich auf die höheren Thierclassen, deren Organismus allerdings ein gemeinsames Ganzes ausmacht und durch ein einfaches Princip belebt zu seyn scheint, dessen Entschwinden sofort den Tod aller einzelnen Theile herbeiführt.

Bei der Untersuchung der Lebenskraft kommt vor allen Dingen noch eine sehr schwierige Frage in Betrachtung. Alle organischen Körper nämlich, sowohl die Pflanzen als auch die Thiere, verlieren ihr Leben und werden in einfache Bestandtheile zerlegt, welche sich auf keine Weise anders als die todtten, unorganischen Materien verhalten. Jedes belebte Wesen, sobald einmal sein Lebenskeim gegeben ist, nimmt hauptsächlich organische Stoffe, welche früher belebten Körpern angehörten, aber auch unorganische, namentlich Sauerstoffgas, Kohlenstoff, Phosphor, Wasser, Salze u. s. w. in sich auf, assimiliert sich einige Theile derselben und stößt andere aus, wächst hierdurch und vermehrt also in seinem Individuum die Quantität der belebten Materie, während andere Individuen nach dem Erlöschen ihres Lebens in ihre einfachen Bestandtheile zersetzt werden. Ohne sofort auf die entfernter liegende Frage einzugehn, nämlich ob hiernach die Summe der auf der Erde vor-

¹ Vergl. Physiologie, philosophisch bearbeitet von C. Ch. E. SCHMID. III Th. Jena 1798 — 1801. 8. Th. I. S. 132.

handenen belebten Materie vermehrt wird oder nicht, kann man zur Begründung eines klaren Begriffes von Leben und Lebenskraft nicht wohl umhin zu fragen, ob die einmal belebt gewesene Materie diese ihr inwohnende Fähigkeit, belebt zu werden, beibehält oder nicht. Wollte man das Erstere annehmen, so würde dieses zu der Folgerung führen, daß alle organischen Körper bei ihrer gänzlichen Zersetzung, z. B. vegetabilische und thierische Theile durch Verbrennung, nicht in unorganische verwandelt würden, sondern, wenn gleich nicht organisirt (mit Organen versehen), doch organisch, d. h. belebungsfähig, blieben. Sofern aber solche aus organischen Körpern erhaltene einfache Stoffe oder binäre Verbindungen von den oben bezeichneten unorganischen gar nicht unterscheidbar sind, so müßte angenommen werden, daß entweder alle Materie belebt und ihre Lebensfähigkeit also unzerstörbar wäre, oder daß dieses nur von einer gewissen vorhandenen Menge derselben behauptet werden könnte. Obgleich es schwer ist, in einem so dunkeln Gebiete irgend eine gewagte Hypothese völlig zu widerlegen, so würde es doch nach der bestehenden Kenntniß der Naturgesetze kaum vorstellbar seyn, einen solchen Unterschied anzunehmen, und namentlich, daß das Leben in den organischen Stoffen unzerstörbar seyn sollte. Hiernach folgt aber nothwendig, daß die unorganische Materie belebungsfähig ist, sobald sie von belebten organischen Körpern aufgenommen wird, weil sonst die Menge belebter Wesen durch jede gänzliche Zerstörung eines Individuums verringert und somit stets kleiner werden müßte. Hiernach wäre also alle Materie der Belebung oder mindestens der Theilnahme an den Lebensfunctionen organisirter Wesen fähig, welche überhaupt als Bestandtheil lebender organisirter Körper gefunden wird. In dieser Beziehung zeigt sich wiederum aus der Erfahrung, wie allgemein in der Natur die Uebergänge von dem Mehr zum Minder ohne eigentlich scharfe Begrenzung statt finden. Einige Stoffe nämlich, z. B. der Arsenik, machen nie einen Bestandtheil organisirter Körper aus, tödten vielmehr das Leben und zerstören den Organismus, andere dagegen erscheinen als ganz allgemein verbreitet, z. B. Kohlenstoff und Wasserstoff, welche in allen organischen Materien gefunden werden und daher als die wesentlichsten zu betrachten sind, noch andere endlich, z. B. die Kalkerde, finden sich allerdings häufig in lebenden Wesen, nehmen aber namentlich an den feineren

Lebensfunctionen nur geringeren Antheil, insofern die hauptsächlich aus ihnen bestehenden Theile nicht mit Nerven versehen und daher unempfindlich sind.

Nach allen diesen Betrachtungen ist also das eigentliche Wesen des Lebens und der dasselbe bedingenden Lebenskraft noch vielseitig in ein undurchdringliches Dunkel gehüllt. Als wahrscheinlich läßt sich jedoch annehmen, daß das Leben nicht an einfache materielle Stoffe gebunden ist, auch kann dasselbe nicht füglich als für sich bestehend und den einzelnen Körpern nach aliquoten Mengen zugetheilt vorgestellt werden, vielmehr scheint das Leben jedes einzelnen Individuums nur an zusammengesetzte Körper gebunden und durch deren Organismus bedingt, indem es schwach anfangend sich im Samenkorn entwickelt, zunimmt, oft oder vielmehr meistens vielfache Wechsel der Steigerung und Abnahme durchläuft und endlich mit der Abnahme und Zerstörung des organisirten Körpers plötzlich oder allmählig schwindet. Die Erde unter dem Einflusse und der Mitwirkung der ihr zugehörigen bekannten (und vielleicht noch unbekannt) Potenzen ruft das Leben überall hervor, indem an allen Orten, wo Wärme, Feuchtigkeit und sonstige Bedingungen nicht fehlen, Pflanzen und Thiere entstehen und namentlich aus den zerstörten wieder hervorgehen.

Endlich verdient noch folgende Betrachtung hierbei nicht unberücksichtigt zu bleiben. Soll sich das Leben entwickeln, so muß irgend ein organischer Körper als Samenkorn vorhanden seyn, welcher zwar für sich unbelebt scheint, wohl aber die Belebungsfähigkeit in sich trägt. In den durch Kunst dargestellten einfachen Bestandtheilen organischer Körper entwickelt sich durch ihre Vereinigung kein Leben, vielmehr scheint die Hervorrufung des letzteren noch durch verschiedene, in der Natur gegebene Hilfsmittel bedingt. So habe ich selbst vor längerer Zeit Stärkemehl, Schreinerleim, Gerstenkörner und Melonenkerne unter destillirtem Wasser in ganz angefüllten oder einen kleinen Antheil Luft enthaltenden, fest verschlossenen Gefäßen in verschiedenen Temperaturen theils in völliger Finsterniß, theils in geringerem bis zum hellsten Sonnenlichte Jahre lang aufbewahrt, ohne daß sich die geringste Spur einer Entwicklung des vegetabilischen oder thierischen Lebens wahrnehmen ließe, welche jedoch unter gleichen Bedingungen beim Zutritte der atmosphärischen Luft sehr bald erfolgte. Oft ruht die Lebens-

thätigkeit lange, z. B. in Samenkörnern, welche lange Zeit im trocknen Zustande aufbewahrt das Vermögen zu keimen nicht verlieren, nicht selten aber verschwindet die Vitalität ohne kenntliche Spuren einer wesentlichen Veränderung, namentlich in Samenkörnern und Eiern, welche dann durch die nämlichen Ursachen in Fäulnis übergehen und in ihre einfachen Bestandtheile zersetzt werden, die in andern das Leben hervorrufen¹.

M.

L e e r e.

Leerer Raum; *Vacuum, vacuum spatium;*
Vide; *Vacuity, Vacuum.*

Kaum giebt es in dem weiten Gebiete der Naturforschung noch einen sonstigen Gegenstand, worüber so viel und so heftig ohne den allergeringsten Nutzen gestritten worden wäre, als über die Existenz und das eigentliche Wesen des leeren Raumes. Ganz umgangen kann daher diese Untersuchung hier nicht werden, weil sie in der Physik von jeher zu viel Aufsehen gemacht hat, allein es wird genügen, nur das Wesentlichste hiervon beizubringen.

Wenn wir den Grundsatz annehmen, daß die Naturlehre bei ihren Forschungen bloß von der Erfahrung ausgeht, so ist

¹ Aufser den bereits genannten Werken findet man diese Gegenstände untersucht in T. G. A. ROSE'S Grundzügen aus der Lehre von der Lebenskraft. Gött. 1795. 8. — HEBENSTREIT über die Bestimmung unserer Begriffe von der Lebenskraft durch die Erfahrung, im Anhange zu der Uebersetzung von GARDINER'S Untersuchungen über die Natur thierischer Körper. Leipz. 1786. — ACKERMANN Versuch einer physischen Darstellung der Lebenskräfte organisirter Körper. 1r Bd. Frankf. 1797. — Zoonomie oder Gesetze des organischen Lebens. Von ERASMUS DARWIN. Aus dem Engl. von Brandis. Hann. 1795 und 97. — UNZER'S erste Gründe einer Physiologie der eigentlichen thierischen Natur thierischer Körper. Leipz. 1771. — Mehr weit-schweifig als ausführlich ist VIREY de la Puissance vitale etc. Par. 1823. 8. — Am belehrendsten ist dasjenige, was sich in den Hauptwerken über Physiologie findet, namentlich BLUMENBACH'S Institutiones phys. Ed. nov. Gott. 1798. §. 42., TREVIRANUS Biologie Th. I. i. A., dessen Ansichten sich nach der zu jener Zeit herrschenden Naturphilosophie etwas hinneigen, RUDOLPH'S Physiologie u. s. w. Th. I. und viele andere.

es nicht schwer, die erforderlichen Begriffe und Sätze über den Raum, sowohl den erfüllten, als auch den leeren, festzustellen. Der Begriff des Raumes wird uns durch Anschauung gegeben und entsteht durch die Vorstellung des Ausgedehntseyns nach den drei bekannten Dimensionen, sowohl jeder einzelnen, als auch aller zusammengenommen. Die bloße Ausdehnung nach einer Dimension giebt den Längenraum oder die Länge, nach zwei Dimensionen den Flächenraum oder die Fläche und nach drei Dimensionen den Körperraum oder den Körper. Ob alle drei vorstellbar sind oder nicht, darüber kann kein Streit seyn, weil sie durch Anschauung gegeben werden, denn wir beobachten die Entfernungen oder die Längen, die Flächen und die Körper. Bei den Untersuchungen über den Raum abstrahirte man von dem durch Ausdehnung nach einer und nach zwei Dimensionen gegebenen und bloß der körperliche Raum kam in Betrachtung, welcher sich auch allein hierzu eignet, insofern bei ihm gefragt werden kann, ob es auch einen *leeren Raum* giebt. Wird diese so vielfach ventilirte Frage zuvörderst in dem Sinne genommen, ob der leere Raum in unserer Vorstellung existiren, also vorgestellt oder gedacht werden könne, so scheint mir ein Streit oder nur eine Ungewißheit hierüber ganz unmöglich. Zwar erkennen wir den Raum im Allgemeinen nur an Körpern, also den mit Materie erfüllten Raum; allein da wir die Materie ohne einen *bestimmten*, von ihr eingenommenen Raum denken können und da bei allen geometrischen Messungen nur auf den Raum, keineswegs aber auf die Materie in demselben Rücksicht genommen wird, so unterliegt es keinem Streite, ob der leere Raum, d. h. der Raum an sich, vorstellbar sey oder nicht¹. Endlich kommt noch hinzu, daß wir auf gewisse Weise in der Torricellischen Leere oder in jedem Stiefel mit absolut genau passendem Embolus nach Zurückziehung von diesem, ja selbst hinter einer mit solcher Geschwindigkeit bewegten Kugel, daß die Luft in den Raum hinter ihr nicht sogleich einzudringen vermag, einen absolut leeren Raum annehmen können und anzunehmen pflegen,

1 Daß wir keine Materie ohne Ausdehnung, also ohne Raum denken können, läßt sich nicht als ein Widerstreit gegen den aufgestellten Satz anführen, denn es handelt sich hier nur von dem Begriffe des Raumes ohne Materie, nicht aber von der Vorstellung der Materie ohne den Begriff des Raumes.

wenn gleich Dämpfe und Inponderabilien in demselben vorhanden seyn mögen, deren Vorhandenseyn in demselben wir übriggens entweder als problematisch betrachten, oder auf allen Fall als nicht statt findend ansehen können.

Man blieb jedoch bei diesen allgemeinen Betrachtungen nicht stehn, sondern ging sofort zu einer andern Frage über, nämlich ob absolut leere Räume, wo und auf welche Weise sie in der Natur wirklich existiren. Die Beantwortung derselben war um so viel wichtiger, je inniger die Erklärung vieler dunkeln Naturerscheinungen damit verflochten wurde, ja man kann sagen, daß die Haltbarkeit oder der Untergang der ganzen Cartesischen Naturphilosophie darauf beruhte. Die Aufgabe selbst wurde von den ältesten Zeiten an in großer Allgemeinheit untersucht und man unterschied daher ein *vacuum mundanum* und *extramundanum*, wovon jenes innerhalb, dieses außerhalb der Weltgrenzen existiren sollte, beide zusammen aber in gewissem Sinne das gleichfalls unterschiedene *vacuum absolutum*, eine für sich bestehende, unbegrenzte, unveränderliche, dem Daseyn der Körperwelt vorausgehende, vom Schöpfer erst später mit Materie erfüllte Leere bezeichneten. Offenbar führt die Untersuchung des letzteren zu einer nutzlosen müßigen Speculation, welche auf allen Fall aus der Naturlehre zu verbannen und in das Gebiet der Metaphysik zu verweisen ist; jedoch dürfte auch diese es überflüssig finden, eine Aufgabe näher zu untersuchen, welche durchaus keinen sicheren Anhaltspunct darbietet, indem wohl keine Philosophie über dasjenige selbst nur eine Hypothese aufzustellen wagen wird, was der Schöpfung der Welt vorausgegangen ist. Auf gleiche Weise nutzlos ist die Betrachtung und selbst die bloße Vorstellung eines *vacuum extramundanum*. Es ist zwar metaphysisch allerdings möglich, Grenzen der Welt anzunehmen und außerhalb dieser einen leeren Raum zu setzen, ja manche haben in der That argumentirt, die Welt könne nicht unendlich, sondern müsse endlich, also begrenzt seyn, sie haben dann selbst die möglichen oder wahrscheinlichen Grenzen der Welt nach der hypothetisch angeschlagenen weitesten Entfernung der äußersten Fixsterne festzusetzen gesucht, um auf eine solche Hypothese dann weitere Schlüsse zu bauen; allein dieses Philosophiren ist offenbar nichts anderes, als ein phantastisches Vermengen theologischer halb religiöser, halb naturphilosophischer Sätze, welche krankhaften Träumereien ähnliche Phantasien aus

jeder gesunden Naturphilosophie zu verbannen sind, indem letztere ohnehin alles dasjenige, was zum Glauben gehörig aufer den Grenzen der Erfahrung liegt, ein für allemal zurückweisen muß¹. Die Grenzen der sichtbaren Welt liegen weiter hinaus, als wohin die Möglichkeit menschlicher Ausmessung reicht, sie sind also relativ unendlich fern, unerreichbar und unbestimmbar, wodurch zugleich jede Untersuchung dessen, was über sie hinausliegen soll, abgeschnitten wird.

Das *vacuum mundanum* ist dann wieder ein zweifaches, nämlich das *disseminatum*, die zerstreute Leere, die zwischen den materiellen Theilchen eines Körpers befindliche, und das *coacervatum*, die aufgehäufte Leere, die zwischen den zerstreuten Weltkörpern vorhandene und diese von einander trennende. Sondert man hiervon die zur besseren Bestimmung der Sache keineswegs erforderlichen, scholastisch klingenden Bezeichnungen, so kommt man auf eine der Naturforschung allerdings anheim fallende Frage, nämlich ob der zwischen den sichtbaren und den nicht sichtbaren, aber muthmaßlich vorhandenen Weltkörpern befindliche Raum ein leerer oder erfüllter sey und was sich in demselben befinden möge. Indem wir bei der Beantwortung dieser Frage zunächst von derjenigen Erfahrung ausgehn müssen, welche uns durch die Erforschung unserer Erde gegeben ist, so wissen wir hieraus, daß die Dunsthülle der letzteren im Verhältnisse zur Entfernung selbst der nächsten Weltkörper eine nur geringe Höhe haben kann, ähnliche mögliche Atmosphären anderer Weltkörper sind uns jedoch zu wenig genau bekannt, als daß wir irgend etwas darüber bestimmen könnten; von den Inponderabilien ist das Licht einmal gewiß überall verbreitet, mithin giebt es in Beziehung auf dieses keinen absolut leeren Raum; über die sonstigen unwägbareren Potenzen läßt sich nicht wohl im Allgemeinen etwas bestimmen und die Beantwortung der Frage kommt also auf die einer andern zurück, nämlich ob es einen Aether giebt und von welcher Beschaffenheit dieser seyn mag².

Zwischenräume zwischen den constituirenden Bestandtheilen der Körper auf unserer Erde anzunehmen ist man allerdings genöthigt, wenn man sich zur atomistischen Theorie bekennt,

1 Vergl. Bd. IV. S. 1240.

2 S. Art. *Aether*.

und ehe daher die Frage zur Beantwortung kommt, ob diese leer sind oder ob es solche überhaupt nicht geben könne, muß zuerst über die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit dieser Theorie entschieden werden, mithin fällt diese Untersuchung mit einer andern über die Materie überhaupt und die Art ihrer Existenz im Raume zusammen¹. Es genügt daher, hier im Allgemeinen zu bemerken, daß die Annahme leerer Zwischenräume zwischen den Bestandtheilen eines Körpers aus oben bereits angegebenen Gründen keinen inneren Widerspruch einschließt, wie schon daraus hervorgeht, daß man sich die durch Anschauung gegebenen Poren der Körper mit willkürlicher, also auch mit gar keiner Materie angefüllt denken kann.

Mit dieser einfachen Auffassung einer Aufgabe, nämlich ob die Zwischenräume zwischen den Himmelskörpern leer oder erfüllt sind, desgleichen ob es leere Zwischenräume zwischen den Bestandtheilen der Körper giebt oder nicht, welche doch am Ende nur durch die Erfahrung und unmittelbar aus dieser abgeleitete Schlüsse beantwortet werden kann, war man früherhin keineswegs zufrieden, sondern man wollte apriorische Schlüsse aus metaphysischen Principien zu einem Systeme vereinigen und dieses zur Erklärung der Naturerscheinungen benutzen. Die Epikuräer und älteren atomistischen Philosophen nahmen bloß hypothetisch einen absolut leeren Raum an, in welchem sich die Atome bewegten, zuerst geradlinicht, dann durch Störung veranlaßt in verschiedenen Richtungen, wodurch sie zusammenstießen und die gegenwärtig vorhandenen Körper bildeten. LUCRETIVS² bringt verschiedene Beweise für die Existenz der leeren Räume vor, aber sie beziehen sich auf das *vacuum disseminatum*, also nicht auf das *absolutum*. Bloß hypothetisch war die von den Peripatetikern angenommene absolute Naturkraft (*qualitas occulta*) eines Abscheues am leeren Raume (*horror vacui, fuga vacui*), woraus diese und die Scholastiker der späteren Zeit eine Menge Naturerscheinungen zu erklären suchten. Ganz eigentlich naturphilosophisch wurde der Gegenstand durch CARTESIUS³ behandelt. Dieser Philosoph erkannte die Ausdehnung als nothwendige Bedingung der Existenz oder un-

1 S. Art. *Materie*.

2 De rer. nat. L. I. v. 335, 370, 385 u. s. w.

3 Princ. Phil. Amst. 1685. 4. P. II. §. 10. p. 27.

serer Vorstellung von der Existenz der Materie, verwechselte hierbei aber das Bedingende mit dem Bedingten in sofern, daß ihm die Ausdehnung selbst etwas Materielles war. Hiernach verwarf er das Ausgedehntseyn, als einen Verstandesbegriff, gänzlich und nahm bloß ausgedehnte Materie an, insofern man z. B. nicht sagen könne, daß zwei Flächen, wenn keine Materie zwischen ihnen befindlich wäre, noch einen Abstand von einander hätten, sondern wenn sich nichts zwischen ihnen befände, müßten sie mit einander in Berührung seyn. Wäre daher ein eingeschlossener, mit Materie erfüllter Raum gegeben, z. B. ein Zimmer mit undurchdringlichen Wänden von beliebigem Abstände, und Gott nähme alles in demselben Befindliche, die gesammte eingeschlossene Materie, weg, so würde auch der Raum damit verschwinden und die einschließenden Wände sich berühren; denn Flächen und Körper, von denen man sagen müsse, daß sich *nichts* zwischen ihnen befände, müßten in Berührung seyn. Ausdehnung sey das Wesen der Materie; wo Ausdehnung sey, habe man also Materie; der Raum oder das Ausgedehnte sey mithin materiell und der Ausdruck: leerer Raum, sofern er ein Ausgedehntes nicht materielles bezeichnen solle, schliesse einen Widerspruch in sich, weil er das Vorhandenseyn des Materiellen zugleich setze und wieder aufhebe. CARTESIUS nahm hierbei zugleich Materie von ungleicher, zunehmend geringerer, zuletzt in einen bloßen Aether übergehender Dichtigkeit an, wonach dann die feinere Materie in diejenigen Räume eindrang, aus welchen die gröbere weggenommen wurde, so daß hiernach ein steter, sich unausgesetzt bedingender Wechsel der Bewegungen entstehen mußte, welcher Ansicht selbst LEIBNITZ¹ bei der Annahme der ewig dauernden Weltordnung gehuldigt zu haben scheint.

Der hauptsächlichste Gegner dieser Cartesischen Hypothese, welche mit dessen bekannter Wirbeltheorie im innigsten Zusammenhange steht, war NEWTON², jedoch gründete dieser seine Widerlegung nicht auf die Darlegung der falschen Voraussetzungen, worauf jene Argumentation durch Annahme der Identität von Materie und Ausdehnung beruht, indem CARTESIUS offenbar das Nichts als Negation des Materiellen mit einer Negation des

1 Acta Erud. Lips. 1689.

2 Princ. Lib. II.

Raumes als Verstandesbegriffes oder einer bloßen Vorstellung verwechselte, sondern auf die Widersprüche, worin sie mit anerkannten Gesetzen, namentlich der Bewegung, sich verwickelt.

1) Wäre aller Raum mit Materie erfüllt, so könnte es überall keine Bewegung geben, weil kein Körper einen andern Raum als den seinigen einnehmen kann, ohne diesen leer zu finden oder einen andern zu verdrängen, welcher dann aber wieder einen andern verdrängen muß, und so ins Unendliche. Hiergegen könnten die Cartesianer allerdings einwenden, daß alle weitere Bewegungen erfolgen müßten, wenn nur eine Bewegung von Ewigkeit her gegeben wäre, allein durch diese Hypothese würde sich die Mechanik in das ihr ganz fremde Gebiet, man darf nicht sagen des Glaubens, sondern des Aberglaubens verirren.

2) Insbesondere würde die Bewegung der Himmelskörper in einem vollkommen dichten, d. h. mit keinen leeren Zwischenräumen versehenen, Aether unmöglich werden. Bewegten sie sich nämlich im Wasser oder Quecksilber oder einer sonstigen Flüssigkeit, so würde der Widerstand den Dichtigkeiten dieser Medien proportional seyn, unüberwindlich müßte er aber in einem Medium werden, welches nirgends einen leeren Raum zum Ausweichen finden kann. (Da CARTESIUS die Zusammendrückbarkeit z. B. der Luft kannte, so könnte man ein Mißverständniß voraussetzen, insofern es ihm hiernach unmöglich seyn mußte, einen absolut dichten Aether anzunehmen; allein theils durchdringt, nach seiner Vorstellung, der Aether die Wände der Gefäße und nimmt zurückfließend die vom bewegten Körper verlassene Stelle wieder ein, theils nannte er die Flüssigkeiten feiner und gröber, also auch in Folge dieser Eigenschaft mehr und minder zusammendrückbar, ohne ihnen absolute Dichtigkeit beizulegen, was nur aus der atomistischen Theorie nothwendig folgt.)

3) Da der Unterschied des Aethers von andern Körpern bloß in der Form der Materie bestehn soll, so müßte es möglich seyn, durch die Aenderung der Form auch die des Aethers zu erhalten, wonach also die Körper nach der Beschaffenheit dieser Form specifisch leichter werden müßten, wenn anders der Aether nicht gleichfalls gegen die Erde gravitirt.

4) Ein Körper fällt in einer Flüssigkeit nur dann nieder, wenn sie specifisch leichter, also dünner ist, als er selbst. Da

wir aber Räume durch die Luftpumpe stets leerer machen können, zuletzt so weit, daß eine Flaumfeder mit dem Golde gleich schnell fällt, warum sollte man den Raum nicht endlich völlig leer machen können?

5) Da die Pendelschwingungen aller Körper im luftleeren Raume gleich schnell sind, so geht hieraus hervor, daß sich in demselben kein Widerstand leistendes Fluidum befindet, weil die Geschwindigkeiten der Pendelschwingungen den Dichtigkeiten des umgebenden Mediums proportional abnehmen.

Die dynamische Theorie gründete in den neuern Zeiten einen bedeutenden Vorzug vor der Atomistik auf das Argument, daß sie keine leeren Räume anzunehmen genöthigt sey, weil die ausdehnende Kraft der Materie ins Unendliche zunehmen und dadurch ihre Feinheit unendlich klein werden könne, so daß damit jeder Widerstand derselben verschwinde. Die Atomistiker der neuern Zeit haben jedoch diesen Vorwurf ganz unbeachtet gelassen, weil die Vorstellung leerer Räume keinen innern Widerspruch einschließt, die Annahme derselben aber oder ihre Verwerfung von der vorläufigen Bestimmung abhängt, was die Materie an sich sey, worüber weder die eine noch die andere Hypothese genügende Auskunft giebt.

Guericke'sche Leere (*Vacuum Guerickeianum*, *Boyleianum*) nennt man diejenige Leere oder denjenigen leeren Raum, welcher vermittelst der Luftpumpe in den verschiedenen Gefäßen hervorgebracht wird. Das Wenige, was sich über diesen bekannten Gegenstand sagen läßt, kommt bei dem Artikel *Luftpumpe* vor.

Leidner Leere, auch Leidner Vacuum, Kleistisches Vacuum (*Vacuum Leidense*) genannt, bezeichnet einen eigenthümlichen, durch HENLEY¹ angegebenen Apparat, welcher zunächst dazu dienen sollte, die Franklinsche Theorie von einer elektrischen Materie zu beweisen.

Fig. 24. Eine Flasche, 6 bis 12 Zoll hoch, wird auswendig bis etwa zur Mitte ihrer Höhe mit Stanniol beklebt, wodurch dann die Möglichkeit der elektrischen Ladung im Innern von selbst gege-

1 CAVALLO vollständ. Abhandl. von der Electricität. Leipz. 1785. S. 181. — ADAM'S Versuch über die Electricität. Leipz. 1785. S. 78 u. a. a. O.

ben ist. Der Hals der Flasche ist mit einer messingnen Fassung a b und einem Canale in dieser versehen, in welchem ein Ventil der Luft das Eindringen versperrt. Diese Flasche wird dann mittelst einer kleinen Handpumpe oder durch Aufschrauben auf die Luftpumpe luftleer gemacht und eine auf den messingnen Canal geschraubte Kugel E leitet die von Außen mitgetheilte Elektrizität durch einen spitzen oder gleichfalls mit einer aufgeschraubten Kugel g versehenen Draht bis etwa in die Mitte der luftleer gemachten Flasche hinab. Eine so vorgerichtete Flasche wird oft nur auf einen Kranz von Holz oder Pappe gesetzt, nach HENLEY's Angabe aber bringt man unten bei F eine Schraubennutter an, mittelst deren sie auf ein Stativ befestigt werden kann, auch versieht man zuweilen den oberen und unteren Knopf mit den spitzen Drähten c und d, die sich einschrauben oder wegnehmen lassen.

Soll dieser Apparat bloß dazu dienen, das büschelig-strahlige Licht der Elektrizität im luftleeren Raume zu zeigen, so wird die Flasche auf irgend einen Kranz gesetzt oder selbst nur an den Conductor der Elektrisirmaschine gehängt, und während die Elektrizität durch die Kugel E und den von ihr herabgehenden Draht einströmt, der äußeren Belegung aber Ableitung gegeben wird, ladet sich die Flasche und entladet sich bei aufgehörender Zuströmung auf dem nämlichen Wege wieder, welches beides mit interessanten Lichterscheinungen verbunden ist. Nach HENLEY dagegen wird die Flasche mit der unteren Kugel F auf ein isolirendes Stativ befestigt und die Spitze d einem positiv elektrischen Conductor genähert, in welchem Falle bei d und g leuchtende Punkte, bei c aber ein ausströmender Strahlenkegel erscheint; nähert man dagegen c dem positiven Conductor, so erscheinen im Dunkeln bei c ein leuchtender Punct, bei g und d aber Strahlenbüschel. Ist der Conductor negativ, so ist die Erscheinung gerade umgekehrt, auch zeigt sich diese Umkehrung, wenn man die Drähte wegnimmt und abwechselnd die Kugel E oder F dem positiven oder negativen Conductor nähert, in welchem Falle bei g ein Strahlenbüschel oder nur ein leuchtender Punct zum Vorschein kommt. Dafs jedoch diese Versuche bloß eine interessante Spielerei sind, keineswegs aber für die Franklin'sche Theorie einen vollgültigen Beweis geben, ist genugsam bekannt.

Ein ähnlicher, nur wenig abgeänderter Apparat ist HENLEY's

leuchtender Leiter. Dieser besteht aus einer 18 bis 36 Zolle langen und 1,5 bis 4 Zolle weiten Glasröhre, an deren beiden Enden die messingnen Kappen BE und FD angekittet sind. Die eine von diesen hat eine Spitze C, die andere eine Kugel G und von beiden geht ein wenige Linien dicker Messingdraht mit einer Kugel einige Zolle tief in die Röhre. Die eine der Kappen, nämlich die bei B, ist mit einem Ventile und einer Vorrichtung versehen, vermittelst welcher sie auf die Luftpumpe geschraubt und die ganze Röhre luftleer gemacht werden kann, welche demnächst auf isolirenden, im Fußbreite H befestigten, oben aber mit gehörig gekrümmten Lagern versehenen Glasröhren ruht. Je länger die Röhre und je weiter der Abstand der beiden in ihr befindlichen Kugeln von einander ist, desto vollkommener muß die Röhre luftleer gemacht werden, in welchem Falle dann ungleich schönere Lichtbüschel zum Vorschein kommen. Wird nämlich die Spitze C dem positiven Conductor einer Elektrisirmaschine genähert, so zeigt sich an ihr im Dunkeln ein leuchtender Stern, die ganze Röhre aber wird inwendig durch einen nordlichtartigen hellen Schein erleuchtet, welcher in Form von Strahlenbüscheln aus der Kugel des an der Fassung FD befestigten Drahtes ausgeht und als Stern in die gegenüberstehende Kugel einströmt. Die Erscheinung erfolgt hinsichtlich der leuchtenden Punkte und Strahlenbüschel in umgekehrter Ordnung, wenn man die Spitze C einem negativen Conductor nähert, unter Umständen aber, namentlich bei sehr starker Elektricität, erscheinen an allen Kugeln Strahlenbüschel, wenn auch an Größe verschieden, so daß also keine der beiden Theorien einen gültigen Beweis aus diesen Phänomenen entlehnen kann.

Die gesammten hier beschriebenen Phänomene beruhen eigentlich auf dem Gesetze, daß die Elektricität luftleere Räume frei durchströmt, weil sie durch die isolirende Luft nicht gehindert wird. Die Verdünnung der Luft erleichtert auf diese Weise im Allgemeinen die freie Strömung der Elektricität, so daß sie sich in den hierfür zweckmäfsig eingerichteten Räumen nach Wegnahme eines isolirenden Nichtleiters, der Luft, frei ausbreiten kann. Kein Raum aber, auf welche Weise die Luft auch weggeschafft worden seyn mag, kann als absolut leer betrachtet werden, vielmehr befinden sich in demselben allezeit noch Dämpfe und diese werden dann für die Elektricität nicht bloß Leiter im Allgemeinen, sondern zugleich auch solche, die durch eine

schwache Art von Glühen die Farbe des elektrischen Lichtes bedingen, wie DAVY¹ gezeigt hat. Namentlich verbrennt Quecksilber im Kreise starker Säulen mit einem Lichte von intensiv grüner Farbe und daher leuchtet die Elektrizität in Röhren, welche mittelst des Quecksilbers luftleer gemacht worden sind, wegen vorhandener Quecksilberdämpfe mit grünlichem Lichte. Auch in den beiden beschriebenen Apparaten bleiben allezeit Dämpfe zurück, deren Beschaffenheit auf die Art des Lichtes in ihnen einen Einfluß äufsert, und sie gehören sonach zur Classe der leuchtenden Röhren, welche bereits ausführlicher beschrieben worden sind².

Torricelli'sche Leere, Toricelli'sches Vacuum (*Vacuum Torricellianum*), heißt der luftleere Raum, welcher im Barometer über dem Quecksilber vorhanden ist. Dafs dieser Raum nicht absolut leer sey, obgleich das Auskochen der Barometer dieses bewirken soll, desgleichen dafs auch in demselben sich ein Leuchten mit grünlichem Lichte zeige, ist bereits oben erwähnt³.

M.

Leiter, Nichtleiter, Halbleiter.

Leiter der Elektrizität, Leiter, leitende Körper; *Conductores, Corpora conducentia, anelectrica, symperielectrica*; Conducteurs; *Conductors*. Nichtleiter, Isolatoren; *Non Conductores, Isolatores, Corpora idioelectrica, Corpora per se electrica*; Non Conducteurs, Isolateurs; *Isolators*. Halbleiter; *Semi-Conductores*.

Ich habe bereits unter dem Artikel *Elektrizität*⁴, die allgemeine Eintheilung der Körper nach ihrem verschiedenen Ver-

1 Phil. Trans. 1822. P. I. p. 73.

2 Vergl. dieses Wörterb. Th. III. S. 289.

3 Ebend. Th. I. Abth. 2. S. 763 und 940.

4 Ebend. Th. III. Abth. 1. S. 337.

halten gegen die Elektrizität in die beiden Hauptabtheilungen der Leiter und Nichtleiter und der eigenthümlich elektrischen (*idielektrischen*) und unelektrischen (*anelektrischen*) Körper aufgestellt. Der Zweck dieses Artikels ist, dieses verschiedene Verhalten und die Modificationen desselben, abhängig von der besondern Natur der Körper, näher zu beleuchten, da es von einem so wesentlichen Einflusse auf die elektrischen Vorgänge in allen ihren mannigfaltigen Formen ist.

I. Das Geschichtliche.

Der erste große Schritt zu der wichtigen Entdeckung der Verschiedenheit der Körper in Ansehung ihres Leitungsvermögens für Elektrizität geschah durch den Engländer GRAY, in Gesellschaft des Herrn WHEELER, den 3. Julius 1729¹. Sie versuchten die durch Reiben von Glasröhren erregte Elektrizität längs eines Bindfadens, der durch eine Schleife an denselben befestigt war, auf eine weite Strecke in horizontaler Richtung zu einer elfenbeinigen Kugel, welche am Ende dieses Bindfadens hing, fortzupflanzen, und ließen zu diesem Behufe den Bindfaden am Ende einer langen Gallerie über eine feine seidene Schnur, die sich in der Mitte eines quer durch die Gallerie gezogenen dickeren Bindfadens befand, herabhängen. Sie hatten diesen feinen Seidenfaden genommen, weil sie voraussetzten, daß derselbe wegen seiner Feinheit die Elektrizität nicht zerstreuen würde, da bei dem Gebrauche eines dickeren Bindfadens sich keine Elektrizität nach der Elfenbeinkugel fortgepflanzt hatte. Ihre Erwartung ward auch erfüllt, da die am Ende des durch die ganze Länge der Gallerie fortgeführten Bindfadens hängende Kugel leichte Körperchen, wie Metallblättchen u. dgl. anzog, wenn die Glasröhre am andern Ende der Schnur, welches 65 Fuß entfernt war, gerieben wurde. Bei Abänderung dieses Versuchs, indem sie unter andern die Schnur noch einmal zurückgehen ließen, um ihre Länge zu verdoppeln, rifs der seidene Faden und nun substituirtten sie der größern Festigkeit halber einen feinen *Messingdraht*, wo sich dann aber keine Spur

¹ JOS. PRIESTLEY'S Geschichte des gegenwärtigen Zustandes der Elektrizität, übersetzt von Krünitz. Leipzig 1772.

von Elektrizität zeigte¹. Um dieselbe Zeit bemerkte man diese Eigenschaft, die Elektrizität nicht zu zerstreuen, wie an der Seide, auch an den Haaren, am Harze, Glase und einigen andern Körpern.

Von dieser Zeit an bediente man sich besonders der seidenen Schnüre, um diejenigen Körper schwebend zu erhalten, welchen man Elektrizität mittheilen wollte, und erkannte zu gleicher Zeit am menschlichen Körper und besonders an den Metallen, die auf diese Art isolirt waren, die Eigenschaft, die Elektrizität über ihre ganze Oberfläche zu verbreiten. GRAY wandte zu diesem Behufe vorzüglich die Metalle an und DU FAY elektrisirte zuerst den in seidenen Fäden hängenden Menschen durch Mittheilung.

Einen zweiten wichtigen Schritt in der Kenntniß der hierher gehörigen Verhältnisse machten CANTON und BECCARIA, ersterer² durch seine interessanten Versuche über Elektrisirung der Luft, welche bewiesen, daß die isolirende Eigenschaft nicht absolut sey, indem die zu den Isolatoren gerechnete Luft unter gewissen Umständen allerdings auch die Elektrizität fortleite, letzterer³ durch die Nachweisung des großen Unterschiedes in dem Leitungsvermögen zwischen den Metallen und dem Wasser und Bestimmung des verschiedenen Grades des Leitungsvermögens verschiedener Körper überhaupt.

Demnächst stellte JOS. PRIESTLEY⁴ viele Versuche über das Leitungsvermögen verschiedener Körper an und war der erste, welcher nach einer eignen Methode die Stufenfolge verschiedener Metalle in Rücksicht auf den Grad ihres Leitungsvermögens bestimmte⁵. Viel weiter ging CAVENDISH⁶, der bei Gelegenheit seiner interessanten Versuche über die Elektrizität des Zitterochens zuerst das verschiedene Leitungsvermögen der Körper für Elektrizität in bestimmten Zahlenwerthen angab und die außerordentliche Verschiedenheit hierin zwischen den Metallen und dem Wasser ausmittelte. Doch war es erst den neue-

1 Philos. Trans. abridged. Vol. VII. p. 15.

2 Ebend. Vol. XLIX. P. I. p. 300.

3 Eletticismo artificiale e naturale und Priestley's Gesch. S. 135.

4 Dessen Gesch. S. 401.

5 Ebend. S. 486.

6 Phil. Trans. 1776. Vol. LXXVI.

sten Zeiten vorbehalten, alle Umstände näher zu erforschen, welche auf das Leitungsvermögen der Körper Einfluss haben, und mit großer Genauigkeit die Reihenfolge derselben zu bestimmen, wozu vorzüglich die Volta'sche Säule und der elektromagnetische Multiplicator die nöthigen Mittel an die Hand gaben, welche besonders HUMPHRY DAVY mit seiner ausgezeichneten Sagacität benutzte. ERMAN gebührt endlich das Verdienst, ein verschiedenes Verhalten der Körper gegen die beiden Elektricitäten wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit nachgewiesen zu haben. Die mehr einzelne Details betreffenden Bemühungen noch mehrerer anderer Physiker werden im Fortgange dieses Artikels am passendsten erwähnt werden.

II. Grundbegriffe in Beziehung auf die Haupteintheilung der Körper in Leiter und Nichtleiter, in anelektrische und eigenthümlich elektrische Körper und Methoden, im Allgemeinen diese Verschiedenheiten zu bestimmen.

Da wir in allen die Elektricität betreffenden Artikeln die Hypothese von einem eigenthümlichen feinen inponderablen Fluidum als Ursache der elektrischen Erscheinungen angenommen haben, so werden wir auch in der nähern Beleuchtung des Verhaltens der Körper als Leiter und Nichtleiter diese Hypothese um so mehr zum Grunde legen, da sie einen einfachen, verständlicheren und mit unserer gewöhnlichen Naturanschauung besser übereinstimmenden Ausdruck für die Erscheinungen selbst darbietet, als die dynamische Vorstellungsart, welche alles auf Thätigkeitsäußerungen oder Thätigkeitsbestrebungen eigenthümlicher Art zurückführt, die an allen Körpern ohne Concurrenz eines besondern, nach ihr gar nicht vorhandenen Electricums auftreten sollen, indem wir uns vorbehalten, im letzten Abschnitte die *theoretischen Betrachtungen* über das Verhältniß dieser beiden Ansichten auch noch in dieser besondern Beziehung näher zu beleuchten. — Unter Leitern der Elektricität versteht man im Allgemeinen alle diejenigen Körper, welche, sobald in irgend einem Theile derselben, ein elektrischer Proceß

erregt worden ist, sey es unmittelbar an ihnen selbst, oder dafs sie durch diesen Theil mit irgend einem andern Körper, an welchem bereits ein elektrischer Procefs erregt worden ist, entweder durch unmittelbare Berührung, oder auch nur durch hinlängliche Annäherung in Wechselwirkung treten, in ihrer ganzen Ausdehnung und zwar zunächst an ihrer ganzen Oberfläche an diesem elektrischen Prozesse Theil nehmen. Sieht man den elektrischen Procefs überall da, wo er auftritt, als abhängig von einer eigenthümlichen elektrischen Materie an, und zwar mit Rücksicht auf den Gegensatz, der sich in diesen Erscheinungen zeigt, als abhängig von zwei in einem gewissen Gegensatze gegen einander stehenden Materien, so bestimmt sich der Begriff von Leitern sogleich näher dahin, dafs sie das elektrische Fluidum, das ihnen an irgend einer Stelle ihrer Oberfläche mitgetheilt oder sonst daselbst in Thätigkeit gesetzt wird, über ihre ganze Oberfläche fortpflanzen, so dafs dasselbe auf allen Punkten derselben thätig wird. Da wir vorläufig für diese Körper im Allgemeinen ein gleiches Leitungsvermögen für die beiden Arten von Elektrizität annehmen wollen, so ergiebt sich eben damit, dafs solche Körper zugleich geschickt sind, die entgegengesetzten Elektrizitäten, die ihnen auf irgend eine Weise gleichzeitig an von einander entfernten Stellen mitgetheilt werden, auszugleichen und, wenn dieselben in gleicher verhältnismässiger Menge sich finden, auf 0 zurückzuführen.

Nichtleiter oder Isolatoren dagegen verbreiten das ihnen an irgend einer Stelle mitgetheilte oder daselbst erregte elektrische Fluidum nicht über ihre ganze Oberfläche, indem sie es vielmehr an dieser Stelle festhalten, an welcher dasselbe gleichsam adhaerirt, weswegen sie auch nicht geschickt sind, die entgegengesetzten Elektrizitäten, die ihnen an verschiedenen von einander entfernten Stellen mitgetheilt werden, auszugleichen und ihre Differenz aufzuheben, indem sie vielmehr von ihnen in ihrer Eigenthümlichkeit an diesen aufser einander liegenden Stellen festgehalten werden. Die Combination dieser beiden Hauptclassen von Körpern giebt im Allgemeinen das Mittel zur Bestimmung, zu welcher von beiden Klassen irgend ein Körper gehört. Da nämlich der Erdboden die Eigenschaft eines Leiters zeigt, sofern er jedes gegebene endliche Quantum von Elektrizität, das ihm an irgend einer Stelle mitgetheilt wird, über seine ganze Oberfläche fortpflanzt, wie das augenblickliche Her-

absinken des vorher freien E. auf 0 beweist, so darf man nur durch irgend einen Körper, den man in Bezug auf sein Leitungsvermögen prüfen will, eine Verbindung zwischen dem Erdboden und irgend einem andern Körper, an welchem freie Elektrizität thätig ist, eintreten lassen. Da der menschliche Körper und der Fußboden sich als Leiter beweisen und derselbe Erfolg eintritt, ob sie dazwischen treten oder die Communication unmittelbar mit dem Erdboden statt findet, so reicht es hin, einen solchen Körper, den man auf sein Leitungsvermögen untersuchen will, mit der Hand anzufassen und auf diese Weise sein Verhalten gegen einen Körper, in welchem Elektrizität frei thätig ist, zu prüfen. Ist demnach irgend ein Elektrometer mit Elektrizität geladen, deren Spannung dasselbe durch die Divergenz von Goldblättchen, Strohhälmchen, Korkkügelchen u. s. w. anzeigt, so wird diese Spannung augenblicklich auf 0 herabsinken, sobald man dasselbe mit einem in der Hand gehaltenen Körper berührt, der ein *Leiter* ist, im entgegengesetzten Falle wird diese Spannung unverändert bleiben oder nur in sehr geringem Grade geschwächt werden, wenn die Berührung mit einem Nichtleiter geschieht. Im letztern Falle, und namentlich bei der Anwendung empfindlicher Elektrometer, kann allerdings bei schwachen Graden von Elektrizität, während der Annäherung, und noch mehr, so lange die Berührung mit einem Nichtleiter von etwas größerer Ausdehnung statt findet, die Spannung scheinbar auf 0 nach dem Gesetze der Vertheilung, die auch in Nichtleitern bis auf einen gewissen Grad sich geltend macht, herabsinken, aber nach Entfernung desselben wird sie ihre vorige Stärke so gut wie unverändert wieder zeigen.

Ist die Elektrizität in einem Körper von etwas größerer Ausdehnung, wenn er von Nichtleitern umgeben ist, zu einem merklichen Grade angehäuft, so wird man einen Leiter der Elektrizität am sichersten daran erkennen, daß bei Annäherung desselben, während man ihn in der Hand hält, an jenem ein merklicher Funke hervorbricht und jener Körper nach dem Ausbruche des Funkens und noch sicherer, wenn es bis zur wirklichen Berührung gekommen ist, keine bemerkbare Spur von Elektrizität mehr zeigt; ist dagegen der genäherte Körper ein Nichtleiter, so wird kein solcher einfacher Funke hervorbrechen, sondern der Leiter, an welchem die Elektrizität angehäuft ist, diese nur in vielen kleinen Funken mittheilen und den größten

Theil seiner Elektrizität noch behalten haben, selbst wenn eine Berührung statt fand. Ist der Körper, an welchem in seiner ganzen Ausdehnung freie Elektrizität mit merklicher Spannung sich zeigt, ein Nichtleiter, so wird im ersteren Falle doch nur ein kleiner Funken hervorbrechen und der Körper wird nur an der unmittelbar berührten Stelle seine Elektrizität verloren haben.

Vorzüglich geschickt zur Unterscheidung der Leiter und Nichtleiter ist die Aufnahme derselben in den Entladungskreis einer geladenen Flasche. Bei hinlänglicher Annäherung des Ausladers an den Knopf der geladenen Flasche wird dieselbe gar nichts von ihrer Ladung verlieren oder nur sehr unvollkommen entladen werden, wenn die Communication von dem Auslader nach dem äußern Belege der Flasche durch einen Körper vermittelt wird, der ein Nichtleiter ist, während diese Entladung unter Hervorbrechen eines Funkens mit Knalle mehr oder weniger vollkommen geschieht, wenn die Communication durch Leiter statt findet. Bedient man sich zu solchen Versuchen großer Flaschen oder ganzer Batterien, die zu einem hohen Grade von elektrischer Spannung geladen sind, so wird zwar auch bei der Aufnahme von Nichtleitern in den Entladungskreis die Entladung bei nicht zu großer Ausdehnung jener Isolatoren erfolgen können, aber diese werden dann zerstört, zerschmettert, durchlöchert werden, während die guten Leiter ohne eine solche mechanische Veränderung die Ausgleichung beider Elektrizitäten vermitteln.

Sofern alle Erscheinungen beweisen, daß die Elektrizität der Volta'schen Säule ganz identisch ist mit der Maschinenelektrizität, giebt die Aufnahme der Körper in den Verbindungskreis zwischen den beiden Polen der Säule, in welchem sich zugleich eine Gas-Entbindungsröhre oder ein Multiplicator mit einer Magnetnadel befindet, ein vortreffliches Mittel an die Hand, um das Leitungsvermögen der Körper für Elektrizität im Allgemeinen auszumitteln. Jeder Körper, bei dessen Aufnahme in den Verbindungskreis der beiden Pole einer Säule die Gasentbindung aufhört und alle Wirkung auf die Magnetnadel ausbleibt, wird sich eben damit als ein Nichtleiter zu erkennen geben, während bei dem entgegengesetzten Verhalten der Körper als ein Leiter angesehen werden kann. Doch wird sich weiter unten zeigen, daß bei Anwendung dieses Verfahrens noch besondere Rücksicht auf die Beschaffenheit des Volta'schen Apparats und die davon

abhängige Stärke des elektrischen Stromes genommen werden muß.

Außer den zwei Hauptabtheilungen von Leitern und Nichtleitern hat man noch eine dritte Classe von Körpern unterschieden, die in der Mitte zwischen beiden stehen, gleichsam den Uebergang von der einen zu der andern machen, und die Volta zuerst mit dem Namen der *Halbleiter* unterschieden hat. Was sich auf diese bezieht, wird am passendsten unter dem folgenden Artikel abgehandelt werden können.

Mit jenem, vorzüglich in den Extremen beider Classen von Körpern so auffallend verschiedenen, gleichsam entgegengesetzten Verhältnisse gegen die Elektricität scheint ein anderer Gegensatz gleichen Schritt zu halten, wonach alle Körper sehr frühzeitig in sogenannte eigenthümlich elektrische oder *idioelektrische* und in *anelektrische* eingetheilt wurden, welche letzteren man auch *sympetrische* nannte, sofern sie durch Mittheilung fremde Elektricität annehmen können. Die Isolatoren allein sollten nämlich durch das Reiben elektrisch erregt werden, während die guten Leiter, namentlich die Metalle, *elektrisch unerregbar* seyn sollten. Indefs hatte schon HERBERT¹ die Elektricitätserregung an den Metallen durch Reiben angekündigt, besonders entscheidende Versuche in dieser Hinsicht verdanken wir aber dem Abt HEMMER², der zu diesem Behufe einen gut polirten Streifen von Messing mit wohl abgerundeten Rändern, 2,5 Zoll lang und breit und 0,25 Zoll dick, mit aufwärts gebogenen Rändern von einer Linie Höhe nahm, damit das seidene Band, womit er den Streifen rieb, nicht aus seiner Stelle weichen möchte, der auf einer wohl isolirenden Glasstange aufgekittet war, die an einer hölzernen Handhabe gehalten wurde. Ein einziges Hin- und Herziehen des seidenen Bandes reichte schon hin, den Metallstreifen elektrisch zu erregen, und bei wiederholtem Hin- und Herreiben gab der Metallstreifen deutliche Funken. Noch viel stärker wurden die Funken, als HEMMER nach HERBERT'S Vorschrift einen hohlen messingnen Cylinder von einem Fuß Länge und zwei Zoll Durchmesser sehr innig durch Katzenfell rieb. Mit beiden Reibzeugen wurde das Metall negativ.

1 Theoria phaenomenorum electricorum. Viennae 1778.

2 Journal de Physique. 1780. Juillet. p. 50.

Neuere Versuche über die Erregung der Elektrizität durch Reiben der Metalle an einander selbst verdanken wir BECQUEREL¹. Er stellte diese Elektrizität dadurch dar, daß er die beiden Metallscheiben an die Enden des Drahtes eines Multiplicators befestigte, wo dann durch ein gelindes Reiben derselben über einander, nachdem bei dem Auflegen derselben auf einander keine Wirkung statt gefunden hatte, ein hinlänglich starker Strom erregt wurde, um die Magnethöhle in Bewegung zu setzen. Stellt man auf diese Art den Versuch mit mehreren Metalllamellen an, so erhält man folgende Reihe, in welcher jedes Metall negativ ist gegen die auf dasselbe folgenden und positiv gegen die ihm vorangehenden: *Wismuth, Nickel, Kobalt, Palladium, Platin, Blei, Zinn, Gold, Silber, Kupfer, Zink, Eisen, Cadmium, Antimon*. Diese Reihe stimmt in der Hauptsache mit der thermoelektrischen überein, man könnte daher glauben, daß die Wärme bloß als wärmeerregendes Mittel eine thermoelektrische Wirkung verursache; daß dem aber nicht so sey, ersieht man daraus, daß, wenn man eine Wismuth- und Antimonplatte, statt sie sanft zu reiben, durch wiederholte Schläge mit Vermeidung aller Seitenreibung stark gegen einander drückt, wo doch die Flächen mehr Wärme erhalten müssen, als bei einer sanften Reibung, die davon abhängige thermoelektrische Wirkung doch nicht stark genug ist, um die Nadel in Bewegung zu setzen. Auch zwei Scheiben desselben Metalls, über einander gerieben, werden elektrisch erregt, man muß nur dafür sorgen, daß derselbe Punct der einen Scheibe hinter einander alle Puncte der Oberfläche der andern durchlaufe. Hierzu dient ein Knopf, den man über eine Scheibe hinführt. Es wird dann bei Anwendung von Wismuth, Antimon, Eisen und Platin der Knopf positiv elektrisch, bei Kupfer dagegen die Scheibe. Die durch Reiben der Metalle an einander erregte Elektrizität läßt sich auch dadurch sichtlich machen, daß man Feilicht von Metall durch ein feindurchlöcheretes Metallsieb oder von einer geneigten Metallfläche auf ein empfindliches Elektrometer fallen läßt. Bei Anwendung gleicher Metalle verhält sich das Feilicht negativ.

Merkwürdig ist es, daß die durch Reiben der Metalle an

¹ Ann. de Chimie et Phys. T. XXXVIII. p. 113. und Poggen-dorf's Ann. 1828. VIII. 619.

einander erregte Elektrizität aufhört, auf die zuerst angegebene Art ihre Wirkung zu zeigen oder einen hinlänglichen Strom zur Ablenkung der Magnetnadel zu erzeugen, wenn die metallische Kette durch eine Flüssigkeit, selbst durch eine gut leitende, unterbrochen wird.

Man sieht also, daß jene Eintheilung der Körper in solche, welche durch Reiben elektrisch werden, und in solche, die auf diese Art nicht erregt werden können, gänzlich wegfällt, wie auch schon unter dem Artikel *Elektrizität* der Grund dieser scheinbaren Unerregbarkeit der Metalle aus ihrem vortrefflichen Leitungsvermögen nachgewiesen worden ist. Doch muß man gradative Verschiedenheiten in dieser Hinsicht zugeben und die Metalle in Ansehung der elektrischen Erregbarkeit weit unter die Isolatoren stellen.

III. Nähere Bestimmung des Grades der Leitungs- und Isolirungsfähigkeit der Körper. Einfluß mannigfaltiger Umstände darauf.

Die Leitungsvermögen der Körper für Elektrizität sowohl, als auch ihr Isolirungsvermögen zeigt höchst mannigfaltige Grade, wodurch es sehr schwer wird, eine scharfe Grenze zwischen beiden Classen von Körpern zu ziehen, wozu noch kommt, daß zufällige Bestimmungen, die das Wesen der Körper an und für sich nicht ändern, ihre Leitungsvermögen auf die auffallendste Weise modificiren und einen Leiter in einen relativen Nichtleiter und umgekehrt verwandeln können, auch die Leitungsvermögen noch außerdem eine relative in Beziehung auf die Intensität der Elektrizität ist, indem größere elektrische Intensitäten von denselben Körpern geleitet werden, welche eine Elektrizität von schwächerer Spannung nicht mehr zu leiten im Stande sind. Es liegt schon in der Natur der Sache, daß es eben so wenig einen absoluten (vollkommenen) Leiter, als einen absoluten (vollkommenen) Nichtleiter oder Isolator giebt. So weit selbst der beste Leiter allezeit der Verbreitung der Elektrizität noch einigen Widerstand leistet, trägt er gleichsam noch etwas von isolirender Eigenschaft an sich, und insofern selbst der vollkommenste Isolator wenigstens nicht auf eine absolute unendliche Weise

der Fortpflanzung der Elektricität Widerstand leistet, besitzt er mindestens noch etwas von dem Leitungsvermögen der sogenannten leitenden Körper. Will man nun die verschiedenen Grade des Leitungsvermögens bestimmen, so kann man sie entweder nach der *Geschwindigkeit* abmessen, mit welcher die Körper die Elektricität fortleiten, d. h. nach der Zeit, innerhalb welcher verschiedene Ausdehnungen der Körper an dem elektrischen Prozesse, mit welchem sie in Wechselwirkung treten, theilnehmen, oder auch nach der *Menge* von Elektricität, welche die verschiedenen Körper in gleicher Zeit durch sich leiten, oder der entgegengesetzten Elektricitäten, welche sie in sich ausgleichen. Diese Menge ist dann wieder entweder an und für sich bestimmbar, oder irgend eine ihrer Größe nach genau bestimmbare Veränderung giebt das Maß derselben. Die Bestimmung der Güte der Leitung unmittelbar aus der Geschwindigkeit der Fort- und Durchbewegung ist nicht wohl anwendbar, weil diese Geschwindigkeit bei allen guten Leitern, sofern von der Durchbewegung durch eine Strecke die Rede ist, die wir überhaupt noch mit einiger Bequemlichkeit in das Experiment ziehen können, instantan zu seyn scheint und nur etwa auf eine indirecte Weise in dieser scheinbar instantanen Bewegung sich noch verschiedene Grade von Geschwindigkeit ausmitteln lassen durch die Größe gewisser Veränderungen, die eine Function der verschiedenen Geschwindigkeiten selbst zu seyn scheinen. Es bleibt also nur der zweite Maßstab übrig. Zu seiner richtigen Anwendung ist aber vorzüglich nöthig, gehörige Rücksicht auf die Umstände zu nehmen, die neben der eigenthümlichen Beschaffenheit der Körper einen wesentlichen Einfluß auf ihr Leitungsvermögen ausüben. In dieser Hinsicht haben die Versuche mit den Metallen zu den wichtigsten und genauesten Resultaten geführt, die uns erst in den Stand setzten, eine eigentliche Scale des Leitungsvermögens der Körper aufzustellen. CAVENDISH hat schon im Jahre 1776 sehr genau den Einfluß, welchen die Ausdehnung eines Leiters sowohl der Länge, als dem Durchschnitte nach auf sein Leitungsvermögen ausübt, gekannt, jedoch ist er uns die nähere Angabe der Versuche, wodurch er zu den wichtigen Resultaten gelangte, von welchen weiter unten näher die Rede seyn wird, schuldig geblieben. In neuern Zeiten hat HUMPHRY DAVY diese Resultate durch eine Reihe von Versuchen, die genau von ihm beschrieben sind, vollkommen be-

stätigt und noch erweitert. 1) Was zuerst den Einfluss der verschiedenen Länge betrifft, so fand derselbe, daß bei sonst unverändert bleibenden Verhältnissen und zwar zunächst der metallischen Leiter die *Leitung im umgekehrten einfachen Verhältnisse der Länge derselben stehe*. Um dieses Resultat mit Sicherheit auszumitteln, bediente sich DAVY Volta'scher Batterien unter der Form von Trogapparaten, deren vollständige Entladung durch Verbindung ihrer beiden Pole durch Drähte er auf die Weise ausmittelte, daß er von derselben Batterie zu gleicher Zeit feine Silberdrähte in eine Gasentbindungsröhre hineinleitete, wo dann das völlige Ausbleiben aller Gasblasen die vollständige Entladung anzeigte. Hierbei zeigte sich nun, daß, um die Elektrizität von solchen Volta'schen Batterien von verschiedener Stärke vollständig durch sich durchzuleiten, die Länge desselben Leiters dieser Stärke umgekehrt proportional seyn mußte. Wenn z. B. 6 Zolle Platindraht von $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke die Elektrizität von 10 Plattenpaaren vollständig entluden, so entluden 3 Zolle die Elektrizität von 20, 1,5 Zolle von 40 und 1 Zoll von 60 solcher Plattenpaare. Um den Einfluss der verschiedenen Erhitzung dieser Drähte auf ihr Leitungsvermögen zu beseitigen, wurden dieselben unter eine nichtleitende Flüssigkeit gebracht, unter welcher ihre Temperatur merklich dieselbe blieb.

2) Ein zweiter Umstand, der auf die Güte der Leitung bei denselben Körpern Einfluss hat, ist die *Dicke* oder *Masse*. Im Allgemeinen steht DAVY's Versuchen zufolge die Leitung bei gleicher Länge im geraden Verhältnisse mit der Dicke oder vielmehr der Masse. Wenn ein Platindraht von einer gegebenen Länge eine Volta'sche Batterie von einer bestimmten Anzahl von Platten vollständig zu entladen im Stande war, so reichte bei 6mal größerer Masse dieselbe Länge hin, sechs solcher Batterien zu entladen, wobei der Erfolg derselbe blieb, ob er einen einzelnen Draht von 6facher Masse oder sechs kleinere Drähte, die einander berührten, nahm, wofern nur die Drähte kalt erhalten wurden, weil sonst die Erhitzung das Leitungsvermögen schwächte. Dieses Resultat ist darum höchst merkwürdig, weil es beweist, daß die Leitung wenigstens für die mit so schwacher Spannung begabte Elektrizität der Volta'schen Apparate keine Function der Oberfläche der Leiter ist, vielmehr auch der metallische Leiter mit seiner ganzen Masse und in seinem Innern mit in den Proceß gezogen wird. Dieses merkwürdige

Resultat wurde noch durch einen anderweitigen Versuch bestätigt. DAVY liefs nämlich von zwei gleich langen Platindrähten den einen flach walzen, so dafs er eine 6- bis 7mal grössere Oberfläche bekam, in welchem Falle sich dieser zwar in der Luft als der bessere Leiter verhielt, weil er sich in ihr schneller abkühlte, im Allgemeinen aber zeigte sich keine Verschiedenheit des Leitungsvermögens, als beide Drähte von Wasser umgeben waren.

Eine noch genauere Resultate gewährende Methode wandte später BECQUEREL an¹. Er findet die Methode DAVY's nicht geeignet, das Leitungsvermögen der Metalle für Elektrizität in aller Schärfe zu bestimmen, weil sie der Erfahrung zuwider voraussetzt, dafs jedes Plattenpaar der Säule eine gleiche Menge von Elektrizität zu dem Strome liefere, (indem nämlich DAVY die Quantitäten der Elektrizität, welche fortgeleitet werden sollen, der Zahl der Plattenpaare der Batterie proportional setzte,) und eben so unrichtig auf den Grundsatz gebaut ist, dafs eine gleiche Anzahl von Plattenpaaren stets mit gleicher Thätigkeit wirke und dafs eine Säule vollständig entladen sey, weil sie aufhöre, Wasser zu zersetzen. Aus diesen Ursachen wählte er das nachfolgende sinnreiche, jedoch in der wirklichen Ausführung mit grösseren Schwierigkeiten, als das von DAVY angewandte, verknüpfte Verfahren, sofern nämlich die grösste Genauigkeit dadurch erreicht werden soll. Zwei mit Seide übersponnene Kupferdrähte *aefb* und *eghd*, jeder ungefähr 20 Meter lang und $\frac{1}{3}$ Millimeter dick, wurden zusammen in gleichem Sinne um einen hölzernen Rahmen gewunden und die vier Enden dieser Drähte in die mit Quecksilber gefüllten Schälchen *a*, *b*, *c*, *d* getaucht. In diese Schälchen reichten auch die Drähte *Pa*, *Pd*, *Nb*, *Nc*, von denen die beiden ersten mit dem Pole *P* und die beiden andern mit dem Pole *N* verbunden sind. Durch diese Anordnung mufs sich der elektrische Strom einer Volta'schen Batterie auf die beiden Bogen *PaefhN* und *NcghaP* vertheilen und, wie man leicht aus der Zeichnung ersieht, die beiden Drähte des Galvanometers oder Multipliers *GG'* in entgegen-

Fig.
26.

1 S. Ann. de Chimie et Phys. T. XXXII. p. 420. Vergl. Pogendorff's Annalen der Physik. VIII. S. 356. und Berzelius VI. Jahresbericht S. 16, wo sich jedoch eine bedeutende Unrichtigkeit in der Beschreibung des Verfahrens eingeschlichen hat.

gesetzter Richtung durchlaufen. Die Magnetnadel sn im Innern des Apparats wird also, wenn die beiden Drahtleitungen einander gleich sind oder durch Adjustirung der mit den Polen verbundenen Drahtstücke einander gleich gemacht werden, keine Ablenkung erleiden. Diesen Zweck wird man am sichersten erreichen, wenn man erst einen der vier Drähte, die mit den Polen der Batterie communiciren, länger als die andern nimmt und ihn hierauf allmählig verkürzt, bis die Magnetnadel keine Ablenkung mehr zeigt.

Die Nadel wird auch dann keine Abweichung erleiden, wenn man die Schälchen a und b , c und d durch Drähte verbindet, die eine gleiche Menge von Elektrizität durchlassen, indem jedem der Drähte des Galvanometers dann eine gleiche Größe entzogen wird. Geschieht aber diese Verbindung durch Drähte, die ungleich leiten, so wird die Nadel abgelenkt und zwar von Seiten der Drahtwindungen, deren Wirkung dadurch am wenigsten geschwächt worden ist. So z. B. wird der Bogen $PaefbN$ der überwiegende seyn, wenn von den die Schälchen direct verbindenden Drähten der zwischen a und b am wenigsten leitet, und man hat entweder die Leitung zu verstärken, oder die zwischen c und d zu schwächen, wenn der Bogen $NcghdP$ dem ersteren wieder das Gleichgewicht halten, also die Nadel zur anfänglichen Stellung zurückkehren soll. Es ist klar, daß sich auf diese Art ausmitteln läßt, welche Länge, Dicke und Temperatur man Drähten von gleicher oder verschiedener Natur zu geben habe, damit sie einer gleichen Menge von Elektrizität den Durchgang gestatten, und eben darauf beruht BECQUEREL'S Methode, den Einfluß aller dieser Umstände auf das Leitungsvermögen mit möglichster Schärfe zu bestimmen. Er hat jedoch den Einfluß der Temperatur nicht zum Gegenstande seiner Untersuchungen gemacht und sich vielmehr begnügt, die Drähte sämmtlich bis auf die Temperatur des schmelzenden Eises zu erkälten, auch sorgte er vermittelst eines passenden Gestells dafür, daß sie auf gleiche Weise und mit beiden Enden zugleich mit dem Quecksilber der Schälchen in Berührung kamen.

Was nun zuerst den Einfluß der Länge betrifft, so fand er, daß, wenn man bei einem Apparate, wie der abgebildete ist, die Schälchen a und b durch *einen* Kupferdraht von beliebiger Dicke und von der Länge eines Decimeters verbindet, man die Schälchen c und d entweder durch zwei Kupferdrähte von

2 Decimetern Länge oder durch 3 Kupferdrähte von 3 Decimetern Länge und so weiter, alle diese Drähte von gleicher Dicke mit dem erstern vorausgesetzt, verbinden müsse, wenn die Magnetnadel in ihrer natürlichen Lage bleiben soll. Hieraus ergibt sich nach BECQUEREL unmittelbar die Folgerung, daß, um denselben Grad der Leitung in zwei Drähten von demselben Metalle zu erhalten, ihre Gewichte den Quadraten ihrer Länge proportional oder die Längen im Verhältnisse der Durchschnitte der Drähte seyn müssen. Um jedoch diese Folgerung in solcher Allgemeinheit aufstellen zu können, hätte BECQUEREL die Versuche auch mit Drähten von verschiedener Form und damit gegebener verschiedener Oberfläche bei demselben Gewichte anstellen sollen. Denn wenn auch z. B. bei der dreifachen Länge drei Drähte von derselben Dicke erforderlich waren, um dieselbe Leitung zu geben, wie ein Draht von der einfachen Länge, so folgt noch nicht, daß dieses auch der Fall gewesen seyn würde bei der Anwendung nur eines Drahtes von der 3fachen Länge, aber von einer solchen Dicke, daß das Gewicht desselben das 9fache gewesen wäre. Doch wird dieser Versuch einigermaßen durch einen andern ergänzt, der zugleich die Resultate von H. DAVY's Versuchen über den Einfluß der Masse des Leiters auf die Leitung und überhaupt das allgemeine Resultat bestätigt, daß das Leitungsvermögen desselben Metalls im zusammengesetzten umgekehrten Verhältnisse der Länge und geraden der Masse steht. Denn wenn dieses Verhältniß richtig ist und man vergleicht zwei Drähte von demselben Metalle mit einander, wovon die Länge des einen l , sein Gewicht P und l' die Länge des andern und P' sein Gewicht sey, so muß, wenn ihre Leitung gleich ist, $\frac{P}{P'} = \left(\frac{l}{l'}\right)^2$ seyn. Nun fand BECQUEREL in der That, daß ein Kupferdraht von 110 Millimetern Länge und einem Gewichte von 8,427 Grammen und ein anderer von 34 Millimetern Länge und einem Gewichte von 0,040 Grammen denselben Grad der Leitung gaben. Aber $\frac{P}{P'} = 10,67$ und $\left(\frac{l}{l'}\right)^2 = \left(\frac{110}{34}\right)^2 = 10,4$, eine Abweichung von der Gleichheit, die so gering ist, daß sie wohl als innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler liegend bei so feinen Versuchen angenommen werden kann.

Fast gleichzeitig mit BECQUEREL hat auch BARLOW¹ Versuche über den Einfluß der Länge der Metalldrähte auf das Leitungsvermögen angestellt und will gefunden haben, daß dasselbe bei einem und demselben Drahte sich umgekehrt verhalte, wie die Quadratwurzel seiner Länge. POGGENDORFF erinnert jedoch mit Recht gegen dieses Resultat, daß, wenn auch die Versuche BARLOW's an und für sich richtig sind, doch die von ihm daraus gezogenen Resultate es nicht seyn können, weil er von der unrichtigen Annahme ausgehe, daß die Kraft eines im magnetischen Meridiane liegenden Schließungsdrahtes auf die Magnetnadel unter ihm proportional sey der Tangente des Winkels, um welchen er diese Nadel ablenkt, in welcher Hinsicht man nur den lehrreichen Aufsatz von G. G. SCHMIDT² vergleichen darf.

Es ist aber noch ein Umstand, der die Resultate von BARLOW's Versuchen unsicher macht, auf welchen SCHWEIGGER aufmerksam gemacht hat³. Um seine Beobachtungen auf eine constante Kraft der Elektrizität zu reduciren, nimmt BARLOW an, daß für *schwächere* und *stärkere Elektrizität dasselbe Leitungsgesetz* gelte. Diese Voraussetzung ist aber unstatthaft und es muß vielmehr auch die Stärke der elektrischen Kraft als Function in die Formel aufgenommen werden. SCHWEIGGER fand nämlich durch directe Versuche, daß bei sehr schwacher Elektrizität, wenn z. B. die Tröge mit Brunnenwasser gefüllt sind, es keinen merklichen Unterschied macht, ob die Leitung durch einen kurzen oder langen metallischen Bogen geschieht, daß aber bei Verstärkung der elektrischen Thätigkeit durch eine stärker chemisch wirkende Flüssigkeit, z. B. durch Salmiakauflösung oder durch Säure, der Unterschied so auffallend wird, daß bei einer Verlängerung des metallischen Bogens, die in dem erstern Falle ohne Einfluß gewesen, so gut wie völlige Isolation statt findet.

BARLOW stellte auch Versuche über das Leitungsvermögen von Kupfer- und Messingdrähten von verschiedener Dicke an⁴,

¹ Edinburgh Philosoph. Journal. Vol. XII. p. 105. Schweigger's Journ. XIV. 119 und 362.

² G. LXX. 243.

³ Schweigger's Journ. N. R. XIV. 119. 363.

⁴ Ebend. XIV. 368.

deren Resultat war, daß bei der Anwendung des elektrischen Stromes eines sogenannten Hare'schen Calorimotors¹, wenn der leitende, zwei Fuß lange Draht weniger als 180 Gran wog, seine Wirkung auf die Nadel in Vergleichung mit dem, der 470 Gran wog, schwächer war, daß aber diese Kraft weder sonderlich erhöht, noch vermindert wurde, als Drähte in Anwendung kamen, die nahe an 4000 Gran wogen. Daß dieses Resultat kein allgemeines Gesetz für den Einfluß der Masse auf das Leitungsvermögen geben kann, leuchtet schon durch die Erwägung ein, daß, wenn einmal der Draht eine Dicke erreicht hat, welche eine eben so vollkommene Leitung gewährt, als der Calorimotor selbst, jeder weitere Zusatz von Dicke die Wirkung auf die Magnetenadel dann nicht weiter verstärken kann.

POUILLET² bediente sich, um das Gesetz des *Einflusses der Länge* der Metalldrähte auf ihr Leitungsvermögen zu prüfen, eines einfachen Electromotors von sehr großer Oberfläche. Er fand hierbei, daß die Tangenten der Ablenkungen, welchen die elektromagnetischen Kräfte bei seinem Apparate proportional waren, niemals im umgekehrten Verhältnisse der Längen standen. Dagegen verhielten sie sich umgekehrt wie diese Längen, wenn sie um eine constante Größe $=\lambda$ vermehrt wurden, so daß $\frac{\lambda + l}{\lambda + l'} = \frac{t}{t'}$ u. s. f. war, was POUILLET richtig aus dem Widerstande des Electromotors selbst, der mit in Betracht kommt und einen aliquoten Theil des ganzen Widerstandes ausmacht, erklärt.

Das ungleiche Leitungsvermögen desselben Metalls bei verschiedener Länge war auch Gegenstand von Untersuchungen, welche OUM³ angestellt hat. Er bemerkt gegen BECQUÉREL's sinnreichen Apparat, daß er nicht zur Erhaltung der von diesem Physiker aus seinen damit angestellten Versuchen gezogenen Resultate mit Sicherheit anwendbar sey, weil bei Anwendung der langen Leitung im Multiplicator bloß eine im Verhältnisse dazu sehr geringe Länge in der Totalleitung verändert werde, um aus dieser nachher das Leitungsvermögen zu berechnen. Dagegen läßt sich aber erinnern, daß eine solche Berechnung

1 Dieses Wörterb. Th. IV. Abth. II. S. 692.

2 *Éléments de Physique expérimentale*. T. I. 754.

3 Schweigg. Journ. N. R. XIV. 110. 359.

durch Beziehung der Länge der Drahtstücke, welche die Quecksilbernäpfchen mit einander verbinden, auf die Länge des Multiplifiers gar nicht erforderlich ist, sondern daß diese Drahtstücke selbst nur unter einander verglichen zu werden brauchen und bei der verhältnißmäßig viel größeren Menge von Elektrizität, welche durch sie als durch den langen Multiplifier hindurchströmt, kleine Verschiedenheiten in ihrer Länge, Masse und sonstigen Beschaffenheit sich in der Abweichung der Magnetnadel sogleich offenbaren werden, und daß endlich jeder Fehler, der bei der Berechnung der Stärke des Stromes aus der verschiedenen Abweichung der Magnetnadel so leicht begangen werden kann, bei BECQUEREL'S Verfahren gänzlich wegfällt, sobald man nur immer die Umstände so abändert, daß von beiden Seiten gleiche Leitung statt findet, die sich immer mit Sicherheit aus dem stationären Stande der Nadel ergeben wird. Eben weil OHM den Grad der Leitung durch Drähte von demselben Metalle, aber von verschiedener Länge aus der Größe der Abweichung der Magnetnadel, die an einem Coulomb'schen Drehapparate hing, berechnete, wobei Fehler auf mannigfaltige Weise begangen werden können, dürfen wir den Resultaten seiner Versuche vor denen DAVY'S und BECQUEREL'S keinen Vorzug einräumen und müssen übrigens, was die allgemeine algebraische Formel betrifft, unter welche er die von ihm erhaltenen Resultate zu bringen versucht hat, auf seine Abhandlung selbst verweisen.

Daß dieselben Gesetze für den Einfluß der Länge und des Durchschnittes oder der Masse auf das Leitungsvermögen auch für weniger vollkommene Leiter, wie die Metalle, namentlich das Wasser, die Auflösungen der Salze im Wasser, ja selbst für die Isolatoren, daß sie ferner nicht bloß für die galvanisch erregte Elektrizität, sondern auch für die durch Reibung erzeugte gelten, ist zwar bis jetzt nicht durch gleich genaue Versuche ausgemittelt, ergibt sich aber doch mit großer Wahrscheinlichkeit aus den bereits in dieser Hinsicht angestellten. Da CAVENDISH aus dem Umstande, daß die Elektrizität bei dem Durchgange durch einen Draht von 400,000,000 Zoll Länge nicht mehr Widerstand findet, als durch eine Wassersäule von 1 Zoll Länge, auf ein 400,000,000 mal besseres Leitungsvermögen des Metalles als des Wassers für Elektrizität schloß, so ergibt sich ohne Weiteres, daß er die Leitung der Elektrizität auch durch

das Wasser im umgekehrten Verhältnisse seiner Länge gefunden haben mußte. Aber schon vor CAVENDISH fand BECCARIA¹ durch genaue Versuche mit der Leidner Flasche, in deren Entladungskreis er mit Wasser gefüllte Röhren von verschiedener Weite gebracht hatte, daß der Widerstand gegen die Elektrizität um so größer war, je enger diese Röhren, daß, wenn die Röhren sehr eng waren, sie keinen Schlag durchliefsen und daß der Schlag um so stärker war, je weiter die dazu gebrauchten Röhren waren.

Später hat VOLTA dieselben Versuche wieder aufgenommen und die Versuche mit dem Multiplicator haben uns in den Stand gesetzt, auch für die Flüssigkeiten diesen Einfluß der Länge und des Durchschnittes auf die Leitung noch genauer zu bestimmen, worüber im Artikel *Galvanismus*² das Nähere zu vergleichen ist.

3) Noch ist ein dritter Umstand in Betracht zu ziehen, der auf die Größe des Leitungsvermögens bei einem und demselben Körper den größten Einfluß äußert und dessen Werth erst genauer zu bestimmen ist, ehe wir die Körper in ihrer naturgemäßen Ordnung nach dem Grade ihres Leitungsvermögens näher betrachten können, nämlich die *Temperatur*. Bis zu den merkwürdigen Versuchen DAVY's in dieser Hinsicht hatte man in der Elektrizitätslehre allgemein angenommen, daß die Zunahme der Temperatur das Leitungsvermögen der Körper erhöhe und daß im Verhältnisse der Erhitzung die Körper durch alle Grade der Leitungsfähigkeit hindurchgeführt und selbst die stärksten Isolatoren in die vollkommensten Leiter verwandelt werden können. Dieser Satz gilt indess nicht mehr in seiner früheren Allgemeinheit und das gleichsam entgegengesetzte Verhalten der vollkommenen Leiter und der relativ gegen sie sehr unvollkommenen, des Wassers und der salzigen Flüssigkeiten, noch mehr aber der Isolatoren, stellt alle Körper in Hinsicht auf das Leitungsvermögen in zwei scharf von einander abgegrenzte Classen.

Von frühern Elektrikern haben besonders PRIESTLEY und ACHARD den Einfluß der Erhitzung auf Erhöhung des Leitungsvermögens der Isolatoren außer Zweifel gesetzt. PRIESTLEY³

1 *Ellettricismo artificiale e naturale*. p. 113.

2 Dieses Wörterb. Th. IV. Abth. 2. S. 789, 790, 890, 896.

3 *Geschichte der Elektrizität*. S. 402.

verschaffte sich eine unten zugeschmolzene Glasröhre von 4 Fuß Länge, füllte dieselbe bis zu 9 Zoll Höhe mit Quecksilber, belegte sie bis zu dieser Höhe auswärts mit Zinnfolie, lud sie dann, goß hierauf das Quecksilber aus, kratzte die Zinnfolie ab und machte diesen unteren geladenen Theil der Röhre glühend. Der Erfolg war, daß die Ladung völlig aufgehoben wurde. Dieser Versuch ist darum besonders merkwürdig, weil er beweist, daß die Elektrizität durch die Masse des Glases hindurchgeleitet worden war, da die 6 Fuß Oberfläche, 3 auf jeder Seite, die größtentheils kalt und dabei vollkommen trocken waren, der Elektrizität des innern und des äußern Belegs keine Leitung gewähren konnten¹. Diejenigen, welche gegen jedes elektrische Fluidum protestiren und alles auf bloße Thätigkeit und Polarität zurückführen wollen, werden in diesem Versuche die Aehnlichkeit mit dem Magnete, der durch das Glühen gleichfalls seine Pole verliert und indifferent wird, geltend machen. Gegenversuche bewiesen dem PRIESTLEY, daß die Röhre, in allem übrigen auf gleiche Weise behandelt, außer daß sie nicht erhitzt wurde, in gleicher Zeit von ihrer Ladung nur wenig verloren hatte.

PRIESTLEY fand ferner, daß im Backofen getrocknetes Holz, dessen er sich zu einem Isolatorium bedienen wollte, diesen Zweck durchaus nicht leistete, wenn es eben aus dem Backofen genommen noch ganz heiß angewandt wurde, weil sich die Elektrizität schleunig durch dasselbe nach dem Erdboden verlor, und daß es erst nach der Abkühlung sich als Isolator verhielt. Aus einem elektrisirten Conductor konnte er mit solchem recht heißen Holze einen langen Funken ziehen und eine geladene Flasche wurde durch dasselbe zwar ohne Geräusch, aber eben so gut, wie durch feuchtes Holz, entladen.

Besonders entscheidend sind in dieser Hinsicht ACHARD'S Versuche². Er fand, daß die vollkommensten Isolatoren, namentlich eine *Glasstange*, rothglühend gemacht, geschmolzenes *Siegellack*, *Pech*, *Bernstein*, *Schellack*, *Wachs*, in den Erschütterungskreis gebracht, die Leidner Flasche eben so voll-

¹ Eine analoge Erscheinung der Durchleitung der Elektrizität durch das erwärmte Glas ist übrigens schon unter dem Artikel *Leidner Flasche* Th. IV. Abth. 1. S. 412. angeführt worden.

² Journal de Physique. 1780. T. XV. p. 118.

kommen entladen, wie jeder andere Leiter. Eben so verhielten sich die flüssigen Nichtleiter bei der Erhitzung. ACHARD liefs von dem innern Belege einer geladenen Flasche einen Messingdraht in Terpentinöl von der Temperatur = -8° R. gehen, konnte aber keine Entladung bewirken, als er einen mit der äufsern Belegung communicirenden Draht der Oberfläche desselben näherte, so wie er aber dasselbe zum Kochen brachte, konnte er Funken wie aus einem eisernen Drahte daraus ziehen. Den Schwefel fand ich selbst im geschmolzenen Zustande als einen Leiter. Auch für die mit so höchst schwacher Spannung begabte Elektricität einer gewöhnlichen Volta'schen Säule fand ich rothglühendes Glas, geschmolzenes Siegelack als gute Leiter.

Dafs viele unvollkommene Leiter durch Erwärmung bis zu einem gewissen Grade vielmehr von ihrem Leitungsvermögen verlieren, zu wahren Isolatoren werden, steht jenem allgemeinen Gesetze der Wirkungsart der Wärme nicht entgegen, da jene Veränderung nur von denjenigen Körpern gilt, welche ihre leitende Eigenschaft ihrer hygroskopischen Feuchtigkeit verdanken, durch deren Entfernung die Abnahme ihre Leitungsfähigkeit, die nur von dieser abhängt, allerdings gröfser ist, als die Zunahme des Leitungsvermögens vermöge der Erwärmung. Dieses gilt namentlich von den meisten Steinen, besonders dem Marmor, vom Holz, Papier, Pergament, Leder, Leinwand, Wolle; doch werden alle diese Körper allmählig wieder bessere Leiter, so wie nach der vollkommenen Austrocknung die Erwärmung allmählig noch weiter zunimmt. Erhitzt man daher den Cylinder oder die Scheibe einer Elektrisirmaschine zu stark, um sie von der anhängenden Wasserhaut zu befreien, so leisten sie anfangs nur geringe Dienste.

Auch für die flüssigen Leiter, wie *Wasser* und die *Salzauflösungen* aller Art, gilt es ganz allgemein, dafs ihr Leitungsvermögen für Elektricität erhöht wird, wie namentlich aus MARIANNI's in dieser Hinsicht mit Genauigkeit angestellten Versuchen erhellt, von denen bereits unter dem Artikel *Galvanismus*¹ Rechenschaft gegeben worden ist. Merkwürdig war es hierbei, dafs die Zunahme des Leitungsvermögens bei verschiedenen Flüssigkeiten um so geringer ausfällt, je bessere Leiter diese Flüssigkeiten an und für sich sind.

1 Dieses Wörterb. Bd. IV. Abth. 2. S. 790.

Ueberraschen muß es nun in hohem Grade, daß gerade für die vollkommensten Leiter, *die Metalle*, dieser Einfluß der Erwärmung auf die Leitungsfähigkeit sich auf eine ganz entgegengesetzte Weise verhält, indem diese mit der *Erwärmung vielmehr abnimmt* und mit der *Erkältung wächst*. Dieses interessante Resultat erhielt H. DAVY¹ durch ganz ähnliche Versuche, wie diejenigen, von denen bereits oben die Rede gewesen, durch welche derselbe den Einfluß der Länge und Masse auf das Leitungsvermögen ausmittelte. Wurde z. B. ein 3 Zolle langer und $\frac{1}{10}$ Zoll dicker Platindraht unter Oel kalt erhalten, so entlud er vollständig die Elektrizität zweier Batterien oder von zwanzig Doppelplatten, vermochte aber in der Luft, in der die Entladung ihn erhitzte, bloß eine Batterie zu entladen. Hierbei ist es einerlei, ob die Hitze des Drahtes durch die Elektrizität selbst oder ob sie von irgend einer andern Ursache hervorgebracht wird. Ein Platindraht z. B., der eine solche Länge und Dicke hatte, daß er eine große Anzahl von Doppelplatten entlud, ohne dadurch bedeutend erhitzt zu werden, verlor, wenn ein Theil desselben mittelst einer Weingeistlampe rothglühend gemacht wurde, das Vermögen, die gesammte Elektrizität dieser Batterie zu entladen, wie sich durch die starke Gasentbindung zeigte, die in der zweiten halbschließenden Kette (in der Röhre nämlich, in welche von der Batterie aus feine Silberdrähte gingen) statt fand und welche sogleich aufhörte, wenn man die Quelle der Hitze entfernte. Ein gleiches Resultat zeigte ein anderer Versuch, der durch die damit verbundenen Umstände etwas sehr Auffallendes hat. Hatte z. B. DAVY in einem Volta'schen Kreise einen 4 bis 5 Zoll langen so dünnen Platindraht angebracht, daß die Elektrizität, welche durch ihn hindurchging, ihn in seiner ganzen Länge rothglühend machte, und brachte er irgend einen Theil desselben durch die Flamme einer Spirituslampe, welche er darunter hielt, zum *Weißglühen*, so erkaltete augenblicklich der Ueberrest des Drahtes bis unter die Temperatur des sichtbaren Glühens, und hielt er umgekehrt an irgend eine Stelle des rothglühenden Drahtes ein Stück Eis oder trieb auf sie einen Strom kalter Luft, so wurden augenblicklich alle übrige Theile des Drahtes viel heißer und kamen vom Rothglühen zum Weißglühen.

1 G. a. a. O. 249.

Die hier vorangeschickten Resultate haben uns nun den Weg gebahnt, die verschiedenen Körper selbst in Rücksicht auf ihr Leitungsvermögen mit einander zu vergleichen und den Einfluß, den ihre besondere Natur und Qualität auf dasselbe hat, mit Genauigkeit bestimmen zu können. Da nämlich Masse, Ausdehnung in die Länge und Temperatur das Leitungsvermögen eines jeden Körpers so auffallend modificiren, so begreift man von selbst, daß der Antheil, den bei jedem Körper seine besondere Natur an seinem Leitungsvermögen hat, nur dann richtig bestimmt wird, wenn die Körper unter gleichen Verhältnissen der Länge den Durchschnitten und der Temperatur nach mit einander verglichen werden. Da ferner das Leitungsvermögen, wie es scheint für alle Körper, im umgekehrten Verhältnisse der Länge steht, in welcher sie bei gleichem Durchschnitte in den leitenden Kreis aufgenommen werden, so sieht man zugleich, daß die *verschiedenen Längen*, bei welchen die verschiedenen Körper *einen gleichen Grad von Leitung* gewähren, unmittelbar das Maß ihres Leitungsvermögens sind, dagegen bei denselben Graden der Leitung das Leitungsvermögen der verschiedenen Körper bei gleicher Länge, in welcher sie angewandt werden, im *umgekehrten Verhältnisse der Durchschnitte* stehen wird.

IV. Reihe der Leiter und Nichtleiter nach dem Grade ihres Leitungsvermögens geordnet.

A. L e i t e r.

a) *Metalle*. Die vollkommensten Leiter sind die Metalle und sie übertreffen in dieser Hinsicht in einem ganz außerordentlichen Grade alle übrige Leiter. Nimmt man das Leitungsvermögen des Wassers als Einheit an, so kann man das der Metalle im Allgemeinen wohl als mehrere millionenmal größer betrachten. CAVENDISH hat, wie bereits bemerkt wurde, dasselbe auf 400,000,000 mal größer geschätzt. Ich fand¹ bei Vergleichung des Leitungsvermögens einer concentrirten Sal-

1 Der Elektromagnetismus. S. 98.

miakauflösung mit Eisendraht, dafs, um einen gleichen Grad von Leitung zu gewähren, bei gleicher Länge eine Säule der Flüssigkeit von einem 247416 mal größeren Durchschnitte erforderlich war, was mit dem Resultate von CAVENDISH wohl zusammenstimmt, da man ohne Fehler annehmen kann, dafs eine solche Salmiakauflösung mehrere hundertmal besser leitet, als destillirtes Wasser. Nach DAVY's Versuchen¹ entlud eine gesättigte Lösung von Kochsalz von einem Zoll Ausdehnung, an beiden Seiten in Berührung mit Platin, dessen an die Lösung angrenzende Oberfläche 7,2 Quadratzolle betrug, nicht völlig zwei Paar Platten jener Batterie, welche DAVY in diesen Versuchen gewöhnlich anwandte, während ein Platindraht von 1 Zoll Länge und $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmesser 60 Paar völlig entlud. Das außerordentliche Leitungsvermögen der Metalle ergibt sich auch aus der Geschwindigkeit, mit welcher die Elektrizität durch die größten bis jetzt versuchten Strecken fortgeleitet wird. Die dahin gehörigen Versuche sind bereits unter dem Artikel *Leidner Flasche*² angeführt worden. Aus diesen ergibt sich, dafs wenigstens für eine Strecke von 6000 Fufs die Durchbewegung instantan war, ein Resultat, wodurch frühere Versuche BECCARIA's³, welcher schon für eine Strecke von 500 par. Fufs eine Zeit von 0,5 Secunde zur Fortleitung beobachtet haben wollte, als irrig dargestellt werden.

Ein Gegenstand vielfacher Untersuchungen ist dann ferner die Ausmittelung der *Stufenfolge* der Metalle unter sich in Rücksicht auf ihr Leitungsvermögen gewesen. Die ersten Versuche dieser Art hat PRIESTLEY⁴ nach einem vom Dr. FRANKLIN ihm gemachten Vorschlage angestellt. Er liefs zu diesem Ende den Schlag einer Batterie jedesmal durch zwei an einander gehakte Drähte von gleicher Länge und Dicke, deren relatives Leitungsvermögen er mit einander vergleichen wollte, gehen und bestimmte dadurch zunächst nur die Ordnung, in welcher die Metalle durch diesen Schlag mehr oder weniger leicht geschmolzen oder gar zerstreut wurden. Sie war folgende, von dem am leichtesten schmelzbaren anhebend: *Eisen, Messing, Kupfer,*

1 G. LXXI. 254.

2 Dieses Wörterb. Th. IV. Abth. 1. S. 587.

3 PRIESTLEY's Geschichte der Elektrizität. S. 136.

4 Ebend. S. 486.

Silber, Gold. Wurde das eine Metall zerstreut, während das andere nur theilweise geschmolzen wurde, so brachte PRAESTLEY die völlige Zerstreung als größeren Grad der Schmelzbarkeit in Rechnung. So zeigte sich bei Vergleichung des Kupfers mit Silber, daß der silberne Haken bloß abgeschmolzen war, als das Kupfer zerstreut ward. Da er sich keine bleiene und zinnene Drähte verschaffen konnte, so nahm er Stücke dieser Metalle, welche in Platten von gleicher Dicke gerollt waren, schnitt Streifen von einerlei Länge und Breite daraus, liefs den Schlag hindurch gehen und fand, daß das Blei am ersten nachgab. PRAESTLEY bemerkt sehr richtig, daß diese Ordnung nicht mit derjenigen der Schmelzbarkeit der Metalle durch die Wärme übereinstimme, und scheint dieselbe als die Ordnung der Leitungsfähigkeit für Elektrizität anzusehn, also zunehmend vom Eisen zum Golde, was man wenigstens daraus abnehmen kann, daß er bei Vergleichung des Bleies mit dem Zinne bemerkt, er habe erwartet, das Zinn würde eher als das Blei schmelzen, allein nach WILKEN'S Versuchen sey das Blei ein schlechterer Leiter, als irgend ein anderes Metall.

Diese Art von Versuchen ist später sehr vielfältigt und noch bestimmter zur Ausmittelung der Ordnung der Leitungsfähigkeit benutzt, aber von den verschiedenen Physikern in einem entgegengesetzten Sinne gedeutet worden. VAN MARUM hat vorzüglich genauere Versuche über die verschiedene Schmelzbarkeit der Metalle durch elektrische Entladungen angestellt¹. Nach ihm sind die Metalle in folgender Ordnung schwerer schmelzbar: *Zinn* und *Blei* mit sehr geringem Unterschiede, *Eisen* mit einem äußerst geringen Unterschiede von den vorigen, *Gold* mit einem mäßigen von Eisen, *Messing* und *Silber* mit einem geringen Unterschiede unter sich, aber mit einem beträchtlichen vom Golde, *Kupfer* endlich wieder mit einem grossen. VAN MARUM fand², daß, wenn er in drei verschiedenen Versuchen neben Drähten von Kupfer, Eisen und Messing, alle drei von 14 Zoll Länge und $\frac{1}{5}$ Zoll Durchmesser, einen Eisendraht von $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser ausgespannt hätte und nun jedesmal eine gleiche Entladung seiner Batterie durchgehen liefs, bei der Anwendung des Eisendrahtes der feine daneben ausge-

1 *Première Continuation etc.* Haarlem 1787, p. 16.

2 *Ebend.* p. 166.

spannte Eisendraht grofsentheils, bei Anwendung des Messingdrahtes nur zu einem kleinen Theile, bei Anwendung des Kupferdrahtes gar nicht beschädigt wurde. Diese so verschiedene Wirkung derselben Entladung glaubte VAN MARUM aus keiner andern Ursache ableiten zu können, als dafs das elektrische Fluidum weniger Widerstand im Kupfer, als im Messing, und in diesem weniger als im Eisen findet und folglich das Kupfer von diesen dreien bei gleicher Dicke und Länge der beste, das Eisen der schlechteste Leiter sey, woraus dann noch weiter der allgemeine Schluß gezogen werden könnte, dafs jene oben angegebene Ordnung der Schmelzbarkeit der Metalle durch die Elektrizität zugleich auch die Ordnung ihrer Leitungsfähigkeit seyn würde, fortschreitend von dem schmelzbarsten, dem *Eisen*, als dem schlechtesten Leiter, zu dem unschmelzbarsten, dem *Kupfer*, als dem vollkommensten Leiter. RITTER¹ suchte in einer ausführlichen kritischen Beleuchtung der van Marum'schen Versuche und durch Vergleichung mit anderweitigen Erfahrungen gerade das entgegengesetzte Resultat in Ansehung der Ordnung der Metalle zu begründen. Er geht nämlich von dem Satze aus, dafs die Wärme, wovon das Schmelzen der Metalle abhängt, sich stets verhalten werde wie die Gröfse des elektrischen Processes, welcher nach ihm unmittelbare nächste Ursache ist, und also auch wie das, was ihn bedingt, das Mafs der Leitung. Es gehörte demnach weiter nichts dazu, als dafs sich die Schmelzbarkeiten der Metalle wie ihre elektrischen Leitungen verhielten, damit auch ihre wirklichen Schmelzungen durch Elektrizität sich so verhielten. Dieses Verhältnifs findet aber nicht statt. Die Schmelzbarkeit der Metalle durch die Wärme befolgt eine andere Ordnung, als die durch die Elektrizität. Der Grund hiervon kann nur in ihrer verschiedenen Leitung der Elektrizität liegen, die nicht gleichen Schritt hält mit ihrer Schmelzbarkeit, und es folgt daher nothwendig, dafs die Schmelzbarkeit des Metalls durch Elektrizität das *Product* ist aus dem Grade seiner Leitung und dem Grade seiner Schmelzbarkeit durch Wärme und dafs die Reihe dieser Schmelzbarkeiten, so wie die Reihe dieser Producte vollkommen parallel laufen. Das Mafs der Schmelzbarkeit durch Wärme ist die Entfernung des wirklichen Wärmegrades, bei welchem das Metall schmilzt, von

1 Elektrisches System der Körper. S. 170.

einem und demselben Punkte der Thermometerscale, z. B. von dem 0 Punkte, multiplicirt mit der Wärmecapacität des Metalls. Dieses Product giebt nämlich die absolute Menge von Wärme an, die ein Metall zu seinem Schmelzen erfordert. Diese absoluten Mengen von Wärme, als das Mafs der Schmelzbarkeit, gelten aber nur von gleichen Massen oder Gewichten.

RITTER theilt demnach eine von ihm berechnete Tabelle mit, welche die Menge der absoluten Wärme für gleiche Volumina der geschmolzenen Metalldrähte darstellt als Producte der Entfernungen ihrer Schmelzpunkte vom 0 Punkte, ihrer Wärmecapacitäten und ihrer specifischen Gewichte. Die Schmelzbarkeiten selbst werden sich demnach gerade verhalten, wie die von gleichen absoluten Mengen von Wärme wirklich geschmolzenen Volumina, die durch diese Tabelle unmittelbar gegeben sind. Wäre nun die Leitung der Metalle für Electricität gleich und eben damit auch die Menge der erzeugten Wärme, so würden die Längen der durch gleiche elektrische Entladungen geschmolzenen Drähte von gleichem Durchmesser in folgendem Verhältnisse gegen einander gestanden haben:

Zinn	Blei	Messing	Silber	Kupfer	Gold	Eisen
120	113,6	6,687	5,752	5,288	4,705	1,347.

Was *mehr* oder *weniger* geschmolzen wurde, als nach der blofsen Wärmeschmelzbarkeit, ist als Folge besserer oder geringerer Leitung zu betrachten.

Es schmolzen aber von Messing 26, von Silber 46, von Kupfer 38, von Gold 0,223 *weniger*, von Blei 0,056 und von Eisen 2,707 *mehr*, als, die Länge des geschmolzenen Zinns zum Mafsstabe angenommen, bei gleich guter Leitung durch alle Metalle nach der blofsen Wärmeschmelzbarkeit hätte geschmolzen werden sollen. Jene Metalle, von welchen weniger geschmolzen wurde, waren demnach *schlechtere*, die, von welchen mehr geschmolzen wurde, *bessere* Leiter der Electricität. Demnach würde sich folgende Ordnung der Metalle in Ansehung ihrer Leitungsfähigkeit, von dem vollkommensten Leiter anhebend, ergeben:

Eisen, Blei, Zinn, Gold, Messing, Silber, Kupfer.

Nimmt man aber zugleich auf die verschiedene Länge der Metalle Rücksicht, aus welcher jene Ordnung abgeleitet ist und welche, da sie beim Blei und Zinn so viel gröfser war, ihrer Leitung wieder nachtheilig werden mußte, so ergiebt sich die

wahre Ordnung der Metalle in Rücksicht auf ihre Leitungsfähigkeit als folgende:

Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, (Messing, Silber, Gold).

Aus ähnlichen Versuchen über Wärmeerzeugung und Schmelzung des Platins folgert RITTER ferner, daß dasselbe allen übrigen Metallen an Leitungsfähigkeit nachstehe.

RITTER übersah die Schwierigkeit nicht, welche sich aus den Versuchen VAN MARUM'S entgegenstellte. In denselben wurde die Batterie jedesmal gleich vollkommen entladen, sämtliche Drähte leiteten also dieselbe absolute Menge von Elektrizität. Die verschiedene Leitung kann also nicht auf die absolute Menge, sondern auf die grössere oder geringere Geschwindigkeit, mit welcher dieselbe absolute Menge von Elektrizität geleitet wird, bezogen werden, woraus sich dann der veränderte Ausdruck ergibt, daß die Schmelzbarkeiten der Metalle durch Elektrizität sich verhalten wie die Producte aus dem Grade der Geschwindigkeit, mit welcher die Metalle leiten, und den Schmelzbarkeiten der Metalle durch die Wärme. RITTER zieht hieraus ferner das Resultat, daß eine und dieselbe Menge von Elektrizität der Intensität und Extensität nach um so mehr Wärme hervorbringe, je schneller, und um so weniger, je langsamer sie geleitet werde, oder daß die durch einerlei Menge von Elektrizität erzeugten Wärmen sich umgekehrt wie die Entladungszeiten verhalten, welche ungeachtet des scheinbar instantan erfolgenden Batteriefunkens doch sehr verschieden seyn können und seyn müssen. Hieraus folgt ferner noch, daß eine und dieselbe Menge von Elektrizität um so mehr Wärme hervorbringen müsse, je höher die Spannung ist, aus der sie in das O übergeht, und die Uebereinstimmung dieses Schlusses mit der Erfahrung und folglich auch die Richtigkeit der Prämissen, aus welchen er abgeleitet ist, findet RITTER in CUTHBERTSON'S Versuchen über Schmelzung verschiedener Längen von Metalldrähten, welcher nämlich gefunden hatte, daß dieselbe Menge von Elektrizität in dem Verhältnisse eine grössere Länge schmolz, in welchem durch Anhäufung auf einer kleineren Oberfläche ihre Spannung höher war.

RITTER findet in jener Ordnung der Metalle zugleich einen merkwürdigen Zusammenhang mit ihrer Oxydabilität und stellt das allgemeine Gesetz auf, daß das *Leitungsvermögen der Metalle in geradem Verhältnisse mit ihrer Oxydabilität stehe.*

Er nimmt noch andere Erfahrungen zu Hülfe, welche für das größere Leitungsvermögen der mehr oxydablen Metalle sprechen sollen und nach denen besonders das *Zink*, das an Oxydabilität jene oben genannten Metalle noch übertrifft, sich als der *vorzüglichste Leiter* unter den Metallen verhalten soll. Diese Erscheinungen sind hauptsächlich aus der Sphäre des Galvanismus hergenommen und unter diesem Artikel zu finden, namentlich die Folgereihe, in welcher die Metalle durch Interpolation zwischen den feuchten Leiter die chemische Wirkung der Säule schwächen und ganz aufheben, die gleiche Stufenfolge, in welcher die Metalle in Form von Bogen die Flüssigkeit der *einfachen Kette* unterbrechen, die Wirkung derselben schwächen oder ganz aufheben, der große Vorzug in Beförderung der Gasentwicklung bei Anwendung der mehr oxydablen Metalle, besonders des Zinks als Zuleiter in die Gasentbindungsröhren und die Nothwendigkeit, die negativen Metalle in einer viel größern Berührungsfläche mit dem flüssigen Leiter anzuwenden, als die positiven Metalle, um das Maximum von Wirkung zu erhalten¹. Was nun diese letzteren Beweise betrifft, wodurch sich gerade eine der auf anderen Wegen gefundenen *entgegengesetzte* Stufenfolge der Metalle in ihrem elektrischen Leitungsvermögen zu ergeben scheint, so sind die Erscheinungen, aus denen jene hergeleitet wurden, zu complicirt, um mit Sicherheit jenen Schluß daraus ziehen zu können, da das electromotorische Verhalten der verschiedenen Metalle gegen die Flüssigkeiten hierbei wesentlich mitwirkt und überhaupt ganz eigenthümliche Gesetze der Leitung da zu herrschen scheinen, wo Flüssigkeiten und Metalle mit einander abwechseln und die chemische Wechselwirkung mit in Betracht kommt, weswegen sie nicht mit den Gesetzen der Leitung durch die Metalle an und für sich verwechselt werden dürfen. Was aber die Deutung betrifft, welche RITTER den van Marum'schen Versuchen giebt und durch welche allerdings die Leitungsfähigkeit der Metalle an und für sich durch ihre Masse hindurch bestimmt wird, so läßt sich auch gegen diese Manches einwenden. Da die größte Quantität von Electricität, wenn sie durch Leiter von hinlänglich großer Ausdehnung fortgepflanzt wird, auch nicht die kleinste Spur von Wärmeerzeugung giebt, so geht schon hieraus hervor, daß

¹ Dieses Wörterb. Th. IV. Abth. 2. S. 916, 667, 891 u. 1005.

die Menge der erzeugten Wärme auf keinen Fall eine unmittelbare Folge der Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten ist und auch nicht, wie RITTER will, im geraden Verhältnisse der absoluten Menge dieser Elektricitäten und dem umgekehrten der Dauer der Zeit, in welcher diese Ausgleichung geschieht, oder dem geraden der Geschwindigkeit der Fortleitung steht. Vielmehr deuten die meisten Erscheinungen darauf hin, daß es der Widerstand oder die relative Isolation, welche auch bei den vollkommensten Leitern noch existirt, vorzüglich seyn dürfte, was zur Wärmeerzeugung beiträgt. Und so würden jene Versuche gerade die von RITTER aufgestellte Ordnung der Metalle in einem entgegengesetzten Sinne betrachten lassen. Dieses war namentlich die Ansicht CHILDERN's¹, als er den Grad der Erhitzung untersuchte, den Drähte von gleicher Dicke ($\frac{1}{32}$ ") und gleicher Länge (8") erlitten, als er den elektrischen Strom seiner mächtigen Batterie von 20 einfachen Zink- und 20 Doppelplatten von Kupfer, jede von 6' Länge und 2' 8" Breite, durch sie hindurchgehen liefs. Die Ordnung, in welcher sich die Metalle erhitzten, von dem am stärksten erglühenden anhebend, war: *Platin, Eisen, Kupfer, Gold, Zink, Silber*, und CHILDERN erklärt diese Ordnung als die umgekehrte ihres Leitungsvermögens, weil die Elektricität um so mehr Wärme erzeuge, je mehr Widerstand sie in ihrem Durchgange erfahre.

Aus demselben Gesichtspuncte hat ganz neuerlich der Engländer HARRIS unmittelbar aus der Menge der Wärme, welche beim Durchgange der gleichen Entladungen einer Batterie durch Metalldrähte von gleicher Länge und Dicke erzeugt wird, die Ordnung der Metalle als Leiter zu bestimmen gesucht². Die Menge der erzeugten Wärme selbst hat er durch einen einfachen Apparat, nämlich durch eine Art von Luftthermometer, mit Genauigkeit auszumitteln sich bemüht. Die Drähte wurden nämlich horizontal durch eine gläserne Kugel von 3" im Durchmesser quer hindurchgeführt, welche mit einer doppelt gebogenen Röhre in Verbindung stand, in deren kürzeren, da, wo die Kugel aufgeschraubt war, etwas erweiterten Schenkel vorher eine gefärbte Flüssigkeit gegossen wurde, die in dem längeren Schenkel dann bis zu gleicher Höhe stieg, wo das 0 bemerkt wurde.

1 G. XXXVI. 364.

2 Phil. Trans. for 1827. p. 18. Poggend. Ann. XII. 2. 279.

Die angewandten Drähte hatten $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{80}$ Zoll Dicke, doch wurden immer nur die von gleicher Dicke mit einander verglichen. Durch die beim Durchgange des Schlages erzeugte Erhitzung wurde die Luft in der Kugel ausgedehnt und die Flüssigkeit in dem langen Schenkel dadurch in die Höhe getrieben. Die Höhe, bis zu welcher diese Flüssigkeit stieg, zeigte den Grad der Ausdehnung und damit den Grad der Erhitzung des Metalldrahtes an. Die nachfolgende Tafel enthält sämtliche auf diesem Wege erhaltene Resultate:

Metalle und ihre Legirungen	Ausdehnung der Luft
Kupfer	6
Silber	6
Kupfer 1 Silber 1	6
— 1 — 3	6
— 3 — 1	6
Gold	9
— 1 Kupfer 3	15
— 1 Silber 3	15
Zink	18
Messing	18
Kupfer 8 Zinn 1	18
Gold 1 Kupfer 1	20
— 1 Silber 1	20
— 3 Kupfer 1	25
— 3 Silber 1	21
Zinn 1 Zink 1	27
Platin	30
Eisen	30
Zinn 3 Zink 1	32
Zinn	36
Zinn 3 Blei 1	45
Zinn 1 Blei 1	54
Zinn 1 Blei 3	63
Blei	72

Diesen Versuchen zufolge würden demnach die Metalle nach ihrem Leitungsvermögen, sofern dasselbe als ihrer Erhitzung umgekehrt proportional angenommen wird, folgende Ordnung, von dem besten Leiter ausgehend, befolgen: (Kupfer, Silber,) Gold, (Zink, Messing,) (Platin, Eisen,) Zinn, Blei,

und sofern man die Verhältnisse der Leitungsvermögen nach den Verhältnissen der Zahlen, welche die Erhitzung messen, bestimmen wollte, würde das Leitungsvermögen des Goldes zu dem des Silbers oder Kupfers wie 2:3, das des Zinks oder Messings zu dem des Silbers oder Kupfers wie 1:2, das des Platins oder Eisens zu eben denselben wie 1:5, des Zinnes wie 1:6, endlich des Bleies wie 1:12 sich verhalten.

Es ist hierbei merkwürdig, daß eine sehr kleine Beimischung eines andern Metalles einen sehr großen Einfluß auf das Leitungsvermögen äußert, worin eine große Uebereinstimmung mit dem großen Einflusse kleiner Beimischungen auf das galvanische Verhalten liegt¹. Die Form, in welcher dieselbe Masse von Metall angewandt wurde, schien keinen Einfluß auf das Leitungsvermögen desselben, nach dem Grade der Erhitzung gemessen, zu haben. Ob der metallische Draht cylindrisch oder zu einem Bande ausgestreckt oder in vier kleinere Drähte getrennt war, immer war die Erhitzung dieselbe, ein Resultat, welches mit dem bereits aus BECQUEREL's und DAVY's Versuchen abgeleiteten übereinstimmt.

Es ist auffallend, wie sehr die von HARRIS gefundene Ordnung der Erhitzung von derjenigen abweicht, welche DAVY beobachtete, da er gleich lange und gleich dicke Drähte von verschiedenen Metallen in den Schließungsbogen einer mächtigen Volta'schen Säule brachte, welche so angeordnet war, daß sie als zwei Metallflächen (als eine einzige Zinkfläche und doppelt so große Kupferfläche) wirkte². Am stärksten erhitzt wurde das Eisen, dann Palladium, Platin, Zinn, Zink, Gold, Blei, Kupfer, Silber, das unter allen am wenigsten erhitzt wurde. Die auffallendste Abweichung betrifft die Stelle des Bleies, Zinns und Zinks. DAVY hat nicht näher angegeben, auf welche Weise er mit Genauigkeit die relative Erhitzung gemessen habe. Wie es scheint, war für ihn die Temperatur, bis zu welcher eine nicht leitende Flüssigkeit, worunter sich die Drähte befanden, erhitzt wurde, das Maß derselben. Bei der Vergleichung dieser Ordnung der Erhitzung mit der Ordnung des auf eine mehr unmittelbare Weise gefundenen Leitungsvermögens der Metalle gelangte dann auch DAVY zu dem Resultate, daß diese Ordnungen

1 Vergl. Bd. IV. Abth. 2. S. 606.

2 G. LXXI. 259.

die entgegengesetzten seyen und die Erhitzung um so mehr zunehme, je größeren Widerstand die Metalle leisten. DAVY bemerkt noch Folgendes. Dafs die Beziehungen auf die Wärme (die Grade der Erhitzung) dieselben seyen, welche Intensität auch die Elektricität besitze, habe sich ihm dadurch bewiesen, dafs, als er Entladungen Leidner Battereien durch Drähte, welche sich unter Wasser befanden, hindurchgehen liefs, diese sich in derselben Folge erhitzten, als durch Volta'sche Battereien, indem dabei Eisen eher schmolz als Platin, Platin eher als Gold und so fort. Indessen stimmen andere Versuche DAVY'S mit der Behauptung, dafs die Intensität der Elektricität keine besondere Beziehung auf Wärmeerregung habe, nicht überein, aus denen sich nämlich das Resultat ergab, dafs die Elektricität mit desto geringerer Schwierigkeit durch schlechte Leiter hindurchgeht, je gröfser ihre Intensität ist, woraus nothwendig folgt, dafs, da die Wärmeerzeugung auf irgend eine Art eine Function des Widerstandes, welchen die Elektricität in ihrem Durchgange erfährt, und also auch, was auf eines hinausläuft, eine Function des jedesmaligen Grades der Leitung ist, diese Wärmeerzeugung von der Intensität der Elektricität, nach der sich die Leichtigkeit der Leitung, namentlich in den schlechtern Leitern, richtet, mit abhängig seyn mufs. Dieses wird auch durch folgende Erscheinung bestätigt. In einer Volta'schen Batterie von solcher Art, dafs die Menge der durch sie in Thätigkeit gesetzten Elektricität sehr grofs, die Intensität derselben aber sehr schwach ist (als nämlich DAVY die Zink- und Kupferplatten so mit einander verband, dafs sie nur eine einzige Zinkplatte von 20 bis 30 Quadratfufs Oberfläche und eine doppelt so grofse Kupferplatte bildeten und die Tröge mit Wasser gefüllt wurden, dem nur wenig Säure zugemischt war), verhielt sich *Kohle*, die mit den andern Theilen des Schliessungskreises nur in wenigen Punkten in Berührung stand, fast eben so sehr als ein isolirender Körper, wie Wasser, und kam nicht zum Glühen, und selbst Platindraht wurde in ihr nicht erhitzt, wenn der Durchmesser desselben kleiner als $\frac{1}{8}$ " und die Länge 3 oder 4 Fufs war. Eine solche Batterie machte einen 1 Fufs langen und $\frac{1}{3}$ " dicken Platindraht kaum heifs, indafs sie einen eben so langen und dicken Silberdraht zum Rothglühen brachte und eine gleiche Länge von *dickerem* Platin- oder Eisendraht sehr heifs machte. Diese Versuche beweisen auf das augenscheinlichste, wie unsicher es

ist, aus dem Grade der Wärmeezeugung irgend einen Schluß auf den Grad des elektrischen Leitungsvermögens zu machen¹, und wir wenden uns daher zu den genaueren und auf eine mehr directe Weise das Leitungsvermögen bestimmenden Methoden DAVY'S und BECQUEREL'S, von denen schon oben ausführlich die Rede gewesen ist. Da nämlich durch die oben mitgetheilten Versuche ausgemacht ist, daß das Leitungsvermögen der Metalle bei gleichem Durchschnitte im umgekehrten Verhältnisse ihrer Länge und bei gleicher Länge im geraden Verhältnisse ihres Durchchnittes oder genauer ihrer Masse steht, so geben bei gleicher Leitung, für welche DAVY die jedesmalige vollständige Entladung irgend einer Volta'schen Batterie als Kennzeichen brauchte, so daß in der zugleich damit durch feine Silberdrähte verbundenen Gasentbindungsröhre keine weitere Spur von Gasentwicklung statt fand, die verschiedenen Längen gleich dicker Drähte der verschiedenen Metalle, bei welchen diese vollständige Entladung statt fand, unmittelbar das Verhältniß ihrer Leitungsvermögen. Auf diese Weise mittelte dann DAVY aus, daß beim Entladen der Elektrizität von 60 Plattenpaaren gleich wirkten: 1 Zoll Platindraht, 6 Zoll Silberdraht, $5\frac{1}{2}$ Zoll Kupferdraht, 4 Zoll Golddraht, 3,8 Bleidraht, 0,9 Zoll Palladiumdraht, 0,8 Zoll Eisendraht, als alle diese Drahte eine gleiche Dicke hatten und sich in einer sie kalt erhaltenden Flüssigkeit befanden. Ein anderes Maß war bei gleicher Länge und Dicke der Drähte die Zahl der Plattenpaare der Volta'schen Batterie, die vollständig entladen wurden. So fand DAVY unter der Vorsicht, daß die Drähte so kalt als möglich durch Untertauchung in ein Becken mit Wasser erhalten

1 OHM hat in einer scharfsinnigen Erörterung (Kastner's Archiv, XVI. 1. S. 1.) die Gesetze, nach welchen sich das Erglühen von Metalldrähten durch die galvanische Kette richtet, theoretisch herzuleiten gesucht und selbst genaue Formeln für diese Gesetze geliefert. Durch diese Erörterung ist aber kein Resultat für Bestimmung des verschiedenen Leitungsvermögens verschiedener Metalle unmittelbar gewonnen und wir halten daher den Artikel: *Säule, Volta'sche*, für den mehr geeigneten Ort, unsere Leser mit jener schätzbaren Arbeit bekannt zu machen, durch welche die Gesetze für das Erglühen von Metalldrähten, wie sie von uns bereits nach den vorhandenen Versuchen (dieses Wörterbuch Bd. IV. Abtheil. 2. S. 921.) vollständig aufgestellt worden sind, aus einem allgemeinen Principe abgeleitet werden.

wurden, die ganze Elektrizität von folgender Anzahl von Plattenpaaren (Zink mit doppeltem Kupfer), indem die Flüssigkeit der Tröge aus 15 Theilen Wasser und einem Theile Salpetersäure bestand, bei einer Länge der Drähte von 6 Zoll und einem Durchmesser von $\frac{1}{20}$ Zoll entladen: durch Silberdraht von 65 Paaren, Kupferdraht 56, Zinkdrath 12, Platindrath 11, Eisen 6, durch Bleidraht von $\frac{1}{20}$ Zoll Durchmesser gleichfalls von 56 Paaren, wie es schien.

Indefs bemerkt DAVY, daß bei mehrmaliger Wiederholung dieser Art von Versuchen die Resultate nie ganz dieselben waren, wiewohl sie manchmal einander sehr nahe kamen, indem namentlich bei starker Ladung der Batterie und also bei hoher Intensität der Elektrizität die besten und die schlechtesten Leiter sich wenig verschieden zeigten, wogegen bei schwachen Ladungen ihre Verschiedenheit gröfser ausfiel. Legen wir die erste Reihe von Versuchen zum Grunde und nehmen wir das Leitungsvermögen des Eisens als des schlechtesten Leiters zur Einheit an, so werden die Leitungsvermögen der verschiedenen Metalle durch folgende Zahlen repräsentirt:

Silber 7,5, Kupfer 6,7, Gold 5, Blei 4,6, Platin 1,2, Palladium 1,1, Eisen 1.

Etwas abweichend hiervon ist die Stufenfolge, welche BECQUEREL durch die Anwendung des bereits oben erwähnten Verfahrens erhielt, indem er nämlich die Schälchen a, b und c, d Fig. 26. durch Drähte von verschiedenen Metallen von gleicher Dicke mit einander verband und ausmittelte, in welchem Verhältnisse ihre Längen gegen einander stehen mußten, damit die Nadel nicht abwich oder damit sie beiderseits gleich viel Elektrizität leiteten. Diese Längen selbst waren dann das Mafß ihres Leitungsvermögens, da der längere Draht in dem Verhältnisse, in welchem er durch seine gröfßere Länge an Leitungsvermögen verlor, diesen Verlust durch die auf seiner spezifischen Beschaffenheit beruhende Stärke seines Leitungsvermögens wieder compensirt haben mußte. So fand dann BECQUEREL folgende Zahlenwerthe für das Leitungsvermögen der Metalle:

Kupfer 100, Gold 93,60, Silber 73,60, Zink 28,50, Zinn 25,50, Platin 16,40, Eisen 15,80, Blei 8,30, Quecksilber 3,40, Kalium 1,33.

Kalium und Quecksilber waren in calibrirten Röhren angewandt, deren Durchmesser mit Genauigkeit bestimmt wurde. Wie nahe

die nach der Methode von HARRIS gefundenen Gröſſen des Leitungsvermögens mit den Werthen von BECQUEREL übereinstimmen, ergibt sich aus nachfolgender Tabelle, worin das Leitungsvermögen des Kupfers gleichfalls durch 100 ausgedrückt und die übrigen Zahlen nach dem Verhältnisse des Grades der Erhitzung bestimmt sind:

Kupfer 100, Gold 66,6, Silber 100, Zink 33,3, Zinn 16,6,
Platin 20, Eisen 20, Blei 8,3.

OHM¹ fand für Drähte verschiedener Metalle von gleichem Durchmesser folgende Längen gleichen Leitungswerthen entsprechend, indem er nämlich die verschiedenen Drähte als Schließungsdrähte unter möglichst gleichen Umständen in die galvanische Kette brachte und sie so lange verkürzte oder verlängerte, bis eine gleiche Ablenkung der Magnetnadel bewirkt wurde:

Kupfer 1000, Gold 574, Silber 356, Zink 333, Messing
280, Eisen 174, Platin 171, Zinn 168, Blei 97.

Man sieht, daß diese Reihe und ihre Werthe auf eine höchst auffallende Weise mit derjenigen von BECQUEREL übereinstimmen, doch schenkt OHM selbst seinen Versuchen kein volles Vertrauen, weil er bei Wiederholung derselben einen andern Silberdraht, der übrigens auch aus dem reinsten Silber bestand, als einen bessern Leiter wie Kupfer und Gold fand. Der bei der ersten Reihe von Versuchen gebrauchte Silberdraht zeigte bei genauerer Untersuchung eine Oelhaut auf der Oberfläche, die er beim Ziehen angenommen hatte, während der später gebrauchte frisch gereinigt war. POUILLET bediente sich eines einfachen Electromotors von sehr großer Oberfläche und fand bei gleichem Leitungsvermögen folgende Längen verschiedener Drähte von gleichem Durchmesser:

Silber (mit 0,014 Kupfer) 860, Kupfer 738, Silber (mit
0,052 Kupfer) 656, Gold (feines) 623, Silber (mit 0,2 Kupfer)
569, Garkupfer 224, Messing 194, Eisen 121, Gold
(18karatiges) 109, Platin 100.

Diese Versuche zeigen deutlich, was sich auch schon aus den Versuchen von HARRIS ergeben, wie kleine Beimischungen die Stelle eines Metalls eben so in der Reihe als Leiter, wie in der Reihe als Erreger der Elektrizität verrücken.

¹ Schweigg. Journ. N. R. XVI. 141.

Das elektrische Leitungsvermögen der Metalle scheint in der nächsten Beziehung mit ihrem Leitungsvermögen für Wärme zu stehen, dergestalt, daß beide Eigenschaften einigermaßen gleichen Schritt halten. Für Kupfer, Silber, Platin und Palladium fand WOLLASTON dasselbe in dem Verhältnisse 3,5; 2,5 und 1, und nach DESPRETS ist sie, wenn man die wärmeleitende Eigenschaft der Ziegelsteine = 1 setzt, bei Blei 16, Zinn 30, Zink 31, Eisen 32 und Kupfer 77, so daß wenigstens beide Reihen in den Extremen vollkommen mit einander übereinstimmen. Mit andern Eigenschaften, wie z. B. der Cohäsion (Härte), Dichtigkeit, Oxydabilität, scheint dagegen das elektrische Leitungsvermögen der Metalle in keinem Verhältnisse zu stehen, für welches sich bis jetzt ein Gesetz aufstellen ließe.

b) *Erze*. Nächst den Metallen sind die besten Leiter der Elektrizität die Erze, welche auch in ihren physischen Eigenschaften den Metallen am nächsten kommen, also insbesondere die metallischen Sulfiden, welche unter dem Namen der *Kiese* und *Glanze* bekannt sind, aber auch einige Arten der sogenannten *Blenden* und mehrere Metalloxyde, die trotz ihres Sauerstoffes noch in ihren physischen Eigenschaften den reinen Metallen nahe stehen. Schon PRIESTLEY¹ hat hierüber mehrere Versuche angestellt und bemerkte besonders, daß diejenigen Erze, in welchen das Metall durch Arsenik und Schwefel vererzt ist, gut leiten, namentlich auch der natürliche sowohl als der künstlich bereitete Zinnober, welcher jedoch beim Durchgange des Schlags einer Batterie in viele Stücke zertrümmert wurde.

PELLETIER, dem wir die neuesten Versuche über diesen Gegenstand verdanken², bemerkt, daß man keine ganz allgemeine Regel, die von der Oxydations- oder Schwefelungsstufe der Metalle oder von den physischen Eigenschaften der Erze hergenommen sey, für ihre Leitungsfähigkeit aufstellen könne. So fand er z. B., daß Schwefelsilber die Elektrizität gar nicht leite (ob er darunter eine besondere Varietät des Glaserzes, etwa das spröde, gemeint habe, ist nicht näher angegeben) und Schwefelquecksilber nur sehr wenig, indefs Schwefelblei und Schwefelzink, selbst die durchsichtigen krystallisirten Blenden, vortreffliche Leiter sind. Nicht minder sonderbare Anomalien

¹ Gesch. der Elektrizität. S. 407.

² G. XLVI. 198.

fanden sich unter den Metalloxyden. Das Hyperoxyd des Mangans ist ein vortrefflicher Leiter, das rothe Bleioxyd oder die natürliche Mennige leitet kaum, sehr gut dagegen die Bleierde, welche auch ein Oxyd ist, so daß dieser Charakter hinreicht, sie von dem natürlichen kohlen-sauren Blei zu unterscheiden, welches kein Leiter ist. Da bei der Prüfung solcher natürlichen Körper auf ihr Leitungsvermögen der Zustand der Luft, die Figur der Stücke und besonders die Spitzen an krystallisirten Körpern Einfluß haben, so läßt sich nicht mit strenger Genauigkeit eine Stufenfolge derselben in Rücksicht auf ihr Leitungsvermögen aufstellen. Das relative Leitungsvermögen bestimmte PELLETIER durch die Art der Entladung einer Leidner Flasche und nennt schwache Leiter diejenigen, mit denen sich die Leidner Flasche nicht augenblicklich entladen läßt, sondern die Entladung einige Augenblicke dauert, und welche die Schläge nur dann durch sich durchlassen, wenn die Flasche stark geladen ist.

Von den

Schwefel- und Arsenikverbindungen leiten

- Schwefelblei vortrefflich.
- Schwefeleisen (Schwefelkies) sehr gut.
- Schwefelkupfer (Kupferkies) sehr stark.
- Glanz und Speiskobalt sehr gut.
- Arsenikkies sehr gut.
- Silberglaserz (schwarzes Schwefelsilber) sehr gut.
- Kupfernickel sehr gut.
- Pechblende (Schwefeluran) stark.
- Rothgildigerz (selbst durchsichtiges) gut.
- Schwefelquecksilber mittelmäßig.
- Grauspießglanzerz (Schwefelspießglanz) wenig.
- Rothspießglanzerz wenig.
- Schwefelmolybdän wenig.
- Schwefelarsenik ist ein vollkommener Isolator.

Metalloxyde.

- Graubraunsteinerz sehr gut.
- Zinnoxid, selbst die durchsichtigsten Zinngrauen, sehr stark.
- Eisenglanz und oxydirtes Eisen sehr gut.
- Weißes Bleioxyd (natürliche Bleierde) gut.
- Natürliche Mennige sehr schwach.

Kupferoxyd sehr schwach.
 Schwarzer Erdkobalt sehr wenig,
 Oxydirtes Uran sehr wenig.
 Weißer Arsenik, Nichtleiter.
 Titaneisen schwach.
 Titanit (titansaure Kieselkalk) äußerst wenig.
 Wolfram (wolframsaures Eisen) schwach.
 Tungstein (wolframsaurer Kalk) gar nicht.
 Cerit sehr wenig

Dürfte man nach der Analogie, daß unter den eigentlichen Metallen die in der Reihe der galvanischen Erreger dem positiven Ende näher stehenden die schlechteren, die dem negativen Ende näher stehenden die besseren Leiter sind, schliessen, so würde man alle in dieser Tabelle aufgeführten Körper, die hinsichtlich ihres Leitungsvermögens sich überhaupt wie Metalle verhalten, sogar als die besten Leiter anzusehn haben, da sie in der galvanischen Spannungsreihe dem negativen Ende am nächsten liegen.

c) *Kohle*. Zunächst an die Metalle und ihre Erze schliessen sich die Kohle und die *kohlenhaltigen* Körper an. PRIESTLEY¹ hat zuerst durch viele Versuche ausgemittelt, daß die Holzkohle sich als ein vollkommen so guter Leiter wie die Metalle verhalte, doch fand er unter verschiedenen Stücken bedeutende Verschiedenheiten. Selbst einzelne Stücke Steinkohle fand PRIESTLEY bei der Entladung geladener Flaschen vollkommen wie die Metalle sich verhaltend; doch läßt sich aus dem Zusammenhange schliessen, daß er die Steinkohlen im verkohlten Zustande (Coaks) versteht, wenn er die Steinkohle einen unvollkommenen Leiter nennt. PRIESTLEY giebt bei dieser Gelegenheit als Maß des Leitungsvermögens die Größe des Rückstandes in der entladnen Flasche an, den man durch ein LANE'Sches Elektrometer genau messen könne, nachdem die Flasche durch die verschiedenen Körper, die sich unter ganz gleichen Umständen im Erschütterungskreise befinden, entladen worden ist. RUF fand PRIESTLEY nur als einen unvollkommenen Leiter und Spiegelfufs von Holz sogar als einen Isolator. DAVY² bestimmte noch genauer das relative Leitungsvermögen der Holz-

1 Geschichte der Electricität. S. 398.

2 G. LXXI. 255.

kohle. Von gut verkohltem dichtem Buchsbaumholze wurde ein Kohlenstück, das bei $\frac{1}{10}$ Zoll Breite $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke hatte, zwischen großen Flächen Platin in den Schließungskreis gebracht und es fand sich, daß, wenn das Stück Kohle 1,2 Zoll lang war, es dieselbe Menge von Elektrizität entlud, als ein 6 Zoll langer Platindraht von $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke. Hieraus und aus dem bereits oben angeführten Versuche, daß bei sehr geringer Intensität der Elektrizität die Holzkohle sich beinahe so isolirend wie Wasser verhält, sollte man allerdings schliessen, daß die Kohle den Metallen an Leitungsfähigkeit weit nachstehe. Der *Graphit* ist dagegen den Metallen ganz gleich zu setzen, was ohne Zweifel neben seinem Eisengehalte von seiner größeren Dichtigkeit abhängt, denn auch die gewöhnliche in einem heftigern Feuer gebrannte Holzkohle wird, indem sie dadurch an Dichtigkeit und Cohäsion gewinnt, ein viel besserer Leiter. Auch die *mineralische Holzkohle* und der *Anthracit* verhalten sich als sehr gute Leiter der Elektrizität und namentlich fand PELLETIER letzteren als einen vortrefflichen Leiter.

d) *Feuchte und flüssige Körper.* Alle übrige Leiter, die wir nun noch zu betrachten haben, zeigen ihr Leitungsvermögen nur in ihrer Verbindung mit Wasser und es ist höchst merkwürdig, daß alle diese Substanzen, wie namentlich alle Salze, Säuren, Laugensalze, auch mehrere einfache Körper, wie Chlor, Iod, Brom, die in ihrem ganz trocknen Zustande *Nichtleiter* der Elektrizität sind, durch ihre Verbindung mit Wasser Flüssigkeiten geben, die durchaus besser leiten, als das reine Wasser, Flüssigkeiten, deren Leitungsvermögen in eben dem Verhältnisse zunimmt, in welchem die relative Menge des Wassers, also des *Leiters*, geringer und diejenige des aufgelösten Körpers, also des *Nichtleiters*, größer ist.

Das *Wasser* selbst, dessen Leitungsfähigkeit hier zuerst in Betrachtung kommt, ist allerdings ein Leiter, aber steht in dieser Hinsicht ganz außerordentlich den Metallen nach und verhält sich sogar unter mehreren Umständen beinahe als ein Isolator. Es ist bereits bemerkt worden, daß schon BECCARIA auf das relativ so geringe Leitungsvermögen des Wassers aufmerksam gemacht und daß CAVENDISH sogar dieses Leitungsvermögen mehrere millionenmal geringer als das der Metalle geschätzt hat. Später hat VOLTA das höchst unvollkommene Leitungsvermögen des Wassers für Elektrizität durch neue Ver-

suche bestätigt¹. Diesen zufolge nimmt ein Strom elektrischer Flüssigkeit, welcher durch einen Metalldraht von der Feinheit eines Härchens mit Leichtigkeit durchgeht, im Wasser einen millionmal größeren Raum ein und geht selbst durch diesen nicht mit derselben Leichtigkeit und in derselben Menge hindurch. Führt man nämlich den Entladungsstrom einer Leidner Flasche, die, wenn sie groß ist, nur schwach geladen zu seyn braucht, oder den Entladungsstrom einer sehr schwach geladenen Batterie oder einer Säule aus hundert Lagen Kupfer und Zink, deren Spannung ungefähr 1^o,5 des Volta'schen Strohhalmelektrometers beträgt, mittelst zwei ziemlich breiter Metallstreifen, die einander gegenüber stehen, durch Wasser, das sich in einem großen Becken oder in einer hölzernen oder irdenen Kufe befindet, so breitet sich der Entladungsstrom im Wasser rechter und linker Hand von dem geraden Pfade aus, der unmittelbar von dem einen Streifen zum andern führt, so daß, wenn man die eine Hand zur Seite desselben in einem Abstände von einigen Zollen von dem geradlinigen Strome in das Wasser taucht, man von dem Entladungsschlage getroffen wird und einen Schlag erhält.

Auf eine noch genauere Art zeigen diese, verglichen mit derjenigen der Metalle, außerordentlich viel geringere Leitungsfähigkeit des Wassers und selbst der salzigen Flüssigkeiten die von HUMPHRY DAVY und mir mit dazu passenden Apparaten angestellten Versuche. DAVY² befestigte in einem Gefäße, welches bestimmt war, mit irgend einer Salzauflösung angefüllt zu werden, einander gegenüber zwei Platinbleche in einer Entfernung von 1 Zoll von einander. Jedes derselben war 6 Zoll lang und 1,5 Zoll breit und sie wurden mit den Polen einer Volta'schen Batterie in leitende Verbindung gesetzt. Zugleich verband DAVY die beiden Pole der Batterie durch zwei feine Silberdrähte in einem Gaszersetzungsapparate und goß dann von einer Salzauflösung in das Gefäß so viel hinein, bis an dem negativen Silberdrahte kein Gas mehr erschien. In einigen solchen Versuchen mit der stärksten Auflösung von Kochsalz fand sich, daß die ganze 6 Zoll lange Oberfläche nicht hinreichte, um die Elektrizität von zwei Plattenpaaren vollständig durch die Auf-

1 G. XIV. 263.

2 G. LXXI. 255.

lösung zu leiten, dagegen entlud eine gleich lange Strecke d. h. 1 Zoll Platindraht von nur $\frac{1}{25}$ Zoll Durchmesser 60 Plattenpaare vollständig. Das Gas, welches in der Flüssigkeit an den Metallflächen entbunden wurde, machte es unmöglich, hierbei genaue Resultate zu erhalten, doch scheint sich aus diesen Versuchen so viel wenigstens zu ergeben, daß das Leitungsvermögen der besten flüssigen Leiter mehrere hunderttausendmal schwächer ist, als das der schlechtesten Leiter unter den Metallen. Da in dem von DAVY gebrauchten Apparate der Strom der Elektrizität sich auch noch seitwärts verbreitet, was aus VOLTA'S oben angeführtem Versuche erhellt, und folglich der Durchschnitt der Flüssigkeit, welche denselben leitet, dadurch unbestimmt wird, so schien mir ein zu ähnlichen Versuchen von mir ausgedachtes Gefäß den Vorzug zu haben, wo nämlich die beiden Metallplatten, welche den elektrischen Strom der Flüssigkeit zuzuleiten bestimmt waren, die Seitenwandungen des Gefäßes selbst ausmachten, in welchem, weil die übrigen Wandungen von überfirnistem Glase gemacht waren, der elektrische Strom gezwungen war, von der einen Wand zu der andern durch die Flüssigkeit sich zu bewegen, deren jedesmalige Säule (ein rechtwinkliges Parallelepipedum) durch die Entfernung dieser beiden Wandungen von einander und durch die Höhe, bis zu welcher jede Flüssigkeit in das Gefäß gefüllt wurde, genau bestimmbar und mit jedem Metalldrahte von gegebener Länge und Durchmesser in Rücksicht auf Leitungsvermögen nach den oben aufgestellten Grundsätzen vergleichbar war. In diesem Gefäße oder in dieser Zelle waren beide Metallwandungen auf der innern Seite im Feuer vergoldet, damit sie von keiner Flüssigkeit angegriffen werden konnten, und da die Wandungen einander gegenüberstanden, so wurde der Erfolg auf keine Weise durch die electromotorische Wirkung zwischen dem Golde und der jedesmal in die Zelle gefüllten Flüssigkeit afficirt, da die von beiden Seiten gleichen Wirkungen einander, was die Erregung eines elektrischen Stromes betrifft, entgegengesetzt waren und sich folglich aufheben mußten. Bei diesem Apparate ist

Fig. d die Zelle, a der einfache Electromotor, aus einem hölzernen ausgepichteten Kasten bestehend, der jedesmal mit derselben Kochsalzauflösung gefüllt wurde, in welchen die beiden Metallplatten von Kupfer K und Zink Z, die durch einen Elfenbeinstreifen e oben mit einander verbunden waren, hinabgelassen wurden.

Durch eine passende, an diesem Streifen und dem Kasten angebrachte Vorrichtung h konnten diese Platten, beide gleichzeitig, zu jeder beliebigen Tiefe in die Flüssigkeit hinabgelassen werden. Von der Zinkplatte ging ein Draht nach der einen Wandung der Zelle, an welcher ein mit einer durchbohrten kleinen Metallkugel c versehener Messingstift angebracht war, durch welche der vom Zinke ausgehende Draht hindurchgesteckt und durch eine kleine Schraube in innige Verbindung gebracht wurde. Eine ähnliche Vorrichtung b fand sich an der andern Metallwand der Zelle, mit welcher das eine Ende eines Multiplimators m, der um eine Magnetnadel herumging, verbunden wurde, während das andere Ende des Multiplimators mit der Kupferplatte in genauer Verbindung stand. So kreiste dann der elektrische Strom vom Kupfer durch den Multiplimator, die Zelle nach dem Zinke und durch die Flüssigkeit im hölzernen Kasten nach dem Kupfer. *Streng genommen* bestand dieser Apparat eigentlich aus zwei einfachen Electromotoren, deren Wirkungen einander entgegengesetzt waren, nämlich einerseits aus einer Kette Gold, Messing, Multiplicatordraht, Kupfer, andererseits Gold, Messing, Multiplicatordraht, Zink. Zieht man aber die Wirkung des ersteren, welche die eines Gold-Kupfer-Electromotors ist, von derjenigen des zweiten, welche die eines Gold-Zink-Electromotors ist, ab, so bleibt gerade die Wirkung eines Electromotors aus Kupfer und Zink übrig.

Ich habe schon oben bemerkt, daß ein Prisma von einer gesättigten Salmiakauflösung bei gleicher Länge einen 247416mal so großen Durchschnitt haben mußte, um dieselbe Leitung zu gewähren, wie ein Stahldraht, und daß folglich in demselben Verhältnisse das Leitungsvermögen der ersteren schwächer sey. Der angegebene Apparat liefs sich dann sehr wohl benutzen, um das Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten mit einander zu vergleichen, das nämlich, wenn die gleiche Abweichung der Magnetnadel bei ihrer Anwendung als Zwischenleiter in der Zelle hervorgebracht wurde, im umgekehrten Verhältnisse der Höhe stand, bis zu welcher sie in die Zelle gegossen werden mußten. Schon früher¹ habe ich die Resultate solcher Versuche mitgetheilt, welche jedoch nur eine kleine Anzahl von Flüssigkeiten umfassten. Ich habe seitdem diese Versuche noch mehr ausge-

1 Der Elektromagnetismus. S. 83.

dehnt und dadurch nachfolgende Reihe der Flüssigkeiten ¹ in Absicht auf ihr Leitungsvermögen erhalten, wobei die am unvollkommensten leitende den Anfang macht: destillirtes Wasser, essigsäures Blei, salzsaures Blei, schwefelsäures Kali, Salpeter, salzsaurer Kalk (Chlorcalcium), schwefelsäures Natron, schwefelsäure Talkerde, chlorsaures Kali, schwefelsäures Mangan, Brechweinstein, essigsäures Natron, Borax, weinsteinsäures Kali, benzoesäures Kali, salzsaures Mangan, kohlen-säures Kali, essigsäures Kali, schwefelsäures Eisenoxydul, salpetersäures Blei, kleesäures Kali, Ammoniak von 956 spec. Gew., Weinsteinsäure, salzsaures Zinnoxidul, Alaun, Kupfervitriol, Zinkvitriol, verdünnte Phosphorsäure, starker Weinessig, englische Schwefelsäure mit 4 Theilen Wasser verdünnt, salpetersäures Quecksilberoxyd, concentrirte englische Schwefelsäure, salpetersäures Silber, Salmiak, verdünnte Salpetersäure, salzsaures Eisenoxyd, salzsaures Platin, Salzsäure von 1120 spec. Gewicht.

Die bereits oben ² nach MARIANINI aufgestellte Tabelle weicht in wesentlichen Punkten von der meinigen ab. Indes konnte die von jenem Gelehrten angewandte Methode keine reinen Resultate geben, da in seinen Versuchen das verschiedene electromotorische Verhalten der verschiedenen Flüssigkeiten mit den Metallen, mit denen sie unmittelbar zur Kette geschlossen wurden, gleichfalls seinen Einfluß äußerte.

F. C. FÖRSTEMANN ³ hat gleichfalls eine Reihe von Versuchen über das Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten für den elektrischen Strom der Volta'schen Säule angestellt. Er fand, daß die ungleiche Stärke der Gasentwicklung in der Gasröhre durchaus keinen Maßstab für das Leitungsvermögen derselben gebe, weil die elektrische Strömung nach Verschiedenheit der Flüssigkeiten in ganz verschiedene Prozesse ausschlage und also ungeachtet der stärkeren Durchleitung die Gasentwicklung doch viel geringer ausfallen könne, weil die Gase nicht als solche zum Vorschein kommen, sondern zu etwas anderem verwendet werden, wie z. B. in der concentrirten Schwefelsäure, wo die Entwicklung von Wasserstoffgas null ist, weil sich Schwefel

1 Sämmtliche Salzaufösungen waren bei mittlerer Temperatur gesättigt.

2 Dieses Wörterb. Th. IV. Abth. 2. S. 792.

3 Kastner's Archiv. IV. 82 fg.

niederschlägt, erst mit der Verdünnung derselben beginnt, mit der zunehmenden Verdünnung zunimmt, ein Maximum erreicht und dann wieder abnimmt; in der Bleizuckerauflösung, wo sie am Wasserstoffpole null ist, weil der Wasserstoff zur Reduction des Bleies verwendet wird, u. s. f., worüber das Nähere bereits unter dem Artikel *Galvanismus* mitgetheilt worden ist. Dagegen glaubte FÖRSTEMANN dadurch ganz sichere Bestimmungen für das verschiedene Leitungsvermögen der Flüssigkeiten zu erhalten, daß er den elektrischen Strom einer Volta'schen Säule durch eine Röhre gehen liefs, welche nach der Reihe mit den verschiedenen Flüssigkeiten bei gleichbleibendem Abstände der Platindrähte in derselben gefüllt wurde, und dann die Zeit mafs, welche verstrich, bis eine gleiche Menge Gas sich in der eigentlichen Gasentbindungsröhre, welche mit Wasser gefüllt war und welche sich gleichzeitig im galvanischen Kreise befand, entwickelt hatte, wobei er sich jenes Apparates von BISCHOFF bediente, den wir bereits unter dem Artikel *Galvanismus*¹ beschrieben haben. Dadurch erhielt FÖRSTEMANN die folgende Tabelle, wobei das verschiedene Leitungsvermögen durch Zahlen dargestellt ist, welche aus der Dauer der Zeit, verglichen mit derjenigen, welche bei Anwendung von reinem Wasser verstrich und die als Einheit angenommen ist, berechnet sind, indem das Leitungsvermögen durch eine in dem Verhältnisse gröfsere Zahl ausgedrückt ist, in welchem diese Zeit selbst kleiner ausfiel:

	Specificsches Gewicht	Leiten in gleichen Zeiten folgende Mengen von Electricität	Leiten eine gleiche Menge von Electricität in folgenden Zeiten
Salzsäure	1,126	2,464	0,410
Essigsäure	1,024	2,398	0,523
Salpetersäure	1,236	2,283	0,438
Ammoniak	0,936	2,177	0,459
Salmiakauflösung	1,064	1,972	0,500
Schwefelsäure	1,848	1,737	0,575
Kalilauge	1,172	1,709	0,585
Kochsalzlösung	1,166	1,672	0,598
Bleizuckerauflösung	1,132	1,560	0,632
Destillirtes Wasser	1,000	1,000	1,000

¹ Dieses Wörterb. Th. IV. Abth. 2. S. 884.

Dieser Tabelle zufolge würde der Unterschied des Leitungsvermögens der Flüssigkeiten von einander viel geringer ausfallen, als er aus andern Versuchen hervorgeht, indess läßt sich diese Anomalie leicht erklären. FÖRSTEMANN fand nämlich, daß, wenn er der mit der am besten leitenden Flüssigkeit (der Salzsäure) gefüllten Röhre, welche einen Theil des Leitungskreises ausmachte, einen Metallstreifen substituirt, die Gasentwicklung in der mit Wasser gefüllten Röhre die Gasentwicklung zwar etwas, aber doch nur wenig rascher wurde. Es würde bei der angewandten Art zu schliessen folgen, daß selbst das Leitungsvermögen der Metalle nur sehr wenig das der besser leitenden Flüssigkeiten und selbst nicht dreimal dasjenige des destillirten Wassers übersteige, was doch mit ausgemachten Thatsachen im geradesten Widerspruche steht. Der Widerspruch fällt hinweg, sobald man nur erwägt, daß keine hinlängliche Quantität von Electricität für die Leitungscapacität der verschiedenen Leiter in solchen Versuchen vorhanden ist. Bei der großen Retardation nämlich, welche der elektrische Strom in einer Säule von 204 Plattenpaaren, die außerdem an zwei Orten durch mit Flüssigkeit gefüllte Röhren unterbrochen war, erleidet, wird überhaupt nicht viel mehr Electricität im Kreislaufe bewegt, als das Wasser in der einen Röhre schon für sich allein durchzuleiten vermag. Es ist also gleichsam nur der noch geringe Rückstand, welchen die besseren Leiter noch durch sich durchlassen, der das Maß ihres bessern Leitungsvermögens abgiebt. Daher bemerkt auch FÖRSTEMANN richtig, daß bei Anwendung anderer Volta'schen Apparate zur Bestimmung des verschiedenen Leitungsvermögens zwar die Folgenreihe der Flüssigkeiten dieselbe bleiben werde, jene Zahlen aber wohl ganz abweichend ausfallen könnten.

Wie groß der Unterschied des Leitungsvermögens der verschiedenen Flüssigkeiten von einander sey, kann man unter andern aus den Versuchen über die Entzündung durch den Funken einer Leidner Flasche, wenn man diesen durch eine Säule von Flüssigkeit gehen läßt, abnehmen. Die Retardation, welche die Electricität in dieser Durchbewegung erfährt, scheint die Bedingung dieser Entzündung zu seyn, und zwar ein bestimmter Grad von Retardation, daher die Säule Wasser weder zu kurz, noch zu lang seyn darf, damit der Versuch gelinge. Hiernach kann man durch Anwendung des allgemeinen Gesetzes, daß die

Retardation im Verhältnisse der Länge der Säulen jeder Art von Flüssigkeit bei gleichem Durchschnitte stehe, die Längen der Säulen von verschiedenen Flüssigkeiten bei gleichem Durchschnitte, welche die gleiche Retardation verursachen, d. h. eine solche, bei welcher die Pulverentzündung erfolgt, als das Maß ihres Leitungsvermögens betrachten. So fand ich denn¹, daß, wenn eine in einer Glasröhre von 6,5 Zoll Länge und 4 Linien Weite eingeschlossene Säule von destillirtem Wasser die Entladung einer durch 30 Umdrehungen meiner großen Elektrisirmaschine geladenen Flasche von 3,5 Quadratfuß Belegung hinlänglich retardirte, um die Pulverentzündung zu bewirken, von einer Lösung von nicht mehr als $\frac{1}{1000}$ Kochsalz im Wasser schon eine Säule von 68 Zollen und bei einem Gehalte von $\frac{1}{320}$ Kochsalz 115 Zolle erforderlich waren, woraus sich ein 11mal größeres Leitungsvermögen der ersteren und ein 18mal größeres Leitungsvermögen der zweiten Salzauflösung, als die des Wassers ist, ergibt. Wurde auch nur $\frac{1}{1000}$ Salmiak im Wasser aufgelöst, so war auch die Länge von 115 Zollen unzureichend, woraus ein mehr als 18mal größeres Leitungsvermögen jener letztern Flüssigkeit als des destillirten Wassers hervorgeht.

e) *Thierische und vegetabilische Körper.* Alle frische animalische Theile und besonders alle animalische Flüssigkeiten sind sehr gute Leiter der Elektrizität, wie schon nach ihrem Gehalte an verschiedenen Salzen, insbesondere an Kochsalz, kohlen-saurem Natron und phosphorsaurem Natron zu erwarten ist, und sie übertreffen sehr viel das Wasser.

Von den festweichen thierischen Theilen scheinen die *Nerven* alle übrige Theile an Leitungsvermögen zu übertreffen. Von HUMBOLDT will selbst gefunden haben², daß die *Knochen*, selbst gebleichte und wohlgetrocknete, sogar bessere Leiter der Elektrizität als die Metalle seyen. Er gründete diese Behauptung auf die von ihm gemachte Erfahrung, daß, wenn die Scheibe einer kleinen elektrischen Maschine so schwache Wirkungen thue, daß eine isolirte Person keinen Funken giebt, wenn sie den Conductor mit einem Metallstabe berührt, diese Funken sogleich sichtbar werden, wenn man den Metallstab gegen einen Schenkelknochen austauscht. Auch will er stechendere Schläge

1 Schweigger's Journ. N. R. XVIII. 276.

2 Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfaser. I. 434.

gefühl haben, wenn er auf dem Isolatorium durch einen Knochen, als wenn er mittelst eines metallenen Leiters mit dem Conductor verbunden war. Dafs jedoch die Knochen den Metallen an Leitungsvermögen weit nachstehen, ergiebt sich aufser vielen anderweitigen schon aus der eigenen Erfahrung v. HUMBOLDT'S, dafs die Knochen sich sogar als Isolatoren des mit so schwacher Spannung begabten Stromes der einfachen galvanischen Kette verhielten. ERMAN hat dann später noch durch directe Versuche bewiesen¹, dafs die wohl ausgetrockneten Knochen sehr unvollkommene Leiter sowohl für die Maschinenelektricität, als auch die galvanische sind, wenn dieselben nur mit schwacher Spannung auftreten.

Bis zur Weifse calcinirte Knochen gehen ganz in die Classe der Isolatoren über und verhalten sich in dieser Hinsicht ganz wie natürlicher phosphorsaurer Kalk (Apatit). Auch verlieren andere thierische festweiche Theile durch das vollkommenste Austrocknen ihr Leitungsvermögen fast gänzlich.

Frische vegetabilische Theile aller Art, Wurzeln, Stengel, Blattstiele, Blätter, Blumen, so wie auch Rinde, Holz und Mark verhalten sich gleichfalls als sehr gute Leiter und übertreffen in dieser Hinsicht das Wasser, stehen aber den animalischen Theilen nach, wie auch schon aus den im Artikel *Blitz* angeführten Erfahrungen erhellt, welchen zufolge der Blitz von Bäumen, Gesträuchen u. s. w. jedesmal auf Menschen und Thiere, die nahe bei oder gar in Berührung mit ihnen sich befinden, überspringt. Alle wässrige vegetabilische Säfte leiten gleichfalls besser als das Wasser, während die harzigen und öligen isoliren. Dafs nach Verschiedenheit der Säfte ein grosser Unterschied in dem Leitungsvermögen verschiedener Bäume und Gesträuche statt finden möge, leidet wohl keinen Zweifel, und es ist eine bekannte Erfahrung, dafs der Blitz eher in Eichen als in Tannen und Buchen einschlägt, doch läfst sich hierüber nichts Genaueres angeben. In vollkommen trockenem Zustande, wenn alle Feuchtigkeit verjagt ist, werden jedoch alle Theile der Vegetabilien mehr oder weniger Isolatoren. Namentlich gilt dieses vom Holze.

f) *Luftleerer Raum und Flamme.* Zu den Leitern der Elektricität gehören endlich noch der *luftleere Raum*, die ver-

1 G. XI. 156.

dünnte Luft und die *Flamme*. Ich habe bereits ¹ die hierher gehörigen Erfahrungen angeführt. Hier verdienen noch ERMAN'S² Bemerkungen nachgetragen zu werden. Dieser führt zum Beweise, daß der wirkliche luftleere Raum ein *vollkommener Nichtleiter* sey, folgenden Versuch an, der bei dem Engländer WALSH in Gegenwart von FRANKLIN, SMEATON, DE LUC, CAVALLO u. A. angestellt wurde³. Eine zweischenklig gebogene Röhre von Barometercaliber, die so lang war, daß jeder Schenkel 2 Fuß Länge über die Normalhöhe hatte, wurde sorgfältig mit Quecksilber angefüllt, die Mündung jedes Schenkels in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht und die Röhre aufrecht gestellt, so daß zwei Barometer daraus entstanden, wovon jedes über sich einen Toricelli'schen Raum von mehreren Fuß Länge hatte. Durch diesen leeren Raum hingen die beiden Quecksilbersäulen zusammen. Isolirte man nun die beiden Gefäße, worin sich die beiden Schenkel endigten, und theilte dem einen etwas Electricität mit, so entstand eine leuchtende Erscheinung im leeren Raume in dem Augenblicke, als man das zweite Gefäß berührte. Die elektrische Wirkung war folglich von einem Behälter zum andern durch die leitende Eigenschaft des leeren Raumes hindurchgeführt worden, auch gab das andere isolirte Gefäß wirklich Funken bei der Berührung. Nun wurde aber der ganze grofse, mit Quecksilber angefüllte Heber genau ausgekocht und wie vorher aufgestellt und behandelt. Es fand sich hierauf, daß in diesem vollkommen von Luft und Wasserdampfe gereinigten Raume nicht die mindeste leitende Kraft übrig war. Die dem einen Behälter mitgetheilte Electricität ging nicht im mindesten zu dem entgegengesetzten über. Mehrere Tage lang stand die Vorrichtung und wurde täglich von vielen der dasigen Gelehrten geprüft und die isolirende Eigenschaft dieses vollkommen leeren Raumes hielt sich trefflich, bis zuletzt aus dem Quecksilber nach und nach einige zurückgebliebene oder zurückgetretene feuchte Luft sich allmählig nach dem Bogen der Röhre gezogen hatte, und von nun an zeigte der Toricelli'sche Raum eine zunehmende Leitungsfähigkeit. Diesem Versuche stehen indess die späteren, wie es scheint, mit der größten Sorgfalt angestellten Versuche

1 Dieses Wörterb. Bd. III. Abth. 1. S. 233.

2 G. XI. 143.

3 Phil. Trans. 1786. p. 273.

DAVY's entgegen, und wenn es ausgemacht ist, daß die Elek-
tricität in ihrem Durchgange durch einen mit Luft erfüllten Raum,
d. h. in ihrer Fortleitung, um so weniger Schwierigkeit findet,
je mehr diese Luft verdünnt wird, so muß es wenigstens sehr
auffallend erscheinen, daß dieses Fortschreiten in der Leichtig-
keit der Fortleitung nicht bloß aufhört, sondern sogar das ent-
gegengesetzte Verhältniß eintritt, wenn die Ursache, mit wel-
cher jenes Fortschreiten gleichen Schritt hält, ihr Maximum er-
reicht hat. ERMAN führt einen Versuch an¹, den er selbst an-
gestellt hat, welcher gleichfalls die isolirende Eigenschaft der
vollkommenen Torricelli'schen Leere zu beweisen scheint. Eine
Barometerröhre endigte oben in eine einen Zoll weite Kugel, in
welche ein Platindraht eingeschmolzen war. Mit dem Queck-
silber des isolirten gläsernen Gefäßes, in welches die Barometer-
röhre eingetaucht war, communicirte leitend ein empfindliches
Elektrometer. Wurde das Barometer nur auf die gewöhnliche
Weise, jedoch mit aller Sorgfalt, mit Quecksilber gefüllt, so
zeigte das Elektrometer eine merkliche Divergenz, wenn der
eine Pol einer isolirten Volta'schen Säule mit dem oberen Drahte
in Verbindung stand und der andere Pol ableitend berührt wurde,
wenn aber das Barometer sorgfältig ausgekocht und der mög-
lichst leere Raum hervorgebracht war, so fand diese Fortleitung
der Elektrizität auf das Elektrometer nicht statt.

Die *Flamme* verhält sich als ein vorzüglich guter Leiter
der Elektrizität. Schon der Engländer MILAS, welcher 1745
zuerst den elektrischen Feuerbüschel sah, bemerkte die Lei-
tungsfähigkeit des Rauchs und der Flamme für Elektrizität. Be-
sonders stellte aber PRIESTLEY eine große Reihe von Versuchen
über die Leitungsfähigkeit der Flamme an² und bewies, daß
diese nicht von der Schicht erwärmter und verdünnter Luft,
womit dieselbe umgeben sey, abhängt, sondern in der Flamme
an und für sich selbst liegt. Eine geladene Flasche wurde schon
in einer Entfernung von einigen Zollen von der Flamme eines
Wachslichtes oder auch des Weingeistes in der Stille vollständig
entladen, während bei viel größerer Annäherung einer glühen-
den Feuerschaufel sie nicht so geschwind entladen wurde, und
als sie an ein Stück glühendes Glas ganz nahe gebracht wurde,

1 G. a. a. O. 164. 165.

2 Gesch. d. Elektr. S. 473.

ward sie nicht anders als durch eine Explosion entladen. Wie wenig überhaupt die bloße erhitzte Luft wenigstens Elektricitäten von schwacher Spannung leite, bewies *ERMAN* durch einen Versuch, da er in einen Windofen, in welchem noch die stärkste Hitze von den zur Glut niedergebrannten Kohlen herrschte, aber aller Rauch und Flamme aufgehört hatten, eine Schaufel mit einem Elektrometer brachte, dessen Kügelchen mit positiver Elektricität divergirten, und 5 Minuten darin liefs, ohne dafs die Divergenz sehr merklich verringert worden wäre¹. Im Brennpuncte eines Hohlspiegels wurde nach *PRIESTLEY* eine *LEIDNER* Flasche nicht entladen. *VOLTA* und *BENNET* bedienten sich der Flamme eines Schwefelfadens mit Vortheil, um die atmosphärische Elektricität ihren Elektrometern schneller zuzuführen und dadurch sichtbar zu machen².

ALEX. v. HUMBOLDT glaubte in der früheren Periode des Galvanismus einen wesentlichen Unterschied zwischen dem elektrischen und dem sogenannten galvanischen Fluidum darin zu finden, dafs letzteres von der Flamme nicht geleitet werde. Wäre diese Erfahrung auch ganz genau, so würde dieser Schluß dadurch noch nicht gerechtfertigt seyn, da der Grund dieser Nichtleitung auch schon in der höchst schwachen Spannung der einfachen Kette gelegen haben könnte. Spätere Versuche mit der *VOLTA*'schen Säule, welche namentlich *ERMAN* angestellt hat³, haben jedoch bewiesen, dafs auch diese mit so schwacher Spannung begabte Elektricität von der Flamme geleitet werde. Indefs zeigt die Flamme hierbei ein eigenthümliches höchst merkwürdiges Verhalten, auf welches *ERMAN* schon im Jahre 1802 aufmerksam wurde und das ihn, indem er seine interessanten Erfahrungen verfolgte, zu der Annahme eines fünffach verschiedenen Verhaltens der Leiter brachte, welches unter einem besondern Artikel näher in Betracht gezogen werden soll. Was die Flamme insbesondere betrifft, so boten sich ihm folgende Erscheinungen dar. Werden die Pole einer isolirten *VOLTA*'schen Säule mit Elektrometern verbunden, so verliert jedesmal dasje-

1 Abh. d. Berl. Acad. 1818 — 1819. S. 361.

2 *BENNET* in Phil. Trans. Vol. LXXVII, p. 11. *VOLTA*'s meteorologische Briefe. S. 112.

3 G. XI. 149.

nige Elektrometer, welches von der Lichtflamme berührt wird, seine Divergenz und diejenige des andern steigt auf das Maximum, gerade so, als wenn jener Pol auf die gewöhnliche Weise ableitend berührt worden wäre. Dieses leistet schon die isolirte Lichtflamme, in einem viel vollkommeneren Grade aber die mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzte. Reicht ein Elektrometer mit seinem Zuleitungsdrahte in eine Lichtflamme und in eben diese der eine Polardraht der Säule und man berührt den entgegengesetzten Pol dieser Säule, so nimmt die Divergenz dieses Elektrometers augenblicklich zu, gerade so als wenn es durch eine Wassersäule mit der Volta'schen Batterie verbunden wäre. Demungeachtet zeigt sich die Flamme in einer andern Rücksicht als ein Nichtleiter der Elektrizität, sowohl der einfachen Kette, als auch der Säule. Als *Glied* in der von Pol zu Pol führenden Kette wird so wenig Wasserzersetzung in der Gasentbindungsröhre, die gleichfalls ein Glied des Volta'schen Kreises ausmacht, als Muskelcontraction in einem Froschpräparate, das gleichfalls in den Kreis eingeht, hervorgerufen. Vermittelt die Flamme die Verbindung beider Polardrähte, die in sie hineinragen, so wird der elektrische Zustand beider Pole sehr ungleich modificirt. Es hört nämlich alle natürliche Divergenz an dem Elektrometer, mit welchem der $+$ Pol zugleich verbunden ist, auf, während der $-$ Pol eine Divergenz bekommt, die das natürliche Maximum sehr überschreitet und bisweilen eben so stark ist, als hätte man den $+$ Pol ableitend berührt. Dieses findet statt, die Flamme mag isolirt seyn oder nicht, nur stellt sich das Phänomen viel schneller (fast augenblicklich), aber nicht ausgezeichneter ein, wenn die Flamme nicht isolirt ist. Hat der $+$ Pol durch vorherige Berührung des $-$ Pols einige Divergenz erhalten, so benimmt sie ihm die gemeinschaftliche Lage in der isolirten Flamme sehr bald und in einem Momente, wenn die Flamme in ableitender Berührung mit dem Boden ist. Hieraus folgt, daß die Flamme ungleich mehr von $+E$ als von $-E$ zerstreut und an die umgebende Luft absetzt, womit dann eine Retardation des elektrischen Stromes in der Kette und Säule, der wesentlich von der wechselseitigen Ausgleichung beider Elektrizitäten abhängt, verbunden ist, weswegen dann auch diejenigen Phänomene wegfallen, die vorzüglich von der Schnelligkeit des elektrischen Stromes abhängen; bei sehr starken Säulen erhält man jedoch, wie

BUNTZEN¹ bei einer Säule von 800 Plattenpaaren Zink-Kupfer von 1 Zoll 8 Linien Durchmesser fand, sehr starke Muskelcontractionen, wenn ein Froschpraeparat in den Kreis gebracht, der eine Polardraht mit der Flamme in Berührung gesetzt und an der andern Seite der Flamme mit dem andern Polardrahte geschlossen wird, wobei durch die große Intensität der Säule compensirt wird, was der Flamme an leitender Eigenschaft abgeht.

B. Nichtleiter oder Isolatoren.

Man rechnet zu dieser Classe alle diejenigen Körper, welche der Fortpflanzung der elektrischen Thätigkeit über ihre Oberfläche oder durch ihre Substanz einen viel größeren Widerstand entgegensetzen, als selbst der unvollkommenste Leiter unter allen, die wir im vorhergehenden Abschnitte betrachtet haben, nämlich das Wasser. Genauer kann man sie dadurch charakterisiren, daß sie über eine nur einigermaßen beträchtliche Ausdehnung ihrer Oberfläche kein bemerkliches Quantum von Electricität in einer so kurzen Zeit, als wir noch unterscheiden können, fortleiten, indem vielmehr jede merkliche Menge derselben, welche ihnen an irgend einer Stelle mitgetheilt wird, sich eher zerstreut, als daß sie das entferntere Ende erreichte, vorausgesetzt, daß ihre Ausdehnung nicht gar zu gering ist. Wir können die hierher gehörigen Körper unter gewisse Hauptclassen bringen:

1) *Gläser* aller Art, sowohl künstliche als auch natürliche, demnach alle vollkommene Edelsteine, Halbedelsteine, alle mit dem Glase an Härte, Durchsichtigkeit, Glanz und Mischung übereinkommende Mineralkörper (Silicate, Silico-Aluminate und Fluorate der verschiedensten Oxyde). Indem das Glas hier an die Spitze gestellt wird, soll damit nicht angedeutet werden, daß es der vorzüglichste Nichtleiter, der vollkommenste Isolator sey, vielmehr steht es in dieser Hinsicht sehr vielen andern Körpern, namentlich allen Harzen ohne Ausnahme, allem Pelzwerk, der Seide und Seidenzeugen aller Art und selbst vielen Flüssigkeiten nach. Vieles hängt in Absicht auf das isolirende Verhalten von der eigenthümlichen Beschaffenheit des Glases ab und es giebt

1 G. XV. 352.

sogar Glassorten, welche ganz in die Classe der eigentlichen Leiter gehören, wie schon früher einige Physiker angegeben haben. So bemerkte HEMMER¹ von einer Glassorte, die er aus einer gewissen Glashütte bekam, daß sie sehr gut geleitet habe. Auch CAVALLO führt an, daß das Glas, besonders das härteste und am besten verglaste, oft ein sehr schlechter idioelektrischer Körper, bisweilen ein völliger Leiter sey. Im Allgemeinen scheinen diejenigen Gläser, in deren Zusammensetzung mehr eigentliche Metalloxyde eingehen, am besten zu isoliren, namentlich also die blauen, grünen, violettrothen, schwarzen. Gläser, zu deren Schmelzung mehr Laugensalz gebraucht worden ist, werden nach einiger Zeit leichter leitend, wenn sie auch anfangs, nachdem sie aus dem Glasofen gekommen waren, sich als vortreffliche Isolatoren bewiesen, ohne Zweifel durch Anziehung von Feuchtigkeit, welche überhaupt an jedes Glas sich leicht anhängt und es dadurch zum Leiter macht.

Eine höchst sonderbare Beobachtung über die leitende Eigenschaft des Glases rührt von einem unbekanntem Liebhaber der Physik her². Eine ihm eigenthümliche theoretische Ansicht veranlaßte ihn, eine zwei Fuß lange Barometerröhre an beiden Enden in feine Spitzen auszuziehen, auf Kohlen, um alle Feuchtigkeit fortzutreiben, zu erhitzen und dann an den Enden zuzuschmelzen zu lassen. Als er mittelst einer solchen Röhre eine Leidner Flasche durch Verbindung mit dem ersten Leiter der Maschine zu laden versuchte, erhielt er während der ersten fünf Minuten, welche die Maschine im Gange war, keine Spur von Ladung, dann aber zeigte sich an den beiden Spitzen der zugegeschmolzenen Röhre elektrisches Licht, und zwar an der vordern (ohne Zweifel der dem Conductor zugekehrten) ein Lichtpunkt, an der hintern ein schöner Strahlenbüschel; hierauf fing die Flasche an, sich zu laden, nach jedem Entladen stärker, und noch an demselben Tage lud sich durch eine solche Röhre eine Batterie so vollkommen, als wenn sie mit dem ersten Leiter der Maschine in Berührung gewesen wäre (?). Ein solcher Glasconductor hat dabei die Sonderbarkeit, daß er von der Elektrizität einen großen Theil selbst dann noch fortpflanzt, wenn man ihn unmittelbar in der Hand hält, und einer, an welchem

¹ Journal de Physique. T. XVI. p. 51.

² G. XXIV. §25.

die Spitze abgebrochen war, so daß die atmosphärische Luft eindringen konnte, blieb dessenungeachtet ein eben so vortrefflicher Leiter. Selbst Glasröhren von 4 bis 6 Fufs Länge konnte jener Physiker auf die angezeigte Weise in treffliche Conductoren verwandeln. Je dünner von Glas solche Röhren sind, um so schneller werden sie auf die angegebene Weise zu Leitern; einige Röhren müssen mehrere Stunden lang und wiederholt der Einwirkung der Elektrizität unterworfen bleiben, ehe sie Leiter werden. VAN MONS, der diese sonderbaren Glasconductoren selbst untersuchte, bemerkt, daß sie nur einige Linien weit waren, daß die Elektrizität sie in einem freien Zustande als sichtbare Flüssigkeit durchströme. Daß nicht die in den Röhren durch vorherige Erhitzung verdünnte Luft die Leitung vermittele, ergab sich daraus, daß diese Röhren eben so gut leiteten, wenn sie an einem oder an beiden Enden offen waren.

Daß auch Elektrizität von sehr schwacher Spannung, wie die der Volta'schen Säule, durch solide Glasröhren von einer Länge von einigen Schuhen fortgeleitet und einem Elektrometer eben so gut wie durch den menschlichen Körper oder durch Metalle zugeführt werden könne, hat G. BISCHOF durch mehrere Versuche mit der Volta'schen Säule bewiesen¹, welcher bei dieser Gelegenheit auch die Erfahrungen anderer Physiker über die Fähigkeit des Glases, die Pole der Volta'schen Säule abzuleiten, zusammengestellt hat. Hierbei muß man indess nicht aufser Acht lassen, daß die Säule ein unerschöpflicher Quell von Elektrizität ist und daß, wenn gleich das Elektrometer durch eine Glasröhre, welche die Verbindung von der Säule aus damit macht, fast augenblicklich auf die Spannung der Säule geladen zu werden scheint, das wirkliche Quantum von Elektrizität, welches in dieser Zeit dadurch fortgeleitet wird, doch viele millionenmal geringer seyn kann, als das durch einen guten Leiter, z. B. durch einen Metalldraht, fortgeleitete, weswegen die Unterbrechung des Kreises der einfachen Kette oder Säule auch nur durch das kleinste Fragment einer Glasröhre alle Wirkungen unterbricht, welche von dem eigentlichen Strome der Säule abhängen.

2) Alle *nicht metallische brennbare einfache Körper* verhalten sich als Isolatoren, und zwar die meisten in einem noch

1 Schweigg. Journ. N. R. V. 251.

höheren Grade als das Glas, namentlich Phosphor, Schwefel, Selen, Boron, Silicium, Chlor, Iod, Brom. Von dem reinen Chlor ohne Wasser, das sich nur durch künstlichen Druck darstellen läßt, hat FARADAY gefunden, daß wenigstens die Elektrizität der Volta'schen Säule ganz ohne Wirkung darauf ist, und bei seiner großen Aehnlichkeit mit dem Brom, von welchem, so wie von dem Iod DE LA RIVE durch directe Versuche gefunden hat, daß sie vollkommene Isolatoren des Stromes der Volta'schen Säule sind ¹, läßt sich mit Sicherheit annehmen, daß es gleichfalls als Isolator wirke. Merkwürdig ist es, daß diese beiden letzteren Körper das Leitungsvermögen des sehr kleinen Antheiles von Wasser, wodurch sie gelöst werden, sogleich erhöhen, so wie sie selbst auch, wenn sie befeuchtet sind, sich als gute Leiter zeigen. Von Brom, Silicium und Selen ist die isolirende Eigenschaft durch BERZELIUS nachgewiesen. Selbst die Kohle macht in ihrer reinsten Form als Diamant keine Ausnahme von der Regel, wobei dann freilich die Umwandlung dieses vielleicht vollkommensten Isolators in einen trefflichen Leiter durch die kleinste Beimischung von Eisen oder einem Alkalimetalle, ja, wie es scheint, durch eine bloße Veränderung in der Aggregation der Theilchen zu den mannigfaltigen räthselhaften Erscheinungen gehört, für welche es uns noch gänzlich an einem allgemeinen Erklärungsprincipe mangelt.

3) Alle *Oxyde* der Metalle, der schweren sowohl als der leichten, namentlich also auch alle einfachen Erden und Alkalien mit den oben bereits angegebenen wenigen Ausnahmen sind, ihres hygroskopischen Wassers beraubt, Isolatoren der Elektrizität. Dieses gilt auch von den Hydraten der Oxyde. Eben so alle Iod-, Chlor- und Bromverbindungen in ihrem möglichst trockenem Zustande.

4) Alle *Salze* ohne Ausnahme verhalten sich gleichfalls als Isolatoren, namentlich auch alle metallische Salze. Dieses gilt selbst von den Salzen, wenn sie noch ihr Krystallisationswasser enthalten. PELLETIER ² führt dieses ausdrücklich von den Salzen an. Doch ist diese isolirende Eigenschaft nur eine relative, weswegen denn auch PRIESTLEY ³, der ihre leitende Eigen-

1 Kastner's Archiv. XI. 388.

2 G. LXVI. 200.

3 Geschichte der Elektrizität. S. 400.

schaft nach ihrer Fähigkeit, eine elektrische Batterie zu entladen, schätzte, die Salze im Allgemeinen zu den ziemlich guten Leitern rechnet. Am besten leitend fand er den Alaun, demnächst Steinsalz, Salmiak noch besser als beide. Salpeter leitete schlechter, denn der Erschütterungsschlag, über seine Oberfläche hingeführt, zerstreute ihn in viele Stücke. Die Metallsalze leiteten besser als die Neutralsalze, namentlich blauer und grüner Vitriol.

5) Alle vollkommen trockene *Steine* und *Erdarten*, besonders die härteren Steine, die den glasartigen sich mehr nähern, verhalten sich als Nichtleiter. PRIESTLEY¹ behauptet zwar von allen steinartigen Substanzen, daß sie auch warm und trocken sehr gute Leiter sind, und namentlich führt er als solche die Marmorarten, gemeinen Kalkstein, Gyps, Alabaster, spanische Kreide, lydischen Stein, Zeichenschiefer, aegyptischen Granit, selbst den geschliffenen Achat auf. Indefs erhellt aus der Art, wie PRIESTLEY seine Versuche anstellte, nur so viel, daß der elektrische Funke von dem ersten Leiter der Maschine aus in einer größeren Entfernung ausgezogen werden konnte, als ohne diese Körper, doch so, daß der Funke über ihre Oberfläche hinfuhr. PELLETIER führt ausdrücklich an, daß alle Steine Nichtleiter seyen, mit Ausnahme des Lazulits, Gadolinitis und des Lepidolits, welche schwach, der schwarzen Hornblende, welche ziemlich gut, und des Bronzits, welcher stark leitet. Einige gefärbte Marmorarten sollen schwach leiten.

6) Alle *brennbare Mineralien*, mit Ausnahme der Kohlenblende (Anthracit), der mineralischen Holzkohle und des Graphits, gehören zu den vorzüglichsten Isolatoren, namentlich der Bernstein, Honigstein, Asphalt, Gagat, fast alle Arten von Steinkohlen, und ohne Zweifel ist der vollkommenste aller Isolatoren, so wie der durch Reiben am stärksten positiv werdende Körper der Diamant. Auch die flüssigen brennbaren Mineralien, wie das Steinöl, die natürliche Naphtha, verhalten sich als Isolatoren.

7) Von Producten des Pflanzenreichs sind vorzüglich gute Isolatoren alle *Harze* ohne Ausnahme und sie stehen in dieser Hinsicht nächst dem Diamant oben an. Ein vorzüglicher Nichtleiter ist das Schellack (*gummi laccae*) und das daraus verfeinerte Siegellack. Wie die Harze verhalten sich auch das Fe-

1 A. a. O. 407.

derharz (Cautchouk), das Wachs und Myricin. Auch andere trockene Pflanzenproducte, insbesondere der Zucker, das arabisches Gummi in recht trockenem Zustande, die trockenen Pflanzensäuren und Pflanzensalze, wie Weinstein, Kleesalz und verwandte Materien sind Nichtleiter. Auch die eigentlichen Bildungstheile der Pflanzen in recht trockenem Zustande, wie das Holz, die Rinde u. s. w., sind Nichtleiter. Eben so verhält sich die Baumwolle. Dagegen sind die Faser des Leinens und das Garn und die daraus gewebten Zeuge auch im trockenen Zustande Leiter; eben so das Mark des Hollunders.

8) Besonders vollkommene Isolatoren sind die *fetten Oele* des Pflanzenreichs. Dieses zeigte PRIESTLEY durch viele Versuche. Wurde die äußere Belegung der Batterie in gute leitende Verbindung mit Oel gebracht, und ein Metalldraht, der mit der innern Belegung verbunden war, der Oberfläche des Oels genähert, so wurde dieses bis auf eine Höhe von 0,75 Zoll erhoben und die Oelsäule war um so dicker, je näher der Draht dem Oele kam, ohne daß die Ladung sich auffallend verminderte. Auch wenn die äußere und innere Belegung der Batterie an 10 Minuten lang mit einem Teller voll Baumöl in Verbindung gebracht wurde, war die Ladung nicht mehr zerstreut, als wenn gar keine solche Communication statt gefunden hätte. Dieselbe isolirende Eigenschaft beobachtete PRIESTLEY auch an den *ätherischen* und *empyrheumatischen* Oelen, so wie den natürlichen *Balsamen*. Der Aether verhält sich als ein Nichtleiter, dagegen nähert sich der Weingeist, selbst der absolute Alkohol, schon sehr dem reinen Wasser, hinsichtlich seines Leitungsvermögens.

9) Alle *festweiche thierische Theile*, die in ihrem natürlichen Zustande so vortreffliche Leiter sind, verlieren dieses Leitungsvermögen gänzlich durch möglichste Austrocknung, besonders für Electricität von geringer Spannung. Als ausgezeichnete Nichtleiter verhalten sich ganz vorzüglich die trockenen Hautbedeckungen aller Thiere, insbesondere die Haare, alle Arten von Pelzwerk, alle Arten von Federn, die Gespinnste der Raupen, besonders die des Seidenwurms, die rohe und verarbeitete Seide und die mannigfaltigen aus derselben gewebten Zeuge.

10) Alle *fette Substanzen des Thierreichs*, wie Talg, Wachs, Wallrath u. s. w., sind eben solche Isolatoren, wie die Pflanzenöle.

11) Von dem besondern Verhalten der Seife und des getrockneten Eiweißes wird weiter unten noch die Rede seyn.

12) Das *Eis* wird in dem Verhältnisse mehr zum Nichtleiter, in welchem es kälter ist. ACHARD hat im Monate Januar 1776 zu Berlin wahrgenommen, daß das Eis bei einer Kälte von -20° R. ein elektrischer Körper und ein Nichtleiter sey. Er machte seine Versuche in freier Luft, wo er fand, daß eine Stange von Eis, die 2 Schuh lang und 2 Zoll dick war, einen sehr schlechten Leiter abgab, wenn das Thermometer -6° R. zeigte, und daß sie nicht im geringsten mehr leitete, als das Thermometer auf -20° R. fiel. Er drehte ein Sphäroid von Eis auf einer dazu eingerichteten Maschine und elektrisirte dadurch einen ersten Leiter, daß er leichte Körper anzog, zurückstieß, Funken gab u. s. w.; das Eis, das er gebrauchte, war frei von Luftblasen und ganz durchsichtig.

13) Die *atmosphärische Luft* und alle *Gasarten* gehören, wenn sie nicht etwa zu dünn oder zu erhitzt sind, zu den Nichtleitern. Im Allgemeinen scheinen die Gasarten der Elektrizität in dem Verhältnisse mehr Widerstand zu leisten, in welchem ihre Dichtigkeit zunimmt. Da unter demselben Drucke die verschiedenen Luftarten eine sehr verschiedene Dichtigkeit haben, so ist auch ihr Isolationsvermögen verschieden. Das leichte Wasserstoffgas scheint dem Durchgange der Elektrizität am wenigsten Widerstand zu leisten, und von diesem verschiedenen Isolationsvermögen der Luftarten mag es auch abhängen, daß Elektrisirmaschinen in eingeschlossener Luft unter Glocken eine größere Wirkung im Sauerstoffgase, als im Wasserstoffgase, dem gekohlten Wasserstoffgase und dergl. zeigen, ohne daß man eine chemische Wirkung der Luft zur Erregung der Elektrizität (durch Oxydation des Amalgams) anzunehmen genöthigt ist.

Auch die Dämpfe, namentlich der Wasserdampf, wenn er ganz rein und durch keinen Niederschlag von Wasser getrübt ist (Nebel), isoliren. So wird die Volta'sche Säule, wenn man die ganz durchsichtigen Wasserdämpfe an die Mündung der Aeolipile zwischen den zwei Polardrähten auffängt, nicht geschlossen, die Divergenz der mit denselben verbundenen Elektrometer bleibt unverändert¹.

1 ERMAN in G. XXII. 45.

Wenn gleich alle diese Körper im Allgemeinen sich als Nichtleiter beweisen, so ist doch schon mehrmals erinnert worden, daß sie der Fortpflanzung der Elektrizität keinen absoluten Widerstand entgegensetzen und daß nur die längere Zeit es ist, die ein gewisses Quantum von Elektrizität erfordert, um sich durch sie hindurchzubewegen, was sie zu Nichtleitern macht. Diese Zeit giebt sogar ein Mittel an die Hand, die relativ verschiedene isolirende Eigenschaft oder den comparativen Grad von Leitungsvermögen, welcher denselben immer noch zukommt, mit einiger Genauigkeit zu bestimmen. ROUSSEAU¹ hat hierzu eine nicht unzuweckmäßige Vorrichtung angegeben. Diese besteht dem Wesentlichen nach darin, daß mit dem obern Pole einer großen trockenen Säule, deren unterer Pol mit dem Erdboden in Verbindung ist, eine schwach magnetisirte Nadel und eine Metallkugel so in Verbindung gebracht werden, daß die Elektrizität des obern Poles an die Kugel übergeht und also die Nadel abstößt, bis sie in einem gewissen Abweichungswinkel zur Ruhe kommt. Die Zeit, welche verstreicht, bis nach mehreren Oscillationen die Nadel zur Ruhe kommt, ist das Maß des Leitungsvermögens der verschiedenen Isolatoren, die langsam genug leiten, um solche Zeitunterschiede noch wahrnehmen zu können. Es versteht sich, daß auch hier nur die Vergleichung für gleiche Durchmesser und Längen gilt. Um Flüssigkeiten in dieser Hinsicht mit einander vergleichen zu können, bringt ROUSSEAU diese in kleine Gefäße, die durch ihren Fuß mit der Nadel und Kugel in Verbindung stehen, taucht hierauf das eine Ende eines Metalldrahtes in die Flüssigkeit und bringt stets eine gleich große Metallfläche mit dieser dadurch in Berührung, daß er einen Theil des Metalldrahtes mit Siegelack überzieht, dann mißt er die Dauer der Bewegungen der Nadel von dem Augenblicke an, worin die Verbindung mit der Säule durch das andere Ende des Drahtes bewirkt wurde. Auf diese Art hat ROUSSEAU gefunden, daß das Olivenöl in Vergleichung mit andern pflanzlichen und thierischen Oelen ein sehr geringes Leitungsvermögen besitzt, denn unter übrigens gleichen Umständen waren zu einer gewissen Ablenkung beim Olivenöle 40'', beim Buchecker- oder Mohnöle hingegen nur 27'' erforderlich.

1 Ann. de Chimie et Phys. T. XXV. p. 373. und Poggendorff's Ann. LXXVIII. S. 195.

Versetzte er das Olivenöl auch nur mit dem hundertsten Theile eines fremden Oeles, so fiel die zu demselben Ende nöthige Zeit sogleich auf 10", und deshalb hält er auch dieses Instrument für geeignet, die Verfälschung des Olivenöles mit andern Oelen zu entdecken, in welcher Hinsicht jedoch für die Praxis andere chemische Verfahrensarten den Vorzug behaupten möchten. Er fand durch dieses Instrument ferner, daß feste Fette weniger gut leiten, als animalische Oele, was ohne Zweifel von dem größeren Gehalte der ersteren an Stearine herrührt, denn von der nach CHEVREUL's Methode bereiteten Oleine und Stearine zeigte sich ihm erstere merklich besser leitend als letztere. Ein thierisches Fett leitet um so schlechter, je älter das Individuum war, von dem es genommen worden. Es zeigte sich auch ein beträchtlicher Unterschied in dem Leitungsvermögen des Harzes, des Gummilacks, des Schwefels, der Seide, des gemeinen und des Krystallglases. Für die geistigen, wässerigen, sauren, alkalischen und salzigen Flüssigkeiten konnte ROUSSEAU keinen Unterschied im Leitungsvermögen bestimmen, da die Zeit, in welcher die Nadel zum Maximum ihrer Abweichung gelangte, zu kurz war, als daß man eine ungleiche Dauer hätte beobachten können.

C. Halbleiter.

Man hat noch eine dritte Classe von Körpern in Rücksicht auf die Verschiedenheit im Leitungsvermögen unterschieden, die in der Mitte zwischen den beiden Hauptclassen steht, gleichsam den Uebergang von der einen zur andern macht und die man eben deswegen *Halbleiter* genannt hat. Es ergiebt sich aber schon aus dem Vorhergehenden, daß jede solche Aufstellung und Abgrenzung eine willkürliche ist, da die Leiter, von den besten ausgegangen, durch eine Menge von Stufen in die Nichtleiter übergehen, welche selbst wieder unter sich eine Menge von Graden des Isolirungsvermögens begreifen. Viele dieser sogenannten Halbleiter sind gleichsam nur Gemenge von Leitern und Nichtleitern und leiten nur in dem Verhältnisse mehr oder weniger, in welchem die leitenden Theilchen mehr oder weniger häufig eingemengt sind. Vorzüglich ist es das hygroskopische Wasser, was solche Körper, die in ihrem absolut trockenem Zustande sehr vollkommene Isolatoren sind, in Leiter in einem gewissen

Grade verwandelt. Eben diese Körper sind daher in ihrem gewöhnlichen Zustande Halbleiter, wenn sie der freien Luft ausgesetzt mit deren Feuchtigkeit ins Gleichgewicht kommen. Dahin gehören besonders Elfenbein, Schildpatt, Knochen, Horn, Leder, Papier, Pergament, Holz im Zustande gewöhnlicher Trockenheit, ferner mehrere nicht zu dichte und harte Steinarten, wie insbesondere die Marmor- und Alabasterarten u. dgl. Selbst durch eine mäfsige Austrocknung verlieren sie diese Eigenschaft nicht, da sie alsdann als sehr hygroskopische Körper immer noch einen ziemlichen Antheil Feuchtigkeit zurückhalten. VOLTA hat sie wegen dieser ihrer Eigenschaft vorzüglich zur Unterlage der Collectorplatten des Condensators gebraucht und ihnen auch zuerst jenen Namen beigelegt. Manche Steine können auch dadurch solche Halbleiter werden, dafs in sie Theilchen von sehr guten Leitern, wie von Erzen, Metalloxydulen, fein eingesprengt sind. In diesem Falle kann man durch sie keinen einfachen Funken aus dem ersten Leiter der Elektrisirmaschine ziehen, sondern die Elektrizität geht in sehr vielen feinen Fünkchen in sie über. Bei dem ungeheuern Abstände in dem Leitungsvermögen, welcher zwischen den Metallen und dem Wasser und wässerigen Flüssigkeiten, selbst solchen, die mit Salzen, Säuren und Alkalien stark gesättigt sind, statt findet, hat man in neuern Zeiten nicht selten auch diese zweite Hauptklasse von Leitern mit dem Namen Halbleiter bezeichnet.

V. Verschiedenes Verhalten der Körper in Ansehung ihres Leitungsvermögens für Elektrizität nach Verschiedenheit dieser selbst. Unipolare und bipolare Leiter und Isolatoren.

Für die Anhänger der Franklin'schen Theorie kann es nicht wohl eine Verschiedenheit der Körper in Rücksicht auf Leitungs- und Isolirungsvermögen für positive und negative Elektrizität geben. Für den Dualisten mufs dagegen allerdings ein solches verschiedenes Verhältnifs eines und desselben Körpers für $+E$ und $-E$ existiren können und das unbestreitbare Nachweisen dieser Verschiedenheit durch unzweideutige Versuche würde zu-

gleich der schlagendste Beweis für die Naturgemäßheit der dualistischen Ansicht seyn. Diesen entscheidenden Beweis würde allerdings ERMAN geliefert haben, wenn die fünffach verschiedene Modification des Leitungsvermögens und zwar zunächst für die Elektrizität der Volta'schen Säule nach Verschiedenheit der specifischen Beschaffenheit der Körper, welche er durch eine Reihe scharfsinniger Versuche ausmittelte, keine andere Erklärung, als die von ihm angenommene, zuliefse. Für diese fünffache Verschiedenheit brachte ERMAN folgende fünf Benennungen als die passendsten in Vorschlag und gab zugleich die kurze Charakteristik derselben auf folgende Weise:

I. Classe. *Nichtleiter*. Man kann durch sie keinen der einzelnen Pole weder laden, noch entladen; im Conflict beider Pole hemmen sie folglich alle wechselseitige Wirkung jedes Pols; der Kreis wird durch sie nicht geschlossen.

II. Classe. *Vollkommene Leiter*. Jede Wirkung eines individuellen Pols, des positiven, so wie des negativen, verschwindet bei deren Anbringung; der Kreis ist, wenn der Körper als Mittelglied in denselben gebracht wird, vollkommen geschlossen.

III. Classe. *Bipolare Leiter*. Die specifischen Wirkungen beider Pole sind an dem Leiter selbst zugleich wahrnehmbar. Er theilt sich in zwei Zonen, wovon die eine den positiven, die andere den negativen Effect zeigt; der Kreis ist durch diesen Leiter als Mittelglied in demselben unvollkommen geschlossen.

IV. Classe. *Positiv-unipolare Leiter*. Der von Pol zu Pol angebrachte Leiter isolirt im Conflict den negativen Effect und leitet nur den positiven; der Kreis ist *nicht geschlossen*, daher bleibt nach ableitender Berührung dieses Mittelgliedes der negative Pol im Maximum geladen und der positive durchaus entladen, doch leitet dieser Körper, wenn er nicht als Mittelglied in den Kreis aufgenommen wird, den negativen Pol für sich allein gleichmäßig wie den positiven.

V. Classe. *Negativ-unipolare Leiter*. Sie verhalten sich in jeder Hinsicht gegen den negativen Pol, wie die der 4ten Classe gegen den positiven.

Die beiden ersten Classen waren längst bekannt und gehörig unterschieden, besonders in ihren Extremen. Zur dritten Classe gehören alle poröse, durch Haarröhrchenkraft das Wasser auf-

nehmende Körper, welche an und für sich im trocknen Zustande Nichtleiter, im befeuchteten Zustande aber unvollkommene Leiter sind, wie nasse Fäden, nasse Streifen Papier, nasse Bündel Amianth, ferner das reine destillirte Wasser selbst, auf eine passende Weise in Röhren gebracht, welche, wenn sie die beiden Pole einer Volta'schen Säule mit einander verbinden, keine vollkommene Ausgleichung bewirken, sondern sich in zwei Zonen theilen, eine positive an der dem positiven und eine negative an der dem negativen Pole zugekehrten Seite. Die darauf bezüglichlichen Erscheinungen sind bereits unter dem Artikel *Galvanismus*¹ genau betrachtet worden.

Die Phänomene der sogenannten *positiven Unipolarität* zeigt jede gewöhnliche *Lichtflamme* und von ihnen ist bereits oben die Rede gewesen. Eben so wirkt die *Weingeistflamme*. Ist sie *vollkommen isolirt*, so vermindert sie die Divergenz des Elektrometers, dessen Verbindungsdraht sie mit der Spitze berührt, wenn dasselbe mit dem Pole einer zu diesem Behufe vollkommen isolirten und an beiden Polen mit gleich empfindlichen und daher gleiche Spannung zeigenden Elektrometern versehenen Säule verbunden ist, *nicht merklich*, vernichtet sie aber gänzlich und bringt zugleich die Divergenz des mit dem entgegengesetzten Pole verbundenen Elektrometers auf das Maximum, sobald sie mit dem Erdboden in ableitende Verbindung gebracht wird, und zwar ist diese Wirkung an *beiden Polen durchaus* gleich. Verbindet man aber beide Polardrähte mit derselben isolirten Flamme, so zeigen die beiden Elektrometer durch ihre Divergenz, die nach wie vor unverändert besteht, daß der Kreis durchaus nicht geschlossen ist und daß also die leitende Eigenschaft der Flamme im Conflict beider Pole durchaus verloren gegangen ist. Berührt man aber irgend einen Pol ableitend, so erhält dadurch das entgegengesetzte Elektrometer das Maximum der Divergenz, eben so als wenn sich die Säule daselbst in der vollkommensten Isolation befände. Berührt man die Flamme selbst ableitend, so erhält das Elektrometer am negativen Pole das Maximum der Divergenz und das Elektrometer des positiven Pols verliert jede Spur davon, wenn man ihm auch früher absichtlich die größtmögliche Divergenz auf die kurz zuvor angezeigte Weise ertheilt hatte, und es ist ganz un-

1 Dieses Wörterb. Bd. IV. Abth. 2. S. 845.

möglich, durch Vermittelung der Flamme auf den negativen Pol zu wirken. Diese relativ so entgegengesetzte Wirkung auf den positiven und negativen Pol findet schon statt, wenn auch nur der Zuleiter, welcher mit dem Erdboden in Verbindung ist, sich der Spitze der Flamme nähert, ja wenn man auch nur mit einer unisilirten metallenen Spitze oder Scheibe oder auch mit der bloßen Hand über der Flamme in einer Entfernung von mehreren Zollen, ja von einigen Fußsen langsam wegfährt. Ganz auf dieselbe Weise, wie die Weingeistflamme, verhält sich die Flamme aller Substanzen, welche in ihrer Mischung Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten, also namentlich die Flamme der Naphtha, der fetten und ätherischen Oele, des Bernsteins, Kamphers, der Harze, des Wachses und Talges, die sämmtlich positiv-unipolar sind. Der Kohlenstoff ist jedoch zu dieser Wirkung keine nothwendige Bedingung, denn ganz eben so verhält sich die Flamme des chemisch reinen *Wasserstoffgases*. Die Flamme des *Schwefels* hingegen isolirt jeden Effect der Säule; es ist unmöglich, durch ihre Vermittelung irgend einen Pol zu leiten, und es findet auch dieselbe Isolation an beiden Polen statt, wenn die Flamme des Schwefels als Mittelglied zwischen beide Drähte in den Kreis tritt; der geringste Antheil an Kohlenstoff oder Wasserstoff verändert aber diese isolirende Eigenschaft der Schwefelflamme und so tritt namentlich die Flamme des *Schwefelfadens* mit einer auffallenden Bestimmtheit in die Classe der positiv-unipolaren Leiter.

Dieses merkwürdige Verhalten der unipolaren Leitung bedingt auch die Entstehung der Contractionen eines reizbaren Froschpräparats unter bestimmten Bedingungen. Dieses Froschpräparat sey am negativen Pole als vermittelndes Glied angebracht. Nun schliesse man den Kreis an der isolirten hydrocarbonisirten Flamme mit einem völlig isolirten Auslader, so wird nie die mindeste Spur einer Contraction statt finden, da die Flamme nur den positiven Effect leitet, den negativen aber ganz vollkommen isolirt. Wiederholt man aber die Schließung mit dem einzigen Unterschiede, daß der Schließungsdraht nicht isolirt gehalten wird, so entstehen augenblicklich Zuckungen; der negative Pol und an ihm das Froschpräparat hat sich nämlich auf das Maximum der Spannung geladen und es findet eine Entladung desselben in den Erdboden statt, sobald man den unisilirten Auslader an das Präparat bringt. Denselben Erfolg erhält man aber

auch, wenn keine Flamme im Spiele ist und man durch augenblickliche Berührung des positiven Pols den negativen auf das Maximum geladen hat. Auch hier wird man durch Berührung des mit demselben in Verbindung stehenden Froschpräparats mit einem unisolirten Auslader Contractionen erregen, zum Beweise, daß eine einseitige momentane Entladung eines Pols durch das reizbare Präparat ohne fortdauernde Strömung einen hinlänglichen Reiz auf den Nerven desselben ausüben kann. Die Flamme des *Phosphors* verhält sich ganz anders, als die hydrocarbonisirte und die des Schwefels, nämlich als *negativ-unipolar*, doch war der Erfolg nicht so ausgezeichnet, als bei einigen andern hierher gehörigen Körpern; nur verhielt sie sich in allen Fällen bestimmt nicht als positiv-unipolar. Die geringste Zumischung von Wasserstoff und Kohlenstoff ändert die Flamme des Phosphors ganz auffallend und macht sie unipolar-positiv.

Als bestimmt *negativ-unipolare* Leiter will ERMAN das concrete trockene *thierische Eiweiß* und die feste alkalische *Seife* jeder Art, wenn sie nur zum höchsten Grade der Trockenheit gebracht worden war, gefunden haben. Berührt man nämlich bei einer vollkommen isolirten Säule, deren Pole mit Elektrometern verbunden sind, den einen Pol durch eine auch noch so große Masse von höchst trockener Seife, die man frei in der Hand hält, so verliert der berührte Pol augenblicklich alle seine Divergenz und der entgegengesetzte erhält das correspondirende Maximum der Spannung. Es zeigt sich hierbei ein durchaus gleiches Verhalten in Ansehung der beiden Pole, auch wird jeder derselben einzeln von der ganz trockenen Seife eben so vollkommen abgeleitet, als wenn sie am Berührungspuncte benetzt ist. Steckt man nun die Enden der beiden Polardrähte in eine und dieselbe Masse vollkommen isolirter Seife, so zeigen sich die beiden Pole der Säule vollkommen isolirt und man kann jeden einzelnen durch ableitende Berührung des andern auf das Maximum laden, die Säule ist durchaus nicht geschlossen. Sobald man aber die Seife selbst in ableitende Berührung mit dem Boden bringt, so divergirt augenblicklich das Elektrometer des positiven Pols auf das Aeußerste, das des negativen dagegen hat alle Divergenz verloren; die Seife isolirt so vollkommen den positiven Pol, daß man mit der feinsten Spitze ganz dicht am positiven Drahte keinen Punct auffinden kann, durch dessen Berührung man dem positiven Pole auch nur das Mindeste von

seiner Ladung zu entziehen vermöchte. Die negative Unipolarität und das Nichtgeschlosseneyn der Säule in der Seife erhellet am auffallendsten, wenn man mit benetzten Fingern den negativen in die Seife gehenden Draht und die Seife selbst berührt. Es wird keine Erschütterung statt finden und das Elektrometer unverändert bleiben. Schließt man aber mit dem benetzten Finger am positiven Drahte und an der Seife, so erhält man eine Erschütterung, die Elektrometer sind beide ausgeglichen und der Kreis ist geschlossen. Unterbricht man die Continuität eines der in der Seife befestigten Drähte und schaltet daran einen Gasapparat ein, so wird, da der Kreis nicht geschlossen ist, auch keine Wasserzersetzung statt finden, so lange die Polardrähte lediglich durch Vermittelung der Seife auf einander wirken; legt man ein Stück befeuchteten Schwamm oder eine Tuchscheibe so an den negativen Polardraht, daß sie zugleich die Fläche der Seife berührt, so bleibt alles wie zuvor, sobald man aber den feuchten Leiter zwischen den positiven Draht und die Substanz der Seife andrückt, so stellt sich augenblicklich die Wasserzersetzung mit voller Energie ein und die Elektrometer bezeugen zugleich durch das Verschwinden ihrer Divergenz, daß nun eine vollständige Leitung eingetreten ist. Die Feuchtigkeit ist also hier gleichsam der vermittelnde Leiter der positiven Elektrizität zwischen der Seife und dem Metalle, welche von diesem nicht unmittelbar in die Seife übergeht, daher auch dieselbe Metallplatte, welche im feuchten Zustande in gemeinschaftliche Berührung mit dem positiven Drahte und der Seife gebracht die Wasserzersetzung vermittelt, ganz ohne Wirkung ist, wenn sie im ganz trockenen Zustande auf dieselbe Weise angelegt wird. Eben wegen dieser Wirkung der Feuchtigkeit muß man, um jene bestimmte unipolare Wirkung der Seife zu haben, dieselbe im vollkommen trockenen Zustande anwenden.

Alle Erscheinungen der negativen Unipolarität zeigt gleich auffallend, wie die Seife, ERMAN's Versuchen zufolge, der *concrete trockene Eiweißstoff*, welchen man dadurch am besten erhält, daß man das durch anhaltendes Kochen des Eies im Wasser geronnene Eiweiß 6 bis 7 Tage an der Luft eintrocknen läßt, bis die Masse dem Bernstein an Farbe und Durchscheinbarkeit, nicht aber an Sprödigkeit ähnlich geworden ist.

ERMAN giebt keine Erklärung dieser sonderbaren Erschei-

nungen und begnügt sich blofs damit, das Unhaltbare einer Hypothese, die er sich früher erdacht hatte, dafs nämlich durch den chemischen Procefs, welcher augenblicklich durch den elektrischen Procefs eingeleitet wird, eben so augenblicklich an dem negativen Drahte in der hydrocarbonisirten Flamme ein öli-ger Ueberzug, so wie ein ähnlicher durch Zersetzung der Seife an dem positiven Drahte erzeugt werde, womit dann eben auch die Leitung der Elektrizität im ersten Falle von der negativen, im zweiten Falle von der positiven Seite her aufhören müsse, nachzuweisen.

Diese wichtigen Beobachtungen *ERMAN*'s haben sich jedoch nicht vollkommen bei Wiederholung dieser Versuche durch andere Physiker bestätigt, auch sind sie mit andern Erfahrungen auf eine solche Weise verknüpft worden, dafs der neue Gewinn, welchen sie der elektrischen Theorie zu bringen versprochen, nicht mehr so bedeutend erscheint. Erstlich sind *BRUGNATELLI* und *CONFIGLIACHI* als Gegner *ERMAN*'s in einer ihnen gemeinschaftlichen Arbeit¹ aufgetreten und haben dieses Gebiet von Erfahrungen zugleich erweitert. Sie stellten ihre Versuche nur mit einer kleinen Säule von 12 Platten Zink und Kupfer an und mußten sich daher des Condensators bedienen, um die elektroskopischen Veränderungen genau zu bestimmen, die sie aber für hinlänglich stark dazu hielten, da der Condensator ein so sehr starkes, nämlich ein 250faches Condensationsvermögen besafs. Im Allgemeinen fanden diese Physiker, dafs, wenn die beiden Pole ihrer Säule durch einen unvollkommenen Leiter mit einander verbunden waren (und als solche verhielten sich alle Körper mit Ausnahme der polirten Metalle), die wechselseitige Ausgleichung der Pole nie vollkommen, sondern dafs stets eine rückständige Spannung vorhanden war. Diese wurde dadurch ausgemittelt, dafs der Condensator mit dem einen Pole in Verbindung gebracht wurde, bei ableitender Berührung des andern Pols. Die rückständige Spannung war dem Grade nach verschieden, je nachdem der Körper, durch welchen der Kreis geschlossen worden war, ein verschiedenes Leitungsvermögen hatte; dabei war sie aber nicht von gleicher Gröfse in beiden Polen, sondern bald gröfser in dem positiven, bald gröfser in dem ne-

¹ *Gehlen's Journ. d. Chem., Ph. und Min.* VIII. 319. und vorläufig in IV. 454.

gativen Pole, je nach der verschiedenen Beschaffenheit des zur Schließung angewandten Körpers. Insbesondere stimmten darin ihre Resultate mit denen von ERMAN erhaltenen überein, daß bei Anwendung der Weingeistflamme und ableitender Berührung derselben die rückständige Spannung des negativen Pols stets auf ihr Maximum gebracht wurde, während der positive Pol ohne alle Spannung zurückgeblieben war. Nicht so constant und in keinem so vollkommenen Grade zeigte sich dagegen auch die trockenste Seife in ihren Versuchen als negativ-unipolar, indem zwar allerdings der positive Pol ein größeres Maximum von Spannung zeigte, aber auch am negativen Pole sich ein kleiner Rückstand von Spannung zu erkennen gab. Sie fanden nämlich, daß unabhängig von aller Feuchtigkeit, welche allerdings auf die Modification der Leitungsfähigkeit der Seife einen höchst merkwürdigen Einfluß äußert, die Seife in einzelnen Fällen vielmehr die Spannung des negativen Pols erhöhte und sich demnach positiv-unipolar verhielt. Dieses bemerkten sie, wenn sie die Seife erwärmten, z. B. nur einige Minuten der Sonne aussetzten, doch nahm sie beim Abkühlen wieder ihre dem positiven Pole mehr günstige Beschaffenheit an. Ammonium, auf einen Streifen Papier leicht aufgetragen und als Verbindungsglied beider Pole angewandt, verhielt sich zwar als positiv-unipolarer Leiter, d. h. erhöhte die Spannung des negativen Pols, aber weder bis zu demselben Maximum, noch so beständig wie die Flamme, und sogar noch weniger und mit geringerer Beständigkeit, als die Seife die Spannung des positiven Pols erhöhte. Auflösungen von kaustischem Kali und Natron durch Papierstreifen zur Verbindung beider Pole angewandt wirkten wie Seife, obgleich die Wirkung geringer (ohne Zweifel wegen ihres vollkommenern Leitungsvermögens) und veränderlicher war. Eine große Menge von Körpern aus allen drei Naturreichen wurden auf dieselbe Weise von ihnen untersucht und sie zeigten im Durchschnitte dieselben Erscheinungen wie jene Normalkörper, nur in einem geringeren Grade, daß nämlich die rückständige Spannung in dem einen Pole erhöht, in dem andern vermindert war. Selbst Metalle zeigten bisweilen diese Erscheinungen, wenn sie an der Berührungsstelle beschmutzt oder oxydirt waren. Viele dieser Substanzen zeigten sich bisweilen gegen beide Pole gleichgültig, so daß, wenn man den leitenden Bogen, den sie bildeten, in der Mitte berührte, sie die rückstän-

dige Spannung beider Pole auf gleiche Weise vermindert zeigten. Dieser Umstand der Berührung in der Mitte ist nämlich hierbei als kein gleichgültiger zu betrachten, indem die Berührungsstelle von bedeutendem Einflusse bei allen denjenigen Substanzen ist, welche jene einseitige Wirkung überhaupt in keinem hohen Grade und nicht mit solcher Beständigkeit zeigen, wie etwa die Seife, bei welcher der Ort, wo sie ableitend berührt wird, nicht sehr in Betracht kommt. Ueber den Einfluß der verschiedenen Umstände, welche jenes Verhalten der Körper hinsichtlich der Ableitung der Pole einer Säule mannigfaltig modificiren, stellten jene Physiker besonders viele Versuche an, aus welchen sich denn ergab, daß dieselben Körper sich eben darum in dieser Hinsicht sehr veränderlich verhalten und daß oft in kurzer Zeit ihre unipolare Eigenschaft für den einen Pol durch einen indifferenten Zustand in die entgegengesetzte für den andern Pol übergehen könne. Je weniger auffallend die Körper jene Eigenschaft zeigten, d. h. je unvollkommnere Leiter sie überhaupt waren, um so mehr zeigte sich eine solche Wandelbarkeit. Das bloße Umdrehen derselben, indem sie mit demjenigen Ende, mit welchem sie mit dem einen Pole in Berührung gestanden hatten, mit dem andern Pole zusammengebracht wurden, hatte eine solche Umwandlung zur Folge, namentlich bei Salzen, Erden, animalischen und vegetabilischen Substanzen. Doch brachte die Umkehrung diese Wirkung nicht constant hervor.

Das Erklärungsprincip für alle diese Erscheinungen ist jenen Physikern zufolge ein gedoppeltes. Das eine erklärt die Veränderlichkeit in den Resultaten, wie sie sich bei den meisten unvollkommenen Leitern zeigt, das zweite die Beständigkeit der sogenannten Unipolarität, wodurch sich einige wenige gleichfalls unvollkommene Leiter vor den übrigen auszeichnen.

Was das erste betrifft, so lautet es dahin, daß, so oft in dem unvollkommenen Leiter, welcher die Verbindung zwischen den beiden Polen macht, von dem Punkte aus, an welchem die Ableitung nach dem Erdboden geschieht, nach dem einen Pole eine vollkommnere Zuleitung statt findet, als nach dem andern, jener Pol die geringere Spannung oder öfters auch gar keine zeigen wird, während der andere Pol eine noch auffallende rückständige Spannung zeigt, um so größer, je größer der Unterschied der Leitungsfähigkeit auf beiden Seiten ist. Dieser Unterschied in der Leitungsfähigkeit auf beiden Seiten kann durch

mannigfaltige sehr veränderliche Umstände herbeigeführt werden, namentlich durch den verschiedenen Grad der Befeuchtung, durch die verschiedene Ausdehnung, durch die verschiedene Temperatur, durch die verschiedene Innigkeit und Ausdehnung der Berührung mit dem Polardrahte selbst. Absichtlich angestellte Versuche bestätigten die Richtigkeit dieses Principis. Eben darum wird derselbe unvollkommene Leiter, der in der einen Lage sich als ein positiv-unipolarer verhielt, bei der Umkehrung vielmehr vorzugsweise den negativen Pol ableiten und sich als ein negativ-unipolarer Leiter verhalten, denn wenn im ersteren Falle die mit einer *größeren Leitungsfähigkeit* begabte Seite, sey es nun wegen ihrer größeren Feuchtigkeit oder ihres größeren Durchmessers oder ihrer geringeren Ausdehnung in die Länge oder auch einer eigenthümlichen innern Anlagerung der Theilchen auf dieser Seite, sofern nämlich bei vielen unvollkommenen Leitern, besonders bei animalischen und vegetabilischen Substanzen, eine solche Verschiedenheit in dem Gewebe in verschiedenen Stellen öfters statt findet, *mehr positive Elektrizität ableiten mußte als negative*, ohne daß man darum gezwungen ist, eine specifisch verschiedene Leitungsfähigkeit für beiderlei Arten von Elektrizität anzunehmen, und folglich die Spannung des negativen Pols relativ erhöht werden mußte, so wird das entgegengesetzte Resultat statt finden, wenn in dem zweiten Falle die besser leitende Seite nach dem negativen Pole hingekehrt wird. Aus demselben Grunde liegt der Indifferenzpunkt zwischen den beiden Zonen, in welche sich alle diese unvollkommenen Leiter theilen, wenn sie den leitenden Bogen zwischen den beiden Polen bilden (in welcher Hinsicht sie sich sämmtlich als sogenannte bipolare Leiter nach ERMAN's obiger Eintheilung verhalten), selten genau in ihrer Mitte, sondern bald mehr nach dem positiven, bald mehr nach dem negativen Pole hin und kann sogar mit dem einen Pole vollkommen zusammenfallen, so daß der unvollkommene Leiter in seiner ganzen Ausdehnung eine einseitige Polarität zeigt. Immer wird diejenige Polarität sich in dem unvollkommenen Leiter weiter erstrecken, deren Elektrizität weniger vollkommen geleitet wird, wegen der durch die oben angeführten Umstände herbeigeführten geringeren Leitungsfähigkeit der dem Pole zugekehrten Seite des unvollkommenen Leiters.

Für diejenigen Substanzen, welche in ihrer Unipolarität eine

relative Beständigkeit zeigen, die also stets den einen Pol vorzugsweise oder ausschließend ableiten, an welcher Stelle in ihrer Ausdehnung man auch die Ableitung anbringen mag und wie verschieden auch dadurch die beiden Hälften des verbindenden Bogens ihrer Ausdehnung nach beschaffen seyn mögen, glauben jene Physiker den Grund dieser sonderbaren Eigenschaft in dem electromotorischen Verhalten, welches sie gegen andere Körper zeigen, gefunden zu haben. Die Seife theilt nämlich mit den schwachen alkalischen Auflösungen die Eigenschaft, in Berührung mit andern Körpern, namentlich also auch mit den Leitern, welche die Verbindung mit dem Erdboden machen, positiv elektrisch zu werden. Dadurch wird sie weniger geneigt, die positive Elektricität von einer andern Seite her aufzunehmen, oder ist mehr in dem Zustande, dem negativen Pole positive Elektricität zuzuführen. Umgekehrt verhält sich die hydrocarbonisirte Flamme, so wie auch die reine Wasserstoffgasflamme, welche mit dem Metalldrahte, der von ihnen aus eine Ableitung nach dem Erdboden macht, vielmehr eine negative Spannung annehmen und eben darum weniger geneigt sind, den negativen Pol abzuleiten, dagegen mehr im Stande sind, durch ihr eigenes Minus den positiven Pol zu neutralisiren; doch äußern auch auf diese Körper jene nach dem ersten Principe wirkenden Umstände ihren Einfluß und man begreift, wie durch das Zusammenwirken und Entgegenwirken dieser beiden Principien, indem das zweite auch bei den übrigen unvollkommenen Leitern nicht ohne Wirkung ist, die Erscheinungen höchst mannigfaltig modificirt werden müssen. Man sieht zugleich ohne weitere Erörterung ein, daß nach dieser Erklärung jene Erscheinungen die streitige Frage wegen des Dualismus zu keiner weiteren Entscheidung bringen.

Auch PRECHTL¹ hat auf eine sehr scharfsinnige Weise eine Zurückführung auf die Grundgesetze der elektrischen Leitung und Ladung versucht, deren Princip in einiger Hinsicht mit demjenigen der italiänischen Physiker übereinstimmt. Aus der von ihm ausführlich entwickelten Theorie der Ladung leitet PRECHTL folgende allgemeine Regel ab. Wenn zwei elektrische Pole (entweder die Pole der Säule oder zwei im Gegensatze

1 G. XXXV. 28.

stehende Elektricitäten überhaupt) durch ein System einander berührender, in ihrem Leitungsvermögen differenter und dergestalt geordneter Körper, daß die Maxima ihrer Differenzen an beiden Enden liegen, mittelst dieser Enden in Verbindung gesetzt werden, so tritt keine Schließung der Pole ein und die elektrische Disposition jenes Systems ist von dem Verhältnisse dieser Differenzen zu der elektrischen Tension der Pole (worin vorzüglich das Neue in der Ansicht liegt) abhängig. 1) Ist das Verhältniß jener Differenzen größer, als jenes der elektrischen Tension, so ist der im Leitungsvermögen negativ-differente Körper (der schlechtere Leiter von den beiden, die an den Polen anliegen) für den Pol, den er berührt, in dieser elektrischen Tension absolut isolirend. 2) Ist das Verhältniß der elektrischen Tension größer, als das der Leitungsdifferenzen der die respectiven Pole berührenden Körper, so ist der im Leitungsvermögen negativ-differente Körper für den Pol, welchen er berührt, mehr oder weniger vollständig isolirend, so daß der Effect jenes Pols, welchen der bessere Leiter berührt, weiter verbreitet ist, und zwar a) nahen sich die räumlichen Verbreitungen beider Pole um so mehr, je größer das Verhältniß der Tension gegen die Differenz der Leitung ist, so daß Gleichheit der Verbreitung (Bipolarität) eintritt, wenn diese Differenz gegen jenes Verhältniß verschwindet und umgekehrt ist; b) der eine Polareffect ist mittelst des positiv-differenten Leiters um so weiter gegen den andern Pol verbreitet, je mehr das Verhältniß der elektrischen Tension gegen jenes der Leitungsdifferenz sich dem Verhältnisse der Gleichheit nähert, so daß 3) bei dieser Gleichheit die Verbreitung des Effects von dem mit dem negativ-differenten Leiter in Berührung stehenden Pole = 0 ist, während sich der Effect des andern Pols mittelst des positiv-differenten Leiters auf die ganze Zwischenverbindung bis an den jenseitigen Pol erstreckt und solchergestalt die relative Isolirung vollständig vorhanden ist. Errichtet man daher aus irgend einem Punkte dieser Zwischenverbindung eine Gemeinschaft mit einem Leiter von großer Fläche, z. B. dem Erdboden, so gilt diese Leitung nur für jenen Pol, mit welchem der positiv-differente Halbleiter in Verbindung ist, der andere Pol erscheint relativ isolirt und erhält das Maximum seiner Spannung.

PRECHTL hat diese allgemeine Regel durch eine Reihe interessanter Versuche bestätigt, die auf das genaueste mit der-

selben zusammenstimmten. Er verband die Polardrähte von Säulen, bei denen die Anzahl der Platten ungleich war, durch verschiedene Halbleiter in schicklicher Form von gleicher Ausdehnung, zu deren Unterlagen er Siegellackstangen, die sich auf Glasplatten befanden, nahm, wo dann stets einer von den angeführten Hauptfällen eintreten mußte, nach dem Verhältnisse der Unterschiede im Leitungsvermögen jener Körper (gegen die Metalle, aus denen die Polarstücke bestehen, als vollkommene Leiter bestimmt) und in der Tension der Pole. Wir führen aus der Reihe der Versuche nur zwei an. Schwefelsäure am positiven, mit Wasser getränktes Lackmuspapier (um das Fortschreiten der Säure zu beobachten) am negativen Pole. Der Kreis war nicht geschlossen, der positive Effect war über die ganze heterogene Verbindung bis nahe an den negativen Pol verbreitet, denn berührte man ableitend sowohl die Schwefelsäure, als auch das feuchte Papier bis nahe an dem negativen Pole, so divergirte das Elektrometer *am negativen Pole* (durch einen Druckfehler steht am positiven Pole). Wie sich die Schwefelsäure durch das feuchte Papier zog, vergrößerte sich der negative Effect und es trat endlich Bipolarität ein. Das Umgekehrte erfolgte, wenn die Schwefelsäure an den negativen und das feuchte Papier an den positiven Pol gebracht wurden. Zwei Holzstreifen von gleichen Dimensionen, welche sich sowohl einzeln, als auch in ihrer Verbindung bipolar verhielten, wurden in der Feuchtigkeit nur so weit unterschieden, daß der eine (a) einmal, der andere (b) zweimal durch die halbfuchten Fingerspitzen gezogen wurden. Der Leiter a lag am positiven, der Leiter b am negativen Pole einer schwachen Säule. Der Effect des negativen Pols erstreckte sich beiläufig bis auf 0,75 der Länge der heterogenen Verbindung, der Effect des positiven bis etwa 0,25 jener Länge. Wie nach einiger Zeit durch die Verdunstung das Leitungsvermögen noch weniger different wurde, so zog sich der positive Effect zunehmend näher gegen die Mitte, an das Ende seines Leiters. Sobald man den Leiter b wieder etwas befeuchtete, so trat der positive Effect wieder etwas zurück, bis endlich bei stärkerer Befeuchtung die ganze Verbindung im negativen Effecte war. Bei einer stärkeren Elektrizität verschwand jene geringe Differenz im Leitungsvermögen und die Verbindung zeigte sich bipolar. In diesen und ähnlichen Versuchen war die Verschiedenheit des Leitungsvermögens des Zwischenleiters an beiden Polen

schon ursprünglich vorhanden, da er aus zwei oder mehreren heterogenen Körpern bestand.

Schwieriger scheint die Anwendung dieses Erklärungsprincips auf die durch ERMAN'S Versuche constatirten Fälle, in welchen die Zwischenleiter, wie die Flamme, die trockene Seife, das trockene Eiweiß, von vollkommen gleichförmiger Beschaffenheit sind. Hier sucht nun PRECHTL die Verschiedenheit des Leitungsvermögens der an die beiden Pole grenzenden Enden als Folge einer qualitativen Modification, welche sogleich mit der Schließung der Säule eintritt und durch das verschiedene Verhältniß dieser Pole gegen die Leiter herbeigeführt wird, nachzuweisen. In Beziehung auf die sogenannten negativ-unipolaren Leiter sucht derselbe alles auf die größere Anziehung des Wassers nach der negativen Seite und das dadurch erhöhte Leitungsvermögen an dieser Seite zurückzuführen. Diese Anziehung zum Wasser soll durch die an der negativen Seite auftretende Tendenz zur Hydrogenirung (!) bewirkt werden, da nur durch Zersetzung des Wassers diese Tendenz befriedigt werden könne. Das Wasser, sey es auch in der Substanz nur im Minimum verbreitet oder selbst nur als Krystallisationswasser vorhanden, werde in die Nähe des negativen Drahtes gezogen und dadurch das Phänomen der negativen Unipolarität bewirkt. Befeuchtet man den positiven Pol, so wird die Ungleichheit der Leitung aufgehoben, daher der Kreis geschlossen. Diese Anziehung soll vorzüglich durch das Natron bewirkt werden, von welchem eigentlich die Leitung abhängt. Die durch die Wirkung des negativen Pols in der an denselben angrenzenden Seite bewirkte Anziehung der Feuchtigkeit soll durch Versuche vor Augen gelegt werden können; denn wenn man die völlig trocknen Enden der Polardrähte in die isolirte Seife bringe und nach einigen Augenblicken wieder aus derselben herausziehe und sie auf reagirendes Papier abwische, so gebe nur das negative Ende, so weit es in der Seife gesteckt hatte, eine alkalische Reaction, während das positive Drahtende keine oder zuweilen nur äußerst geringe Spuren dieser Färbung bei längerer Dauer der Schließung zeige. Gerade so verhalte es sich auch mit dem getrockneten Eiweiß, welches Natron in demselben Zustande wie die Seife enthalte. Bei der Flamme soll diese ungleiche Leitung an den beiden, mit den Polen in Verbindung tretenden Seiten der Flamme durch die vermöge der verschiedenen Wir-

kung der Pole ungleiche Temperatur und zwar die bessere Leitung an der positiven Seite durch die daselbst bewirkte viel stärkere Erhitzung und damit die positive Unipolarität bedingt seyn. PRECHTL sucht diese höhere Temperatur der Flamme auf der positiven Seite theils durch unmittelbare Erfahrungen, theils durch Schlüsse nachzuweisen und leitet sie von der größeren Verzehung des Sauerstoffs auf der positiven Seite ab, da diese positive Zone der Flamme, wie alle Körper, besonders aber die oxygenirbaren, durch positive Elektrisirung eine größere Anziehung zum Sauerstoff erhalte.

Wenn gleich in der ganzen Darstellung dieser Phänomene durch PRECHTL ein schöner Zusammenhang ist und das von demselben im Allgemeinen aufgestellte Erklärungsprincip jener sonderbaren Erscheinungen der bipolaren und unipolaren Leitung aus bloßer ungleicher Leitung auf beiden Seiten wohl begründet zu seyn scheint, so möchte doch die besondere Art der Anwendung auf die im engern Sinne unipolaren Leiter manche Einwendungen und Zweifel zulassen. Dafs eigentliche Feuchtigkeit, die nach der negativen Seite vorzugsweise hingezogen werde, die größere Leitung des Natrons und der Körper, welche Natron in gewissen losen chemischen Verbindungen enthalten, wie Seife und Eiweiß, und damit ihre negative Unipolarität bestimme, dürfte nicht wohl anzunehmen seyn, da mit der Anziehung des Hydrogens, von welcher diese Anziehung des Wassers abhängen soll, eine Zurückstofsung des Oxygens gleichzeitig ist und sich also beide Effecte in Beziehung auf das indifferente Wasser aufheben. Vielmehr kann man die größere Leitung auf der negativen Seite von der Ausscheidung des Natrons oder Kali's ableiten, während die Oelsäure, welche auf der Seite des positiven Pols ausgeschieden wird, ein relativer Nichtleiter ist. Indefs scheint auch dieser, wie allen ähnlichen chemischen Erklärungen, der Umstand im Wege zu stehn, dafs jene merkwürdigen Phänomene der Unipolarität sich schon im ersten Augenblicke der Schließung in ihrer ganzen Stärke zeigen, während zur Ausscheidung einer hinlänglichen Schicht jener relativ isolirenden Oelsäure doch einige Zeit erforderlich seyn würde. Inzwischen ließe es sich wohl denken, dafs bei der auf jeden Fall nur sehr unvollkommenen Leitung, welche die trockene Seife gewährt, und bei der ohne Vergleich besseren Leitung in der Säule selbst das Zuströmen der Elektrizität stark genug fort dauern könne,

damit ungeachtet der statt findenden Ausgleichung der Elektricitäten im Augenblicke der Schließung immer noch eine wenigstens für die Beobachtung ungeschwächte Spannung beider Pole fortbestehe und, wenn dann der eigentliche Versuch über die Wirkung eines Ableiters angestellt wird, bis zu welchem doch immer eine gewisse Zeit, wie klein sie auch seyn mag, verstreicht, jener Effect, der mit dem ersten untheilbaren Augenblicke beginnt, eine hinlängliche Intensität erreicht habe. Gegen die von PRECHTL versuchte Erklärung der positiven Unipolarität der Flamme spricht als ein kaum zu beseitigender Einwurf das entgegengesetzte negativ-unipolare Verhalten der Phosphorflamme. Dagegen ließe sich dieses entgegengesetzte Verhalten aus dem von den italienischen Physikern aufgestellten zweiten Principe erklären, da die Flamme des Phosphors im Contacte mit den Metallen ein entgegengesetztes Verhalten wie die hydrocarbonisirte Flamme zeigt.

In einigem Zusammenhange mit den bisher abgehandelten Erscheinungen der unipolaren Leitung steht eine andere Reihe durch ERMAN beobachteter Phänomene, welche gleichfalls dem ersten Anscheine nach eine specifisch verschiedene Reaction der beiden entgegengesetzten Elektricitäten im Gebiete der Leitung darbieten. ERMAN's Erfahrungen¹ betreffen das Verhalten der sogenannten Glüh- oder aphlogistischen Lampe. Diese belehrten ihn (sofern wir auch hier die von uns gewöhnlich in diesen Artikeln angenommenen Ausdrücke anwenden), *dafs von dem glühenden Platindrahte der Glühlampe die positive Elektricität ungemein leicht ausströmt, aber nur mit der grössten Schwierigkeit in ihn einströmt, während es sich mit der negativen Elektricität umgekehrt verhält, die in ihn mit ausgezeichneter Leichtigkeit einströmt, aber beim Ausströmen aus ihm nach Außen die grösste Schwierigkeit findet*, worin gleichsam ein doppelter reciproker Gegensatz beider Elektricitäten liegt.

Der Normalversuch, aus welchem dieses Resultat hervorzugehn schien, war dieser. Auf ein Goldblattelektrometer von etwas grosser Dimension, um dem zu leichten Anschlagen zu entgehn, stelle man eine Glühlampe, deren Platindraht vorzüglich in seinen obern Windungen recht lebhaft glüht, welche

1 Abhandl. der Berl. Acad. der Wissenschaften für d. Jahr 1819 und 1820. S. 225.

letztere Bedingung unerlässlich ist. Man halte über die Lampe in der Entfernung von 4 — 6 Zollen den negativen Pol einer trockenen Säule oder die negative Belegung einer nur sehr schwach geladenen Ladungsflasche. Das Elektrometer wird augenblicklich divergiren und fortwährend anschlagen. Man wiederhole dasselbe mit dem positiven Pole oder der positiven Belegung, es wird bei gleicher Entfernung entweder gar keine wahrnehmbare Divergenz oder eine ohne allen Vergleich schwächere statt finden. Nun befestige man in derselben Entfernung von 4 bis 6" über der isolirten Glühlampe einen isolirt getragenen leitenden Schirm, etwa eine 4- bis 5zollige Scheibe von leichtem Blech oder metallisirtem Papier; mit diesem Schirme bringe man das Elektrometer in Verbindung und gebe nun der isolirten Lampe mittelst derselben Säule oder derselben Flasche zuerst positive Ladung, so wird dem darüber befindlichen Schirme schnell und continuirlich die positive Elektricität zugeleitet, wie die schnelle Divergenz und das wiederholte Anschlagen seines Elektrometers zeigt. Von der negativ geladenen Lampe hingegen bekommt der Schirm entweder gar keine Ladung, oder eine gegen die vorige positive ganz unverhältnißmäfsig schwache oder fast verschwindende.

Diese Versuche wurden von ERMAN auf die mannigfaltigste Weise, sowohl was die Intensität der Elektricität, als auch die Art des Elektrometers und die Disposition der aphlogistischen Lampe betraf, abgeändert und gaben stets dieselben Resultate. Bei der schwachen Elektricität einer feuchten Säule von 100 Platten Zink und Kupfer wurde ein Condensator zu Hülfe genommen. Folgende Zusammenstellung zeigte die entgegengesetzte Reciprocität der Leitung der beiden elektrischen Thätigkeiten durch glühenden Platindraht besonders auffallend. Ein Kugelelektroskop, das aus einem wohl isolirten Messingdrahte von 6 Zoll Länge bestand, an dessen einem Ende zwei Hollundermarkkugeln an sehr feinen Messingdrähten hingen und dessen entgegengesetztes Ende sich in eine Metallkugel von 2 Zoll im Durchmesser endigte, reichte mit dem abgerundeten Ende über den glühenden Platindraht der isolirten Lampe in einer Entfernung von beiläufig einem oder zwei Zollen. Nun wurde dem Elektrometer eine positive Divergenz gegeben und der Lampe, die mit einem gleichen Elektrometer in Verbindung gesetzt war, eine negative. Beide Divergenzen bestanden unverändert neben

einander und nach Viertel-, ja nach halben Stunden waren sie unter günstigen Umständen noch nicht ganz ausgeglichen (?), es fand also fast vollkommene Isolation statt, wenn man an die schnelle Ausgleichung von $+$ und $-$ E in dieser Nähe denkt. Ladet man umgekehrt das Elektrometer negativ und die Lampe positiv, so sind nach einigen Secunden, oft nach einer einzigen, beide Divergenzen verschwunden, ja es gehört ein rasches Verfahren dazu, um überhaupt die entgegengesetzten Divergenzen mitzutheilen, so schnell strömt die positive Elektrizität aus und die negative ein, während in der umgekehrten Zusammenstellung weder die positive aus dem Elektrometer in die Lampe einströmen, noch die negative von der Lampe in das Elektrometer ausströmen konnte. Bei dem ersten Anblicke könnte man diese Thatsachen als einen peremptorisch factischen Beweis für die Theorie einer elektrischen Materie und den Gegensatz des $+$ und $-$ als den eines Ueberflusses und Mangels derselben ansehen. Um nämlich das ganze Phänomen, so weit es bis jetzt beschrieben worden ist, vollständig zu erklären, darf man nur annehmen, die positiv geladene Lampe habe einen Ueberfluß der elektrischen Flüssigkeit und die negative einen Mangel, ferner betrachte man, gestützt auf Analogie, den Dampf oder auch die erwärmte Luft, die vom Platindrahte aufwärts gegen den Schirm strömt, als guten Leiter dieser Flüssigkeit, so ist einzusehn, daß die positive Lampe nach dem Sinne und mittelst dieser Strömung ihre Elektrizität an den Schirm abgeben wird. Ist dagegen der Schirm positiv, d. h. hat er Elektrizität im Ueberflusse, so wird von ihm wenig oder nichts an die Lampe abgegeben werden, eben weil die Theile, die zuleiten sollten, nicht vom Schirme zur Lampe, sondern umgekehrt strömen. Eben so begreiflich ist es, daß die Lampe unter einem negativ geladenen Schirme (d. h. im Sinne der Hypothese unter einem, der Mangel hat) von ihrer natürlichen Elektrizität abgeben müsse an diesen, gegen welchen die fortleitenden Dämpfe aufsteigen, weswegen dann das Elektrometer der Lampe negative Divergenz annehmen muß. Ist endlich die Lampe negativ oder Mangel an Elektrizität habend, so kann sie von dem Schirme über ihr nichts empfangen, weil diese Mittheilung gegen den Sinn der aufsteigenden Dampf- und Lufttheile gehen müßte, da dasjenige, was ihr den Mangel vom Schirme aus ersetzen sollte, umgekehrt von der Lampe zum Schirme geht. Indefs wird diese so plausible Erklärung

durch folgende Thatsachen, auf die oben noch nicht Rücksicht genommen war, über den Haufen geworfen:

1) Es ist zum Behuf jener Reciprocität gar nicht nöthig, daß die Stellung so sey, wie sie oben beschrieben worden ist, nämlich in der verticalen Richtung über einander, sondern dieselben Wirkungen finden in allen Richtungen statt; man kann das Elektrometer, auf welchem die Glühlampe sich befindet, bis zum Anschlagen laden, durch einen negativ erregten Körper, den man in gehöriger Entfernung von 6 bis 8 Zollen in jeder beliebigen Richtung annähert, horizontal daneben eben so gut wie vertical darüber. Der glühende Platindraht wirkt die negative Elektricität anziehend, gleichsam wie aus dem Mittelpuncte einer Sphäre. Dieses soll sogar gelingen, wenn man den glühenden Platindraht in umgekehrter Stellung anwendet und der Schirm vertical unter der Lampe steht, so daß offenbar die Erklärung durch aërostatistische Strömungen ausgeschlossen wird, wobei wir jedoch bemerken müssen, daß wir nicht recht begreifen, wie auf diese Weise mit Weingeist und Docht eine aphlogistische Lampe vorgerichtet werden kann. 2) Dann will ERMAN gefunden haben, daß Dämpfe und erwärmte Luft die positive Elektricität nicht in der Richtung, in welcher sich ihre Theilchen bewegen, fortleiten. 3) Es wurden Eisenmassen, sowohl von ebener als auch von kugelförmiger Gestalt, bis zum lebhaftesten Glühen erhitzt und durch obige Mittel auf die Art ihrer Leitung geprüft. Hier zeigte sich zwar in zwei Versuchen auch eine solche Reciprocität, aber nur so lange das lebhafte Glühen des Metalls fort dauerte, ungeachtet auch später noch jene Luftströme, welche auf eine mechanische Art die Elektricität fortleiten sollten, als fortbestehend angenommen werden müssen, und diese Reciprocität war gerade in entgegengesetztem Sinne, wodurch also die Erklärung nach der Franklin'schen Theorie gänzlich über den Haufen geworfen wird. 4) Endlich ist diese reciproke Wirkung durchaus bedingt durch einen *bestimmten Grad des Glühens* des Platins und zwar in seinen äußersten Gewinden. Glüht eine größere Zahl von solchen Windungen, und ERMAN brachte durch eine sehr einfache Einrichtung schon Massen von 397 Gran Platin zu continuirlichem Glühen, wodurch die Verdampfung des Weingeistes viel stärker wird und folglich das reichlichere Strömen von Dämpfen und verdünnter Luft das Phänomen noch auffallender darstellen sollte, so hört

vielmehr alle Reciprocität auf und die negative Elektrizität wird eben sowohl wie die positive von der aphlogistischen Lampe zum darüber stehenden Schirme fortgeleitet. Eben weil die Franklin'sche Theorie demnach nicht zur Erklärung jener Phänomene hinreicht, sieht ERMAN dieselben vielmehr als einen Beweis gegen diese Theorie an. Dagegen glaubt er sie sehr wohl unter die dualistische Ansicht bringen zu können, indem er sie als bedingt durch die spezifische Eigenthümlichkeit beider elektrischer Thätigkeiten ansieht, daß nämlich die positive Elektrizität einen höheren Grad von Expansibilität habe, als die negative. Wenn nun ein Körper durch besondere Umstände mehr geeignet wäre, Elektrizität expandirend ausströmen zu lassen, so wird die positive als die expansiblere etwas mehr, die negative etwas weniger an dieser Bethätigung Theil nehmen. Daß vermehrte Wärme die Leitungsfähigkeit erhöhe, beweisen alle Erscheinungen¹, und sie wirkt also auf eine ähnliche Art, wie die mechanische Formänderung, die Zuspitzung, welche gleichfalls die Fortleitung und Ausbreitung begünstigt und von welcher vielleicht genauere Versuche noch erweisen mögen, daß auch durch sie die Ausströmung der positiven Elektrizität als der expansibleren mehr begünstigt werde, als der negativen. Das glühende Platin ist zu betrachten als eine *Spitze*, an der also durch Glühen das Metall selbst oder die dasselbe umgebende, auf einen bestimmten Grad erhitzte Atmosphäre der Gasarten oder wahrscheinlich beide zugleich die Fortleitung der Elektrizität nach Außen überhaupt begünstigen. Dieses bildlich sogenannte Ausströmen wird auch hier etwas kräftiger von der positiven als von der negativen Elektrizität geschehen. Die 4 Hauptmodificationen des Versuchs stimmen mit diesen Prämissen vollkommen zusammen und rechtfertigen eben damit die Erklärung.

1) Ist über dem positiv geladenen Platindrahte mit seinem durch Glühen gesetzten oder potenzirten Spitzenwerthe ein Schirm im elektrischen Gleichgewichte, so würde ohne den Mechanismus der Spitze eine bloße Vertheilung statt finden. Bei der bestehenden Erhöhung der Mittheilung kann aber das expansiblere positive Fluidum zum Schirme sich fortpflanzen und ihn durch Mittheilung laden.

1 DAVY'S spätere Erfahrungen beweisen bei Metallen das Gegentheil.

2) Ist der Schirm positiv und die Lampe im natürlichen elektrischen Gleichgewichte, so bekommt die Lampe durch Vertheilung die Tendenz, negative Electricität gegen den Schirm auszuströmen. Diese hat aber durch den Mechanismus der Spitze und des Glühens viel weniger oder fast gar nicht an Expansibilität oder Ableitungsfähigkeit gewonnen, es wird also dieses Negative nicht viel mehr und in einer Entfernung von einigen Zollen durchaus gar nicht mehr zum Ausströmen gegen den Schirm bethätigt seyn, als im natürlichen nicht glühenden Zustande der Spitze. Es ist kein Grund vorhanden, warum der Erfolg anders seyn sollte bei der glühenden, als bei der nicht glühenden Lampe. Denn am Schirme hat das Positive nur die seiner Spannung überhaupt entsprechende Expansibilität, an der Lampe aber findet bei einem gewissen Grade des Glühens eine Steigerung statt, die jedoch absolut so schwach ist, daß der Zuwachs nur für das an sich expansiblere + wahrnehmbar wird, für das minder expansible — aber nicht. Auch lehrt die Erfahrung, daß die reciproken Erscheinungen verschwinden, 1) wenn die aphlogistische Lampe durch zu große Intensität der Wirkung sich einer gewöhnlichen Weingeistlampe nähert, in welchem Falle nämlich die Fortleitung (Ausströmung) überhaupt so begünstigt wird, daß der Vorzug, den auch hier noch die positive Electricität wegen größerer Bethätigung ihrer Expansion haben möchte, gleichsam verschwindet, und 2) wenn die absolute Intensität der elektrischen Ladungen so groß gewählt wird, daß der geringe Zuwachs aufhören muß, wahrnehmbar zu seyn. Der 3te Fall, wo die Glühlampe negativ geladen ist und über sich einen Schirm im natürlichen Zustande hat, so wie der 4te Fall, wo die Glühlampe im natürlichen indifferenten Zustande und der Schirm negativ geladen ist, erklären sich auf ganz ähnliche Weise.

Alles kommt also beim Gelingen auf den gehörigen Grad der Temperatur an, die gerade groß genug seyn muß, um die Fortleitungs- oder Ausströmungsfähigkeit der Electricität zu begünstigen, wie bei den Spitzen, aber auch nicht groß genug, um diese Expansibilität so kräftig zu bethätigen, daß der nur sehr zarte spezifische Unterschied beider Thätigkeiten für die Wahrnehmung verschwinde.

VI. Theoretische Betrachtungen.

Der Vorgang der Leitung und Fortpflanzung der Elektrizität, wenn von dem Wesen desselben d. h. der Wirkungsform der zunächst hierbei thätigen Kräfte die Rede ist, wird nach Verschiedenheit der theoretischen Ansichten über das Wesen der Elektrizität überhaupt verschieden aufgefaßt werden müssen. Seine verschiedene Construction diesem gemäß wird zugleich einen Probirstein für den Vorzug der einen vor der andern abgeben, sofern die eine oder die andere dieser Constructionen die Analogie mit andern bereits genauer bekannten und weniger verborgenen Vorgängen in der Natur mehr für sich hat und von allen Modificationen desselben durch die verschiedenen Umstände, die erfahrungsmäßig ihren Einfluß darauf äußern, eine genügende, mit den allgemeinsten Naturgesetzen übereinstimmende Rechenschaft giebt. Wenn wir zuerst die Hypothese zweier elektrischen Materien oder auch, um einer bloß dynamischen Darstellung hier freien Spielraum zu lassen, zweier elektrischen Kräfte zum Grunde legen, die jede für sich betrachtet durch repulsive Thätigkeit, in Beziehung auf einander aber durch Anziehung wirken, wodurch sie sich selbst wechselseitig binden und ihre repulsive Thätigkeit aufheben, so scheint uns OERSTEDT den Vorgang der Leitung und die wesentlichsten Modificationen desselben im Sinne dieser Theorie sehr richtig dargestellt zu haben¹. Jeder *Mittheilung* geht nämlich nach einem allgemeinen Erfahrungsgesetze eine *Vertheilung* voran, welche darin besteht, daß die elektrische Thätigkeit, welche durch irgend einen Leiter fortgepflanzt werden soll, in diesem an derjenigen Seite, welche der zu leitenden elektrischen Thätigkeit zugekehrt ist, ihren Gegensatz hervorruft. Wenn nun diese elektrische Kraft sich durch den Raum des Leiters verbreitet, so geschieht dieses so, daß sie gleich in der nächsten Zone die entgegengesetzte Kraft anzieht, diese bindet und selbst davon wieder eine Verminderung erleidet, wodurch also die nächste Zone wirklich das Uebergewicht derselben Kraft, die sich verbreitet, erhalten hat, selbst aber eine neue Zone der entgegengesetzten erregt, um sie doch auch wieder aufzuheben. Man kann diese Art der Verbreitung eine undulatorische nennen.

¹ Darstellung der Naturgesetze. S. 138 fg.

In den guten Leitern heben sich diese Gegensätze so geschwind, daß keine unmittelbare Wahrnehmung davon möglich ist, in den schlechten Leitern kann man sie aber mit dem Elektrometer entdecken und viele durch einander erregte Abwechselungen von positiven und negativen Zonen nachweisen. PRIESTLEY und CAVALLO haben solche Beobachtungen an Glasröhren gemacht¹. Auch in den bessern Leitern glaubt OERSTEDT diese Art der Fortleitung auf eine indirecte Weise deutlich zu erkennen, wenn nämlich die elektrische Wirkung Spuren an denselben hinterlassen hat, in welchem Falle sie auch in der That nicht als vollkommen gute Leiter gewirkt haben. Er rechnet dahin, daß ein Metalldraht, welcher durch die Elektrizität geschmolzen ist, immer in kleinen Perlen oder Kugeln erscheint, worin also ausgedehntere und zusammengezogene Zonen mit einander abwechseln, und daß, wenn man einen Metalldraht durch eine starke elektrische Entladung in Dunst verwandelt und diesen auf einem untergelegten Stücke Papier auffängt, sich derselbe in so regelmässigen Abtheilungen anlegt, daß die Verbreitung der Elektrizität darin deutlich abgebildet erscheint². Die Leitung ist also nach dieser Ansicht eine *innere* Veränderung in den elektrischen Kräften der Körper selbst, und so lange diese Kräfte selbst noch *anziehend* auf einander wirken, *durchdringen* sie das Innere der Körper. Diese Durchdringung, als charakteristisch für den Vorgang der Leitung, hat sich uns oben am deutlichsten aus dem Gesetze ergeben, daß der Grad der Leitung, sofern sie in der angegebenen Ausgleichung besteht, keine Function der Oberfläche, sondern der Masse der Körper selbst d. h. ihres Durchschnittes ist, und zwar bestätigt sich dieses Gesetz nicht bloß für die mit schwacher Spannung begabten Elektricitäten der galvanischen Apparate, sondern auch für die starken elektrischen Intensitäten der Leidner Flaschen und selbst die stärkste Intensität des Blitzes, welcher die Körper durchdringt, ihre Cohäsion aufhebt und ihre Theile nach allen Seiten zerstreut. Erst dann, wenn die Leitung ihr Ziel erreicht hat, d. h. die wechselseitige Ausgleichung so vollkommen erfolgt ist, als sie unter den gegebenen Umständen erfolgen kann, wird der Ueber-

1 CAVALLO'S Elektricitätslehre. I. S. 47. PRIESTLEY'S Geschichte der Elektricität. S. 161.

2 Vergl. Schlag, *elektrischer*.

schufs der einen oder der andern elektrischen Thätigkeit, die nun ihrer bloßen Repulsivkraft folgt, ihre Grenze an der Oberfläche des Leiters finden, und für diese Art der Verbreitung, wobei die Elektrizität mit rückständiger freier Spannung auftritt, kommen also auch nur die Gröfse und Gestalt der Oberfläche in Betracht.

Wie nun aber die verschiedene Gröfse der Leitung durch die besondere Beschaffenheit der Körper selbst bestimmt wird und wie ferner die besondern Umstände, welche die Gröfse der Leitung nach Nr. III. dieses Artikels bestimmen, ihren Einflufs ausüben, darüber schwebt noch ein völliges Dunkel. Es muß vor allen Dingen der große und wesentliche Unterschied zwischen dem Leitungsvermögen der Metalle und der chemisch-zersetzbaren Flüssigkeiten auffallen und der Gedanke sich aufdringen, daß in dieser chemischen Zersetzbarkeit selbst der Grund dieser Verschiedenheit liegen möchte. Wirklich scheinen auch in den Flüssigkeiten elektrische Leitung und chemische Zersetzung gleichen Schritt mit einander zu halten und die eine durch die andere sogar bedingt zu seyn. PRECHTL hat zunächst für die Volta'sche Säule diese Ansicht geltend zu machen gesucht und auf eine sinnreiche Weise ausgeführt¹. Alle Leitung in der geschlossenen Säule soll nur dadurch zu Stande kommen, daß die geladenen Schichten der leitenden Flüssigkeit, die mit entgegengesetzten Elektricitäten an den einander gegenüberstehenden, gleichfalls entgegengesetzt elektrischen Metallen der Plattenpaare anliegen, zersetzt werden, wobei sich ihre Elektricitäten neutralisiren und immer wieder neue Ladung eintreten kann, um neue Entladung zu bewirken. Die Säuren und Salze wirken daher um so besser, je leichter und schneller zwischen ihnen und den Metallen die chemischen Aenderungen vorgehen, und das reine von Luft und Säure freie Wasser hindert daher alle Leitung und chemische Wirksamkeit der Säule, weil seine Zersetzung bei schwacher elektrischer Tension zu langsam und schwierig zwischen den Plattenpaaren erfolgt. Diese Beziehung der elektrischen Leitung durch die Flüssigkeiten auf ihre chemische Zersetzbarkeit zeigt sich auch noch in jener merkwürdigen Abweichung der Metalle von ihrem Verhalten, wenn sie für sich allein als Leiter gebraucht werden, von demjenigen, wenn sie

1 G. XXXV. 63 fg.

einen flüssigen Leiter unterbrechen. Hier scheint die Leitung immer um so besser zu seyn, je stärker die Flüssigkeit chemisch auf das Metall wirkt, und eben darum die mehr oxydirbaren Metalle einen Vorzug vor den weniger oxydirbaren oder edeln Metallen zu behaupten, die doch bei der sogenannten trockenen Leitung sich als die bessern Leiter beweisen. Die früheren Versuche über diesen Gegenstand sind neuerlich in einem noch grösseren Umfange durch DE LA RIVE¹ bestätigt worden, welcher die Metalle folgende Ordnung beobachtend fand, wenn der Anfang mit dem schlechtesten Leiter gemacht wird: Platin, Kupfer, Zinn, Eisen, Zink. Wie sehr hierbei die chemische Einwirkung in Betracht komme, zeigte besonders der Versuch, daß ein eiserner Bogen eine stärkere Leitung als ein kupferner gewährte, wenn die Gläser, in welche die Metallbogen mit ihren beiden Enden eintauchten, mit einer verdünnten Säure oder Salzauflösung gefüllt waren, der eiserne dagegen fast gar keine Wirkung, der kupferne aber eine sehr starke zeigte, wenn die Enden in Ammoniak getaucht waren, das auf das Kupfer sehr kräftig, auf das Eisen so gut wie gar nicht einwirkt.

Wenn sich aber auch in diesen und ähnlichen Erscheinungen eine bestimmte Beziehung zwischen elektrischer Leitung und Chemismus zeigt, so würde man doch viel zu weit gehen, wenn man Elektrizität leiten und chemische Aufregung fortpflanzen für gleichbedeutend ansehen wollte, da einerseits die Metalle, die besten aller Leiter, in diesem Prozesse der Leitung durchaus nichts von Fortpflanzung chemischer Thätigkeit zeigen, und umgekehrt Körper, welche chemische Aufregung mit großer Lebhaftigkeit fortpflanzen, wie Phosphor, ein Gemisch von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas u. s. w., zu den Isolatoren gehören. Hier scheint sich nun folgende Erklärung jener merkwürdigen Verschiedenheit in der Stärke der Leitung zwischen Metallen und Flüssigkeiten und der Abstufungen, welche in der letztern Classe selbst wieder statt finden, anzubieten. Die Elemente der zersetzbaren Flüssigkeiten scheinen selbst noch mit elektrischen Atmosphären umgeben zu seyn, und zwar von entgegengesetzter Beschaffenheit, wie die Bestandtheile selbst in einem Gegensatze gegen einander sich befinden. Es läßt sich annehmen, daß diese Atmosphären um die Elemente durch eine Art von Ver-

1 Schweigger's Journ. 1828. VIII. St. S. 422.

wandtschaft in einem relativen Ruhestande sich befinden und fest gehalten werden. Sofern nun jede elektrische Leitung eine successive, durch unzählige Zonen oder durch eben so viele Schichten der Atome hindurch statt findende Ausgleichung der beiden Elektricitäten ist, so sind es eben jene elektrischen Atmosphären der Elemente, die hierbei in Anspruch genommen werden. Je mehr aber die Bedingungen von der Art sind, daß die elementaren Stoffe eine neue chemische Verbindung eingehen können, desto leichter werden sie das elektrische Fluidum, welches diese Atmosphären bildet, fahren lassen, desto rascher werden also durch die Reihen der Atome hindurch die successiven Ausgleichungen und Neutralisationen der Elektricität stattfinden. Immer wird aber die Anziehung der Elemente zu ihren elektrischen Atmosphären ein Hinderniß dieser Ausgleichung seyn, und je stärker diese Anziehung ist, eine um so stärkere Intensität der Elektricität ist erforderlich, um dieses Band zu lösen und die Ausgleichung zu Stande zu bringen.

Bei den Metallen verhält sich die Sache ganz anders. Sie sind einfache Körper, deren Atome in einer sehr großen Nähe sich befinden und die also mit keinen solchen entgegengesetzten elektrischen Atmosphären umgeben sind. Die Ausgleichung der zu leitenden Elektricität geschieht daher durch Zersetzung bloß des imponderablen OE , welches durch keine besondere Verwandtschaft der kleinsten Theilchen festgehalten die successive Zersetzung und Wiederausammensetzung eben so schnell durch sich fortleiten muß, wie eine Reihe elastischer Kugeln, die sich berühren, den Stoß, der auf die eine der Endkugeln wirkt, fortpflanzt. Aus dem angeführten Grunde müssen die Metalle um so bessere Leiter seyn, je dichter sie sind, womit auch die Erfahrung übereinstimmt.

Die eigentlichen Isolatoren, insbesondere Schwefel, Phosphor, die Harze und alle ölige Flüssigkeiten, scheinen sich von den Metallen einerseits und von den leitenden Flüssigkeiten andererseits dadurch zu unterscheiden, daß sie eben so wenig eigentliches O , als stärkere entgegengesetzte elektrische Atmosphären um ihre Bestandtheile, die bei ihnen mehr homogen sind, wenigstens in keinem solchen Gegensatze, wie bei den leitenden Flüssigkeiten stehen, besitzen, sondern mit gleichartigen elektrischen Atmosphären umgeben sind, die zur Ausglei-

chung der entgegengesetzten Elektricitäten, die in jedem eigentlichen Leitungsprocesse zusammenwirken, nicht hinreichen.

Die entgegengesetzte Wirkung der Wärme auf die vollkommenen Leiter, die Metalle, einerseits und die Halbleiter und Isolatoren andererseits scheint dadurch einigermaßen begreiflich zu werden. Da nämlich bei den Metallen, wie eben gezeigt wurde, die Leitungsfähigkeit eine Function ihrer Dichtigkeit ist und aus dem angeführten Grunde mit derselben im Verhältnisse steht, so muß diese Leitungsfähigkeit abnehmen, so wie die Cohäsion und Dichtigkeit der Metalle durch Erwärmung vermindert wird. Dagegen wird bei den andern Körpern durch die Wärme die Anziehung der Theilchen derselben gegen ihre elektrischen Atmosphären selbst vermindert, indem die Atome auch eine Tendenz haben, sich mit der Wärme zu verbinden, womit dann auch die Disposition jener Atmosphären, sich mit den zu leitenden Elektricitäten auszugleichen, befördert wird. Daß die Ausdehnung der Körper in die Länge die Fortleitung der Elektricität ohne Unterschied der Classen bei vollkommenen Leitern und Halbleitern gleichmäßig retardirt, davon ist bei den letztern der Grund durch die einfache Summirung der Widerstände, welche die Anziehung der elektrischen Atmosphären zu den Bestandtheilen der Körper entgegengesetzt, einleuchtend; bei den vollkommenen Leitern muß ein Widerstand angenommen werden, welchen die materiellen Theilchen selbst den elektrischen Flüssigkeiten in ihrer Fortbewegung zum Behuf ihrer Ausgleichung mit ihren Gegensätzen entgegenstellen. Einfacher fallen allerdings diese Erklärungen im Sinne der Franklin'schen Theorie aus. Der Unterschied zwischen den vollkommenen und unvollkommenen Leitern würde darin zu suchen seyn, daß in jenen das elektrische Fluidum in den meisten Fällen keine Gelegenheit hätte, sich mit den kleinsten Theilchen der Körper selbst zu verbinden, und nur durch die Repulsivkraft seiner eignen Theilchen sollicitirt in dem Verhältnisse mehr an der Oberfläche derselben seinen Weg ungehindert und ohne Widerstand verfolgte, in welchem seine Intensität, d. h. seine Repulsivkraft, von welcher vorzüglich seine Bewegung abhängt, mehr gesteigert ist, während dasselbe bei seiner Durchbewegung durch die zersetzbaren Flüssigkeiten eben wegen der Zersetzbarkeit derselben und der Anziehung eines der Bestandtheile derselben zum elektrischen Fluidum eine wirkliche Verbindung einginge

und eben dadurch in seiner Fortbewegung durch die Trägheit dieser Theilchen retardirt würde. Nur bei höherer Intensität der Elektrizität würde ein wirklicher Durchbruch derselben durch die Flüssigkeiten und eine schnellere Fortbewegung in Gestalt eines Funkens erfolgen. Die sehr langsame Fortbewegung an den Isolatoren müßte diese Theorie einer Adhäsionsverwandtschaft zu den Theilchen derselben zuschreiben. Von der Beförderung der Leitung in den Halbleitern und Isolatoren durch die Erwärmung würde diese Theorie dadurch Rechenschaft geben, daß in jenen durch die Verminderung der chemischen Anziehung der Bestandtheile zu einander die Anziehung eines derselben zur Elektrizität begünstigt, in diesen durch die stärkere Wärmetmosphäre die Adhäsionsverwandtschaft beschränkt werde, während bei den Metallen vielmehr durch die Erkältung die Dichtigkeit noch mehr vermehrt und die Elektrizität dadurch mehr gezwungen würde, ihren Weg an der Oberfläche zu nehmen, wo sie am wenigsten Widerstand findet. Daß keine andere Art des Wechselverhältnisses der Elektrizität und der Wärme statt finde, etwa daß beide Kräfte wechselseitig repulsiv auf einander wirkten und dadurch z. B. die Expansibilität der Elektrizität und damit auch ihre wirkliche Fortleitung durch Expansion begünstigt würde, hat ERMANN¹ durch eine Reihe genauer Versuche dargethan.

P.

L i c h t.

Lux; la Lumière; Light.

Das Licht bewirkt die Erleuchtung der Körper, es macht sie fähig, auf unser Auge den Eindruck hervorzubringen, welcher sich uns im Sehen offenbart; wo kein Licht ist, da ist Finsterniß und die Gegenstände sind dem Auge unsichtbar. Wir unterscheiden selbstleuchtende Körper, welche die Quelle des Lichtes in sich selbst haben, und erleuchtete Körper, welche, an sich dunkel, das Licht, das sie von jenen empfangen, nur wieder zurückgeben und dadurch erleuchtet erscheinen. In beiden Fällen sagen wir, es gehe Licht von jenen Körpern aus und der Körper werde gesehen, wenn dieses von ihm ausgegangene

¹ Berliner Abhandl. vom Jahre 1814—1815. S. 123.