

# Einleitung in die Chemie.

---

Zweite Abtheilung.

Hinleitung in die Chemie

Zweite Abtheilung

---

**Intensität der Affinität; bestimmte Verhältnisse, in denen sich die Körper mit einander verbinden.**

---

Es wurden in dem Bisherigen die allgemeinen chemischen Verhältnisse der Elemente zu einander, ihre Analogien und Verschiedenheiten; die wichtigsten ihrer (binären) Verbindungen betrachtet; es wurde die Verschiedenheit zwischen den unorganischen und organischen Verbindungen auseinandergesetzt. Vor Allem sind nun einige sehr wichtige Fragen zu erörtern, von welchen ich folgende voranstelle:

*Muss die Kraft, welche die Verbindungen und Trennungen der Körper bewirkt, d. h. die Affinität, als eine ihrer Intensität nach in verschiedenen Fällen verschiedene angenommen werden, und beruhen alle Erscheinungen von Trennung auf einer solchen Verschiedenheit in der Intensität der Affinität?*

Die Verbindung heterogener Körper zu neuen gleichartigen Ganzen und die Trennung gleichartiger Körper in sichtbar verschiedene Körper macht, wie bereits (S. 30<sup>4</sup>) bemerkt wurde, das *Wesen* der Chemie aus. Diese Trennung ist immer eine Folge neuer Verbindungen; entweder wird sie nemlich dadurch bewirkt, dass ein ponderabler Körper sich mit dem einen der Bestandtheile des zusammengesetzten Körpers verbindet und den andern in Freiheit setzt, oder dadurch, dass der imponderable Wärmestoff sich mit dem einen der Bestandtheile verbindet, ihn verflüchtigt, wobei dann der andere, fixere, zurückbleibt, oder auch durch die Anziehungskraft der entgegengesetzten Elektricitäten. — So wird die Kohle aus ihrer Verbindung mit Sauerstoff getrennt,

wenn man Kalium in kohlen-saurem Gas erhitzt, wobei Kali und Kohle entstehen; die Schwefelsäure wird von dem Kali geschieden, wenn man schwefelsaures Kali in Wasser auflöst und Barytwasser zusetzt, wobei unauflöslicher schwefelsaurer Baryt sich ausscheidet und Kali im Wasser gelöst bleibt; so wird Schwefelsäure von Alaunerde getrennt, wenn man die Verbindung beider glüht, wobei Schwefelsäure (die dabei zum Theil selbst zersetzt wird) überdestillirt und Alaunerde zurückbleibt; so trennt sich endlich ein Theil Sauerstoff von dem Mangansuperoxyd, wenn man dasselbe glüht; ein anderer Theil Sauerstoff entweicht erst dann, wenn man das rückständige Manganoxyd mit Schwefelsäure kocht, wobei schwefelsaures Manganoxydul entsteht; die letzte Portion Sauerstoff aber, nemlich die, welche das Manganoxydul noch enthält, kann bloß dadurch entfernt werden, dass man dasselbe mit einem einfachen Körper erhitzt, wobei dieser entweder mit dem Mangan und dem Sauerstoff zu gleicher Zeit sich verbindet, wie z. B. der Schwefel, oder bloß mit dem Sauerstoff, wie die Kohle; in dem ersteren Fall entsteht schweflige Säure, welche als Gas entweicht, und Schwefelmangan, welches zurückbleibt, in dem letzteren kohlen-saures Gas und metallisches Mangan, das nur Spuren von Kohle mit sich verbunden enthält.

Die Frage drängt sich nun natürlich auf: Werden diese und ähnliche Zersetzungen durch eine Verschiedenheit in der Grösse der Affinität bewirkt, welche zwei Körper gegen einen dritten äussern?

Dass die Intensität der Affinität in verschiedenen Fällen eine verschiedene sey, wird durch eine Menge von Thatsachen bewiesen. Die Oxyde der sogenannten edlen Metalle werden sämmtlich durch blosse Hitze zersetzt, während die Oxyde der unedlen Metalle ihren Sauerstoff auch bei der höchsten Temperatur nicht fahren lassen; der Sauerstoff ist also offenbar mit den edlen Metallen durch eine viel schwächere Kraft verbunden als mit den unedlen, was auch daraus erhellt, dass die unedlen Metalle die Oxyde der edlen aus ihren Auflösungen metallisch niederschlagen, indem sie sich

mit dem Sauerstoff derselben verbinden. Aus der schwefelsauren Alaunerde, nicht aber aus dem schwefelsauren Kali wird in der Glühhitze die Schwefelsäure, aus dem kohlen-sauren Kalk, nicht aber aus dem kohlen-sauren Kali die Koh-lensäure ausgetrieben, woraus erhellt, dass die Schwefel-säure zu dem Kali und die Kohlensäure zu dem Kali eine grössere Affinität hat, als die Schwefelsäure zu der Alaun-erde und die Kohlensäure zu dem Kalk, da dieselbe Kraft, nemlich die höhere Temperatur, welche dadurch, dass sie diese Säuren in den gasförmigen Zustand zu versetzen strebt, der Affinität entgegenwirkt, die Affinität in den angeführten Fällen bei der Alaunerde und dem Kalk, nicht aber bei dem Kali zu besiegen vermag.

Wenn es nun aber gleich entschieden ist, dass ein Kör- per mit einem andern durch eine grössere Kraft — grössere Affinität — verbunden seyn kann, als mit einem dritten, so ist man auf der andern Seite durchaus nicht berechtigt, *alle* Erscheinungen von Trennung der Körper aus einer sol- chen verschiedenen Grösse der Verwandtschaft zu erklären, vielmehr werden diese Trennungen in der Regel durch ganz andere Umstände bedingt, und zwar in einem solchen Grade, dass es ganz so aussieht, als sey die verschiedene Grösse der Verwandtschaft, wenn überhaupt eine solche statt findet, durchaus ohne Einfluss auf den Erfolg.

Diese Umstände sind vorzüglich folgende:

1) *Die verschiedene Auflöslichkeit der Körper.*

Sehr viele Verbindungen der Körper erfolgen unter Ver- mittlung von Flüssigkeiten, namentlich von Wasser; wenn nun A mit B eine im Wasser lösliche, C mit B aber eine im Wasser unlösliche Verbindung bildet, so tritt, beim Conflict von AB mit C, B mit C in Verbindung, und BC scheidet sich aus, während A im Wasser gelöst bleibt, oder, wenn es für sich im Wasser unauflöslich ist, ebenfalls sich ausscheidet.

Beispiele: Im Wasser gelöstes schwefelsaures Kali und Ba-

rytwasser: schwefelsaurer Baryt scheidet sich aus, und Kali bleibt gelöst. — Im Wasser gelöste schwefelsaure Alaunerde und Barytwasser: sowohl schwefelsaurer Baryt als Alaunerde scheiden sich aus, weil beide im Wasser unauflöslich sind.

Ist die Verbindung zwischen B und C nur *schwerlöslich* im Wasser, so scheidet sich anfangs entweder gar kein BC oder nur eine gewisse Menge davon aus, welche sich vermehrt im Verhältniss, als das Wasser durch Abdampfen sich vermindert. — Setzt man Schwefelsäure zu in Wasser gelöstem salpetersaurem Kalk, so scheidet sich, bei grosser Wassermenge, anfangs gar nichts aus; bei geringerer Wassermenge krystallisirt bald etwas schwefelsaurer Kalk heraus, dessen Menge sich beim Abdampfen vermehrt.

Ebenso, wenn zwei in einer Flüssigkeit gelöste Verbindungen AB und CD so beschaffen sind, dass ein Bestandtheil der einen Verbindung mit einem Bestandtheil der andern eine in dieser Flüssigkeit unlösliche Verbindung bilden kann, so entsteht diese Verbindung immer und die Bestandtheile tauschen sich gegen einander aus. Dieser Austausch der Bestandtheile findet sogar statt, wenn nur eine *weniger auflösliche* Verbindung entstehen kann, als eine von denen ist, welche mit einander in Conflict treten. Beispiel: Im Wasser gelöster salpetersaurer Kalk vermischt mit im Wasser gelöstem kohlensaurem Kali: es wird im Wasser unlöslicher kohlenaurer Kalk niedergeschlagen und salpetersaures Kali bleibt gelöst. Alle im Wasser unlöslichen Salze lassen sich daher auf die Weise darstellen, dass man die Basis und die Säure des unauflöslichen Salzes beziehungsweise mit einer solchen Säure und Basis verbindet, mit welcher sie im Wasser lösliche Salze bildet, und dass man dann diese Salze in Wasser gelöst mit einander vermischt. Ganz auf dieselbe Weise lassen sich die im Wasser *schwerlöslichen* Salze darstellen, nur muss man hier die etwa vorhandene zu grosse Wassermenge durch Abdampfen vorher entfernen.

Aus solchen Erfolgen nun hat man (vergl. S. 45.) auf

eine Verschiedenheit in der *Grösse* oder *Intensität* der Affinität geschlossen; namentlich wenn AB durch C zersetzt wird, und AC und B entsteht (sogenannte einfache Wahlverwandtschaft) sagte man: C habe zu A eine grössere Verwandtschaft als B zu A; ebenso: wenn aus AB und CD, AC und BD entstehen, (sogen. doppelte Wahlverwandtschaft) sagte man: die *Summe* der Verwandtschaften von A zu C und von B zu D sey grösser als die *Summe* der Verwandtschaften von A zu B und von C zu D. Dieser Schluss ist aber offenbar ganz irrig, denn der Erfolg hängt ja *blos* von der relativen Auflöslichkeit der Verbindungen ab und lässt sich, wenn man diese unter den gegebenen Umständen kennt, im *Voraus* bestimmen, ohne dass man irgend eine Kenntniss von der relativen Grösse der Verwandtschaften zu haben nöthig hat. Die Kohlensäure z. B. hat, wie vorhin gezeigt wurde, wirklich zum Kali eine grössere Affinität als zum Kalk. Wird aber zu wässrigem kohlen-saurem Kali Kalkwasser geschüttet, so schlägt sich kohlen-saurer Kalk nieder und reines Kali bleibt gelöst. Man hatte hieraus geschlossen, der Kalk habe zu der Kohlensäure eine grössere Affinität als das Kali, während doch offenbar der Erfolg einzig und allein durch die Unauflöslichkeit des kohlen-sauren Kalks in dem kalihaltigen Wasser bedingt wird.

2) *Die Verschiedenheit der Temperatur.*

Der Einfluss der Temperatur ist besonders dann sehr auffallend, wenn ein Körper durch eine höhere Temperatur verflüchtigt werden kann. Körper, die sonst mit sehr grossen Affinitäten begabt zu seyn scheinen, werden, wenn sie bei höheren Temperaturen flüchtig sind, durch andere fixere Körper, die sonst sehr schwache Affinitäten zu haben scheinen, aus ihren Verbindungen ausgetrieben. — So wird die Schwefelsäure aus ihrer Verbindung mit Natron durch Kieselsäure in starker Glühhitze ausgetrieben, während im Wasser gelöstes kiesel-saures Natron durch Schwefelsäure zersetzt wird;

Kalium entzieht dem Eisen in der Rothglühhitze, Eisen dem Kalium in der Weissglühhitze den Sauerstoff.

Aber selbst innerhalb sehr enger Grenzen der Temperatur findet bisweilen ein entgegengesetzter Erfolg statt. — So zersetzen, bei Gegenwart von Wasser, *in der Kälte*, kohlensaurer Baryt und schwefelsaures Natron einander vollständig, es entsteht kohlensaures Natron und schwefelsaurer Baryt, während, in der Siedhitze des Wassers schon, kohlensaures Natron den schwefelsauren Baryt zersetzt.

Auch insofern hat die Temperatur einen sehr bedeutenden Einfluss, als die Verwandtschaften gewisser Körper bei gewissen Temperaturen ganz und gar schlafen und erst bei höheren thätig werden. — So zeigt die Kohle bei der gewöhnlichen Temperatur keine Einwirkung auf den Sauerstoff, daher kann sie die Phosphorsäure bei dieser Temperatur nicht zersetzen; erst bei einer höhern Temperatur, bei welcher die Verwandtschaft der Kohle zum Sauerstoff wirksam wird, tritt Zersetzung ein.

3) *Der gasförmige Zustand der Körper bei der gewöhnlichen Temperatur* ist ein weiteres Verhältniss, das auf die Zersetzung verbundener Körper einwirkt. Dieses Verhältniss fällt übrigens mit dem der höheren Temperatur insofern zusammen, als auch diese dadurch, dass sie gewisse Körper in den gasförmigen Zustand versetzt, Zersetzungs-Erscheinungen bewirkt, die ohne diesen Umstand nicht statt gefunden haben würden.

Diejenigen festen Verbindungen, welche einen bei der gewöhnlichen Temperatur gasförmigen Körper gebunden enthalten, werden daher durch fast alle Körper, welche eine Verwandtschaft zu dem andern Bestandtheil haben, zersetzt. — So werden die kohlensuren Salze durch fast alle Säuren zersetzt, vorausgesetzt, dass die frei werdende Kohlensäure ungehindert entweichen kann. Wird das Entweichen des kohlensuren Gases durch eine mechanische Kraft verhindert, giesst man z. B. auf Stücke von kohlensaurem Kalk in einem dicken gläsernen Gefäss eine verdünnte Säure und verschliesst hierauf die



Oeffnung luftdicht, so hört die Zersetzung des kohlensauren Kalks sehr bald auf.

4) Die *Geneigtheit einiger Körper, gewisse besondere Verbindungen zu bilden*, hat auch in manchen Fällen Einfluss auf den Erfolg der Zersetzung, den man irrigerweise geradezu einer Verschiedenheit in der Grösse der Affinität zugeschrieben hatte; namentlich die Neigung gewisser Basen, mit gewissen Säuren saure oder basische Salze zu bilden, die Neigung gewisser Basen, sich mit Säuren zu Doppelsalzen zu verbinden. — So zersetzt Weinsäure das neutrale schwefelsaure Kali, wegen der Geneigtheit des Kalis, sowohl mit der Weinsäure als mit der Schwefelsäure ein saures Salz zu bilden, wobei noch die Schwerlöslichkeit des sauren weinsauren Kalis die Zersetzung begünstigt; so werden Bittererde — und Manganoxydul — Salze durch Ammoniak nur unvollständig zersetzt, weil das Ammoniak, indem es einen Theil dieser Basen niederschlägt, mit der damit verbunden gewesenen Säure sich verbindet, und das so entstandene Ammoniaksalz mit einer bestimmten Menge des noch nicht zersetzten Bittererde — oder Manganoxydul — Salzes ein Doppelsalz bildet, das durch freies Ammoniak nicht zersetzt wird. Aus einer Auflösung der schwefelsauren Alaunerde dagegen wird alle Alaunerde durch überschüssiges Ammoniak niedergeschlagen, ungeachtet die schwefelsaure Alaunerde mit dem schwefelsauren Ammoniak ein im Wasser lösliches Doppelsalz bildet, denn dieses Doppelsalz wird durch Ammoniak in niederfallende Alaunerde und aufgelöst bleibendes schwefelsaures Ammoniak zersetzt.

Von solchen und andern, minder häufig als diese vorkommenden Umständen, von denen wir einige später noch erwähnen werden, hängen nun hauptsächlich die beim Conflict mehrerer Körper mit einander erfolgenden Zersetzungen ab. Es ist daher von der grössten Wichtigkeit, nicht blos zu wissen, welche Körper in dieser oder jener Flüssigkeit auflöslich oder unauflöslich sind, sondern auch die Gesetze zu kennen, nach welchen sich die Auflöslichkeit eines Körpers bei verschiedenen Temperaturen richtet. Wenig-

stens muss man sich damit im Allgemeinen bekannt machen, ob die Auflöslichkeit eines Körpers in einer Flüssigkeit, namentlich in Wasser, bei verschiedenen Temperaturen sich wenig oder bedeutend ändert, ob sie bei einer gewissen Temperatur unter der Siedhitze der Flüssigkeit ihr Maximum erreicht u. s. f. Es ist ferner aus derselben Rücksicht sehr wichtig, zu wissen, ob ein Körper durch die Wärme mehr oder weniger leicht verflüchtigt werden kann, ob er schon bei der gewöhnlichen Temperatur in isolirtem Zustand gasförmig erscheint u. s. f.

Es ergibt sich demnach aus dem Gesagten, dass man zwar allerdings in vielen Fällen berechtigt ist, eine verschiedene grosse Verwandtschaft bei verschiedenen Körpern anzunehmen, dass aber die Verbindungen und Zersetzungen der Körper in sehr vielen Fällen nicht durch eine solche bestimmt werden.

Es fragt sich nun weiter: *Können sich die Körper, welche Verwandtschaft zu einander zeigen, in allen möglichen quantitativen Verhältnissen miteinander verbinden, oder ist eine Verbindung nur in wenigen bestimmten Verhältnissen möglich?*

Die Erfahrung lehrt, dass beides statt findet, wobei jedoch der sehr wichtige Unterschied eintritt, dass wenn eine Verbindung von a mit b oder auch von b mit a in allen möglichen Verhältnissen erfolgen kann, die Eigenschaften beider Körper sich in der Verbindung noch erkennen lassen, dass dagegen, wenn sich a mit b nur in Einem oder in wenigen Verhältnissen verbindet, die Eigenschaften beider Körper entweder gar nicht mehr in der Verbindung erkennbar sind, oder doch theilweise aufgehoben erscheinen. Die Kraft, welche Verbindungen der ersten Art bewirkt, ist auf jeden Fall eine ungleich schwächere als diejenige, welche Verbindungen der zweiten Art hervorbringt, wenn

sie nicht ihrem Wesen nach ganz von letzterer verschieden seyn sollte.

Bei der *ersten Art von Verbindung* kann sich entweder nur a mit b, nicht b mit a, oder a mit b und auch b mit a in allen möglichen Verhältnissen verbinden; so z. B. verbindet sich sowohl Weingeist mit Wasser, als Wasser mit Weingeist in jedem Verhältniss; Glaubersalz aber und Kohlensäure verbinden sich mit Wasser nicht in jedem Verhältniss, und wenn das Wasser unter gegebenen Umständen keine grössere Menge mehr aufnimmt, so sagt man, es sey mit diesen Körpern *gesättigt*. Dieser Sättigungspunkt ist aber nicht constant, sondern ändert sich mit der Temperatur und dem Druck; so löst Wasser von  $+33^{\circ}$  die grösste Menge Glaubersalz auf; bei niedererer Temperatur und verstärktem Druck nimmt es mehr Kohlensäure auf, als bei höherer Temperatur und schwächerem Druck.

Bei der *zweiten Art von Verbindung* ist dieser Sättigungspunkt im Allgemeinen ganz unabhängig von der Temperatur und andern äussern Einflüssen, und wenn auch wirklich die Temperatur einen Einfluss auf denselben zu haben scheint, so ist dieses bloß insofern der Fall, als sich z. B. a mit b und mit 2b verbinden kann, die Verbindung  $a+2b$  aber bei einer gewissen Temperatur in  $a+b$  und b zersetzt wird, wobei aber dann immer diese Zersetzung *plötzlich* erfolgt, so dass z. B. nicht  $a+2b$  durch  $a+\frac{1}{10}b$ ,  $a+\frac{1}{8}b$ ..  $a+\frac{1}{5}b$  in  $a+b$  übergeht. Durch die erste Einwirkung der Hitze wird freilich nicht die ganze Menge von  $a+2b$  in  $a+b$  zersetzt, sondern es bleibt ein Theil von  $a+2b$  unzersetzt: der Theil aber, welcher zersetzt wird, verwandelt sich sogleich in  $a+b$  und in b. Es entsteht also anfänglich ein Gemeng von  $a+2b$  und  $a+b$ , welche beide Körper man auf verschiedene Weise, z. B. durch Krystallisation von einander trennen kann.

Die Verbindung des Kalis mit Schwefelsäure kann sehr gut

zur Erläuterung des Gesagten dienen. Wenn man Kali mit einer sehr grossen Menge von Schwefelsäure zusammenbringt, so entsteht eine chemische Verbindung, und diese Verbindung besteht, wenn man dann noch weitere Mengen von Schwefelsäure, bis ins Unendliche, zusetzt. Wird nun diese Flüssigkeit ins Sieden gebracht, so tritt dieses sehr nahe bei derselben Temperatur ein, bei welcher die *reine* Schwefelsäure siedet, der Ueberschuss der Säure entweicht, zuletzt aber geht keine Säure mehr fort, selbst wenn die Temperatur weit über den Siedepunkt der Schwefelsäure erhöht wird. Es bleibt jetzt saures schwefelsaures Kali zurück, welches bei anfangender Rothglühhitze wie ein Oel schmilzt. Erhitzt man nun dieses Salz bis zum starken Rothglühen, so entweicht eine neue Menge von Schwefelsäure und es bleibt neutrales schwefelsaures Kali zurück, das nun auch bei der stärksten Weissglühhitze seine Säure nicht verliert. — Die Säuremenge, welche bis zur Bildung des sauren schwefelsauren Kalis entwich, war durch eine sehr schwache Kraft mit diesem Salz verbunden, sie äusserte ihre sauren Eigenschaften ungeschwächt, siedete bei derselben Temperatur, wie nicht verbundene Säure, kurz die Verbindung war eine Verbindung der ersten Art. Die Säuremenge dagegen, welche sich aus dem sauren schwefelsauren Kali durch Hitze entwickelte, war durch eine viel stärkere Kraft mit dem neutralen schwefelsauren Kali verbunden, ihre sauren Eigenschaften äusserten sich zwar noch, aber weit schwächer, sie erforderte eine starke Rothglühhitze zu ihrer Verflüchtigung; kurz es war eine Verbindung der zweiten Art. — Endlich ist die Menge von Säure, welche das neutrale schwefelsaure Kali zurückhält, durch eine noch grössere Kraft gebunden, indem sie selbst bei der Weissglühhitze nicht entweicht; ihre sauren Eigenschaften sind in dieser Verbindung gänzlich vernichtet (neutralisirt), es ist wiederum eine Verbindung der zweiten Art, jedoch hinsichtlich der Stärke von der zuvor erwähnten verschieden.

Sofern nun der Unterschied der beiden Arten von Verbindung bloß auf einer verschiedenen Intensität einer und derselben Kraft (Affinität) beruhen sollte, würde man, da auch bei der zweiten Art von Verbindung wirklich diese Kraft

ungleich stark wirken kann, da sie die Eigenschaften der sich verbindenden Körper mehr oder weniger vollständig aufhebt, einen Uebergang von der einen Art von Verbindung in die andere anzunehmen sich berechtigt halten können, wenn nicht auf der andern Seite der grosse Unterschied stattfände, dass während bei der ersten Art von Verbindung, in allen den Fällen, wo nicht *beide* Körper in allen Verhältnissen sich mit einander verbinden können, äussere Umstände, namentlich Temperatur, Druck, die Menge des einen Körpers *ganz allmählig* vermindern oder vermehren, bei der andern Art dieses *sprungweise* geschieht. Dieser Umstand macht es daher sehr wahrscheinlich, dass wenn auch die Kraft, welche beide Arten von Verbindungen bewirkt, ihrem Wesen nach dieselbe seyn sollte, die zweite Art doch Erscheinungen in ihrem Gefolge haben müsse, welche bei der ersten Art nicht statt finden.

Diese Verbindungen der zweiten Art sind es nun, welche uns durch ihre merkwürdige Gesetzmässigkeit vorzugsweise interessiren. Sie unterscheiden sich von blossen Gemengen oder von den losen Verbindungen der ersten Art, ausser dem schon Angeführten, vorzüglich durch folgende Merkmale:

1) Bei einer chemischen Verbindung der zweiten Art können *zwei* Sättigungspunkte vorkommen, indem a mit b, und b mit a gesättigt seyn kann, und dadurch verschiedene Verbindungen hervorgebracht werden. Zwischen diesen beiden Verbindungen können dann allerdings noch mehrere bestimmte Verbindungen statt finden. Löst man dagegen z. B. ein Salz in Wasser auf, so kann zwar das Wasser mit Salz gesättigt werden, d. h. so viel Salz aufgelöst halten, dass keine weitere Menge Salz sich auflöst, aber theils wird sich dieser Sättigungspunkt mit der Temperatur ändern, theils kann das Salz nicht auch mit Wasser gesättigt werden, vielmehr kann die gesättigte Salzauflösung jede beliebige Menge von Wasser mit sich verbinden. Bei einer solchen Verbindung der

ersten Art gibt es also nur *einen* Sättigungspunkt, der noch überdiss von der Temperatur abhängig ist.

2) Die innigeren Verbindungen (Verbindungen der zweiten Art) krystallisiren gewöhnlich als Ganze aus Auflösungen heraus. — Wenn man z. B. Kali mit überschüssiger Salpetersäure zusammenbringt, so krystallisirt neutrales salpetersaures Kali aus der Auflösung heraus, die übrige Salpetersäure bleibt flüssig und lässt sich vom salpetersauren Kali (Salpeter) abdestilliren. Hier bildete also das Kali blos mit einer bestimmten Menge Salpetersäure eine Verbindung zweiter Art, alle übrige Säure bildete mit dem salpeterhaltigen Wasser eine lose Verbindung, eine Verbindung der ersten Art.

3) Eine innige Verbindung unterscheidet sich von einem blossen Gemenge dadurch, dass sie *als Ganzes* Verbindungen einzugehen fähig ist. Wenn man z. B. 32 Theile schwefelige Säure mit 40 Theilen Schwefelsäure, beide mit Wasser verbunden, mengt, so befindet sich in diesem Gemenge von Säuren der Schwefel und Sauerstoff in demselben Verhältniss, wie in der Unterschweifelsäure. Sättigt man aber diese Säuren mit Kali, so bildet sich nicht unterschweifelsaures Kali, sondern zweierlei wesentlich von einander und von dem unterschweifelsauren Kali verschiedene Salze, während die Unterschweifelsäure mit Basen nur einerlei Art von Salzen gibt, die von den schwefeligensauren und den schwefelsauren auf eine merkwürdige Weise verschieden sind.

4) Endlich gibt die Gesetzmässigkeit der Verbindungen selbst ein Mittel an die Hand, die innigen Verbindungen von den blossen Gemengen zu unterscheiden. Diese Gesetzmässigkeit besteht in Folgendem:

Wenn sich a mit verschiedenen Mengen von b verbindet, und p die geringste Menge von b bezeichnet, welche mit a verbunden ist, so sind  $1\frac{1}{3}p$ ,  $1\frac{1}{2}p$ ,  $2p$ ,  $2\frac{1}{2}p$ ,  $3p$ ,  $4p$ ,  $5p$  die Zahlen, welche die Mengen von b in den übrigen Verbindungen von a und b im Allgemeinen ausdrücken. Die Erfahrung zeigt, dass alle Verbindungen der zweiten

Art, d. h. alle innigeren Verbindungen diesem Gesetz gehorchen. — Ich will nur einige Beispiele anführen: Der Schwefel verbindet sich mit Sauerstoff in 4 Verhältnissen, die sich, bei gleich bleibender Menge des Schwefels, verhalten wie  $1:2:2\frac{1}{2}:3$ , der Stickstoff in 5 Verhältnissen, die sich verhalten wie  $1:2:3:4:5$ , das Chlor in 4 Verhältnissen, die sich verhalten  $= 1:4:5:7$ , das Kalium mit dem Schwefel in 5 Verhältnissen, die sich verhalten  $= 1:2:3:4:5$ ; das Kali mit der Kohlensäure in 3 Verhältnissen, die sich verhalten  $= 1:1\frac{1}{2}:2$  u. s. f.

Verbinden sich gasförmige Körper mit einander, so tritt zu der erwähnten Gesetzmässigkeit noch eine weitere hinzu; die *Volumina* nemlich der sich verbindenden Gase stehen immer in einem sehr einfachen Verhältniss zu einander. — So verbindet sich 1 Vol. Sauerstoffgas mit 2 Volum. Wasserstoffgas zu Wasser; 1 Volumen Stickgas mit  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$  Vol. Sauerstoffgas zu Stickoxydul, Stickoxyd, untersalpetriger Säure, salpetriger Säure, Salpetersäure; 1 Vol. Stickgas mit 3 Vol. Wasserstoffgas zu Ammoniak u. s. f. Bei gasförmigen Körpern springt, wenn eine Verbindung nur in Einem Verhältniss möglich ist, die Gesetzmässigkeit dieser Verbindung sogleich in die Augen, weil die Volumina der sich verbindenden Körper in einem ganz einfachen Zahlenverhältniss zu einander stehen; bei nicht gasförmigen Körpern dagegen lässt sie sich unmittelbar nicht erkennen, wohl aber daran, dass wenn man sich jeden einzelnen der Körper mit einem und demselben dritten Körper verbinden lässt, die Mengen dieses dritten Körpers in einem einfachen Zahlenverhältniss stehen. So wird also, wie ich schon bemerkt habe, diese Gesetzmässigkeit selbst als Kriterium benützt werden können, ob eine Verbindung eine innige, d. h. eine Verbindung der zweiten Art sey, wenn es an andern Kriterien fehlt. — Die Metalle z. B. lassen sich in allen möglichen Verhältnissen zusammenschmelzen, die Gasarten in allen Verhältnissen mit einander mengen, auch solche, die gar keine Affinität gegen einander

zeigen; in solchen Fällen ist es daher oft äusserst schwierig zu entscheiden, ob eine gewisse Zusammensetzung eine innige oder eine lose Verbindung oder gar ein blosses Gemenge sey. Es kommt z. B. eine Verbindung von Silber und Quecksilber in der Natur vor, die man desswegen für eine Verbindung der zweiten Art erklärt (und wohl mit Grund), weil das Silber und Quecksilber der Verbindung gleiche Sauerstoffmengen aufnehmen, wenn sich ersteres zu Oxyd, letzteres zu Oxydul oxydirt. — Die atmosphärische Luft verhält sich ganz wie ein Gemenge von Sauerstoffgas und Stickgas: weil sie aber, wenigstens ziemlich nahe, 4 Volum. Stickgas auf 1 Vol. Sauerstoffgas enthält, so haben sie Mehrere für eine chemische Verbindung von Stickgas und Sauerstoffgas angesprochen.



## Mischungsgewicht; atomistische Theorie.

---

In einer binären chemischen Verbindung, deren Zusammensetzung bekannt ist, kann das Gewicht des einen Bestandtheils durch jede beliebige Zahl ausgedrückt werden; ist diese Zahl aber einmal bestimmt, so ist damit auch die Zahl bestimmt, welche das Gewicht des andern Bestandtheils ausdrückt. Man kann z. B. in dem Wasser das Gewicht des Wasserstoffs (oder das Gewicht des Sauerstoffs) = 1 oder jeder andern beliebigen Zahl gleich setzen, und bestimmt dann, aus der bekannten Zusammensetzung des Wassers, das Gewicht des Sauerstoffs oder des Wasserstoffs durch die *Regel de Tri*. Das Wasser besteht aus 11.11 Th. Wasserstoff, und 88.89 Th. Sauerstoff; setzt man nun das Gewicht des Wasserstoffs = 1, so wird dadurch das Gewicht des Sauerstoffs zu 8 bestimmt, denn  $11.11 : 88.89 = 1 : 8$ ; setzt man dagegen das Gewicht des Sauerstoffs = 1, so findet man das Gewicht des Wasserstoffs = 0.125; denn  $11.11 : 88.89 = 0.125 : 1$ . Setzt man in der Verbindung des Wasserstoffs mit dem Schwefel (im Schwefelwasserstoffgas) das Gewicht des Wasserstoffs wieder = 1, so findet man für das Gewicht des Schwefels die Zahl 16; denn das Schwefelwasserstoffgas besteht in 100 Th. aus 5.9 Wasserstoff und 94.1 Schwefel, aber  $5.9 : 94.1 = 1 : 16$ . Setzt man nun in der unterschwefligen Säure das Gewicht des Schwefels = 16, wie man es unter den angegebenen Bedingungen aus dem Schwefelwasserstoffgas bestimmt hat, so findet man für das Gewicht des Sauerstoffs wiederum die Zahl 8.

Wir wollen diese Resultate zusammenstellen :

- a) Wasserstoff : Sauerstoff = 1 : 8 (im Wasser)
- b) Wasserstoff : Schwefel = 1 : 16 (Schwefelwasserstoffgas)
- c) Schwefel : Sauerstoff = 16 : 8 (unterschweflige Säure).

Alle diese Zahlen beziehen sich auf die bestimmte Zahl 1, die wir für den Wasserstoff angenommen haben.

Setzen wir, statt der Verbindung des Wasserstoffs mit dem Schwefel, die des Wasserstoffs mit der Kohle im ölerzeugenden Gas, in welchem 85.5 Kohle mit 14.5 Wasserstoff verbunden sind, und statt der Verbindung des Schwefels mit dem Sauerstoff, die der Kohle mit dem Sauerstoff im Kohlenoxydgas, in welchem 42.9 Kohle mit 57.1 Sauerstoff verbunden sind, und setzen wir immer das Gewicht des Wasserstoffs = 1, so erhalten wir

$$14.5 : 85.5 = 1 : 6$$

$$42.9 : 57.1 = 6 : 8, \text{ d. h.}$$

b') Wasserstoff : Kohle = 1 : 6 (im ölbildenden Gas)

c') Kohle : Sauerstoff = 6 : 8 (im Kohlenoxydgas)

Schon diese wenigen Thatsachen führen also zu dem höchst merkwürdigen Resultat, dass das Gewicht des Sauerstoffs immer gleich gross, nemlich = 8 gefunden wird, es mag nun aus dem Wasser, oder aus der unterschwefligen Säure, oder aus dem Kohlenoxydgas bestimmt werden, wenn nur eine jede der Verbindungen, aus welchen man dieses Gewicht bestimmt, sich auf das = 1 gesetzte Gewicht des Wasserstoffs unmittelbar oder mittelbar bezieht. In den angegebenen Fällen bezieht sich das aus einer Verbindung bestimmte Gewicht des Sauerstoffs auf das = 1 gesetzte Gewicht des Wasserstoffs *unmittelbar* bei dem Wasser; *mittelbar* bei der unterschwefligen Säure und dem Kohlenoxydgas; bei ersterer, insofern zuerst das Gewicht des Schwefels aus dem Schwefelwasserstoffgas bestimmt wurde, dessen Wasserstoff = 1 gesetzt worden war, und das so gefundene Gewicht des Schwefels in die unterschweflige Säure übergetragen wurde; bei letzterem, insofern auf dieselbe Weise mit dem Gewicht der Kohle verfahren wurde. Es ist klar, dass wenn man bei der Bestimmung des Gewichts des Schwefels oder der Kohle aus dem Schwefelwasserstoffgas oder ölbil-

denden Gas, irgend verschiedene, überhaupt beliebige Zahlen für das Gewicht des Wasserstoffs annehmen, und die so bestimmten Gewichte des Schwefels und der Kohle in die unterschweflige Säure und das Kohlenoxydgas substituiren würde, keine andere, als eine rein zufällige Beziehung zwischen den so bestimmten Gewichtszahlen des Sauerstoffs statt finden könnte.

Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man *von irgend einer andern Verbindung* ausgeht. Setzt man z. B. im Chlorkalium die Menge des Chlors = 1, so wird dadurch die Menge des Kaliums bestimmt. Wird dann die für das Kalium gefundene Zahl in die Verbindung des Kaliums mit Sauerstoff substituirt, so erhält man die Gewichtszahl für den Sauerstoff, die sich mithin auf die = 1 gesetzte Gewichtszahl des Chlors bezieht. Man findet nun ebenso, dass wirklich in dem Chloroxydul das Chlor mit dem Sauerstoff in dem Verhältniss von 1 zu der auf die angegebene Weise für den Sauerstoff gefundenen Zahl verbunden ist. Setzt man ferner in der Salzsäure das Gewicht des Chlors wieder = 1, und bestimmt hieraus das Gewicht des Wasserstoffs, so findet man gleichfalls, dass die so für den Sauerstoff und Wasserstoff gefundenen Zahlen *in demselben Verhältniss* zu einander stehen, wie die Mengen des Sauerstoffs und Wasserstoffs in dem Wasser.

Aus den erwähnten Verhältnissen nun, die ganz allgemein sind und nicht blos für die wenigen aufgeführten Fälle passen, entwickelt sich der Begriff des *Mischungsgewichtes*. Jeder Körper nemlich geht mit einem ihm eigenthümlichen Gewicht in alle Verbindungen ein, wenn diese sämmtlich in Zahlen dargestellt werden, die sich auf ein, einer bestimmten aber willkürlich anzunehmenden Zahl gleich gesetztes Gewicht eines Körpers beziehen; dieses eigenthümliche Gewicht nennt man das *Mischungsgewicht* des Körpers. In dem Wasser setzten wir den Wasserstoff = 1, und fanden den Sauerstoff hieraus = 8, den

Schwefel = 16, die Kohle = 6, indem wir in dem Schwefelwasserstoffgas und dem ölbildenden Gas den Wasserstoff wieder = 1 setzten: 8 Sauerstoff verbinden sich aber mit

16 } Schwefel  
6 } Kohle , und wir hätten sogar nicht einmal nöthig ge-

habt, die unterschweflige Säure und das Kohlenoxydgas zu analysiren, um zu finden, in welchem Verhältniss der Sauerstoff mit dem Schwefel und der Kohle in diesen Zusammensetzungen verbunden ist, wenn wir im voraus bestimmt wissen könnten, dass in der unterschwefligen Säure und dem Kohlenoxydgas ein einziges (nicht mehrere oder wenigere) Mischungsgewicht von Schwefel oder Kohle mit 1 M. G. Sauerstoff verbunden sey. Ebenso braucht man z. B. blos das Verhältniss des Kaliums zum Sauerstoff im Kali zu bestimmen, um zu finden, in welchem Verhältniss das Kalium mit Schwefel sich verbindet. 8 Sauerstoff (das Mischungsgewicht des Sauerstoffs) bilden mit 39.2 Kalium Kali, und ebenso bilden 16 Schwefel (das Mischungsgewicht des Schwefels) mit diesen 39.2 Kalium, einfach Schwefelkalium.

Da nun aber die Elemente in der Regel sich nicht blos in einem einzigen, sondern in mehreren Verhältnissen, jedoch, wie wir gesehen haben, nach bestimmten, sehr einfachen Gesetzen, mit einander verbinden, so wird nur eine einzige von den mehrfachen Verbindungen, welche ein Element mit einem andern bildet, aus je einem Mischungsgewicht beider Elemente zusammengesetzt seyn können, die übrigen werden 2, 3 oder mehr Mischungsgewichte des einen Elements auf 1 Mischungsgewicht des andern Elements enthalten. Es wird auch bisweilen der Fall eintreten können, dass 1 Mischungsgewicht eines Elements sich gar nicht mit einem Mischungsgewicht eines andern verbindet, sondern dass sich ein Mischungsgewicht des einen Elements mit 2 oder 3 u. s. f. Mischungsgewichten des andern Elements, oder dass 2, 3 u. s. f. Mischungsgewichte des ersten Elements sich

mit einem Mischungsgewicht des andern Elements verbinden. Belege hiefür liefert die Verbindung des Schwefels mit Kohlenstoff, des Stickstoffs mit Kohlenstoff und mit Chlor u. s. f.

Es wird jetzt vor Allem darauf ankommen, zu bestimmen, *in welcher Verbindung gleiche Mischungsgewichte beider Elemente oder überhaupt eine gewisse bestimmte Anzahl von Mischungsgewichten des einen Elements mit einer gewissen bestimmten Anzahl von Mischungsgewichten des andern Elements verbunden ist*; ist dieses einmal bestimmt, so ergibt sich dann von selbst, wie viele Mischungsgewichte des einen Elements mit einem oder mehreren Mischungsgewichten des andern Elements in den übrigen Verbindungen beider Elemente vereinigt vorkommen. Ebenso, wenn man das Mischungsgewicht eines Elements aus einer Verbindung, und das Mischungsgewicht eines andern Elements aus einer andern bestimmt hat, so ist damit zugleich auch bestimmt, wie viele Mischungsgewichte von jedem der beiden Elemente in der Verbindung, die sie selbst mit einander bilden, vereinigt sind, sobald die Zusammensetzung dieser Verbindung bekannt ist. Wenn z. B. das Mischungsgewicht des Wasserstoffs aus dem Wasser, und das des Stickstoffs aus dem oxydirten Stickgas bestimmt ist, so ergibt sich von selbst, wie viele Mischungsgewichte Wasserstoff und Stickstoff in dem Ammoniak mit einander vereinigt angenommen werden müssen. Das Resultat der Analyse des Ammoniaks zwingt uns dann zu einer ganz bestimmten Annahme hinsichtlich der *relativen* Anzahl von Mischungsgewichten Wasserstoff und Stickstoff, und nur insofern bleibt uns auch jetzt noch ein gewisser Spielraum, als wir entweder annehmen können, dass  $p$  Mischungsgewichte Wasserstoff mit  $q$  Mischungsgewichten Stickstoff, oder aber  $n \times p$  M. G. Wasserstoff mit  $n \times q$  M. G. Stickstoff verbunden seyen. Wenn für diesen Fall  $p=3$ ,  $q=1$ , d. h. 3 M. G. Wasserstoff mit 1 M. G. Stickstoff verbunden sind, so ist z. B. auch die Annahme

gestattet, dass  $2 \times 3 = 6$  M. G. <sup>Stickstoff</sup>Wasserstoff mit  $2 \times 1 = 2$  M. G. Wasserstoff verbunden seyen.

Diese Bestimmung der Anzahl von Mischungsgewichten in einer Verbindung ist, wir dürfen uns dieses nicht verhehlen, an sich ziemlich willkürlich, und findet nach individuellen theoretischen Ansichten der Chemiker statt. Einige glauben derjenigen Bestimmungsweise den Vorzug einräumen zu müssen, die sich durch ihre Einfachheit vor andern auszeichnet, wobei aber bisweilen auch darüber ein Streit entstehen kann, welche Bestimmung die einfachere sey; während Andere sich vielmehr durch gewisse theoretische Ansichten und Analogieen bei dieser Bestimmung leiten lassen zu müssen glauben.

Wenn zwei Elemente, die in ihren Eigenschaften einander sehr entgegengesetzt sind, eine oder mehrere Verbindungen mit einander eingehen, so wird die Voraussetzung im Allgemeinen die einfachste seyn, dass in der *innigsten* Verbindung, die sie mit einander bilden, eine *gleiche* Anzahl von M. G. beider, und zwar 1 M. G. des einen mit 1 M. G. des andern vereinigt sey. Man wird also namentlich annehmen können, dass im Wasser ein Mischungsgewicht Wasserstoff mit einem Mischungsgewicht Sauerstoff verbunden sey, und dass in dem so äusserst leicht zersetzbaren Wasserstoffsperoxyd mehr als 1 M. G. Sauerstoff mit 1 M. G. Wasserstoff verbunden sey.

Ebenso wird man in der Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure) 1 M. G. Wasserstoff mit 1 M. G. Chlor verbunden annehmen dürfen, weil die Chlorwasserstoffsäure die einzige, und zwar eine sehr innige Verbindung des Chlors mit dem Wasserstoff darstellt. Man wird dann, nach der Analogie, auch in den übrigen Wasserstoffsäuren eine gleiche Anzahl Mischungsgewichte des Radicals und des Wasserstoffs voraussetzen. So wären also schon die Mischungsgewichte des

Wasserstoffs, Sauerstoffs, Chlors, Broms, Jods, Fluors, Schwefels, Selens bestimmt.

Wenn ein Körper *a* mit verschiedenen Mengen eines andern Körpers *b* sich verbindet, so wird die einfachste Voraussetzung im Allgemeinen die seyn, dass in derjenigen Verbindung, welche die geringste Menge von *b* enthält, 1 Mischungsgewicht von *a* mit 1 M. G. von *b* verbunden sey, und dass in den übrigen wiederum 1 M. G. von *a* mit  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3, 4, 5 u. s. f. M. G. von *b* verbunden sey. — Die Kohle, der Stickstoff, bilden mit Sauerstoff verschiedene Verbindungen. Die innigste Verbindung von Sauerstoff und Kohle stellt das Kohlenoxydgas dar; man wird daher annehmen können, dass in ihr gleiche Mischungsgewichte beider Elemente verbunden seyen und dass mithin die Kohlensäure 1 M. G. Kohle und 2 M. G. Sauerstoff enthalte. Ebenso wird man in dem Stickoxydulgas, welches unter den Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs die geringste Menge Sauerstoff enthält, eine gleiche Anzahl M. G. Stickstoff und Sauerstoff annehmen dürfen, sofern in dieser Voraussetzung die übrigen Verbindungen eine sehr einfache fortlaufende Reihe bilden, indem dann 1 M. G. Stickstoff im Stickstoffoxyd mit 2, in der untersalpetrigen Säure mit 3, in der salpetrigen Säure mit 4, in der Salpetersäure mit 5 M. G. Sauerstoff verbunden ist. Bei dieser Bestimmungsweise wird dann allerdings die Rücksicht auf die grössere Innigkeit der Verbindung hintangesetzt, denn man hat Ursache, das Stickoxydgas für eine innigere Verbindung anzusehen, als das Stickoxydulgas, insofern bei den meisten Zersetzungen der Salpetersäure, Stickoxydgas zum Vorschein kommt, und dieses Gas durch eine brennende Kerze z. B. nicht zersetzt wird, während diese in Stickoxydulgas fast so lebhaft, wie in reinem Sauerstoffgas brennt.

Da das Bor und das Silicium mit Sauerstoff eine einzige Verbindung bilden, so würde die Voraussetzung, dass

in der Borsäure und Kieselsäure gleiche Mischungsgewichte Radical und Sauerstoff verbunden seyn, in dieser Hinsicht wenigstens die einfachste seyn, und damit wäre also das Mischungsgewicht des Bors und Siliciums bestimmt.

Der Phosphor bildet mit Sauerstoff Säuren, deren Sauerstoffmengen in einem etwas complicirten Verhältniss zu einander stehen. Die einfachste Annahme ist, dass in der phosphorigen Säure 1 M. G. Phosphor mit  $1\frac{1}{2}$ , in der Phosphorsäure aber mit  $2\frac{1}{2}$  M. G. Sauerstoff verbunden sey. — Würde angenommen, dass in der phosphorigen Säure 1 M. G. Phosphor mit 1 M. G. Sauerstoff verbunden sey, so enthielte die Phosphorsäure  $1\frac{2}{3}$  M. G. Sauerstoff auf 1 M. G. Phosphor. Dasselbe gilt für das Arsenik.

Auf diese Weise wären also die Mischungsgewichte aller nicht metallischen Elemente bestimmt, und damit zugleich auch die relative Anzahl der Mischungsgewichte in allen Verbindungen derselben unter einander einmal für immer fixirt.

Jetzt muss angenommen werden, dass z. B. im Ammoniak 3 M. G. Wasserstoff mit 1 M. G. Stickstoff, oder ein Vielfaches von 3 M. G. Wasserstoff mit einem Gleichvielfachen von 1 M. G. Stickstoff; in der Schwefelsäure 3 M. G. Sauerstoff mit 1 M. G. Schwefel; in der Chlorsäure 1 M. G. Chlor mit 5 M. G. Sauerstoff; in dem Schwefelkohlenstoff 1 M. G. Kohle mit 2 M. G. Schwefel; in dem Cyan 2 M. Kohle mit 1 M. G. Stickstoff; oder vielfache M. G. des einen Körpers mit gleichvielfachen M. G. des andern verbunden seyn u. s. f.

Was die Bestimmung der Mischungsgewichte der Metalle, welche mit Sauerstoff vorzugsweise Salzbasen bilden, betrifft, so ist die Annahme die einfachste, dass die stärkste Salzbasis 1 M. G. Metall auf 1 M. G. Sauerstoff enthalte. Hiernach bestehen die Alkalien und Erden, so wie alle eigentlichen Metalloxyde, die Salzbasen sind, und zwar die stärksten Salzbasen, wenn es deren mehrere gibt, also Zinkoxyd,



Bleioxyd, Quecksilberoxyd, Eisenoxydul, (nicht Quecksilberoxydul und Eisenoxyd) u. s. f. aus 1 M. G. Metall und 1 M. G. Sauerstoff, und die Mischungsgewichte dieser Metalle sind damit bestimmt. Die Mischungsgewichte derjenigen Metalle, welche mit Sauerstoff, neben Salzbasen, auch verschiedene Säuren bilden, könnten auch auf die Weise bestimmt werden, dass man in der Salzbasis gleiche Mischungsgewichte Metall und Sauerstoff annehmen würde; da jedoch diese Salzbasen in der Regel schwach sind, so lässt man sich häufiger durch die Analogie der Metall-Säure mit andern Säuren leiten. — So z. B. könnte man in dem Chromoxydul gleiche Mischungsgewichte Metall und Sauerstoff annehmen, dann würde die Chromsäure aus 1 M. G. Chrom und 2 M. G. Sauerstoff bestehen; man nimmt aber in der Chromsäure gewöhnlich, wie in der Schwefelsäure, 3 Mischungsgewichte Sauerstoff auf 1 M. G. Metall an, folglich in dem Chromoxydul  $1\frac{1}{2}$  M. G. Sauerstoff. — Es ist nicht zu läugnen, dass hier, so wie in einigen andern Fällen, der Willkühr ein ziemlich freier Spielraum gegeben ist, insofern man auf verschiedene andere Umstände, die wir später betrachten werden, bei der Bestimmung der Anzahl der Mischungsgewichte in einer Verbindung Rücksicht nehmen will oder nicht.

Hat man einmal die Mischungsgewichte der Elemente, und damit auch die relative Anzahl dieser Mischungsgewichte in jeder binären Verbindung bestimmt, so folgt das Uebrige von selbst. Um nemlich die Mischungsgewichte der binären Verbindungen erster Ordnung zu finden, addirt man die Mischungsgewichte der Elemente, die entweder einfach oder mehrfach in einer solchen Verbindung vorkommen können. Das Mischungsgewicht des Wassers z. B. ist = 1 M. G. Sauerstoff + 1 M. G. Wasserstoff =  $8 + 1 = 9$ ; das M. G. des salzsauren Gases = 1 M. G. Chlor + 1 M. G. Wasserstoff =  $35.4 + 1 = 36.4$ , das M. G. des Schwefelwasserstoffs = 1 M. G. Schwefel + 1 M. G. Wasserstoff =  $16 + 1$

$= 17$ , das der unterschwefligen Säure  $= 1$  M. G. Schwefel  
 $+ 1$  M. G. Sauerstoff  $= 16 + 8 = 24$ , das der Schwefelsäure  
 $= 1$  M. G. Schwefel  $+ 3$  M. G. Sauerstoff  $= 16 + 3 \times 8 =$   
 $40$ , das der Salpetersäure  $= 1$  M. G. Stickstoff  $+ 5$  M. G.  
Sauerstoff  $= 14 + 5 \times 8 = 54$ , das des gelben Bleioxyds  $=$   
 $1$  M. G. Blei  $+ 1$  M. G. Sauerstoff  $= 104 + 8 = 112$ , das des  
Kalis  
Kaliumsuperoxyds  $\left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Kalis} \\ \text{Kaliumsuperoxyds} \end{matrix}} \right\} = 1$  M. G. Kalium  $+ \frac{1}{3}$  } M. G. Sauerstoff  
 $= 39.2 + 8$   
 $+ 3 \times 8$  }  $= \frac{47.2}{63.2}$  } u. s. f. Es verbinden sich auch  
wirklich genau 40 Theile Schwefelsäure und 54 Theile Sal-  
petersäure mit 47.2 Th. Kali und 112 Th. Bleioxyd zu  
*neutralem* schwefelsaurem oder salpetersaurem Kali oder  
Bleioxyd.

Eben so erhält man, wenn man ein Mischungsgewicht  
einer Säure zu dem Mischungsgewicht einer Basis addirt,  
das Mischungsgewicht des aus der Verbindung beider ent-  
stehenden Salzes, und überhaupt erhält man das Mischungsgewicht zusammengesetzter Körper durch Addiren der Mi-  
schungsgewichte ihrer Bestandtheile. Z. B. 1 M. G. Schwe-  
felsäure  $= 40$  gibt mit 1 M. G. Kali  $= 47.2$ , ein M. G. schwe-  
felsaures Kali  $= 40 + 47.2 = 87.2$ ; 1 M. G. schwefelsau-  
res Kali  $= 87.2$  gibt mit 3 M. G. schwefelsaurer Alaunerde  
 $= 3 \times 57 = 171$ , 1 M. G. wasserfreien Alaun  $= 258.2$ , und  
mit noch weiteren 24 M. G. Wasser  $= 216$ , 1 M. G. kry-  
stallisirten Alaun  $= 474.2$ . Das M. G. des krystallisirten  
Alauns ist also 474.2 mal grösser als das des Wasser-  
stoffs. Dass überhaupt das Mischungsgewicht eines zusam-  
mengesetzten Körpers grösser seyn müsse, als das Mischungsgewicht eines jeden seiner Bestandtheile, versteht sich von selbst.

Wir haben oben (S. 74.) gesehen, dass häufig eine Säure mit einer Basis in verschiedenen Verhältnissen sich verbinden und verschiedene Salze bilden kann, dass man im Allgemeinen diejenige Verbindung, in welcher die Eigenschaf-

ten der Säure und Basis am vollständigsten vernichtet erscheinen, eine *neutrale*, ein *neutrales Salz* nennt, woraus dann folgte, dass alle die Verbindungen, welche mehr Säure im Verhältniss zur Basis enthalten, als das neutrale Salz, *saure*, so wie umgekehrt alle diejenigen, welche mehr Basis im Verhältniss zur Säure enthalten, *basische Salze* genannt werden müssen. Diese Benennungsweise ist theils desswegen unbequem, weil es oft *mehrere saure* und *mehrere basische* Verbindungen gibt, theils desswegen, weil es oft sehr schwer ist, zu bestimmen, *welche* Verbindung als die neutrale zu betrachten sey. — Das Mischungsgewicht gibt nun eine weit bestimmtere Bezeichnungsart dieser auf einer verschiedenen Sättigungsstufe stehenden Verbindungen von Säuren und Basen nicht blos, sondern überhaupt von Körpern, die sich in verschiedenen Verhältnissen mit einander verbinden, an die Hand. Eine Verbindung von 1 M. G. von a mit 1 M. G. von b wird *einfach ab*; von 2 M. G. von a mit 1 M. G. von b *doppelt ab*, u. s. f.; von 1 M. G. von a mit 6 M. G. von b, oder, was dasselbe ist, von  $\frac{1}{6}$  M. G. von a mit 1 M. G. von b *sechstel ab*; von 1 M. G. von a mit 3 M. G. von b (oder von  $\frac{1}{3}$  M. G. von a mit 1 M. G. von b) *drittel ab*; von 1 M. G. von a mit 2 M. G. von b (oder von  $\frac{1}{2}$  M. G. von a mit 1 M. G. von b) *halb ab* genannt werden. — So wird man also eine Verbindung von 1 M. G. Schwefelsäure mit 1 M. G. Kali, *einfach-schwefelsaures Kali*, eine Verbindung von 2 M. G. Schwefelsäure mit 1 M. G. Kali *doppelt-schwefelsaures Kali* nennen. Eine Verbindung von 1 M. G. Salpetersäure mit 1, 2, 3, 6 M. G. Bleioxyd wird beziehungsweise: *einfach, halb, drittel, sechstel salpetersaures Bleioxyd* genannt werden. Ebenso wird man z. B. eine Verbindung von  $1\frac{1}{2}$  M. G. Chlor mit 1 M. G. Phosphor; *Anderthalb Chlorphosphor*, eine Verbindung von  $2\frac{1}{2}$  M. G. Chlor mit 1 M. G. Phosphor: *Drittelhalb Chlorphosphor* nennen. — Durch diese Benennungsweise wird daher die Zusammensetzung der verschiedenen Verbindungen ganz genau ausgedrückt.

Die Erfahrung lehrt, dass die einfachsauren Salze auch diejenigen sind, in welchen die Eigenschaften der Säure und Basis am vollständigsten neutralisirt sind; die Benennung: *einfachsaures Salz* ersetzt daher die Benennung: *neutrales Salz*, und die *doppelt und mehrfach sauren Salze* entsprechen den *sauren*, die *halb, drittel* u. s. f. *sauren* den *basischen* Salzen.

Weil die einfachsauren Salze in der Regel neutral sind, so schliesst man umgekehrt aus der Neutralität eines Salzes, dass es ein einfach saures sey, d. h. dass in demselben 1 M. G. Basis mit 1 M. G. Säure verbunden sey, und hiedurch lässt man sich in gewissen Fällen bei der Bestimmung der Anzahl von Mischungsgewichten in einer Verbindung leiten. Der Borax z. B. stellt die innigste Verbindung von Borsäure und Natron dar und man hat allen Grund, dieses Salz für ein einfach saures zu halten, ungeachtet dasselbe etwas alkalisch reagirt, Der Borax ist so zusammengesetzt, dass die Borsäure 6 mal so viel Sauerstoff enthält als das Natron. Würde man wirklich (wie wir es oben gethan haben, und was allerdings, insofern man blos die Verbindung des Bors mit Sauerstoff im Auge hat, die einfachste Voraussetzung seyn würde) annehmen, dass in der Borsäure 1 M. G. Bor mit 1 M. G. Sauerstoff verbunden sey, so würde das M. G. des Bors =  $3\frac{1}{3}$ , das der Borsäure =  $11\frac{1}{3}$  seyn, da die Borsäure aus 29.4 Bor und 70.6 Sauerstoff besteht. Im Borax sind aber 93.9 Th. Natron (= 1 M. G. Natron) mit 68 Th. Borsäure (=  $6 \times 11\frac{1}{3}$ ) d. h. 1 M. G. Natron mit 6 M. G. Borsäure verbunden, und der Borax würde daher ein saures Salz und zwar *sechsfach borsaures Natron* seyn. Nimmt man dagegen an, dass in der Borsäure 1 M. G. Bor nicht mit Einem, sondern mit 6 M. G. Sauerstoff verbunden ist, so wird das M. G. des Bors = 20, denn  $29.4 : 70.6$  M. G. des Bors }  $6 \times 8$ , das M. G. der  
20 }

Borsäure aber = 68, und der Borax ist dann einfach borsaures Natron. Dieser letztern Annahme werden wir den Vor-

zug geben, weil die Voraussetzung, dass ein, sogar alkalisch reagirendes, Salz 6 M. G. Säure auf 1 M. G. Basis enthalte, die Analogie durchaus gegen sich haben würde.

Bei der der Borsäure in so vielen Beziehungen analogen Kieselsäure haben wir jedenfalls nicht die gleiche Veranlassung, wie bei der Borsäure, mehr als 1 M. G. Sauerstoff auf 1 M. G. Radical anzunehmen. Von den Salzen, welche die Kieselsäure mit Alkalien bildet, kann man nie mit einiger Sicherheit behaupten, ob sie basisch, neutral oder sauer seyen; die Annahme ist daher wohl gestattet, dass die Kieselsäure 1 M. G. Sauerstoff auf 1 M. G. Silicium enthalte, und man wird dann diejenigen kieselsauren Salze, in welchen der Sauerstoff der Kieselsäure dem der Basis gleich, oder das Doppelte, oder 3fache ist, beziehungsweise einfach, doppelt, dreifach u. s. f. kieselsaure Salze nennen können, weil in ihnen auch 1, 2, 3 M. G. Säure mit 1 M. G. Basis verbunden sind. Würde man dagegen, nach Analogie mit der Schwefelsäure, 3 M. G. Sauerstoff auf 1 M. G. Radical in der Kieselsäure annehmen, so würden die dreifach kieselsauren Salze zu einfach kieselsauren Salzen. —

Da die Voraussetzung, dass in entschieden neutralen Salzen 1 M. G. Säure mit 1 M. G. Basis, und in den stärksten Salzbasen 1 M. G. Radical mit 1 M. G. Sauerstoff verbunden sey, jedenfalls die einfachste und natürlichste ist, so ist damit die Willkühr in der Bestimmung der Anzahl der Mischungsgewichte des Sauerstoffs in einer Säure, die mit einer Basis ein solches neutrales Salz bildet, gänzlich beseitigt. Das salpetersaure Kali z. B. müssen wir als ein neutrales Salz betrachten, in welchem mithin 1 M. G. Säure mit 1 M. G. Basis verbunden ist, welche Basis, als eine sehr starke, 1 M. G. Sauerstoff enthält. Da nun die Salpetersäure 5mal so viel Sauerstoff enthält als das Kali, welches sie sättigt, so muss 1 M. G. Salpetersäure 5 M. G. Sauerstoff enthalten. Ob diese 5 M. G. Sauerstoff nun aber mit einem oder mehreren M. G.

Stickstoff verbunden seyen, bleibt noch unentschieden; die einfachste Voraussetzung ist allerdings, wie schon bemerkt worden, die, dass sie mit 1 M. G. Stickstoff verbunden seyen. Unter den gleichen Voraussetzungen *müssen* wir in 1 M. G. Schwefelsäure 3 M. G. Sauerstoff annehmen, insofern in den neutralen schwefelsauren Salzen der Sauerstoff der Säure das 3fache ist von dem der Basis; wir müssen in der Chromsäure 3 M. G. Sauerstoff annehmen, insofern in demjenigen chromsauren Kali, welches man als die neutrale Verbindung (d. h. die aus 1 M. G. Säure und 1 M. G. Basis bestehende) zu betrachten alle Ursache hat, der Sauerstoff der Säure das 3fache ist von dem der Basis.

Aus dem bisher Gesagten erhellt, dass die Grösse der Zahl, welche das Mischungsgewicht eines Körpers ausdrückt, verschieden seyn kann, je nachdem man bei der Bestimmung derselben diese oder jene Voraussetzung zu Grunde legt, dass aber diese Grösse nur *auf eine sehr einfache Weise variirend* gefunden wird, entweder als die Hälfte oder als das Doppelte oder 3fache u. s. f. von der Zahl, welche das nach einer bestimmten Voraussetzung berechnete Mischungsgewicht ausdrückt. Wenn wir z. B. im Wasser 2 M. G. Wasserstoff auf 1 M. G. Sauerstoff annehmen (zu welcher Annahme die Thatsache Veranlassung geben kann, dass 2 Maasse Wasserstoffgas mit 1 Maass Sauerstoffgas Wasser bilden), so finden wir, das M. G. des Wasserstoffs = 1 gesetzt, das M. G. des Sauerstoffs = 16 statt 8; ebenso, wenn wir in dem Stickoxydulgas 2 M. G. Stickgas auf 1 M. G. Sauerstoffgas annehmen (weil 2 Maasse Stickgas darinn mit 1 Maass Sauerstoffgas verbunden sind) so finden wir das M. G. des Stickstoffs = 7 statt 14; wenn wir in der Borsäure 1 M. G. Bor mit 1 M. G. Sauerstoff verbunden annehmen, so finden wir ihr M. G. =  $11\frac{1}{3}$ , dagegen = 68 d. h. =  $6 \times 11\frac{1}{3}$ , wenn diese Säure 6 M. G. Sauerstoff auf 1 M. G. Bor enthält u. s. f.

Wir können demnach dem merkwürdigen Naturgesetz,

welches man kurz mit dem Wort „Mischungsgewicht“ bezeichnet, folgenden allgemeinen Ausdruck geben: *Wenn eine gewisse Menge eines Körpers a, z. B. p Gewichtstheile, sich mit einer gewissen Menge eines Körpers b, z. B. q Gewichtstheilen verbindet, und wenn q Gewichtstheile von b sich mit r Gewichtstheilen des Körpers c verbinden, so verbinden sich auch, wenn überhaupt eine Verbindung von a und c möglich ist, p Gewichtstheile von a entweder mit r, oder mit  $\frac{1}{6}r$ ,  $\frac{1}{4}r$ ,  $\frac{1}{3}r$ ,  $\frac{1}{2}r$ ,  $1\frac{1}{3}r$ ,  $1\frac{1}{2}r$ ,  $2r$ ,  $2\frac{1}{2}r$ ,  $3r$ ,  $4r$  u. s. f. Gewichtstheilen von c.*

Dieses Naturgesetz ist erst in neueren Zeiten vollständig entdeckt und in seiner ganzen Allgemeinheit erkannt worden. Zu dieser Entdeckung bedurfte es weiter nichts, als einer genauen Kenntniss von der Zusammensetzung aller Verbindungen der Elemente; so lange man die Zusammensetzung der Alkalien und der Erden nicht erkannt, so lange man eine ganz irrige Vorstellung von der quantitativen Zusammensetzung so vieler Verbindungen hatte, war es nicht möglich, eine solche Art von Gesetzmässigkeit zu erkennen, wie sie das Mischungsgewicht ausspricht.

Ein Theil der Thatsachen jedoch, welche den Begriff des Mischungsgewichtes begründen, wurde schon mehrere Jahre früher entdeckt. Man hatte gefunden, dass wenn zwei neutrale Salze einander gegenseitig zersetzen, der Zustand der Neutralität nicht gestört wird. Wenzel erklärte dieses ganz richtig daraus, dass die relativen Mengen der Salzbasen, die eine gegebene Menge einer und derselben Säure sättigen, für alle Säuren dieselben sind, wie er durch genaue Analysen mehrerer neutraler Salze gefunden hatte. Wenn also z. B. neutraler salpetersaurer Kalk und neutrales schwefelsaures Kali einander zersetzen, so müssen die aus der Zersetzung hervorgehenden Salze, d. h. der schwefelsaure Kalk und das salpetersaure Kali, ebenfalls neutral seyn, weil die Menge von Kali, welche ein gegebenes Ge-

wicht von Salpetersäure sättigt, zu der Menge von Kalk, welche dieselbe Menge von Salpetersäure sättigt, sich verhält wie die Menge von Kali, die eine gegebene Menge von Schwefelsäure sättigt, zu der Menge von Kalk, welche dieselbe Menge von Schwefelsäure sättigt.—

Folgende Betrachtung wird dieses, wenn es nöthig seyn sollte, noch deutlicher machen. Wenn zu im Wasser gelöstem neutralem salpetersaurem Kalk so viel im Wasser gelöstes neutrales schwefelsaures Kali gefügt wird, dass das Kali desselben mit der Salpetersäure des Kalksalzes ein neutrales Salz bildet, so wird auch die Schwefelsäure dieses schwefelsauren Kalis mit dem Kalk jenes salpetersauren Kalks ein neutrales Salz bilden. Die Mengen des Kalks und des Kalis nemlich, welche die Salpetersäure sättigen, stehen zu einander in einem bestimmten Verhältniss  $p : q$ ; in demselben bestimmten Verhältniss stehen aber die Mengen von Kalk und Kali, welche eine und dieselbe Menge von Schwefelsäure sättigen; nun sättigten aber, nach der Voraussetzung,  $q$  Kali die Schwefelsäure des neutralen schwefelsauren Kalis, mithin sättigen auch  $p$  Kalk dieselbe Menge von Schwefelsäure. — Würde mehr schwefelsaures Kali zu dem salpetersauren Kalk gefügt, als erfordert wird, um mit der Salpetersäure des Kalksalzes neutrales salpetersaures Kali zu erzeugen, so würde dieser Ueberschuss des schwefelsauren Kalis unzersetzt bleiben. —

Es bedurfte also blos eines Lacomuspapiers, um zu finden, dass die relativen Verhältnisse der Salzbasen, welche eine gegebene Menge einer und derselben Säure sättigen, für alle Säuren dieselben sind, denn nur unter dieser Voraussetzung kann der Zustand der Neutralität durch die erfolgende gegenseitige Zersetzung zweier neutraler Salze nicht gestört werden, der, wie der Versuch mit dem Lacomuspapier zeigt, wirklich nicht gestört wird. Man nannte dieses Gesetz das *Neutralitätsgesetz*.

Nehmen wir an, man habe die Gewichte von mehreren Basen,  $P, Q, R$  bestimmt, welche eine gegebene Menge irgend einer Säure  $A$  sättigen, und diese Gewichte verhalten sich wie die Zahlen  $p, q, r$ ; nehmen wir ferner an, das  
Gewicht



Gewicht  $p$  der Basis  $P$  sättige ein gewisses Gewicht einer andern Säure  $A'$ , so werden nach dem angeführten Gesetz auch die Gewichte  $q, r$  der Basen  $Q, R$  dasselbe Gewicht der Säure  $A'$  sättigen. In die neutrale Verbindung des Gewichts  $p$  der Basis  $P$  mit der Säure  $A'$  kann man daher die Gewichte  $q, r$  der Basen  $Q, R$  substituiren, und es werden wiederum neutrale Verbindungen entstehen. Man nennt daher die Gewichte  $q, r$  der Basen  $Q, R$  *chemische Aequivalente* für die Zahl  $p$  der Basis  $P$ . 40 Gewichtstheile Schwefelsäure z. B. bilden mit 47.2 Gewichtstheilen Kali, mit 76.6 Gew. Th. Baryt, mit 112 Gew. Th. Bleioxyd neutrale Verbindungen, und eben so bilden 54 Gewichtstheile Salpetersäure mit denselben Mengen der genannten Basen neutrale salpetersaure Salze. In die neutrale Verbindung der 47.2 Gew. Th. Kali mit den 54 Gew. Th. Salpetersäure kann man daher, statt der 47.2 Gew. Th. Kali, 76.6 Gew. Th. Baryt oder 112 Gew. Th. Bleioxyd substituiren, und es entstehen wiederum neutrale Verbindungen. Die Gewichte 76.6, 112, der Basen Baryt und Bleioxyd werden daher die chemischen Aequivalente des Gewichts 47.2 der Basis Kali genannt.

Chemisches Aequivalent und Mischungsgewicht sind mithin gleichbedeutende Begriffe; die Benennung: chemisches Aequivalent gebraucht man häufiger für die Verbindungen der Säuren mit Basen, doch dehnt man sie oft auch auf die Verbindungen anderer Körper aus, und sagt z. B.: wenn das chemische Aequivalent des Wasserstoffs = 1 gesetzt wird, so ist das chemische Aequivalent des Sauerstoffs = 8, das des Schwefels = 16 u. s. f. — Das Neutralitätsgesetz folgt unmittelbar aus dem Begriff vom Mischungsgewicht: denn jedes neutrale Salz besteht aus 1 M. G. Säure und 1 M. G. Basis, es müssen also aus der Zersetzung zweier neutraler Salze wiederum Verbindungen von 1 M. G. Säure mit 1 M. G. Basis, d. h. neutrale Salze hervorgehen.

Das zweite Naturgesetz, welches sich, wie das Mi-

schungsgewicht, auf die quantitative Zusammensetzung der Verbindungen bezieht, ist das schon oben betrachtete Gesetz, welches aussagt, dass wenn ein Körper mit verschiedenen Mengen eines andern Körpers sich verbindet, diese Mengen in einem sehr einfachen Zahlenverhältniss zu einander stehen. Man nennt dieses Gesetz, das *Gesetz der multiplen Proportionen*.

Wir können es allgemein so ausdrücken: Wenn a mit verschiedenen Mengen von b sich verbindet, so gibt die geringste Menge von b, welche a aufnimmt, mit 1,  $1\frac{1}{3}$ ,  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3, 4, 5 oder andern ganzen Zahlen multiplicirt, die Menge von b, welche a in den übrigen Verbindungen aufnehmen kann.

Es fragt sich nun, *in welchem Verhältniss* stehen diese beiden Naturgesetze zu einander?

Das Gesetz der multiplen Proportionen könnte bestehen, ohne dass das Gesetz des Mischungsgewichtes bestünde. Es wäre sehr wohl möglich, dass jeder Körper mit jedem andern nicht nur eine bestimmte Verbindung eingiege, sondern dass auch, wenn bestimmte Verbindungen in mehreren Verhältnissen statt finden, diese nach dem Gesetz der multiplen Proportionen erfolgten, ohne dass desswegen eine solche bestimmte Beziehung zwischen den Gewichten der in die verschiedenen Verbindungen eingehenden Körper existirte, wie sie dem Gesetz des Mischungsgewichtes zufolge wirklich existirt; z. B. der Stickstoff könnte mit dem Sauerstoff eine bestimmte, den Zahlenverhältnissen nach immer sich gleich bleibende Verbindung, das Stickoxydul, bilden; die Sauerstoffmengen ferner, welche der Stickstoff in seinen höheren Oxydationsstufen aufnimmt, könnten in dem einfachen Zahlenverhältniss zu einander stehen, in welchem sie wirklich stehen; eben so könnte der Stickstoff mit dem Wasserstoff eine bestimmte Verbindung, das Ammoniak bilden; aber daraus würde nicht nothwendig folgen, dass, wenn man die

Menge des Sauerstoffs in irgend einer Verbindung desselben mit dem Stickstoff = 1 setzt, und daraus die Zahl, welche das Gewicht des Stickstoffs und mittelbar also auch die Zahl, welche das Gewicht des Wasserstoffs ausdrückt, letztere aus der als bekannt vorausgesetzten Zusammensetzung des Ammoniaks, berechnet, der Sauerstoff und Wasserstoff entweder in dem Verhältniss der so gefundenen Zahlen selbst, oder doch in einem solchen sich verbinden müssten, in welchem die Zahl des Wasserstoffs in einem einfachen Verhältniss zu der für denselben berechneten Zahl stünde; d. h., es würde nicht nothwendig folgen, dass, wenn die für den Wasserstoff gefundene Zahl =  $a$  wäre, der Sauerstoff mit dem Wasserstoff entweder in dem Verhältniss von  $1 : a$  oder von  $1 : \frac{1}{3}a$ ,  $\frac{1}{2}a$ ,  $1\frac{1}{2}a$ ,  $2a$  sich verbinden müsste.

Wenn nun das Gesetz der multiplen Proportionen das Gesetz des Mischungsgewichtes nicht nothwendig voraussetzt oder fordert, so setzt dagegen umgekehrt das Gesetz des Mischungsgewichtes das der multiplen Proportionen nothwendig voraus, *wenn überhaupt die Körper in verschiedenen Verhältnissen sich verbinden können*; denn es ist klar, dass wenn dieses letztere Gesetz nicht existirte, bei einer Menge von Verbindungen nicht die bestimmten Beziehungen zwischen den Gewichten der sich verbindenden Körper statt finden könnten, welche der Begriff des Mischungsgewichtes fordert. Erst durch die Entdeckung der multiplen Proportionen konnte daher der Begriff des Mischungsgewichtes seine gehörige Entwicklung erhalten.

---

#### *Atomistische Theorie.*

Das Bestreben, die Ursache dieser beiden Naturgesetze, des Gesetzes der multiplen Proportionen und des Mischungsgewichtes, aufzufinden, musste gewissermassen von selbst auf die *atomistische Hypothese* führen.

Die *dynamische Hypothese* betrachtet die Körper als homogene Massen, die nicht aus einzelnen unterscheidbaren Theilchen zusammengesetzt sind; Gasarten z. B. unterscheiden sich nach ihr von festen und tropfbar-flüssigen Körpern nicht etwa dadurch, dass in den erstern die Theilchen in grösserer Entfernung von einander sich befinden, sondern vielmehr dadurch, dass die homogenen Massen, welche die Körper bilden, in den Gasarten nur verdünnter, verbreiteter sind, als in den festen und tropfbar-flüssigen Körpern. Die chemische Verbindung beruht nicht auf einer mechanischen Juxtaposition heterogener einzelner Theilchen, sondern auf einer wirklichen wechselseitigen Durchdringung der heterogenen Materien und unterscheidet sich eben dadurch von einem mechanischen Aggregat, in welchem die heterogenen Theile einander nicht durchdringen, sondern blos durch Juxtaposition mit einander in Berührung treten.

Nach der *atomistischen* oder *mechanischen Hypothese* über den Grundzustand der Körper dagegen sind diese keine homogene Massen, sondern vielmehr ein Aggregat sehr kleiner Theilchen, die in gewissen, bald grösseren, bald kleineren, Entfernungen von einander schweben. Von der verschiedenen Gestalt, Grösse, Masse, Entfernungen, Kräften, macht diese atomistische Hypothese nicht blos die verschiedenen Aggregatzustände der Körper (den festen, tropfbar-flüssigen und gasförmigen Zustand), sondern auch die übrigen eigenthümlichen Eigenschaften derselben abhängig. Bei der chemischen Verbindung zweier heterogenen Stoffe findet nicht eine wechselseitige Durchdringung ihrer Materien statt, sondern die Theilchen des einen Körpers lagern sich *zwischen* die Theilchen des andern Körpers ein, von denen sie angezogen werden. Die chemische Verbindung unterscheidet sich von der mechanischen dadurch, dass erstere auf einer durch Anziehung bewirkten Juxtaposition *kleinster* heterogener Theilchen, die gleichförmig untereinander ver-

theilt sind, letztere dagegen bloß auf einer durch zufällige äussere Kräfte bewirkten Juxtaposition *ganzer Massen* kleinster Theilchen beruht. Nach der atomistischen Hypothese hängen ferner die Erscheinungen des Lichts, der Wärme, der Elektrizität u. s. f. entweder von einer einzigen, feinen, materiellen Flüssigkeit (Aether), oder von mehreren verschiedenen solchen Flüssigkeiten ab, welche in und zwischen den Körpern verbreitet sind, während in der dynamischen Ansicht diese Imponderabilien nicht als wirklich materielle Flüssigkeiten betrachtet werden, sondern bloß als Kraftäusserungen, die an den ponderablen Körpern selbst vor sich gehen.

Diese kleinsten Theile, durch deren Aggregation nach der atomistischen Ansicht die Körper gebildet werden, nennt man *Molecule, Atome*. Man hat nicht nöthig, anzunehmen, dass diese Atome *absolut unfähig* seyen, in weitere Theile zertheilt zu werden, eine solche Annahme würde sogar widersinnig erscheinen: die Voraussetzung ist vielmehr erlaubt, dass auch diese Atome noch aus Theilchen zusammengesetzt seyen, die aber durch eine so grosse Kraft zusammengehalten werden, dass sie allen Kräften Widerstand leistet, die auf unserer Erde streben können, eine Trennung derselben zu bewirken. — Man hat dieses durch ein schönes Bild zu versinnlichen gesucht. Betrachtet man das Weltall mit seinen unzähligen Sonnen und Planeten als einen einzigen grossen Körper, so stellen die einzelnen Himmelskörper die Atome dieses Körpers vor, die in abgemessenen Entfernungen von einander schwebend sich erhalten. Diese Atome (Himmelskörper) sind zwar an sich nicht untheilbar, aber es gibt keine Kräfte, die von ihnen etwas Materielles loszureissen oder überhaupt ihre Grösse, Dichtigkeit und Gestalt in einem so bemerklichen Grad zu ändern vermöchten, dass dadurch ihr Verhältniss zu andern Himmelskörpern gestört würde. In Beziehung auf einander erscheinen daher die

einzelnen Himmelskörper (die Atome des Weltalls) als untheilbar und unveränderlich. — Von den allermeisten chemischen Verbindungen wissen wir übrigens mit völliger Sicherheit, dass sie durch rein mechanische Kräfte in ihre heterogenen Bestandtheile nicht können getheilt werden. Eisenoxyd oder Zinnober bleiben immer, was sie sind: man mag sie so fein reiben, als man will, nie können sie durch blosse Zerkleinerung der Theile in Eisen und Sauerstoff, oder in Quecksilber und Schwefel getheilt werden. So gut nun eine chemische Verbindung durch mechanische Kräfte in die heterogenen Theilchen, aus denen sie besteht, nicht getheilt werden kann, eben sowohl kann man sich vorstellen, dass auch bei einer und derselben Materie, mag sie nun eine chemisch einfache oder eine chemisch zusammengesetzte seyn, die mechanische Theilbarkeit eine Grenze erreiche, bei welcher alle Kräfte nicht mehr vermögen, eine weitere Theilung der Theilchen (Atome) zu bewirken.

Dass diese Atome in den Körpern, selbst in den dichtesten, als in gewissen Entfernungen von einander schwebend betrachtet werden müssen, ergibt sich aus verschiedenen einfachen Thatsachen, namentlich daraus, dass die Körper durch Zusammendrückung so wie durch Erkältung gezwungen werden, einen kleineren Raum einzunehmen, als sie zuvor eingenommen hatten, was in dieser atomistischen Hypothese nur durch die Annahme erklärt werden kann, dass die leeren Zwischenräume zwischen den (ihrem Volumen nach unveränderlichen) Atomen verkleinert werden, so wie daraus, dass verschiedene Körper nach ihrer Verbindung mit einander einen kleineren Raum einnehmen, als der Raum ist, den sie vorher, getrennt, eingenommen hatten, was nur auf die Weise geschehen kann, dass die Atome des einen Körpers in die Zwischenräume des andern treten. Der verschiedene Aggregationszustand der Körper nöthigt ebenfalls zu der Annahme von Entfernungen zwischen den Atomen, denn

es ist klar, dass z. B. in dem Wassergas die Entfernungen zwischen den Wasseratomen viel grösser seyn müssen, als in dem tropfbar-flüssigen Wasser, wie es denn überhaupt keinem Zweifel unterworfen seyn kann, dass diese Entfernungen in den verschiedenen Körpern verschieden gross seyn werden.

Was die *Gestalt* der Atome betrifft, so kann natürlich die unmittelbare Beobachtung hierüber keine Aufschlüsse geben. Da die krystallisirten Körper stets eine eckige Gestalt annehmen, so fanden sich viele Physiker veranlasst, auch den Atomen eine solche, und zwar bald die des Tetraëders, bald die des Parallelepipedons, bald die der dreiseitigen Säule beizulegen, indem sie glaubten, dass die eckige Gestalt des ganzen Krystalles dadurch entstehe, dass die eckigen Atome einander ihre correspondirenden Flächen zukehren. Alles aber, was in Beziehung auf diese Gestalt des ganzen Krystalles durch die Annahme eckiger Atome erklärt werden kann, lässt sich eben so gut durch die viel einfachere Annahme von kugligen Atomen erklären, indem durch die Combination von mehreren einfachen kugligen Atomen jede beliebige eckige Krystallgestalt dargestellt werden kann. Diese Kugeln brauchen einander nicht zu berühren, und können sogar nicht als einander wirklich berührend vorausgesetzt werden, da, wie wir gesehen haben, nothwendig Zwischenräume zwischen den Atomen angenommen werden müssen; vielmehr dürfen sie blos in gehörig proportionirten Abständen von einander schwebend gedacht werden, wodurch dieselben äusseren Gestalten hervorgehen, wie wenn sich die Kugeln unmittelbar berührten. Es ist klar, dass zur Construction eines eckigen Körpers wenigstens so viele Kugeln erfordert werden, als der Körper Ecken hat, z. B. zur Bildung eines Tetraëders wenigstens 4, eines Parallelepipedons wenigstens 8, einer dreiseitigen Säule wenigstens 6. Die Annahme von kugligen Atomen empfiehlt

sich schon desswegen, weil die Materie überhaupt, wenn sie der Wirkung ihrer alleinigen Anziehungskräfte überlassen bleibt (was man bei der Bildung der Atome, deren Theile durch keine noch so grosse Kraft getrennt zu werden vermögen, vorzugsweise Grund hat, anzunehmen), stets die kuglige Gestalt annimmt, und weil bei der Voraussetzung der kugligen Gestalt, die auch die des Wassertropfens ist, die mechanische Construction des Weltalls sich in der eines einzelnen Körpers, als eines Mikrokosmus, abspiegeln würde.

Ueber die relative *Grösse* dieser kugelförmigen Atome der verschiedenen Elemente lässt sich nichts Bestimmtes sagen. Nimmt man sie gleich gross an, so muss ihre Dichtigkeit eine verschieden grosse seyn, weil ihre absolute Schwere eine verschiedene ist. Man müsste daher entweder die dynamische Ansicht mit der atomistischen vermischen und annehmen, dass die Materie in den Atomen bald mehr bald weniger verdünnt oder verdichtet sey, oder man müsste annehmen, dass die Atome selbst noch aus Theilchen bestehen, die verschieden grosse Zwischenräume zwischen sich enthalten, und dadurch die verschiedene Dichtigkeit der Atome sich zu erklären suchen. Die einfachste Annahme ist also die, die specifische Schwere der Atome gleich zu setzen, wodurch dann ihr Volumen natürlich höchst verschieden werden muss.

Gleichartige Atome legen sich neben einander so, dass zwischen ihnen noch grosse Zwischenräume bleiben, von denen man annimmt, dass sie mit Wärmematerie erfüllt seyen, welche, bei einem gewissen Abstand, der Anziehungskraft der Atome (ohne welche keine Aggregation von Atomen denkbar wäre), durch ihre Abstossungswirkung das Gleichgewicht hält, und auf diese Weise eine unmittelbare Berührung der Atome nicht zu Stande kommen lässt.

Ein aus verschiedenen einzelnen Atomen zusammengesetztes Atom kann nun aber natürlich keine sphärische Ge-



stalt mehr haben, es muss eine bestimmte, aber von der sphärischen verschiedene, Gestalt besitzen, welche von der Anzahl der sich verbindenden Atome, so wie von der gegenseitigen Stellung derselben gegen einander abhängt, und es ist klar, dass das aus  $A+B$  zusammengesetzte Atom einen grösseren Raum, als das Atom  $A$ , das aus  $A+2B$  zusammengesetzte einen grösseren, als das aus  $A+B$  zusammengesetzte einnehmen muss. Die Vereinigung (durch Juxtaposition) der gleichartigen Atome ist von einer Kraft (Cohäsion) abhängig, welche den mechanischen Zusammenhang bewirkt; die Vereinigung der ungleichartigen Atome aber von einer Kraft (Affinität), welche die chemische Verbindung bewirkt. Ein aus ungleichartigen Atomen zusammengesetztes Atom ist *mechanisch* eben so untheilbar, wie ein einfaches Atom. Denken wir uns z. B. Quecksilber, und mit Schwefel verbundenen Quecksilber (Zinnober). Durch mechanische Kräfte lassen sich Quecksilber und Zinnober theilen, bis man am Ende auf die nicht weiter theilbaren Atome kommt. Beim Quecksilber sind dieses einfache Atome, beim Zinnober aber zusammengesetzte, die durch keine mechanische Kraft in ihre Bestandtheile getrennt werden können, und die daher *in Beziehung auf mechanische Theilbarkeit* eben so gut als Elemente betrachtet werden können, wie die Atome des Quecksilbers. Die *Affinität* bewirkt die chemische Verbindung eines Quecksilberatoms mit einem Schwefelatom zu einem mechanisch untheilbaren Zinnoberatom; die *Cohäsion* dagegen die Verbindung der durch die Affinität gebildeten einzelnen Zinnoberatome zu einer mechanisch theilbaren Masse von Zinnober. —

Die zusammengesetzten Atome werden nach dem Grad ihrer Zusammengesetztheit in zusammengesetzte Atome der ersten, zweiten, dritten, vierten u. s. f. Ordnung eingetheilt. — *Zusammengesetzte Atome der ersten Ordnung* sind entweder *organische* oder *unorganische*.

Die *unorganischen* zusammengesetzten Atome der ersten Ordnung bestehen in der Regel nur aus zwei Elementen, von denen aber eines zu mehreren Atomen mit einem oder mehreren Atomen des andern verbunden seyn kann, z. B. unterschweflige Säure besteht aus 1 Atom Schwefel und 1 Atom Sauerstoff; Schwefelsäure aus 1 Atom Schwefel und 3 Atomen Sauerstoff; Unterschwefelsäure aus 2 At. Schwefel und 5 At. Sauerstoff. In seltenern Fällen verbindet sich ein unorganisches zusammengesetztes Atom der ersten Ordnung, gleichsam als ein Element, mit einem andern Element, und bildet eine Verbindung, die man ihrer Analogie mit andern Verbindungen zulieb, den unorganischen zusammengesetzten Atomen der ersten Ordnung beizählt. Hieher gehört z. B. die Verbindung des Cyans mit Wasserstoff zu Blausäure, welche Säure man wegen ihrer Analogie mit der Salzsäure u. s. f. gewöhnlich als ein zusammengesetztes unorganisches Atom der ersten Ordnung betrachtet,

Die *organischen* Atome der ersten Ordnung bestehen in der Regel aus wenigstens 3, häufig aus 4 oder einer noch grösseren Zahl von Elementen. Beispiele: Zucker, Faserstoff. Ausnahmen bilden besonders mehrere aus nur zwei Elementen zusammengesetzte Verbindungen des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff, die in Form von ätherischen Oelen im Pflanzenreich vorkommen (vergl. S. 441). Nach der oben S. 449. angeführten Ansicht können die organischen Atome der ersten Ordnung als zusammengesetzte unorganische Atome der zweiten Ordnung betrachtet werden, z. B. Alkohol als bestehend aus ölbildendem Gas und Wasser. Wir haben ferner gesehen, dass es organische Verbindungen gibt, die man früher als zusammengesetzte organische Atome der ersten Ordnung betrachtet hat, die jedoch eher als zusammengesetzte unorganische Atome der ersten Ordnung betrachtet werden dürften, bestehend aus einem zusammengesetzten organischen Atom der ersten Ordnung, welches die Rolle

eines einfachen Atoms spielt und aus einem wirklichen einfachen Atom. Ein Beispiel dieser Art liefert das (S. 438.) erwähnte Bittermandelöl, welches aus Benzoyl und Wasserstoff besteht. Später werden wir noch andere Thatsachen kennen lernen, durch welche diese durch die Verhältnisse des Bittermandelöls gebotene Ansicht grössere Erweiterung erhält.

*Zusammengesetzte Atome der zweiten Ordnung* entstehen aus der Verbindung von zwei zusammengesetzten Atomen der ersten Ordnung, von denen entweder eines mit einem, oder zwei oder mehrere von dem einen mit einem oder mehreren von dem andern verbunden seyn können. Beispiele: Einfach schwefelsaures Kali, doppeltschwefelsaures Kali. — Der wasserfreie Alaun, der aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Alaunerde besteht, ist ein *zusammengesetztes Atom der dritten*, der wasserhaltige Alaun, der aus wasserfreiem Alaun und Wasser besteht, ein *zusammengesetztes Atom der vierten Ordnung*.

Ueberraschend ist auf den ersten Blick die Leichtigkeit, womit sich in dieser atomistischen Ansicht das Gesetz der multiplen Proportionen sowohl als das Mischungsgewicht erklärt. Wenn nemlich 1 At. von A sich mit 1 At. von B verbindet, und eine Verbindung von A und B in mehreren Verhältnissen möglich ist, so wird sich 1 At. von A mit 2, 3, 4 u. s. f. At. von B oder 2, 3 u. s. f. Atome von A mit 1, 2, 3 u. s. f. Atom, von B, nicht aber 1 At. von A mit  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ , ...  $\frac{1}{n}$  At. von B verbinden können, weil Theile von Atomen nicht denkbar sind. Ebenso, wenn sich 1 At. von A mit 1 At. von B, 1 At. von B mit 1 At. von C, 1 At. von C mit 1 At. von D verbindet, so werden sich auch, wenn eine Verbindung von A mit C und D möglich ist, A, C und D im Verhältniss der Gewichte der Atome eines jeden dieser Körper oder eines Multiplums dieser Gewichte nach

ganzen Zahlen mit einander verbinden; d. h. das Mischungsgewicht wird als eine nothwendige Folge dieser atomistischen Constitution der Körper erscheinen.

Betrachtet man jedoch die Sache genauer, so findet man sogleich, dass diese atomistische Ansicht nur dann eine genügende Erklärung von den multiplen Proportionen und dem Mischungsgewicht geben würde, wenn sie zugleich die Ursache anzugeben vermöchte, warum sich die Körper immer nur in so wenigen Verhältnissen mit einander verbinden. Die atomistische Ansicht gestattet aber zwar keine Verbindung von *Theilen* von Atomen, dagegen eine Verbindung von *jeden beliebigen Vielfachen* von Atomen mit einander, d. h. es kann sich zwar nicht 1 At. von A mit  $\frac{1}{n}$  At. von B, oder  $\frac{1}{n}$  At. von A mit 1 At. von B, wohl aber können sich n Atome von A mit n+1 Atomen von B, und n+1 Atome von A mit n Atomen von B verbinden, wo n jede beliebige ganze Zahl seyn kann, und es ist demnach klar, dass wenn die in der atomistischen Ansicht liegende Möglichkeit eine Wirklichkeit wäre, gar keine bestimmte Verhältnisse, kein Mischungsgewicht, überhaupt gar nichts Gesetzmässiges bei den Verbindungen der Körper wahrgenommen werden könnte, weil es dann ganz das Ansehen haben würde, als könnten sich die Körper in allen möglichen Verhältnissen mit einander verbinden.

Insofern nun die atomistische Theorie die Ursache nicht anzugeben vermag, warum die Verbindungen der Körper, welche, wenn diese Theorie in ihrer ganzen Allgemeinheit aufgefasst wird, in allen möglichen Verhältnissen statt finden sollten, doch in der That nur auf wenige Verhältnisse beschränkt sind, verliert sie Vieles von ihrer Bedeutsamkeit, dient aber jedenfalls dazu, das Gesetz der multiplen Proportionen und namentlich das Gesetz des Mischungsgewichtes zu versinnlichen.

Mischungsgewicht, chemisches Aequivalent, Atom sind demnach gleichbedeutende Begriffe; während aber die Annahme halber Mischungsgewichte gestattet war, so kann es dagegen keine halben Atome geben, und wenn man daher findet, dass 1 M. G. von A sich mit  $1\frac{1}{2}$  M. G. von B verbindet, so muss man setzen: 2 Atome von A verbinden sich mit 3 At. von B. u. s. f.

Ueberhaupt aber wird man in der atomistischen Ansicht bei der Bestimmung der Anzahl der Atome in den Verbindungen auf mehrere Umstände ein Gewicht legen, die man sonst unberücksichtigt lässt. Diese Umstände sind vorzüglich folgende:

1) Das Raumverhältniss, nach welchem sich gasförmige Körper mit einander verbinden.

Wenn gasförmige Körper sich mit einander verbinden, so erfolgt die Verbindung nach sehr einfachen *Raumverhältnissen*. Durch diese Thatsache wird das Gesetz der multiplen Proportionen auf eine sehr merkwürdige Weise erweitert. Die Verhältnisse sind folgende: 1 Maass des einen Gases verbindet sich mit 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $1\frac{1}{2}$ , 3,  $2\frac{1}{2}$ ,  $3\frac{1}{2}$  Maassen des andern. Bisweilen findet bei der Vereinigung zweier gasförmiger Körper zu einer gleichfalls gasförmigen Verbindung keine Verdichtung statt, d. h. das aus der Verbindung entstehende Gas nimmt einen Raum ein, der so gross ist, wie die Räume der sich verbindenden Gase zusammengenommen: z. B. 1 Maass Stickgas bildet mit 1 M. Sauerstoffgas 2 Maasse Stickoxydgas, 1 M. Chlor mit 1 M. Wasserstoffgas 2 M. salzsaures Gas. In den meisten Fällen jedoch findet eine Verdichtung statt, und zwar wieder nach einem sehr einfachen Gesetz, indem der Raum, den die verbundenen Gase einnehmen, in einem sehr einfachen Verhältniss zu der Summe der Räume steht, welche die Gase vor ihrer Verbindung eingenommen hatten: z. B. 3 Maasse Wasserstoffgas bilden mit 1 Maass Stickgas nicht 4 sondern 2 Maasse Am-

moniakgas; 1 Maass Kohlenoxydgas mit  $\frac{1}{2}$  Maass Sauerstoffgas nicht  $1\frac{1}{2}$ , sondern 1 Maass kohlen-saures Gas u. s. f. Ueberhaupt aber findet man, dass entweder 1 Maass des einen Gases sich mit 1 M. des andern zu 2 Maassen, oder dass sich 2 Maasse mit 1 M. zu 2 M., oder 1 M. mit 3 M. zu 2 M. verbindet. Es ist daher wahrscheinlich, dass alle Körper, wenn es möglich wäre, sie in Gase zu verwandeln und den Raum zu bestimmen, den sie in Gasform einnehmen, sich in einfachen Raumverhältnissen mit einander verbinden würden. In der atomistischen Ansicht bietet sich zunächst die Annahme als die wahrscheinlichste dar, dass gleiche Maasse verschiedener Gase bei gleicher Temperatur und unter gleichem Druck gemessen, auch eine gleiche Anzahl von Atomen enthalten; die Atome (Mischungsgewichte) aller gasförmigen Körper würden sich dann verhalten, wie die spec. Gewichte dieser Gase. Dann würde also das Wasser aus 1 Atom Sauerstoff und 2 At. Wasserstoff, die Salzsäure aus 1 Atom Chlor und 1 Atom Wasserstoff, das Stickoxydgas aus 1 At. Stickstoff und 1 At. Sauerstoff, die Salpetersäure aus 1 At. Stickstoff und  $2\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff, oder, weil halbe Atome nicht möglich sind, aus 2 At. Stickstoff und 5 At. Sauerstoff, das Ammoniak aus 1 At. Stickstoff und 3 At. Wasserstoff bestehen, insofern Atom und Volumen bei einem gasförmigen Körper als gleichbedeutend angenommen werden.

Von allen Elementen sind nur die 4: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, bei der gewöhnlichen Temperatur gasförmig, und lassen sich bequem in diesem Zustand wägen; setzt man das Atom (Mischungsgewicht) des Wasserstoffs wieder = 1, so wird jetzt das des Sauerstoffs = 16, das des Stickstoffs = 14, das des Chlors = 35.4.

Wir wollen nun alle Folgen in Erwägung ziehen, welche diese von der früheren verschiedene Annahme herbeiführt.

Wir hatten früher, aus den oben angeführten Gründen, im

Wasser 1 M. G. Wasserstoff auf 1 M. G. Sauerstoff, im Stickoxydulgas ebenfalls 1 M. G. Stickstoff auf 1 M. G. Sauerstoff, mithin in Stickoxydgas 1 M. Stickstoff auf 2 M. G. Sauerstoff angenommen. Indem das M. G. des Wasserstoffs = 1 gesetzt wurde, fand sich für das M. G. des Sauerstoffs die Zahl 8, für das des Stickstoffs die Zahl 14.

Jetzt nehmen wir im Wasser 2 M. G. Wasserstoff auf 1 M. G. Sauerstoff, im Stickoxydgas 1 M. G. Stickstoff auf 1 M. G. Sauerstoff an, weil 2 Maasse Wasserstoffgas mit 1 Maass Sauerstoffgas Wasser, 1 Maass Stickgas mit 1 Maass Sauerstoffgas Stickoxydgas bilden. Setzen wir nun wieder das M. G. des Sauerstoffs = 8, so finden wir nun das M. G. des Wasserstoffs =  $\frac{1}{2}$ , das des Stickstoffs = 7. Das M. G. des Wasserstoffs sowohl als des Stickstoffs wird daher in Beziehung auf das in beiden Fällen = 8 gesetzte M. G. des Sauerstoffs in dieser letztern Voraussetzung nur halb so gross, wie vorher gefunden, aber diese Mischungsgewichte stehen zu einander selbst in demselben Verhältniss wie vorher. Setzt man daher wiederum das M. G. des Wasserstoffs = 1, so wird das M. G. des Sauerstoffs = 16, also doppelt so gross als früher, das des Stickstoffs aber bleibt nun, wie das des Wasserstoffs, dasselbe, das heisst = 14. *In Beziehung auf das M. G. des Wasserstoffs und Stickstoffs*, welche Mischungsgewichte in beiden Fällen die gleichen bleiben, wird daher bei dieser neuen Annahme das M. G. des Sauerstoffs *doppelt so gross*, als bei der früheren Annahme.

Das salzsaure Gas besteht aus gleichen Maassen Chlorgas und Wasserstoffgas; die Mischungsgewichte (Atome) des Chlors und Wasserstoffs müssen sich daher, nach dieser atomistischen Voraussetzung, wie die specifischen Gewichte dieser beiden Gase verhalten. Wir hatten früher in dem salzsauren Gas ebenfalls 1 M. G. Chlor auf 1 M. G. Wasserstoff angenommen; die absolute Grösse des Atoms des Chlors muss daher in beiden Ansichten dieselbe seyn, insofern der Wasserstoff

immer = 1 gesetzt wird; aber *in Beziehung auf den Sauerstoff* wird das Atomgewicht des Chlors, wie das des Stickstoffs und Wasserstoffs, nach dieser auf die atomistische Voraussetzung gegründeten Volumenstheorie nur halb so gross ausfallen, als nach den früher festgesetzten Annahmen.

Aus dem bisher Gesagten ergeben sich nun alle weitere Consequenzen, welche diese neue Voraussetzung mit sich führt.

Um Missverständnissen zu begegnen, und um kürzer mich fassen zu können, will ich die Annahme, dass das Wasser 1 M. G. Wasserstoff auf 1 M. G. Sauerstoff, das Stickoxydgas 1 M. G. Stickstoff auf 2 M. G. Sauerstoff enthalte, *die erste Voraussetzung*; die andere, mit der atomistischen Ansicht in näherer Verbindung stehende, Annahme aber, nach welcher das Wasser 2 M. G. Wasserstoff auf 1 M. G. Sauerstoff, das Stickoxydgas 1 M. G. Stickstoff auf 1 M. G. Sauerstoff enthält, *die zweite Voraussetzung* nennen.

Da, bei beiderlei Voraussetzungen, die Mischungsgewichte des Wasserstoffs, Stickstoffs und Chlors in demselben Zahlenverhältniss zu einander stehen, aber nach der zweiten Voraussetzung das Mischungsgewicht des Sauerstoffs doppelt so gross wird, wenn die Zahlen, welche die Mischungsgewichte des Wasserstoffs, Stickstoffs und Chlors ausdrücken, dieselben bleiben, so wird in allen Verbindungen des Wasserstoffs, Stickstoffs und Chlors die relative Anzahl der Mischungsgewichte in beiderlei Voraussetzungen die gleiche seyn; in allen Verbindungen aber, die der Sauerstoff mit einem der drei Elemente: Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, bildet, werden, wenn bei beiderlei Voraussetzungen 1 Mischungsgewicht Sauerstoff in der Verbindung angenommen wird, in der zweiten Voraussetzung doppelt so viele Mischungsgewichte Wasserstoff, Stickstoff oder Chlor, als in der ersten, angenommen werden müssen; oder wenn in beiden Fällen die Anzahl der Mischungsgewichte des Wasserstoffs, Stickstoffs, Chlors, dieselbe bleibt, wird nur eine  
halb



halb so grosse Anzahl Mischungsgewichte Sauerstoff in der zweiten Voraussetzung angenommen werden können. So wird also das Ammoniak, welches nach der zweiten Voraussetzung aus 3 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Stickstoff besteht (weil 3 Maasse Wasserstoffgas mit 1 Maass Stickgas Ammoniak bilden), auch nach der ersten Voraussetzung aus 3 Mischungsgewichten Wasserstoff und 1 M. G. Stickstoff bestehen; dasselbe wird bei der Chlorwasserstoffsäure, dem Chlorstickstoff der Fall seyn, welche Verbindungen ebenfalls in beiden Voraussetzungen die gleiche relative Anzahl von Mischungsgewichten enthalten müssen. Es wird aber jedoch auch in dieser Beziehung eine wesentliche Verschiedenheit in beiden Fällen statt finden. Die Mischungsgewichte der Chlorwasserstoffsäure, des Ammoniaks, u. s. f. werden nemlich durch Addition der in die Zusammensetzung eingehenden, einfachen oder mehrfachen Mischungsgewichte bestimmt; bleibt daher die Zahl, welche das Mischungsgewicht des Sauerstoffs ausdrückt, bei beiden Voraussetzungen die gleiche, so wird in der letzten Voraussetzung die Zahl, welche das Mischungsgewicht des Ammoniaks, der Chlorwasserstoffsäure, des Chlorstickstoffs ausdrückt, nur *halb so gross* als in der ersten; man muss daher, um das Verhältniss der Gleichheit *in Beziehung auf den Sauerstoff* herzustellen, diese Zahlen verdoppeln. Hieraus folgt nun die Nothwendigkeit der Annahme von sogenannten *Doppelatomen*, wie sich gleich zeigen wird.

Wir haben gesehen, dass gerade die entschieden neutralen Salze, welche die Sauerstoffsäuren mit oxydirten Basen bilden, aus einem Mischungsgewicht Säure und einem Mischungsgewicht Basis bestehen, und dass man daher bisweilen, wie z. B. bei der Borsäure, den Umstand, dass ein gewisses Salz neutral ist, als einen Fingerzeig, durch den man sich bei der Bestimmung der Anzahl von Sauerstoff-Mischungsgewichten in einer Säure leiten lässt, berücksichtigt.

Wir haben ferner gesehen, dass die einfachste Voraussetzung die ist, nach welcher in den Salzbasen, wenn das Radical der Basis mit Sauerstoff nur eine einzige Basis bildet, 1 Mischungsgewicht Sauerstoff, wenn es aber mehrere bildet, in der *stärksten* Salzbasis ebenfalls 1 Mischungsgewicht Sauerstoff auf 1 M. G. Radical angenommen wird. Dieses gilt nun, wenn man die *erste* der oben S. 498. angeführten Voraussetzungen zu Grund legt, auch für das Ammoniak, denn die neutralen Salze, welche die Sauerstoffsäuren mit Ammoniak bilden, bestehen, bei dieser ersten Voraussetzung, ebenfalls aus 1 M. G. Säure und 1 M. G. Ammoniak, und so wie die oxydirte Basis 1 M. G. Sauerstoff enthält, so enthält das Ammoniak 1 M. G. Stickstoff. — Diese Uebereinstimmung kann aber bei der *zweiten* Voraussetzung nicht mehr statt finden, denn ungeachtet die relative Anzahl von Stickstoff- und Wasserstoff- Mischungsgewichten, wie wir gesehen haben, in dieser zweiten Voraussetzung dieselbe ist, wie in der ersten, so ist dagegen das Mischungsgewicht des Stickstoffs sowohl als das des Wasserstoffs, mithin auch das Mischungsgewicht des Ammoniaks, verglichen mit dem Mischungsgewicht des Sauerstoffs, in der zweiten Voraussetzung nur halb so gross, als in der ersten. Da nun, bei der ersten Voraussetzung, 1 M. G. Ammoniak das Aequivalent ist von 1 M. G. einer oxydirten-Basis, welche 1 M. G. Sauerstoff enthält, insofern beide 1 M. G. einer Sauerstoffsäure sättigen, so muss man, bei der zweiten Voraussetzung, das Mischungsgewicht des Ammoniaks *doppelt* nehmen, wenn es das Aequivalent einer solchen oxydirten Basis seyn soll; die neutralen Ammoniaksalze würden daher, bei der zweiten Voraussetzung, aus 1 Atom Säure und 2 Atomen Ammoniak bestehen, und eine Verbindung von 1 Atom Säure und 1 Atom Ammoniak würde ein saures Salz geben. Weil man aber wegen der Neutralität dieser Salze von der Voraussetzung nicht abgehen mag, dass

1 Atom Säure mit 1 At. Ammoniak verbunden sey, so nimmt man an, dass 2 Atome Stickstoff (ein Doppelatom des Stickstoffs) mit 6 Atomen Wasserstoff (drei Doppelatomen des Wasserstoffs) 1 Atom Ammoniak bilden. Aus einem ganz ähnlichen Grunde nimmt man an, dass 2 Atome Chlor (ein Doppelatom von Chlor) mit 2 Atomen Wasserstoff (einem Doppelatom von Wasserstoff) 1 Atom Chlorwasserstoffsäure bilden, und ein Atom Salmiak besteht zwar aus 1 Atom Salzsäure und 1 Atom Ammoniak, aber ein jedes dieser zusammengesetzten Atome besteht aus Doppelatomen der in die Zusammensetzung eingehenden Elemente.

Die Salpetersäure und die Chlorsäure enthalten auf 1 Maass Stickgas } , 2½ Maasse Sauerstoffgas. Nach der zweiten Voraussetzung werden daher diese Säuren aus 1 Atom Stickstoff } und 2½ Atom. Sauerstoff, oder, weil keine halben Atome angenommen werden dürfen, aus 2 Atomen Stickstoff } und 5 At. Sauerstoff bestehen. Nach der ersten Voraussetzung müssen aber diese Säuren, aus den schon entwickelten Gründen, aus 1 Mischungsgewicht Stickstoff } Chlor } und 5 Mischungsgewichten Sauerstoff bestehend angenommen werden, insofern im Stickoxydul 1 M. G. Stickstoff auf 1 M. G. Sauerstoff angenommen wird. Bei beiderlei Voraussetzungen erhält man daher das gleiche Resultat; denn da, in Beziehung auf den Sauerstoff, 1 Atom Stickstoff } nach der Chlor } zweiten Voraussetzung nur halb so gross ist, als nach der ersten, so muss eine Verbindung von 2 Atomen Stickstoff } Chlor } mit 5 At. Sauerstoff in der zweiten Voraussetzung, identisch

seyn mit einer Verbindung von 1 At. Stickstoff } mit 5 At.  
Chlor }

Sauerstoff in der ersten Voraussetzung. Aber selbst dann, wenn man keinen Anstand nehmen würde, halbe Atome gelten zu lassen, müsste man doch bei der zweiten Voraussetzung in der Salpetersäure sowohl als in der Chlorsäure 2 Atome Radical auf 5 Atome Sauerstoff annehmen, weil, bei der Annahme von 1 At. Radical und  $2\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff, das Atom der Salpetersäure nur halb so gross werden, und mithin nicht mehr 1 Atom einer Salzbasis sättigen könnte; das neutrale salpetersaure Kali würde dann 2 Atome Salpetersäure auf 1 Atom Kali enthalten müssen, was mit der Annahme, dass die neutralen Salze 1 Atom Säure auf 1 Atom Basis enthalten, im Widerspruch stehen würde.

Die Voraussetzung, dass gleich grosse Volumina gasförmiger Elemente auch eine gleich grosse Anzahl von Atomen enthalten, steht, so weit sie sich auf die beständigen gasförmigen Elemente, Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickgas, und das relativ immerhin noch als beständiges Gas zu betrachtende Chlor bezieht, mit keiner andern Voraussetzung, deren Richtigkeit mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden darf, im Widerspruch; nur nöthigt sie zur Annahme von Doppelatomen. Für mehrere der unbeständig gasförmigen Elemente ist aber jene Voraussetzung ganz unstatthaft, wie sich aus den Versuchen von Dumas und Mitscherlich ergibt. Von dem Schwefel kann man mit grosser Sicherheit behaupten, dass sein Mischungsgewicht sehr nahe das Doppelte von dem des Sauerstoffs ist; würde daher obige Voraussetzung richtig seyn, so müsste auch das specifische Gewicht des Schwefelgases doppelt so gross seyn, als das des Sauerstoffgases, es ist aber nicht doppelt, sondern sechsmal so gross als letzteres, mithin dreimal so gross, als es nach jener Voraussetzung seyn müsste. Eben so kann man mit ziemlicher Sicherheit behaupten, dass das M. G. des Phos-

phors nahe das Doppelte von dem des Sauerstoffs ist; aber das specif. Gew. des Phosphorgases ist nicht das Doppelte, sondern das Vierfache von dem des Sauerstoffgases, mithin doppelt so gross als es seyn sollte u. s. f.

Die Voraussetzung, dass das specifische Gewicht der Gase der Elemente sich wie das Atomgewicht derselben verhalte, hat also jedenfalls keine allgemeine Gültigkeit, und insofern erscheint das specifische Gewicht der Gase der Elemente als ein Moment, welches für die Bestimmung des Atomgewichtes derselben von keiner grossen Bedeutung ist. So viel scheint jedoch als ausgemacht angenommen werden zu dürfen, dass, bei gleichen Voluminibus der Gase zweier Elemente, das Gas des einen entweder eine gleiche Anzahl von Atomen enthält wie das Gas des andern Elements, oder eine Anzahl, welche ein Submultiplum oder Multiplum nach kleinen Zahlen von der Anzahl der Atome des andern Gases ist.

Wenn man nun das, was für oder gegen die beiden oft erwähnten Voraussetzungen spricht, unbefangen gegen einander abwägt, so wird man zugeben müssen, dass die erste Voraussetzung durch ihre grössere Einfachheit vor der zweiten sich empfiehlt, welche letztere die Nothwendigkeit der Annahme entweder von Doppelatomen, oder von neutralen Salzen, die 1 Mischungsgewicht Säure auf 2 M. G. Basis enthalten, mit sich führt. Würden die Volumina immer den Atomen entsprechen, was aber nicht der Fall ist so hätte man allerdings allen Grund, der zweiten Voraussetzung den Vorzug vor der ersten einzuräumen.

2) Ein zweiter Umstand, den man bei der atomistischen Ansicht zu berücksichtigen hat, ist der sogenannte *Isomorphismus* oder *Homocomorphismus* der Körper, d. h. die Gleichheit oder wenigstens grosse Aehnlichkeit der Formen, in welchen gewisse Körper in ihrer Verbindung mit einem und demselben dritten Körper krystallisiren, mit dem sie sich in denselben Verhältnissen vereinigen. Diese

Gleichheit oder Aehnlichkeit der Formen ist nach dieser Ansicht eine mechanische Folge der atomistischen Construction, d. h. solche Körper müssen von jedem elektropositiven und elektronegativen Element eine gleich grosse Anzahl von Atomen enthalten. Die Sauerstoffmengen, die der Phosphor in der phosphorigen- und Phosphor-Säure, das Arsenik in der arsenigen und Arsenik-Säure aufnehmen, verhalten sich  $= 1\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$  oder  $= 3 : 5$ ; und die Phosphorsäure sowohl als die Arseniksäure zeigen das ungewöhnliche Verhalten, dass sie in den Verbindungen, welche als neutrale zu betrachten sind, eine Quantität Basis sättigen, deren Sauerstoff  $\frac{2}{3}$  ihres eigenen Sauerstoffgehalts ist; beide Säuren scheinen daher eine gleiche Anzahl Atome von Phosphor oder Arsenik und von Sauerstoff zu enthalten, und beide Säuren sind auch wirklich homöomorph, d. h. sie bilden mit Salzbasen, z. B. mit Natron durchaus *ähnliche*, d. h. solche Formen, die zu demselben Krystallsystem gehören. Hiebei wird aber vorausgesetzt, dass sich eine gleiche Anzahl Mischungsgewichte von Phosphorsäure und Arseniksäure nicht blos, sondern auch von Wasser, mit der Salzbasis verbinde. Und so schliesst man umgekehrt aus der Isomorphie oder Homöomorphie auf Gleichheit der relativen Anzahl der Atome, wenn auch unmittelbar keine solche Andeutungen, wie bei der Phosphorsäure und Arseniksäure, vorhanden sind, welche zur Voraussetzung einer solchen Gleichheit berechtigen. Der Sauerstoff des Eisenoxyduls verhält sich zu dem des Eisenoxyds (bei gleicher Menge des Eisens)  $= 1 : 1\frac{1}{2}$ . Man nimmt daher im Eisenoxydul 1 At. Eisen auf 1 At. Sauerstoff, im Eisenoxyd 1 At. Eisen auf  $1\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff, oder, weil halbe Atome unstatthaft sind, 2 At. Eisen auf 3 Atome Sauerstoff an. Da nun die Alaunerde mit dem Eisenoxyd isomorph ist, so schliesst man, dass auch sie aus 2 At. Aluminium und 3 At. Sauerstoff bestehe, zu welchem Schluss freilich die Verbindung des Aluminiums mit Sauerstoff selbst,

die, so viel bis jetzt bekannt ist, nur in einem einzigen Verhältniss erfolgt, auch nicht die entfernteste Berechtigung geben würde, insofern die einfachste Voraussetzung unstreitig die ist, in der Alaunerde 1 Atom Aluminium auf 1 Atom Sauerstoff anzunehmen. Ebenso schliesst man, dass Manganoxyd und Chromoxydul, als isomorph mit der Alaunerde, 2 At. Radical auf 3 At. Sauerstoff enthalten, eine Annahme, die übrigens auch schon ohne alle Rücksicht auf den Isomorphismus, gerechtfertigt erscheint, insofern man z. B. in der Chromsäure, wie oben S. 480. gezeigt worden, alle Ursache hat, 3 At. Sauerstoff auf 1 At. Chrom, und mithin im Chromoxydul 3 At. Sauerstoff auf 2 At. Chrom vorzusetzen.

Ebenso zeigen auf der einen Seite Kupferoxyd, Eisenoxydul, Kobaltoxyd, Nickeloxyd, Zinkoxyd, Manganoxydul, Bittererde, Kalk, auf der andern Seite Baryt, Strontian, Bleioxyd, wenn diese Salzbasen mit einer gleichen Anzahl von Mischungsgewichten entweder der Schwefelsäure oder der Kohlensäure, und im Fall dass Wasser in die Verbindung eingeht, zugleich mit einer gleichen Anzahl von Mischungsgewichten Wasser verbunden sind, (denn verschiedene Mengen von Krystallwasser machen, dass ein Salz bei übrigens gleichbleibendem quantitativem Verhältniss der Säure und Basis, in wesentlich verschiedenen Formen krystallisirt) ganz ähnliche Formen; man schliesst daher aus der Aehnlichkeit dieser Formen auf eine gleiche Anzahl von Atomen der Radicale und des Sauerstoffs in diesen verschiedenen Salzbasen. Wenn man also die relative Anzahl von Atomen des Radicals und Sauerstoffs in Einer dieser verschiedenen Salzbasen anzugeben vermag, so enthalten alle übrigen dieselbe relative Anzahl von Atomen. Da das Eisen im Oxydul 1, im Oxyd  $1\frac{1}{2}$  Theile Sauerstoff aufnimmt, so hat man allen Grund, im Eisenoxydul 1 Atom Eisen auf 1 At. Sauerstoff, im Eisenoxyd 2 At. Eisen auf

3 At. Sauerstoff anzunehmen; man wird daher auch in allen übrigen, dem Eisenoxydul isomorphen Salzbasen 1 At. Radical auf 1 At. Sauerstoff, und in den dem Eisenoxyd isomorphen, 2 At. Radical auf 3 At. Sauerstoff annehmen. — Die Erscheinungen des *Dinorphismus*, welche zeigen, dass ein und derselbe Körper sehr oft in zwei verschiedenen, auf einander nicht reducirbaren (verschiedenen Krystallsystemen angehörigen) Formen krystallisiren kann, benehmen jedoch diesem Moment einen Theil seines Werthes, oder verwickeln doch jedenfalls die Folgerungen, die aus den Erscheinungen des Isomorphismus abgeleitet werden.

Endlich dürfte einst, unabhängig von der atomistischen Ansicht, bei der Bestimmung des Mischungsgewichtes der Elemente, ein von Dulong und Petit entdecktes höchst merkwürdiges Gesetz berücksichtigt werden. Diese fanden nemlich, dass das Mischungsgewicht der Elemente immer kleiner wird, während ihre specifische Wärme grösser wird, und dass namentlich das Product des Mischungsgewichtes eines Elements in die specifische Wärme desselben Elements in sehr vielen Fällen dieselbe Zahl gibt. Das Mischungsgewicht des Schwefels z. B. ist = 16, seine specif. Wärme = 0.188; das M. G. des Kupfers = 32, seine specif. Wärme = 0.0949; und  $16 \times 0.188 = 3.008$ ,  $32 \times 0.0949 = 3.037$ , welche Zahlen wenig von einander verschieden sind. Dieses Gesetz gilt für sehr viele Elemente, und man würde, wenn dasselbe allgemein gültig wäre, aus der bekannten specifischen Wärme der Elemente und dem zugleich bekannten Mischungsgewicht eines derselben, das Mischungsgewicht der übrigen berechnen können. Für einige Elemente, wie Arsenik, Antimon, passt jedoch dieses Gesetz nicht, indem das Product des Mischungsgewichtes in die specifische Wärme eine Zahl gibt, welche in gar keinem bestimmten Verhältniss zu der Zahl steht, welche das Product des Mischungsgewichtes anderer Elemente in ihre specifische Wär-



me gibt; bei noch andern Elementen gibt dieses Product eine Zahl, welche das Doppelte oder  $1\frac{1}{2}$  fache von der Zahl ist, welche hätte gefunden werden sollen, wenn anders das Mischungsgewicht richtig bestimmt war. Bis jetzt liess sich daher von diesem Gesetz auf die Bestimmung der Mischungsgewichte keine sichere Anwendung machen.

*Ueber die Anwendung des bisher Gesagten auf die Bestimmung der Mischungsgewichte aller einzelnen Elemente.*

Wenn wir die relative Grösse des Mischungsgewichtes (Atoms) für ein jedes einzelne Element bestimmt haben, so ist es klar, dass damit zugleich die *relative* Anzahl von Mischungsgewichten in jeder aus zwei Elementen zusammengesetzten Verbindung gegeben ist, deren Zusammensetzung bekannt ist. Die Schwefelsäure z. B. besteht in 100 Theilen aus 40 Th. Schwefel und 60 Th. Sauerstoff; nun verhält sich  $40 : 60 = 16$  (Mischungsgewicht des Schwefels) : 24; die Zahl 24 ist aber dreimal so gross, als das Mischungsgewicht des Sauerstoffs, welches = 8 ist. Wir finden also, dass die Schwefelsäure aus 1 M. G. Schwefel und 3 M. G. Sauerstoff besteht. Wir können auch setzen:  $40 : 60 =$   
 $\left. \begin{array}{l} x \\ 5\frac{1}{3} \end{array} \right\} : 8$  (Mischungsgewicht des Sauerstoffs). So finden wir, dass  $5\frac{1}{3}$ , d. h.  $\frac{1}{3}$  des Mischungsgewichts des Schwefels (nämlich  $\frac{16}{3}$ ) mit 1 M. G. Sauerstoff, oder also wieder 1 M. G. Schwefel mit 3 M. G. Sauerstoff in der Schwefelsäure verbunden sind.

Ebenso finden wir aus der bekannten Zusammensetzung einer Verbindung zweiter Ordnung, die relative Anzahl der Mischungsgewichte der diese Verbindung zusammensetzenden Verbindungen erster Ordnung. Ob z. B. eine Verbindung von Schwefelsäure und Kali, einfach oder doppelt schwefelsaures Kali sey, ergibt sich unmittelbar aus der be-

kannten Grösse der Mischungsgewichte der Schwefelsäure und des Kalis und der bekannten Zusammensetzung des schwefelsauren Kalis.

Nur in Einer Beziehung können wir, jedoch blos bei Zugrundlegung der zweiten der oben erwähnten Voraussetzungen, zweifelhaft seyn, ob nemlich die Verbindung aus einem, oder aus 2 Atomen (Doppelatom) eines jeden Elements bestehe. So besteht z. B. 1 Atom Salzsäure aus 2 At. Chlor und 2 At. Wasserstoff, nicht aus 1 Atom eines jeden der beiden Elemente.

Bei der Bestimmung des Mischungsgewichtes eines Elements lässt man sich aber, wie wir schon gesehen haben, hauptsächlich durch die mehrfachen Verbindungen leiten, welche dasselbe mit einem andern Element, namentlich mit dem Sauerstoff eingeht. Wenn wir nun aus den Verbindungen der Elemente mit Sauerstoff die Grösse der Mischungsgewichte aller dieser Elemente bestimmen, so ist damit die relative Anzahl der Mischungsgewichte der Elemente und ihrer Verbindungen, in allen möglichen Verbindungen erster und höherer Ordnungen unabänderlich bestimmt.

Zur Abkürzung hat Berzelius die verschiedenen Elemente mit den Anfangsbuchstaben ihres lateinischen Namens bezeichnet, und zwar so, dass die nicht metallischen Elemente nur einen einzigen Buchstaben erhalten, und nur bei möglicher Verwechslung mit einem andern nicht metallischen Element noch einen weiteren; die metallischen Elemente aber nur dann einen einzigen Buchstaben erhalten, wenn gar keine Verwechslung möglich ist.

O — Sauerstoff (Oxygenium)	Cl — Chlor
H — Wasserstoff (Hydrogenium)	Br — Brom
	J — Jod
N — Stickstoff (Nitrogenium)	F — Fluor
S — Schwefel	P — Phosphor
Se — Selen	As — Arsenik

C —Kohlenstoff (Carbo)	Su —Zinn (Stannum)
B —Bor	Pb —Blei (Plumbum)
Si —Silicium	Cd —Cadmium
Cr —Chrom	Zn —Zink
V —Vanadium	Co —Kobalt
Mo —Molybdän	Ni —Nickel
W —Wolfram	Fe —Eisen (Ferrum)
Sb —Antimon (Stibium)	Mn —Mangan
Te —Tellur	Ce —Cerium
Ta —Tantal	Al —Aluminium
Ti —Titan	Zr —Zirconium
Os —Osmium	Th —Thorium
Ir —Iridium	Y —Yttrium
R —Rhodium	Be —Beryllium
Pt —Platin	Mg —Magnesium
Pd —Palladium	Ca —Calcium
Hg —Quecksilber (Hydrargy- rium)	Sr —Strontium
Ag —Silber (Argentum)	Ba —Barium
Cu —Kupfer (Cuprum)	L —Lithium
U —Uran	Na —Natrium
Bi —Wismuth (Bismuthum)	K —Kalium

Die Verbindung zweier einfachen Stoffe wird durch das Zeichen + bezeichnet; z. B. Kali durch  $K+O$ , Schwefelsäure durch  $S+3O$ .

Die Doppelatome werden dadurch bezeichnet, dass man im untern Drittheil des Zeichens für das einfache Atom einen Strich zieht: z. B.  $\overline{N}$  (Doppelatom des Stickstoffs),  $\overline{H}$  (Doppelatom des Wasserstoffs),  $\overline{Cl}$  (Doppelatom des Chlors).

Die übrigen Bezeichnungen werden weiter unten angegeben werden.

Ich will nun zeigen, auf welche Weise das Mischungsgewicht der einzelnen Elemente bestimmt wird, und dabei auf die Verschiedenheiten aufmerksam machen, welche für

die Bezeichnungsart der Verbindungen sich ergeben, je nachdem man von verschiedenen Voraussetzungen bei der Bestimmung der Anzahl der Mischungsgewichte in einer Verbindung ausgeht. Dem Anfänger wird es dann sehr leicht werden, die verschiedene Sprache zu verstehen, welcher sich verschiedene Chemiker zur Bezeichnung der gleichen Sache bedienen.

Die Zahlen, welche verschiedene Chemiker für die Mischungsgewichte festsetzen, können aus drei Ursachen verschieden seyn.

1) Weil Einige das Mischungsgewicht des Wasserstoffs, Andere das des Sauerstoffs oder irgend eines andern Elements einer gegebenen Zahl, namentlich der Zahl 1, 10 oder 100 gleich setzen. Es ist einleuchtend, dass diese Verschiedenheit in den Zahlen der Mischungsgewichte eine durchaus unwesentliche ist, und dass, wenn bei der Bestimmung der Mischungsgewichte im Uebrigen die gleichen Rücksichten in beiden Fällen genommen würden, die Zahlen selbst zwar verschieden gross, aber, worauf es allein ankommt, die *Verhältnisse* derselben zu einander die gleichen wären, und aus der für eine bestimmte Voraussetzung (Wasserstoff = 1 oder Sauerstoff = 1) gefundenen Grösse der Mischungsgewichte unmittelbar diejenige gefunden werden könnte, welche den Mischungsgewichten bei einer andern Voraussetzung angehört. Setzt man z. B. das M. G. des Wasserstoffs = 1, so ist das des Sauerstoffs = 8; soll nun aber das M. G. des Sauerstoffs = 1 seyn, so hat man  $8 : 1 = 1 : x$  und  $x = 0.125 =$  M. G. des Wasserstoffs. — Auf diese ganz ausserwesentliche Verschiedenheit wird daher in der Folge keine Rücksicht genommen werden, und ich will bei dieser Gelegenheit nur noch die Gründe angeben, durch welche die verschiedenen Chemiker bewogen wurden, das Mischungsgewicht entweder des Wasserstoffs oder des Sauerstoffs = 1 zu setzen.

Prout glaubte annehmen zu dürfen, dass wenn das Atom des Wasserstoffs = 1 gesetzt wird, die Atome aller übrigen Elemente Multipla nach ganzen Zahlen von der Atomzahl des Wasserstoffs seyen, d. h. dass sich dann die Mischungsgewichte aller übrigen Elemente durch ganze Zahlen ausdrücken lassen. Wäre diese Beziehung vollkommen begründet, so würde man nicht umhin können, sie als ein merkwürdiges Naturgesetz zu betrachten. Allerdings lassen sich die Mischungsgewichte mehrerer Körper durch ganze Zahlen ausdrücken, wenn das M. G. des Wasserstoffs = 1 gesetzt wird, und die kleinen Abweichungen von dem wirklichen Versuch lassen sich häufig aus Fehlern erklären, die möglicherweise bei der Analyse der Verbindungen, aus welchen man die Mischungsgewichte ableitet, begangen worden seyn konnten. In einigen Fällen sind jedoch die Abweichungen zu gross, und man wird daher auf diese Ansicht um so weniger ein Gewicht legen dürfen, als es ganz natürlich ist, dass die Atome vieler Elemente, ohne den Resultaten der Analysen zu grossen Zwang anzuthun, in ganzen Zahlen sich ausdrücken lassen, da sie sämmtlich sehr gross in Vergleich mit dem Atom des Wasserstoffs sind.

Der Grund, aus welchem andere Chemiker es vorziehen, das Atomgewicht des Sauerstoffs = 1 oder = 100 zu setzen, ist der, weil der Sauerstoff weit mehr Verbindungen eingeht, als der Wasserstoff, und weil, wenn ein Körper sich mit mehreren Atomen Sauerstoff verbinden kann (was so oft vorkommt), die Addition dieser Sauerstoffatome bei dieser Bezeichnungswiese bequemer wird. —

Ich nehme hier das Atom des Wasserstoffs = 1 an, bloß aus dem Grunde, weil dann die Atome vieler anderer Elemente füglich in ganzen Zahlen ausgedrückt werden können, um so mehr, da es mir hier bloß darum zu thun ist, eine klare Vorstellung von dem Mischungsgewicht zu geben, nicht aber darum, die Mischungsgewichte der Körper mit der grössten Schärfe anzugeben.

2) Eine zweite Ursache, warum die Zahlen der Mischungsgewichte verschieden gross seyn können, ist die, weil bei der Berechnung der Mischungsgewichte von einander abweichende Analysen von Verbindungen zu Grunde gelegt werden können. Wenn man z. B. annimmt, dass die Phosphorsäure 42.6 proc. Phosphor enthalte, so ist es einleuchtend, dass eine andere Zahl für das Mischungsgewicht des Phosphors gefunden werden muss, als bei der Annahme von 44 proc. Phosphor in dieser Säure, wenn man übrigens bei der Bestimmung des Mischungsgewichts des Phosphors dieselben Voraussetzungen zu Grunde legt. — Die hiervon abhängenden Verschiedenheiten in der Grösse der Mischungsgewichte sind in der Regel sehr unbedeutend und kommen schon deswegen kaum in Betracht, weil sich erwarten lässt, dass sie immer mehr verschwinden werden, je öfter und mit je grösserer Genauigkeit man die Analysen wiederholen wird.

3) Die einzige *wesentliche* Verschiedenheit in der Grösse der Zahlen, welche die Mischungsgewichte ausdrücken, rührt, wie schon oben bemerkt wurde, davon her, dass verschiedene Chemiker eine verschiedene relative Anzahl von Mischungsgewichten in den Verbindungen erster Ordnung annehmen. Könnte man sich in Hinsicht auf die relative Anzahl von Mischungsgewichten in den Verbindungen erster Ordnung vereinigen, so würde keine wesentliche Verschiedenheit in der Grösse der Mischungsgewichte und der Art, die einfacheren und zusammengesetzteren Verbindungen zu bezeichnen, ferner statt finden können.

Ich gehe nun zu der Bestimmung der Mischungsgewichte der einzelnen Elemente über, wobei ich mich übrigens auf das bereits Erörterte beziehe, indem ohnediss Dasjenige, was ich nun anführen werde, grösstentheils blosser Wiederholung ist.

*Wasserstoff. H.* — das Mischungsgewicht desselben wird = 1 angenommen.

*Sauerstoff. O.* — Nimmt man in dem Wasser 1 M. G. Sauerstoff auf 1 M. G. Wasserstoff an, so gibt die Analyse des Wassers die Zahl 8 für das M. G. des Sauerstoffs; aber die Zahl 16, wenn das Wasser (nach der Volumenstheorie) 2 M. G. Wasserstoff enthält.

*Stickstoff. N.* — Werden in dem Stickoxydulgas gleich viele M. G. Stickstoff und Sauerstoff, und im Wasser gleich viele M. G. Wasserstoff und Sauerstoff angenommen, so ist das M. G. des Stickstoffs = 14. Es folgt dieses unmittelbar aus der specif. Schwere des Stickgases und Sauerstoffgases, in Verbindung mit der Thatsache, dass 1 Maass Stickgas mit  $\frac{1}{2}$  M. Sauerstoffgas zu Stickoxydulgas sich verbindet. — Nimmt man dagegen, nach der Volumenstheorie, in dem Stickoxydulgas, welches aus gleichen Maassen Stickgas und Sauerstoffgas besteht, gleich viele M. G. Stickstoff und Sauerstoff an, so ist das M. G. des Stickstoffs wiederum = 14, vorausgesetzt, dass, derselben Theorie gemäss, das M. G. des Sauerstoffs = 16 und nicht = 8 ist.

In Beziehung auf den Sauerstoff ist also allerdings das M. G. des Stickstoffs, gerade wie das des Wasserstoffs, nach dieser Volumenstheorie nur halb so gross als nach der ersten Voraussetzung. Während daher, nach der ersten Voraussetzung, das M. G. der Salpetersäure  $N + 5O$  ist, so muss es dagegen, nach der Volumenstheorie, durch  $2N + 5O$  oder  $N + 5O$  bezeichnet werden. Ein Mischungsgewicht Salpetersäure sättigt 1 M. G. Basis, z. B. Kali ( $K + O$ ), welches 1 M. G. Sauerstoff auf 1 M. G. Metall enthält.  $N + 5O$  (nach der ersten Voraussetzung, die ich a nennen will) ist aber halb so gross als  $2N + 5O$  (nach der zweiten Voraussetzung oder der Volumenstheorie, die ich b nennen will), denn  $O(a)$  ist =  $\frac{1}{2} O(b)$  und  $N(a)$  ist =  $N(b)$  also =  $\frac{1}{2} \times 2N(b)$ ; aber auch  $K + O(a)$  ist =  $\frac{1}{2}(K + O)(b)$ , weil  $O(a) = \frac{1}{2} O(b)$  und mithin  $K(a)$  ebenfalls =  $\frac{1}{2}K(b)$  ist, indem man so-

wohl bei a als bei b voraussetzt, dass das Kali aus 1 M. G. Kalium und 1 M. G. Sauerstoff bestehe.

Die relativen Mengen von Salpetersäure und Kali sind also wirklich in beiden Annahmen a und b dieselben, und hierauf allein kommt es an; aber das M. G. des salpetersauren Kalis =  $(N + 5O) + (K + O)$  (a) ist die Hälfte von dem M. G. des salpetersauren Kalis  $(2N + 5O) + (K + O)$  (b); d. h. in Beziehung auf den = 1 gesetzten Wasserstoff ist das M. G. der Salpetersäure, des Kalis und des salpetersauren Kalis nach b doppelt so gross als nach a. Wenn man die Sache genau betrachtet, so stellt eigentlich  $2N + 5O$  (b) ein doppeltes Mischungsgewicht der Salpetersäure vor, denn wenn man in der Volumenstheorie, die Annahme halber Mischungsgewichte (Atome) gestatten wollte, so würde  $N + 2\frac{1}{2}O$  das Mischungsgewicht der Salpetersäure seyn, aber das eigentliche *Aequivalent* der Salpetersäure ist allerdings  $2(N + 2\frac{1}{2}O)$  oder  $2N + 5O$  (in der Voraussetzung nemlich, dass das Kali z. B.  $K + O$ , und nicht  $K + \frac{1}{2}O$  ist), denn wenn z. B. 1 M. G. Schwefelsäure (=  $S + 3O$ , wie wir später sehen werden) 1 M. G. Kali sättigt, so wird in die Zusammensetzung  $(S + 3O)(K + O)$ , die Verbindung  $2N + 5O$  und nicht die von  $N + 2\frac{1}{2}O$  (nach b) substituiert werden müssen, wenn *neutrales* salpetersaures Kali entstehen soll, weil in den neutralen salpetersauren Salzen der Sauerstoff der Säure das 5 fache von dem der Basis beträgt, so wie er in den neutralen schwefelsauren Salzen das 3 fache von dem der Basis ist.

Was die Verbindung des Stickstoffs mit dem Wasserstoff zu Ammoniak betrifft, so habe ich oben ausführlich auseinander gesetzt, dass nach a sowohl als nach b das Mischungsgewicht des Ammoniaks mit der Volumenstheorie in Uebereinstimmung ist, dass aber nach a das Ammoniak seinen wahren *Aequivalent* nach  $N + 3H$ , nach b aber  $2N +$



6H oder  $N+3H$  ist, ganz übereinstimmend mit dem, was für die Salpetersäure gilt.

Die Mischungsgewichte des Wasserstoffs, Sauerstoffs, Stickstoffs, der Salpetersäure, des Ammoniaks sind also

	Nach a	Nach b
Wasserstoff	H = 1	H = 1
Sauerstoff	O = 8	O = 16
Stickstoff	N = 14	N = 14
Salpetersäure	$(N+5O) = 54$	$(2N+5O) = 108$
Ammoniak	$(N+3H) = 17$	$(N+3H) = 34$

*Schwefel. S.* — Der Schwefel verbindet sich in der unterschweifigen - schwefligen - Unterschwefel- und Schwefelsäure mit 1, 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3 Antheilen Sauerstoff; ausserdem ist der Sauerstoff der Schwefelsäure das Dreifache von dem Sauerstoff der Basis, welche sie sättigt. Nach a ist mithin 1 M. G. Schwefel in der unterschweifigen Säure mit 1, in der schwefligen mit 2, in der Unterschwefelsäure mit  $2\frac{1}{2}$ , in der Schwefelsäure mit 3 M. G. Sauerstoff verbunden. Aber die Unterschwefelsäure enthält fünfmal so viel Sauerstoff als die Basis, mit welcher sie ein neutrales Salz bildet. Will man daher die Annahme festhalten, dass in den entschieden neutralen Salzen 1 M. G. Säure mit 1 M. G. Basis verbunden sey, so muss man auch in der Voraussetzung a, bei welcher man, wo es nur immer annehmbar ist, das elektropositive Element mit einem einzigen Mischungsgewicht in den Verbindungen auftreten lässt, annehmen, dass 2 M. G. Schwefel mit 5 M. G. Sauerstoff verbunden seyen. In der atomistischen Theorie, welche halbe Atome verwirft, versteht sich dieses von selbst.

Da nun die Schwefelsäure aus 40 Th. Schwefel und 60 Th. Sauerstoff besteht und 1 M. G. Schwefel auf 3 M. G. Sauerstoff enthält, so verhält sich das M. G. des Schwefels zu dem des Sauerstoffs =  $40 : \frac{1}{3} \times 60$ . Ist daher das M. G. des Sauerstoffs = 8, so ist das des Schwefels = 16; ist ersteres = 16, so ist letzteres = 32. Nach a ist daher das

M. G. der Schwefelsäure =  $S + 3 O = 40$ , das der Unterschweifelsäure =  $2S + 5 O = 72$ , das der schwefligen Säure =  $S + 2 O = 32$ , das der unterschweifigen Säure =  $S + O = 24$ . Nach b sind diese Mischungsgewichte doppelt so gross. Das auffallendste Verhalten unter diesen Säuren zeigt die Unterschweifelsäure, deren Mischungsgewicht viel grösser ausfällt, als das der Schwefelsäure. Wenn man jedoch bedenkt, dass eigentlich 1 M. G. Unterschweifelsäure aus 1 M. G. Schwefelsäure = 40 und 1 M. G. schwefliger Säure = 32 besteht, so wird man dieses Verhalten nicht mehr auffallend finden. Ein neutrales unterschweifelsaures Salz wird nemlich durch Glühen so zersetzt, dass 1 M. G. schwefligsaures Gas fortgeht und 1 M. G. Schwefelsäure mit 1 M. G. Basis verbunden, d. h. ein neutrales schwefelsaures Salz zurückbleibt. Genau betrachtet ist daher ein neutrales unterschweifelsaures Salz ein saures Salz, indem es nach Verlust von Säure (schweflige Säure) neutral bleibt.

In den beiden Voraussetzungen a und b wird also das Mischungsgewicht des Schwefels in Beziehung auf den Sauerstoff auf die gleiche Weise bestimmt und steht daher zu dem Mischungsgewicht des Sauerstoffs in demselben Verhältniss. In Beziehung auf den Wasserstoff aber ist, aus dem schon angeführten Grunde, das M. G. des Schwefels nach b doppelt so gross als nach a.

Betrachten wir nun auch die Zusammensetzung des Schwefelwasserstoffs nach beiden Voraussetzungen. Ein Schwefelmetall, welches, gerade so wie die Salzbasis dieses Metalls aus 1 M. G. Metall und 1 M. G. Sauerstoff besteht, auf 1 M. G. Metall auch 1 M. G. Schwefel enthält und durch Wasser zersetzt wird, gibt schwefelwasserstoffsaures Metalloxyd. Hier nimmt also das Metall 1 M. G. Sauerstoff aus dem Wasser auf, und 1 M. G. Wasserstoff (nach a), oder 2 M. G. Wasserstoff (nach b) verbinden sich mit 1 M. G. Schwefel. Der Schwefelwasserstoff ist daher nach a:

$S + H = 16 + 1 = 17$ , nach  $b : S + 2H$  (oder  $S + H) = 32 + 2 = 34$ . (Dass das M. G. des Wasserstoffs = 1 nach  $b$  doppelt genommen werden müsse, folgt schon daraus, weil auch das M. G. des Schwefels doppelt so gross ist.)

*Selen. Se.* — Das Selen ist dem Schwefel durchaus analog. Es bildet mit Sauerstoff zwei Säuren; die eine, die selenige, entspricht der schwefligen Säure; sie bildet, wie diese, mit Basen neutrale Salze, in welchen der Sauerstoff der Säure das Doppelte ist von dem der Basis. Die andere, die Selensäure, gibt neutrale Salze, in denen, gerade wie in den schwefelsauren Salzen, der Sauerstoff der Säure das Dreifache ist von dem der Basis. Ausserdem sind die selensauren Salze mit den schwefelsauren isomorph. Da mithin die selenige Säure  $Se + 2O$  ist und aus 71,3 Selen und 28,6 Sauerstoff besteht, so ist das M. G. des Selens nach  $a = 40$ , nach  $b = 80$ , und die selenige Säure nach  $a = 56$ , nach  $b = 112$ ; das der Selensäure nach  $a = 64$ , nach  $b = 128$ ; das M. G. des Selenwasserstoffs nach  $a = 41$ , nach  $b = 82$ . Im Verhältniss zu dem Mischungsgewicht des Sauerstoffs und Schwefels ist mithin das M. G. des Selens nach  $a$  und  $b$  gleich gross; im Verhältniss zu dem des Wasserstoffs aber nach  $b$  doppelt so gross als nach  $a$ .

*Chlor. Cl.* — Nach der Volumenstheorie ist das Mischungsgewicht des Chlors = 35,4, weil 1 Maass Chlor sich mit 1 Maass Wasserstoffgas zu salzsaurem Gas verbindet, mithin das M. G. des Chlors zu dem des Wasserstoffs in demselben Verhältniss steht, wie die specifischen Gewichte beider Gase. Da aber die Chlorsäure fünfmal so viel Sauerstoff enthält, als die Basen, mit welchen sie neutrale Salze bildet, und 1 Maass Chlor mit  $2\frac{1}{2}$  Maass Sauerstoffgas, Chlorsäure bildet, so muss die Chlorsäure  $2 Cl + 5 O$  seyn. Die Voraussetzung  $a$  stimmt in Beziehung auf den Wasserstoff ebenfalls mit der Volumenstheorie überein, denn 1 M. G. Chlor ist nach ihr mit 1 M. G. Wasserstoff zu Salzsäure

verbunden. Das Mischungsgewicht des Chlors wird daher nach  $a$  und  $b$  durch dieselbe Zahl ausgedrückt, indem in beiden Fällen das M. G. des Wasserstoffs = 1 gesetzt wird: aber in Beziehung auf das M. G. des Sauerstoffs, das nach  $a = 8$ , nach  $b = 16$  ist, wird das M. G. des Chlors nach  $a$  doppelt so gross als nach  $b$ . Die Voraussetzung  $a$ , nach welcher das Wasser aus 1 M. G. Sauerstoff und 1 M. G. Wasserstoff, die Salzsäure aus 1 M. G. Chlor und 1 M. G. Wasserstoff besteht, erscheint in Hinsicht auf das Chlor weit einfacher als die auf die Volumenstheorie gegründete Voraussetzung  $b$ , nach welcher, wie oben gezeigt wurde, 1 Atom Salzsäure aus 1 Doppelatom von Chlor und 1 Doppelatom von Wasserstoff bestehend angenommen werden muss. In beiden Voraussetzungen werden alle stärkeren Salzbasen als Verbindungen von 1 M. G. Metall und 1 M. G. Sauerstoff betrachtet; die Voraussetzung  $a$  setzt sogar diese Zusammensetzung bei *allen* Salzbasen voraus, wenn sie nicht durch die Existenz *mehrerer* Salzbasen, die ein Radical mit Sauerstoff bildet, zu einer andern Annahme genöthigt wird. Verwandeln sich nun diese Salzbasen in neutrale salzsaure Metalloxyde, so müssen sie nach  $a$  1 M. G. Chlor und 1 M. G. Wasserstoff, nach  $b$  aber 2 M. G. Chlor und 2 M. G. Wasserstoff aufnehmen; zersetzt sich daher das salzsaure Metalloxyd in Wasser und in Chlormetall, so besteht dieses Chlormetall nach  $a$  aus 1 M. G. Chlor und 1 M. G. Metall, nach  $b$  aber aus 2 M. G. Chlor und 1 M. G. Metall. Alle Chlormetalle, die den stärkeren Salzbasen entsprechen, bestehen daher nach  $b$  aus 1 Atom Metall und 1 Doppelatom von Chlor, und ihre Benennung ist, wenn  $R$  das Metall (Radical) bedeutet,  $RCl$ , nach  $a$  dagegen  $RCl_2$ , welche letztere Annahme offenbar die einfachere ist, insofern gerade diese Verbindungen von Metall und Chlor die innigsten sind.

*Brom.* (Br.) und *Jod.* (J.) — Diese beiden Elemente sind dem Chlor vollkommen analog. In den neu-

tralen bromsauren und jodsauren Salzen ist, wie in den entsprechenden chlorsauren Salzen, die Menge des Sauerstoffs der Säure das Fünffache von der Menge des Sauerstoffs der Basis; man trägt daher, bei beiderlei Voraussetzungen a und b, die Zusammensetzung der Chlorsäure auch auf die Bromsäure und Jodsäure über, ungeachtet bei diesen Elementen nicht die Mannigfaltigkeit von Verbindungen mit Sauerstoff statt findet, wie bei dem Chlor, vielmehr bis jetzt nur eine einzige Verbindung (des Broms, und zwei Verbindungen des Jods mit Sauerstoff mit Sicherheit bekannt sind.

Nach a ist daher die Bromsäure und Jodsäure  $\text{Br} + 5\text{O}$ ,  $\text{J} + 5\text{O}$ , nach b:  $\text{Br} + 5\text{O}$ ,  $\text{J} + 5\text{O}$ . Hieraus und aus der bekannten Zusammensetzung dieser Säuren lassen sich nun die Mischungsgewichte dieser Elemente bestimmen, deren Grösse nach dem bei dem Chlor Gesagten, bei beiden Voraussetzungen, a und b, die gleiche seyn muss. Das Atom des Broms ist  $= 78.34$ , das Atom des Jods  $= 123.2$ .

*Fluor. F.* — Das Atom des Fluors wird in beiden Voraussetzungen nach Analogie mit dem Chlor bestimmt. Da man keine Verbindungen desselben mit Sauerstoff kennt, so bestimmt man das Gewicht eines Atoms Fluor aus den Fluormetallen. Wird ein Metall durch R bezeichnet, so ist nach a ein Fluormetall  $\text{R} + \text{F}$ , nach b:  $\text{R} + \text{F}$ . In beiden Voraussetzungen wird, aus den bei dem Chlor angeführten Gründen, die gleiche Zahl für das Atom des Fluors gefunden, und zwar 18.7.

*Phosphor. P.* — Der Phosphor verbindet sich in der phosphorigen- und der Phosphor-Säure mit Sauerstoffmengen, die sich wie  $1\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$  verhalten; überdiss enthält in denjenigen phosphorsauren Salzen, welche man Ursache hat als neutrale zu betrachten, die Phosphorsäure  $2\frac{1}{2}$  mal den Sauerstoff der Basis. Nach a wird daher das Mischungsgewicht der phosphorigen Säure  $\text{P} + 1\frac{1}{2}\text{O}$ , das der Phosphorsäure  $\text{P} + 2\frac{1}{2}\text{O}$ ; nach der Voraussetzung b dagegen, welche die Annahme von halben Atomen nicht gestattet, wird ersteres

Mischungsgewicht  $2P+3O$ , letzteres  $2P+5O$  seyn. In Beziehung auf den Sauerstoff wird daher nach beiden Voraussetzungen das Mischungsgewicht des Phosphors gleich gross, daher die Zahl, welche dieses Mischungsgewicht ausdrückt, nach  $b$  doppelt so gross seyn als nach  $a$ , weil auch die Zahl für den Sauerstoff nach  $b$  doppelt so gross ist als nach  $a$ . Die Zusammensetzung der Phosphorsäure gibt das Mischungsgewicht des Phosphors = 16 (für  $a$ ), = 32 (für  $b$ ). Die neutralen phosphorsauren Salze können aber nach  $b$  nicht mehr als Verbindungen von 1 M. G. Säure mit 1 M. G. Basis, sondern müssen als Verbindungen von 1 M. G. Säure mit 2 M. G. Basis betrachtet werden, weil die 5 M. G. Sauerstoff der Säure 2 M. G. Sauerstoff in der Basis, also 2 M. G. Basis voraussetzen. Das sogen. neutrale phosphorsaure Natron z. B. ist nach  $a$ ,  $(P + 2\frac{1}{2}O) + (N + O)$ ; nach  $b$  dagegen  $(2P + 5O) + 2(N + O)$ .

*Arsenik. As.* — Von ihm gilt ganz dasselbe, was vom Phosphor angeführt wurde, denn das Arsenik verbindet sich in der arsenigen- und Arsenik-Säure, gerade wie der Phosphor, mit Sauerstoffmengen, die sich verhalten =  $1\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$ . Sein Atomgewicht ist nach  $a$  : 37.6, nach  $b$  : 75.2.

*Kohlenstoff. C.* — Die Kohle verbindet sich in dem Kohlenoxyd, der Oxalsäure, der Kohlensäure, mit dem Sauerstoff in dem Verhältniss von 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2, und da in denjenigen kohlen-sauren Salzen, in welchen die Kohlensäure die innigste Verbindung mit der Basis eingeht, und die man daher als neutrale betrachtet, der Sauerstoff der Kohlensäure das Doppelte ist von dem der Basis, so ist die einfachste Voraussetzung die, dass die Kohlensäure  $C+2O$ , mithin das Kohlenoxyd  $C+O$  sey. Die Oxalsäure könnte somit  $C+1\frac{1}{2}O$  seyn: weil aber dann die neutralen oxalsäuren Salze 2 M. G. Säure auf 1 M. G. Basis enthalten würden, so setzt man das M. G. der Oxalsäure =  $2C+3O$ , gerade wie man das M. G. der Unterschwefelsäure =  $2S+5O$ , und nicht =  $S+2\frac{1}{2}O$

annimmt. Ein M. G. neutrales oxalsaures Salz besteht daher aus  $(2C+3O) + (R+O)$ , wenn R das Metall der salzfähigen Basis bedeutet; beim Glühen geht 1 M. G. Kohlenoxydgas  $= C+O$  weg und es bleibt daher eine Verbindung von  $C+2O$  mit  $R+O$ , d. h. ein neutrales kohlen-saures Salz zurück, wenn die Basis bei der Glühhitze die Kohlen-säure festhält, wie dieses bei den Alkalien der Fall ist. Es findet mithin hier etwas ganz analoges, wie bei den neutralen unterschwefelsauren Salzen statt, die durch Hitze ebenfalls in schwefligsaures Gas und neutrales schwefelsaures Salz zersetzt werden. — In der atomistischen Theorie liegt Nichts, was obiger Annahme widerspräche, denn das Gewicht der für sich ganz feuerbeständigen Kohle kann in gasförmigem Zustand direct nicht bestimmt werden, und es sind in dieser Beziehung verschiedene Hypothesen gestattet. Da nemlich die Kohle in ihrer Verbindung mit Sauerstoff z. B., gasförmig wird, so kann man sich vorstellen, ein gewisses Volumen von Kohlenstoffdampf verbinde sich mit einem gewissen Volumen von Sauerstoffgas zu Kohlenoxydgas oder zu kohlen-saurem Gas. Es ist bequem, einen solchen, wenn gleich für sich nicht darstellbaren, Kohlenstoffdampf in die Berechnungen aufzunehmen. In der atomistischen Theorie ist z. B. die Annahme gestattet (welche mit der zuvor aufgestellten Voraussetzung zusammenfällt), dass 2 Volum. Sauerstoffgas sich mit 1 Vol. Kohlenstoffdampf zu 2 Vol. kohlen-stoffsaurem Gas verbinden. Diese Voraussetzung stimmt nicht nur damit überein, dass die Kohlen-säure doppelt so viel Sauerstoff enthält, als die Basen, welche sie sättigt, mithin auf 1 Atom Kohle 2 At. Sauerstoff, sondern auch mit einem gewöhnlichen Verhalten, nach welchem sich gasförmige Körper bei ihrer Verbindung mit einander zusammenziehen, denn auf gleiche Weise bilden z. B. 2 Vol. Stickgas mit 1 Vol. Sauerstoffgas 2 Vol. Stickoxydulgas; 2 Vol. Wasserstoffgas mit 1 Vol. Sauerstoffgas 2 Vol. Wasserdampf.

Die Kohlensäure ist in diesem Fall wiederum  $C+2O$ , und da sie aus 27.3 Kohlenstoff, und 72.7 Sauerstoff besteht, so verhält sich das Gewicht eines Atoms Kohle zu dem Gewicht eines Atoms Sauerstoff  $= 27.3 : \frac{72.7}{2} = x : 16$ . Das Gewicht des Atoms der Kohle ist daher  $= 12$ , und das specif. Gewicht des imaginären Kohlenstoffdampfs verhält sich zu dem specif. Gewicht des Sauerstoffgases  $= 12 : 16 = x : 1.10926$  (spec. Gew. des Sauerstoffgases); das specif. Gew. des Kohlenstoffdampfs ist daher  $= 0.8320$ . In Beziehung auf das Atomgewicht des Sauerstoffs würde also unter diesen Voraussetzungen das des Kohlenstoffs sowohl nach b als nach a auf die gleiche Weise bestimmt, und letzteres würde nach b doppelt so gross werden, als nach a, weil auch das Atom des Sauerstoffs nach b doppelt so gross ist als nach a. Nach a ist das Atom der Kohle  $= 6$ . Anderen dagegen scheint die Voraussetzung einfacher zu seyn, dass das kohlen-saure Gas aus 1 Vol. Sauerstoffgas und 1 Vol. Kohlenstoffdampf bestehe, welche 2 Volumina sich auf 1 Vol. zusammenziehen; in diesem Fall wird das specif. Gew. des imaginären Kohlenstoffdampfs halb so gross als zuvor, und zwar gleich dem Unterschied des specif. Gewichtes des kohlen-sauren Gases und des Sauerstoffgases  $= 0.4160$ . Die Kohlensäure ist dann (in der Voraussetzung nemlich, dass Atom = Volumen sey)  $C+O$ , das Kohlenoxydgas  $2C+O$ , die Oxalsäure  $4C+3O$ ; und wenn das Atom des Sauerstoffs  $= 16$  ist, so ist das Atom der Kohle  $= 6$ ; ist das Atom des Sauerstoffs  $= 8$ , so ist das Atom der Kohle  $= 3$ . Wenn die Kohlensäure  $C+2O$  und  $O = 16$  ist, so ist  $C+2O = 12+32 = 44$ ; ist die Kohlensäure  $C+O$  und  $O = 16$ , so ist  $C+O = 6+16 = 22 = \frac{1}{2} \times 44$ . Ebenso, wenn  $O = 8$ , so ist im ersteren Fall die Kohlensäure  $= 22$ , im letzteren  $= 11$ , d. h. die Hälfte von 22. Da nun in den als neutral betrachteten kohlen-sauren Salzen der Sauerstoff der Kohlensäure das Doppelte ist von dem der Basis, so muss man



diese Salze als aus 2 At. Säure und 1 At. Basis zusammengesetzt betrachten, wenn die Kohlensäure  $C+O$  ist. Die Annahme, dass die Kohlensäure  $C+2O$  ist, hat daher weit mehr für sich. Uebrigens muss bemerkt werden, dass man die Kohlensäure als  $C+2O$  betrachten und dennoch annehmen kann, dass 1 Vol. Kohlenstoffdampf mit 1 Vol. Sauerstoffgas 1 Vol. kohlen-saures Gas bilde, sobald man nur Volumen nicht = Atom setzt. Dann wird 1 Vol. Kohlenstoffdampf einem halben Atom oder Mischungsgewicht Kohle entsprechen.

Wir wollen nun untersuchen, was aus diesen Bestimmungen des Atomgewichts der Kohle weiter folgt. — Die Verbindung der Kohle mit dem Stickstoff, das Cyan, welches mit Wasserstoff Blausäure bildet, gibt, mit Kupferoxyd erhitzt, 1 Vol. Stickgas und 2 Vol. kohlen-saures Gas. Wir hatten angenommen, dass 2 Vol. kohlen-saures Gas 1 Vol. Kohlenstoffdampf enthalten; mithin wird in der atomistischen Volumenstheorie das Cyan aus 1 Vol. Stickgas und 1 Vol. Kohlenstoffdampf, d. h. aus 1 At. Stickstoff und 1 At. Kohlenstoff bestehen. Es würde dann aber, gerade wie bei dem Chlor, 1 At. Cyan nur mit  $\frac{1}{2}$  Atom Metall zu Cyanmetall sich verbinden: man muss daher auch hier annehmen, dass 1 At. Cyan aus 1 Doppelatom Stickstoff und 1 Doppelatom Kohlenstoff bestehe, denn nur dann verbindet sich 1 At. Cyan mit 1 At. Metall zu 1 At. Cyanmetall. Die Bezeichnung für das Atom des Cyans ist daher in dieser atomistischen Theorie (b)  $N_2C$ . Weil das Atom der Kohle, verglichen mit dem des Sauerstoffs, sowohl nach a als nach b dieselbe Grösse hat, aber das Atom des Stickstoffs, verglichen mit dem des Sauerstoffs, nach a doppelt so gross ist als nach b, wie oben gezeigt wurde, so muss die Bezeichnung eines Mischungsgewichts Cyan nach a:  $N+2C$  seyn, damit das gleiche quantitative Verhältniss des Stickstoffs und Kohlenstoffs in dem Cyan bei beiden Vor-

aussetzungen, a und b, hergestellt werde. In dieser Voraussetzung a darf mithin in den Cyanmetallen kein Doppelatom von Cyan, wie bei b, angenommen werden, dagegen besteht aber 1 Atom Cyan aus 1 At. Stickstoff und 2 Atomen Kohlenstoff. Ein Cyanmetall gibt durch Wasserzersetzung blausaures Metalloxyd, indem sich nach a 1, nach b 2 Atome Wasserstoff mit dem Cyan zu Blausäure, und sowohl nach a als nach b 1 At. Sauerstoff mit dem einen At. Metall zu Metalloxyd verbinden. Die Bezeichnung für 1 Atom Blausäure ist daher nach b:  $\text{N}-\text{C}-\text{H}$ , nach a:  $\text{N}+2\text{C}+\text{H}$ , oder  $\text{NC}^2\text{H}$ . Es ergibt sich ferner, dass der Blausäuredampf entweder aus 1 Vol. Stickgas, 1 Vol. Kohlenstoffdampf und 1 Vol. Wasserstoffgas (wenn nemlich 2 Vol. kohlensaures Gas 1 Vol. Kohlenstoffdampf und 2 Vol. Sauerstoffgas enthalten), oder aber aus 1 Vol. Stickgas 2 Vol. Kohlenstoffdampf und 1 Vol. Wasserstoffgas besteht (wenn man annimmt, dass 1 Vol. Kohlenstoffdampf mit 1 Vol. Sauerstoffgas 1 Vol. kohlensaures Gas bilde). — Es wäre überflüssig, auseinander zu setzen, wie nach diesen verschiedenen Bestimmungen des Atomgewichts der Kohle, die verschiedenen Verbindungen der Kohle mit Wasserstoff, mit Chlor u. s. f. bezeichnet werden müssen.

*Bor. B.* — Es ist oben bemerkt worden, dass in den als neutral betrachteten borsauen Salzen der Sauerstoff der Borsäure das 6 fache ist von dem der Basis, und dass demnach die Borsäure als  $\text{B}+6\text{O}$  betrachtet wird, weil man annimmt, dass 1 Atom Borsäure mit 1 Atom Basis 1 At. neutrales borsaures Salz bilde. Da nun die Borsäure aus 31 Bor und 69 Sauerstoff besteht, so verhält sich das Gewicht eines Atoms Bor zu dem Gewicht eines Atoms Sauerstoff  $= 31 : \frac{69}{6}$   
 $= x : 8$  } ; das Gewicht eines Atoms Bor ist daher  $= 21.6$  }  
 16 } 43.2 }  
 wenn das Gewicht eines Atoms Sauerstoff  $= \frac{8}{16}$  } ist. Berzelius, der es nach der Analogie mit andern Säuren für wahr-

scheinlicher hält, dass die Borsäure nur 3 At. Sauerstoff auf 1 At. Bor enthält, betrachtet demgemäss die Borsäure aus 2 At. Bor und 6 At. Sauerstoff zusammengesetzt. Dann wird das Atomgewicht des Bors auf die Hälfte heruntersgesetzt, d. h. = 10.8 } , wenn das Atomgewicht des Sauerstoffs = 8 }  
 21.6 } 16 }

ist. — Es existirt eine gasförmige Verbindung von Bor und Fluor, die durch Wasser in Borsäure und Fluorwasserstoffsäure zersetzt wird. Wenn die Flusssäure (vergl. S. 473.) aus 1 At. Fluor und 1 At. Wasserstoff besteht, so muss das Fluorbor aus 1 At. Bor und 6 At. Fluor bestehen, denn dann wird durch Zersetzung von 6 At. Wasser (sofern das Wasser aus 1 At. Wasserstoff und 1 At. Sauerstoff besteht) 1 At. Bor durch 6 At. Sauerstoff zu Borsäure, und 6 At. Fluor durch 6 At. Wasserstoff zu Flusssäure. — In der Hypothese, nach welcher das Wasser  $O + 2H$ , die Flusssäure  $F + H$ , die Borsäure  $2B + 6O$  ist, können wir das Fluorbor durch  $BF^3$  ausdrücken; denn die 3 Doppelatome Fluor erfordern 3 Doppelatome Wasserstoff, um Flusssäure zu bilden, machen also 3 einfache Atome Sauerstoff aus dem Wasser frei, welche mit einem einfachen Atom von Bor, Borsäure bilden, weil B mit 3 O Borsäure gibt, wenn diese  $2B + 6O$  ist.

*Silicium.* Si. — Ich habe schon oben bemerkt, dass, da das Silicium mit andern Elementen und namentlich auch mit dem Sauerstoff, nur eine einzige Verbindung eingeht, da ferner, obgleich die Kieselsäure mit Salzbasen Verbindungen von sehr verschiedenen Sättigungsgraden eingeht, wir dennoch kein, auch nur einigermaßen zuverlässiges, Kriterium besitzen, an welchem wir die Neutralität, Acidität, oder Basicität einer kieselsauren Verbindung erkennen könnten, die einfachste Voraussetzung die ist, in der Kieselsäure 1 Atom Silicium auf 1 At. Sauerstoff anzunehmen. Da nun die Kieselsäure aus 48.3 Silicium und 51.7 Sauerstoff besteht, so ist

das Gewicht eines Atoms Silicium =  $\frac{7.47}{14.94}$  } , wenn das Ge-  
 wicht eines Atoms Sauerstoff =  $\frac{8}{16}$  } ist. Da jedoch unter

den in der Natur vorkommenden kiesel-sauren Verbindungen diejenigen zu den häufigeren gehören, in welchen der Sauerstoff der Kieselsäure das Dreifache ist von dem Sauerstoff der Basis, so betrachten dieses einige Chemiker, namentlich Berzelius, als einen Wink, dass man solche Verbindungen als neutrale zu betrachten und mithin in der Kieselsäure, gerade wie in der Schwefelsäure, 3 Atome Sauerstoff auf 1 At. Radical anzunehmen habe. Hiezu kommt, dass es in der Natur ein sehr verbreitetes Doppelsalz, den *Feldspath*, gibt, in welchem die Kieselsäure mit denselben Basen verbunden ist, wie in dem Alaun, und welches dem wasserfreien Alaun ganz analog zusammengesetzt ist, indem der Sauerstoff der Kieselsäure zu dem Sauerstoff der beiden Basen, Kali und Alaunerde, in dem Feldspath in demselben Verhältniss steht, wie der Sauerstoff der Schwefelsäure zu dem Sauerstoff derselben Basen in dem wasserfreien Alaun, so dass letzterer, wenn man für den Schwefel, Silicium, und zwar so viel Silicium setzt, dass dasselbe mit dem Sauerstoff der Schwefelsäure, Kieselsäure bildet, die übrigen Bestandtheile aber unverändert lässt, zu Feldspath wird. — Hierinn glauben nun diese Chemiker eine Analogie der Kieselsäure mit der Schwefelsäure und mithin eine weitere Veranlassung zu erblicken, in der Kieselsäure 3 At. Sauerstoff anzunehmen. In dieser Voraussetzung ist dann das Atom des Siliciums =  $\frac{22.4}{44.8}$  } für

den Sauerstoff =  $\frac{8}{16}$  } , denn es verhält sich  $48.3 : \frac{51.7}{3}$

= 1 Atom Silicium =  $\frac{22.4}{44.8}$  } : 1 Atom Sauerstoff =  $\frac{8}{16}$  }

Da die Kieselsäure die eigentliche Säure des Mineral-

reichs ist, indem die meisten in dem Mineralreich vorkommenden Salze, kiesel-saure Salze sind, so würde es für die Mineralogie kein unbedeutender Gewinn seyn, wenn sich mit grösserer Sicherheit entscheiden liesse, wie viele Atome Sauerstoff die Kieselsäure enthält. Die Benennung der kiesel-sauren Salze muss natürlich sehr verschieden ausfallen, je nachdem man in der Kieselsäure 1 oder 3, oder irgend eine andere Anzahl von Atomen Sauerstoff annimmt. Ich will dieses an dem so eben angeführten Beispiel zeigen. Der Feldspath besteht aus Kieselsäure, Alaunerde und Kali: setzt man die Menge des Sauerstoffs, welche das Kali enthält, = 1, so ist die Sauerstoffmenge der Alaunerde = 3, der Kieselsäure = 12. Wir wollen hier als entschieden annehmen, dass sowohl Kali als Alaunerde auf 1 Atom Metall 1 Atom Sauerstoff enthalten. Enthält nun die Kieselsäure ebenfalls auf 1 At. Radical, 1 At. Sauerstoff, so hat man im Ganzen 1 At. Kali, 3 At. Alaunerde, und 12 Atome Kieselsäure. Vertheilt man nun die Kieselsäure gleichförmig unter die beiden Basen, so besteht der Feldspath aus 1 At. dreifach kiesel-saurem Kali + 3 At. dreifach kiesel-saurer Alaunerde, d. h. aus zwei sauren Salzen, deren jedes auf 1 Atom Basis 3 Atome Säure enthält. Besteht dagegen die Kieselsäure aus 1 At. Radical und 3 At. Sauerstoff, so erfordert 1 At. Kali, 3 Atome von den 12 At. Sauerstoff der Kieselsäure, um 1 At. einfach kiesel-saures Kali zu bilden, und 3 At. Alaunerde erfordern die übrigen 9 Atome Sauerstoff der Kieselsäure, um 3 At. einfach kiesel-saure Alaunerde zu bilden. Der Feldspath besteht daher in diesem Fall aus 1 At. einfach kiesel-saurem Kali + 3 At. einfach kiesel-saurer Alaunerde.

*Chrom. Cr.* — Ich habe oben die Gründe angegeben, aus welchen die Chromsäure als eine Verbindung von 1 At. Chrom und 3 At. Sauerstoff betrachtet wird. Das Chromoxydul ist dann entweder  $\text{Cr} + 1\frac{1}{2}\text{O}$  oder  $2\text{Cr} + 3\text{O}$ . Aus

der bekannten Zusammensetzung einer dieser Verbindungen ergibt sich das Atomgewicht des Chroms.

*Vanadin. V.* — Der Sauerstoff des Vanadinoxids verhält sich zu dem der Vanadinsäure = 2 : 3. Letztere enthält in ihren neutralen Salzen 3 mal den Sauerstoff der Basis; sie ist daher  $V+3O$ , und damit das Atomgewicht des Vanadins bestimmt.

*Molybdän. Mo.* — Die Molybdänsäure ist aus den gleichen Gründen als  $Mo+3O$  zu betrachten.

*Wolfram. W.* — Auch die Wolframsäure ist  $W+3O$ .

*Antimon. Sb.* — Das Antimon verbindet sich in seinen verschiedenen Oxydationsstufen mit dem Sauerstoff in dem Verhältniss von  $1\frac{1}{2} : 2 : 2\frac{1}{2}$ ; das Antimonoxyd kann daher durch  $Sb+1\frac{1}{2}O$ , die Antimonsäure durch  $Sb+2\frac{1}{2}O$  bezeichnet werden. Die atomistische Ansicht nöthigt zu der Bezeichnung:  $2Sb+3O$  für das Antimonoxyd, und  $2Sb+5O$  für die Antimonsäure, welche letztere somit eine analoge Zusammensetzung hat mit der Unterschwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, Chlorsäure. Beide Bestimmungsarten geben mithin, in Beziehung auf das Atomgewicht des Sauerstoffs, das Atomgewicht des Antimons gleich gross. Letzteres findet man aus der bekannten Zusammensetzung irgend einer Sauerstoffverbindung des Antimons. Es ist =  $\left. \begin{array}{l} 64.57 \\ 129.14 \end{array} \right\}$

für das Atomgewicht des Sauerstoffs =  $\left. \begin{array}{l} 8 \\ 16 \end{array} \right\}$ .

*Tellur. Te.* — Das Tellur bildet mit Sauerstoff zwei Säuren, die *tellurige Säure* und die *Tellursäure*; in letzterer nimmt das Metall anderthalbmal so viel Sauerstoff auf als in ersterer. Wenn daher die Tellursäure  $Te+3O$  ist, so ist die tellurige Säure  $Te+2O$ . — Es ist nicht unwahrscheinlich, dass das Tellur mit Sauerstoff auch noch eine niedrigere Oxydationsstufe bilde, da es ein Chlortellur gibt, welches einer Sauerstoffverbindung des Tellurs entspricht,

die weniger Sauerstoff als die tellurige Säure enthält. Die Tellursäure besteht aus 72.78 Tellur und 27.22 Sauerstoff; das Atomgewicht des Tellurs verhält sich mithin zu dem des Sauerstoffs =  $72.78 : \frac{27.22}{3}$ , und es ist daher =  $64.2$  }  
 128.4 }

für das Atomgewicht des Sauerstoffs =  $8$  }  
 16 }

*Tantal. Ta.* — Die Sauerstoffmengen der Oxyde des Tantals verhalten sich = 2 : 3; die einfachste Annahme ist daher, die niedrigere Oxydationsstufe als  $Ta + 2O$ , die höhere als  $Ta + 3O$  zu betrachten. Da aber die Tantalsäure eine sehr schwache Säure ist, und wenig Sauerstoff enthält, so betrachtet sie Berzelius als  $2Ta + 3O$ , wornach das Atomgewicht des Tantals auf die Hälfte heruntersgesetzt wird. Da die Tantalsäure aus 88.5 Tantal und 11.5 Sauerstoff besteht, so ist das Atomgewicht des Tantals nach der ersten Hypothese =  $184$  } für Sauerstoff =  $8$  }  
 368 } 16 }, nach der zweiten nur halb so gross.

*Titan. Ti.* — Aus der Analogie der Titansäure mit dem ihr isomorphen Zinnoxid (Zinnsäure), und weil die Existenz einer niedrigeren Oxydationsstufe des Titans nicht zu bezweifeln ist, folgert man, dass auch die Titansäure 2 Atome Sauerstoff enthalte, d. h.  $Ti + 2O$  sey. Aus der bekannten Zusammensetzung dieser Säure ergibt sich das Atomgewicht des Titans =  $24.3$  } für Sauerstoff =  $8$  }  
 48.7 } 16 }

*Gold. Au.* — Die Sauerstoffmengen der zwei bekannten Goldoxyde verhalten sich = 1 : 3, sie können also  $Au + O$  und  $Au + 3O$  seyn. Da jedoch die niederste Oxydationsstufe nur ein Suboxyd ist, so nehmen einige Chemiker an, dass sie  $3Au + O$ , und die höhere  $Au + O$  sey. Wieder Andere nehmen an, dass die niederste Oxydationsstufe  $2Au + O$ , die höchste  $2Au + 3O$  sey, weil das Goldoxyd wie eine schwa-

che Säure und nicht wie eine Salzbasis sich verhält, und weil, wenn das Atom des Goldoxyds auf diese letztere Weise bestimmt wird, das Gewicht desselben mit dem oben erwähnten, von Dulong und Petit entdeckten Gesetz übereinstimmt. Das Gewicht eines Atoms Gold ist nach der zuletzt angeführten Voraussetzung =  $99.5 \left. \vphantom{\begin{matrix} 99.5 \\ 199.0 \end{matrix}} \right\}$  für Sauerstoff =  $8 \left. \vphantom{\begin{matrix} 8 \\ 16 \end{matrix}} \right\}$ .  
 $199.0 \left. \vphantom{\begin{matrix} 99.5 \\ 199.0 \end{matrix}} \right\}$   $16 \left. \vphantom{\begin{matrix} 8 \\ 16 \end{matrix}} \right\}$ .

*Osmium. Os.* — Das Osmium bildet nach Berzelius fünf verschiedene Verbindungen mit dem Sauerstoff, in welchen sich die Sauerstoffmengen verhalten =  $1 : 1\frac{1}{2} : 2 : 3 : 4$ . Demnach ist anzunehmen, dass sich 1 Atom Osmium mit 1, mit  $1\frac{1}{2}$  (oder 2 Atome Osmium mit 3), mit 2, 3, 4 At. Sauerstoff verbinde. Ein Atom Osmium wiegt dann  $99.7 \left. \vphantom{\begin{matrix} 99.7 \\ 199.4 \end{matrix}} \right\}$ , wenn 1 At. Sauerstoff =  $8 \left. \vphantom{\begin{matrix} 8 \\ 16 \end{matrix}} \right\}$ .  
 $199.4 \left. \vphantom{\begin{matrix} 99.7 \\ 199.4 \end{matrix}} \right\}$   $16 \left. \vphantom{\begin{matrix} 8 \\ 16 \end{matrix}} \right\}$ .

*Iridium. Ir.* — Die Sauerstoffmengen der 4 Iridiumoxyde verhalten sich nach Berzelius =  $1 : 1\frac{1}{2} : 2 : 3$ . Sie sind daher  $Ir + O$ ,  $Ir + 1\frac{1}{2}O$  (oder  $2Ir + 3O$ ),  $Ir + 2O$ ,  $Ir + 3O$ . Das Atom des Iridiums ist dem des Osmiums beinahe gleich, nemlich  $98.8 \left. \vphantom{\begin{matrix} 98.8 \\ 197.6 \end{matrix}} \right\}$  für Sauerstoff =  $8 \left. \vphantom{\begin{matrix} 8 \\ 16 \end{matrix}} \right\}$ .  
 $197.6 \left. \vphantom{\begin{matrix} 98.8 \\ 197.6 \end{matrix}} \right\}$   $16 \left. \vphantom{\begin{matrix} 8 \\ 16 \end{matrix}} \right\}$ .

*Rhodium. R.* — Das Rhodium bildet nach Berzelius 2 Oxyde, deren Sauerstoffmengen sich wie  $1 : 1\frac{1}{2}$  verhalten. Das eine Oxyd ist  $R + O$ , das andere  $R + 1\frac{1}{2}O$  oder  $2R + 3O$ . Das Gewicht eines Atoms Rhodium wird dann  $52.2 \left. \vphantom{\begin{matrix} 52.2 \\ 104.4 \end{matrix}} \right\}$  für Sauerstoff =  $8 \left. \vphantom{\begin{matrix} 8 \\ 16 \end{matrix}} \right\}$ .  
 $104.4 \left. \vphantom{\begin{matrix} 52.2 \\ 104.4 \end{matrix}} \right\}$   $16 \left. \vphantom{\begin{matrix} 8 \\ 16 \end{matrix}} \right\}$ .

*Platin. Pt.* — Die Sauerstoffmengen des Platinoxyduls und des Platinoxyds verhalten sich =  $1 : 2$ . Ist ersteres  $2Pt + O$ , so ist letzteres  $Pt + O$ ; ist dagegen ersteres  $Pt + O$ , so ist letzteres  $Pt + 2O$ . Es ist klar, dass die letztere Voraussetzung das Atomgewicht des Platins doppelt so gross gibt



gibt als die erstere. Es ist =  $\left. \begin{array}{l} 98.8 \\ 197.6 \end{array} \right\}$  für Sauerstoff =  $\left. \begin{array}{l} 8 \\ 16 \end{array} \right\}$

und wenn das Platinoxydul =  $\text{Pt} + \text{O}$  angenommen wird.

*Palladium.* Pd. — Die Sauerstoffmengen des Palladiumoxyduls und des Palladiumoxyds verhalten sich = 1 : 2. Ersteres, die eigentliche Salzbasis, ist  $\text{Pd} + \text{O}$ , letzteres  $\text{Pd} + 2\text{O}$ . Das Gewicht eines Atoms Palladium ist =  $\left. \begin{array}{l} 53.3 \\ 106.6 \end{array} \right\}$

für Sauerstoff =  $\left. \begin{array}{l} 8 \\ 16 \end{array} \right\}$ .

*Quecksilber.* Hg. — Die Sauerstoffmengen der beiden Quecksilberoxyde verhalten sich = 1 : 2. Das Quecksilberoxyd, als die stärkste Salzbasis, wird als  $\text{Hg} + \text{O}$  betrachtet; das Quecksilberoxydul ist dann  $2\text{Hg} + \text{O}$ , was auch damit übereinstimmt, dass es sich so leicht in Quecksilber und Quecksilberoxyd, d. h. in Hg und  $\text{Hg} + \text{O}$  zersetzt: das Atom des Quecksilbers ist dann  $\left. \begin{array}{l} 101 \\ 202 \end{array} \right\}$  für Sauerstoff =  $\left. \begin{array}{l} 8 \\ 16 \end{array} \right\}$ .

*Silber.* Ag. — Das Silber bildet mit Sauerstoff eine einzige, aber starke Salzbasis, die man als  $\text{Ag} + \text{O}$  betrachtet. Das Atom des Silbers ist demnach, da das Silberoxyd aus 93.10 Silber und 6.90 Sauerstoff besteht, =  $\left. \begin{array}{l} 108 \\ 216 \end{array} \right\}$  für Sauerstoff =  $\left. \begin{array}{l} 8 \\ 16 \end{array} \right\}$ .

*Kupfer.* Cu. — Die Sauerstoffmengen der beiden Kupferoxyde verhalten sich = 1 : 2. Da das Kupferoxyd die eigentliche Salzbasis ist und das Kupferoxydul mehr die Rolle eines Suboxyds spielt, da ferner das Kupferoxyd dem Eisenoxydul isomorph ist, so schliesst man, dass das Kupferoxyd  $\text{Cu} + \text{O}$ , mithin das Kupferoxydul  $2\text{Cu} + \text{O}$  sey. Das Atomgewicht des Kupfers ist dann =  $\left. \begin{array}{l} 32 \\ 64 \end{array} \right\}$  für Sauerstoff =  $\left. \begin{array}{l} 8 \\ 16 \end{array} \right\}$ .

*Uran.* U. — Die Sauerstoffmengen der Uranoxyde ver-

halten sich =  $1 : 1\frac{1}{2}$ , das Oxydul ist daher  $U + O$ , das Oxyd  $U + 1\frac{1}{2}O$ , oder  $2U + 3O$ . Das Atomgewicht des Urans, (das höchste aller Atomgewichte, weil das Uranoxydul eine sehr geringe Menge Sauerstoff enthält) ist =  $\frac{217}{434}$  für Sauerstoff =  $\frac{8}{16}$ .

*Wissmuth. Bi.* — Man kennt zwei Oxyde des Wissmuths, ein Oxyd und ein Superoxyd, deren Sauerstoffmengen sich =  $1 : 1\frac{1}{2}$  verhalten; das Wissmuthoxyd ist daher  $Bi + O$ , das Superoxyd  $2Bi + 3O$ . Das Oxyd besteht aus 89.86 Wissmuth und 10.14 Sauerstoff; das Atomgewicht des Wissmuths ist daher =  $\frac{71}{142}$  für Sauerstoff =  $\frac{8}{16}$ .

*Zinn. Sn.* — Die Sauerstoffmengen der Oxyde des Zinns verhalten sich =  $1 : 2$ . Das Zinnoxydul ist die eigentliche Salzbasis, es ist daher  $Sn + O$  und das Zinnoxyd  $Sn + 2O$ . Diese Voraussetzung stimmt auch mit dem von Dulong und Petit entdeckten Gesetz so wie damit überein, dass das Zinnoxyd in seinen Verbindungen als eine schwache Säure auftritt. Das Atomgewicht des Zinns wird dann =  $\frac{59}{118}$  für Sauerstoff =  $\frac{8}{16}$ .

*Blei. Pb.* — Die Sauerstoffmengen der Oxyde des Bleis verhalten sich =  $1 : 1\frac{1}{2} : 2$ ; die niedrigste Oxydationsstufe ist die einzige, und zwar eine sehr ausgezeichnete Salzbasis, die beiden höheren sind Superoxyde. Erstere ist daher  $Pb + O$ , die letzteren  $Pb + 1\frac{1}{2}O$  (oder  $2Pb + 3O$ ) und  $Pb + 2O$ . Das Atomgewicht des Bleis ist =  $\frac{103.5}{207.0}$  für Sauerstoff =  $\frac{8}{16}$ .

*Cadmium. Cd.* — Das Cadmium hat ein einziges Oxyd, welches eine starke Salzbasis und daher  $Cd + O$  ist. Es besteht aus 87.5 Cadmium und 12.5 Sauerstoff. Das Atom des Cadmiums ist daher =  $\frac{56}{112}$  für Sauerstoff =  $\frac{8}{16}$ .

*Zink. Zn.* — Von dem Zink ist ein einziges Oxyd mit Sicherheit gekannt, welches eine starke Salzbasis und daher  $Zn + O$  ist. Es enthält 80.1 Th. Zink und 19.9 Th. Sauerstoff. Das Atomgewicht des Zinks ist daher = 32.2 } für  
64.4 }

Sauerstoff = 8 }  
16 }

*Kobalt. Co.* — Die Sauerstoffmenge des Kobaltoxyds verhält sich zu der des Kobalt-superoxyds = 1 : 1½. Ersteres, als starke Salzbasis, ist  $Co + O$ , letzteres  $Co + 1½ O$  oder  $2Co + 3O$ . Das Atomgewicht des Kobalts ist = 29.5 }  
59 }

für Sauerstoff = 8 }  
16 }

*Nickel. Ni.* — Das Atomgewicht des Nickels wird nach denselben Grundsätzen bestimmt, wie das des Kobalts. Es ist eben so gross, wie das des Kobalts, was bei der grossen chemischen Analogie beider Metalle sehr bemerkenswerth ist.

*Eisen. Fe.* — Die Sauerstoffmengen der beiden Eisenoxyde verhalten sich wie 1 : 1½. Ersteres, als stärkste Salzbasis, ist  $Fe + O$ , letzteres  $Fe + 1½ O$  oder  $2Fe + 3O$ . Das Atom des Eisens ist = 27.16 } für Sauerstoff = 8 }  
54.32 } 16 }

*Mangan. Mn.* — Die Sauerstoffmengen des Manganoxyduls, Oxyds, Superoxyds und der Mangansäuren verhalten sich = 1 : 1½ : 2 : 3 : 3½. Das Oxydul, als stärkste Salzbasis, ist  $Mn + O$ , die darauf folgenden Sauerstoffverbindungen sind:  $Mn + 1½ O$  (oder  $2Mn + 3O$ ),  $Mn + 2O$ ,  $Mn + 3O$ , und  $Mn + 3½ O$  (oder  $2Mn + 7O$ ). Da das Manganoxydul aus 78.07 Mangan und 21.93 Sauerstoff besteht, so ist das Atomgewicht des Mangans = 28.5 } für Sauerstoff = 8 }  
57 } 16 }

*Cerium. Ce.* — Die Sauerstoffmengen der Ceriumoxyde verhalten sich = 1 : 1½. Das Oxydul, die stärkste Salzbasis, ist daher  $Ce + O$ , das Oxyd  $Ce + 1\frac{1}{2}O$  oder  $2Ce + 3O$ . Das Atom des Ceriums ist = 46 } für Sauerstoff = 8 }  
92 } 16 }

*Aluminium. Al.* — Dieses Metall hat ein einziges Oxyd, die Alaunerde. Wenn man daher auf keine anderweitigen Verhältnisse Rücksicht nimmt, so wird man die Alaunerde, zumal da sie Salzbasis ist, als  $Al + O$  betrachten. Das Atomgewicht des Aluminiums ist dann, da die Alaunerde 46.7047 proc. Sauerstoff und 53.2953 proc. Metall enthält = 9.13 }  
18.26 }

für Sauerstoff = 8 } Da jedoch die Alaunerde dem Eisen-  
16 } oxyd isomorph ist, so nimmt Berzelius an, dass auch sie, wie dieses, 2 Atome Metall auf 3 Atome Sauerstoff enthalte. Man hat dann die Gleichung : 53.2953 : 46.7047 = 2 Atome Aluminium : 3 At. Sauerstoff } ; 2 Atome Aluminium werden da-  
3 × 8 } her = 27.39 für Sauerstoff = 8, und das Atomgewicht des Aluminiums = 13.69 } für Sauerstoff = 8 }  
27.39 } 16 }

*Zirconium. Zr.* — Die Zirkonerde ist die einzige Verbindung des Zirconiums mit Sauerstoff und zugleich Salzbasis; man betrachtet sie daher gewöhnlich als  $Zr + O$ . Da sie aus 73.68 Metall und 26.32 Sauerstoff besteht, so ist das Atomgewicht des Zirconiums = 22.4 } für Sauerstoff = 8 }  
44.8 } 16 }

Berzelius dagegen findet in der Analogie der Verbindungen des Fluorzirconiums, Fluoraluminiums und Eisenfluorids mit Fluorkalium eine Andeutung, die Zirkonerde ebenso als  $2Zr + 3O$  zu betrachten, wie nach ihm die Alaunerde  $2Al + 3O$ , und namentlich das Eisenoxyd  $2Fe + 3O$  ist. Hiernach würde das Atomgewicht des Zirconiums

= 33.6 } für Sauerstoff = 8 }.  
67.2 } 16 }

*Thorium*. Th. — Die Thorerde besteht nach Berzelius aus 88.16 Th. Thorium und 11.84 Th. Sauerstoff. Wenn sie  $\text{Th} + \text{O}$  ist, so ist das Atomgewicht des Thoriums

= 59.6 } für Sauerstoff = 8 }.  
119.2 } 16 }

*Yttrium*. Y. — Dass die Yttererde  $\text{Y} + \text{O}$  sey, ist um so bestimmter anzunehmen, als diese Erde mit dem Ceroxydul die grösste Analogie hat. Das Atom des Yttriums wird dann = 32 } für Sauerstoff = 8 }.

64 } 16 }

*Beryllium*. Be. — Die Beryllerde besteht aus 68.83 Beryllium und 31.17 Sauerstoff. Wenn sie  $\text{Be} + \text{O}$  ist, so ist das Atom des Berylliums = 17.7 } für Sauerstoff = 8 }.

35.4 } 16 }

Ist aber, nach der Vermuthung von Berzelius, die Beryllerde  $2\text{Be} + 3\text{O}$ , so ist das Atom des Berylliums = 26.5 }

53 }

für Sauerstoff = 8 }.  
16 }

Die Atomgewichte der Metalle der eigentlichen Alkalien, nemlich der Bittererde, des Kalks, Strontians, Baryts, Lithions, Natrons, Kalis, werden von den meisten Chemikern nach der Voraussetzung bestimmt, dass diese Salzbasen aus 1 Atom Radical und 1 Atom Sauerstoff bestehen. Man erhält dann folgende Zahlen, wenn das Atomgewicht des Sauerstoffs = 8 } gesetzt wird:  
16 }

Magnesium 12.66 {, Calcium 20.5 }, Strontium 44 }, Baryum 68.6 }, Lithium 6.43 }, Natrium 23.3 }, Kalium 39.1 }.

25.33 {, 41 }, 88 }, 137.2 }, 12.86 }, 46.6 }, 78.2 }

Früher hatte Berzelius angenommen, dass alle diese Al-

kalien aus 1 At. Metall und 2 At. Sauerstoff bestehen. Da nun in ihren neutralen schwefelsauren Salzen z. B., der Sauerstoff der Säure das Dreifache ist von dem Sauerstoff der Basis, so musste angenommen werden, dass 2 Atome Schwefelsäure mit 1 Atom Basis verbunden seyen, sofern 1 At. Schwefelsäure 3 At. Sauerstoff enthält. Die neutralen schwefelsauren Salze mussten daher als *doppelschwefelsaure* Salze betrachtet werden. — Dasselbe gilt von den als neutral betrachteten Verbindungen dieser Salzbasen mit andern Säuren.

---

Wir haben die Atomgewichte aller Elemente, mit Ausnahme des Fluors, aus deren Verbindungen mit dem Sauerstoff vorzugsweise bestimmt, und wirklich sind diese Verbindungen hierzu schon aus dem Grunde die geeignetsten, weil, mit Ausnahme des Fluors, der Sauerstoff sich mit allen Elementen, mit den meisten sogar in verschiedenen Verhältnissen, zu verbinden fähig ist, und die meisten dieser Verbindungen sehr genau gekannt sind.

Für denselben Zweck könnten wir uns aber auch anderer Elemente als des Sauerstoffs bedienen, namentlich solcher, die, wie das Chlor, gleichfalls mit fast allen Elementen Verbindungen eingehen. Wegen der Häufigkeit seiner Verbindungen mit andern Elementen würde das Chlor dem Sauerstoff in Absicht auf Brauchbarkeit für diesen Zweck kaum nachstehen; da jedoch der Sauerstoff so viele Säuren und Salzbasen bildet, und da die Zusammensetzung der neutralen Salze, welche diese Säuren und Basen mit einander bilden, wie wir gesehen haben, ein so brauchbares Merkmal an die Hand gibt, die relative Anzahl von Atomen in einigen Verbindungen zu erkennen, so muss den Sauerstoffverbindungen vor allen übrigen der Vorzug bei der Bestimmung der Atomgewichte der Elemente eingeräumt werden. Es versteht sich übrigens von selbst, dass wenn einmal das Atomgewicht eines Elements bestimmt ist, und man

die relative Anzahl von Atomen in einer Verbindung, welche dieses Element mit einem andern bildet, kennt, das Atomgewicht dieses letztern Elements eben so gut aus dieser Verbindung als aus der Sauerstoffverbindung desselben bestimmt werden kann. Wenn z. B. das Atomgewicht des Chlors in Beziehung auf den Sauerstoff bestimmt ist, wenn ferner bekannt ist, wie viele Atome Chlor mit einem Atom Kalium in dem Chlorkalium verbunden sind, so lässt sich aus der Analyse des Chlorkaliums das Atomgewicht des Kaliums bestimmen, welches dann also auch in Beziehung auf den Sauerstoff bestimmt ist. Wenn daher, was wirklich der Fall ist, die Analyse des Chlorkaliums mit grösserer Genauigkeit gemacht werden kann, als die des Kalis, so wird man das Atom des Kaliums aus dem Chlorkalium, nicht aus dem Kali, bestimmen.

---

#### Rückblick.

Das *relative* Gewicht der Atome (Mischungsgewichte) der verschiedenen Elemente — und blos dieses relative, nicht das absolute Gewicht kann und soll, wie oben gezeigt wurde, bestimmt werden — hängt, wie wir gesehen haben, wesentlich allein davon ab, *wie viele* Atome eines jeden Elements in einer aus zwei Elementen bestehenden Verbindung, deren Zusammensetzung bekannt ist, angenommen werden. Die Alaunerde z. B. besteht aus 53.3 Aluminium und 46.7 Sauerstoff. Setzt man das Atom des Sauerstoffs = 8, und nimmt man in der Alaunerde 1 At. Metall auf 1 At. Sauerstoff an, so findet man das Atom des Aluminiums = 9.13. Nimmt man dagegen an, dass die Alaunerde aus 2 At. Metall auf 3 At. Sauerstoff bestehe und setzt man das Atom des Sauerstoffs wieder = 8, so wird das Atom des Aluminiums  $\frac{2}{3} \times (9.13) = 13.69$ .

Wir haben in dem Vorhergehenden die Atome der Ele-

mente nach zweierlei Hypothesen berechnet. Die erste dieser Hypothesen liegt den Zahlenbestimmungen der englischen Chemiker, namentlich Wollaston's in seiner Tafel der chemischen Aequivalente, so wie denen, welche sich in dem Handbuch der theoretischen Chemie von Leopold Gmein finden, zu Grunde; auf die zweite beziehen sich die Bestimmungen in dem Lehrbuch der Chemie von Berzelius.

Die erste dieser Voraussetzungen beruht auf folgenden Grundsätzen:

1) Das Wasser, die innigste Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff, wird als eine Verbindung von 1 At. Wasserstoff mit 1 At. Sauerstoff betrachtet.

2) Jede stärkere Salzbasis wird als eine Verbindung von 1 At. Radical mit 1 At. Sauerstoff betrachtet. Bildet ein Metall mit Sauerstoff nur eine einzige Salzbasis, so wird auch diese als eine Verbindung von 1 At. Radical mit 1 At. Sauerstoff betrachtet, sie mag übrigens eine starke oder eine schwache Salzbasis seyn.

3) Bildet ein Radical mit Sauerstoff nur eine einzige Verbindung, welche die Natur einer Säure hat, so wird diese Säure als eine Verbindung von 1 At. Radical mit 1 At. Sauerstoff betrachtet, *wenn nicht ein anderer Umstand dagegen spricht*. So wird die Kieselsäure nicht aber die Borsäure, als eine Verbindung von 1 At. Radical mit 1 At. Sauerstoff betrachtet (vergl. S. 524. 525).

4) Jede Verbindung eines Metalls mit Chlor und den dem Chlor verwandten Elementen, welche der stärksten Salzbasis, oder, wenn das Metall nur eine Salzbasis mit Sauerstoff bildet, der einzigen Salzbasis dieses Metalls entspricht, d. h. welche so zusammengesetzt ist, dass wenn durch Wasserzersetzung das Metall in diese Basis verwandelt wird, der Wasserstoff des Wassers den mit dem Metall verbundenen Körper in die gewöhnliche Wasserstoffsäure



verwandelt, wird als eine Verbindung von einem Atom der beiden Elemente betrachtet. So werden Chlorkalium, so wie dasjenige Chloreisen, welches durch Wasserersetzung in salzsaures Eisenoxydul, ebenso dasjenige Chlorquecksilber, welches durch Wasserersetzung in salzsaures Quecksilberoxyd verwandelt wird, als Verbindungen von 1 At. Chlor mit 1 At. Metall betrachtet, weil das Eisenoxydul und das Quecksilberoxyd die stärksten Salzbasen sind, welche diese Metalle mit Sauerstoff bilden, und aus 1 At. Metall und 1 At. Sauerstoff bestehen. Hieraus folgt dann zugleich, dass die gewöhnlichen Wasserstoffsäuren selbst, welche das Chlor und die ihm verwandten Körper bilden, als Verbindungen von 1 At. Radical mit 1 At. Wasserstoff betrachtet werden müssen; denn Chlorkalium z. B. besteht aus 1 At. Chlor und 1 At. Kalium; durch Wasserersetzung gibt es chlorwasserstoffsäures Kali, wobei das Kalium 1 At. Sauerstoff, und mithin das Chlor 1 At. Wasserstoff aufnimmt, da das Wasser aus 1 At. Sauerstoff und 1 At. Wasserstoff besteht.

5) Wenn ein elektropositives Element sich mit einem elektronegativen in verschiedenen Verhältnissen verbindet, so wird in der Regel, wenn nemlich kein anderer Umstand, namentlich n<sup>o</sup>. 2. und n<sup>o</sup>. 6. dagegen spricht, in allen Verbindungen das elektropositive Element zu *einem* Atom angenommen, und die Verhältnismengen des elektronegativen Elementes auf das einfachste Zahlenverhältniss gebracht. Diese Zahlen stellen dann die Anzahl der Atome des negativen Elements vor.

6) Diejenigen Salze, welche man Ursache hat als neutrale anzusehen, werden als Verbindungen von 1 Atom Säure mit 1 Atom Basis betrachtet, und hieraus folgt nothwendig, dass man in der Säure so viele Atome Sauerstoff annehmen muss, als die Zahl besagt, welche angibt, wie vielmal der Sauerstoff der Säure den Sauerstoff der Basis, welche sie sättigt, enthält, weil, wenn man eine grössere oder geringere Anzahl von Sauerstoffatomen in der Säure annehmen

würde, diese letztere zu weniger oder zu mehr, als zu einem Atom in die Verbindung einginge.

Der Stickstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff in 5 Verhältnissen, die auf das einfachste Zahlenverhältniss gebracht, durch die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 dargestellt werden. Man nimmt daher (mit Hintansetzung der Berücksichtigung des Umstandes, dass in der That das Stickoxydgas, nicht das Stickoxydulgas, die innigste Verbindung zwischen Stickstoff und Sauerstoff ist) an, dass das Stickoxydul  $1N + 1O$ , die Salpetersäure  $1N + 5O$  sei. Zu dieser Annahme wird man aber ausserdem durch die Annahme n°. 6. veranlasst. In den neutralen salpetersauren Salzen ist nemlich der Sauerstoff der Säure das Fünffache von dem der Basis. Würde man daher in der Salpetersäure z. B. nur 1 Atom Sauerstoff annehmen, so würden 5 At. Salpetersäure erfordert werden, um mit 1 At. Kali, welches nur 1 At. Sauerstoff enthält, neutrales salpetersaures Kali zu bilden. N°. 6 entscheidet daher für die Anzahl der Atome des Sauerstoffs, und n°. 5 lässt man für die Anzahl der Atome des Stickstoffs entscheiden. Die Annahme, welche die zweite Hypothese macht, dass das Stickoxydulgas nicht  $N + O$  sondern  $2N + O$  sei, leistet übrigens der Forderung, dass 1 Atom der Salpetersäure 5 At. Sauerstoff enthalten muss, gleichfalls Genüge; das Atom der Salpetersäure wird dann  $2N + 5O$ , statt  $N + 5O$ .

Der Schwefel verbindet sich mit dem Sauerstoff in Verhältnissen, welche auf das einfachste Zahlenverhältniss gebracht, durch die Zahlen 1, 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3 dargestellt werden. Die Unterschweifelsäure würde durch  $S + 2\frac{1}{2}O$  bezeichnet werden können, da diese Hypothese, welche sich um die atomistische Ansicht nicht kümmert, und blos der Kürze wegen das Wort *Atom* statt des Wortes *Mischungsgewicht* gebraucht, halbe Atome gestattet. Aber in den neutralen unterschweifelsauren Salzen ist der Sauerstoff der Säure das

Fünffache von dem Sauerstoff der Basis. Desswegen ist nach n°. 6 die Unterschwefelsäure  $2S + 5O$  und es wird in diesem Fall n°. 5 nicht berücksichtigt.

Der Phosphor verbindet sich in der phosphorigen- und Phosphor-Säure in Verhältnissen, die durch  $1\frac{1}{2}$  und  $2\frac{1}{2}$ , oder durch 3 und 5 dargestellt werden. Hier nimmt man auch wirklich in der Phosphorsäure 1 At. Phosphor und  $2\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff, nicht 2 At. Phosphor und 5 At. Sauerstoff an, weil in den als neutral betrachteten phosphorsauren Salzen der Sauerstoff der Säure das  $2\frac{1}{2}$  fache von dem der Basis ist.

Warum in der Borsäure 6, in der Kieselsäure 1 Atom Sauerstoff angenommen werden, ist oben (S. 524.525.) angegeben worden. — Die Sauerstoffmengen der Quecksilberoxyde verhalten sich = 1 : 2; nach n°. 5 sollte daher das Quecksilberoxydul durch  $Hg + O$ , das Oxyd durch  $Hg + 2O$  bezeichnet werden. Da aber das Quecksilberoxyd die stärkste Salzbasis ist, so wird es nach n°. 2 als  $Hg + O$  betrachtet, und das Oxydul muss daher durch  $2Hg + O$  (gegen n°. 5) bezeichnet werden. Aus demselben Grunde wird das Kupferoxyd durch  $Cu + O$ , das Kupferoxydul durch  $2Cu + O$  bezeichnet. Und so wie das Quecksilberoxyd  $Hg + O$  ist, so ist auch das demselben entsprechende Chlorquecksilber (der Sublimat)  $Hg + Cl$  d. h. Einfach-Chlorquecksilber, das dem Oxydul entsprechende Chlorquecksilber (Calomel) aber  $2Hg + Cl$ , oder  $Hg + \frac{1}{2}Cl$ , d. h. Halb-Chlorquecksilber.

Ausser den angeführten Umständen nimmt diese erste Hypothese auf keine weiteren Rücksicht; wenn sie sich auch der Kürze wegen des Wortes Atom bedient, so beachtet sie desswegen doch, wie ich schon bemerkt habe, die atomistische Theorie selbst nicht; sie lässt halbe, Drittelatome u. s. f. gelten. Ebenso wenig nimmt sie auf die Volumens-Verhältnisse, den Isomorphismus, auf das Verhältniss des Atomgewichts der Elemente zu ihrer specifischen Wärme u. s. f. Rücksicht.

Da diese Art, die Atomgewichte der Elemente zu bestimmen, auf ganz bestimmten, einfachen Voraussetzungen beruht, so hat sie vor der zweiten grosse Vorzüge durch die Gleichförmigkeit und Unwandelbarkeit der nach ihr gemachten Bestimmungen; die relative Grösse der Zahlen, welche die Atome der Elemente vorstellen, kann nur dadurch eine Aenderung erleiden, dass die Zusammensetzung einer Verbindung, welche zur Bestimmung des Atomgewichts eines Elements gebraucht wurde, vielleicht später richtiger bestimmt wird, ein Umstand, der auch auf jede andere Methode, die Atomgewichte zu bestimmen, den gleichen Einfluss ausübt.

Bei der *zweiten Art*, die Atomgewichte der Elemente zu bestimmen, hat man sich ein viel höheres Ziel gesteckt, damit aber die Bestimmung selbst mehr verwickelt und zum Theil unsicher gemacht. Man hält sich von der materiellen Existenz von Atomen überzeugt und sucht aus diesen die mechanische Constitution zusammengesetzter Körper abzuleiten; man ist z. B. überzeugt, dass das Atom der Schwefelsäure aus einem materiellen Schwefelatom, welches mit 3 materiellen Sauerstoffatomen durch Juxtaposition verbunden sey, bestehe, und dass die Verbindung dieser 3 Sauerstoffatome mit dem einen Schwefelatom eine solche sey, dass keine mechanische Gewalt sie zu trennen vermöge. Man benützt daher alle Umstände, aus welchen man auf die relative Anzahl der Atome in einer gegebenen Verbindung schliessen zu können glaubt; man glaubt namentlich voraussetzen zu dürfen, dass gleiche Maasse gasförmiger Elemente, bei gleichem Druck und gleicher Temperatur in der Regel auch eine gleiche Anzahl von Atomen enthalten müssen, dass also das Wasser z. B. aus 2 Atomen Wasserstoff und 1 At. Sauerstoff, das Stickoxydgas aus 1 At. Stickgas und 1 At. Sauerstoffgas, u. s. f. bestehe, wobei man jedoch die Annahme gestattet, dass ein zusammengesetztes Atom aus einem Doppelatom

eines jeden Elementes, oder allgemein, aus der doppelten Anzahl Atome eines jeden Elementes, also z. B. 1 Atom Salzsäure aus 2 At. Chlor und 2 At. Wasserstoff, ein Atom Ammoniak aus 2 At. Stickstoff und 6 At. Wasserstoff bestehen könne; kurz man nimmt in dieser Hypothese an, dass Volumen und Atom gleichbedeutend seyen, und dass, wenn es möglich wäre, alle Elemente in den gasförmigen Zustand zu versetzen, und in diesem Zustand zu messen und zu wägen, die Volumina der sich mit einander verbindenden Elemente wie die Anzahl ihrer Atome sich verhalten würden, dass also z. B., wenn das Aluminium oder Eisen in Gasform versetzt werden könnte, sich zeigen würde, dass 2 Maasse Aluminiumdampf mit 3 Maassen Sauerstoffgas zu Alaunerde, 1 Maass Eisendampf mit 1 Maass Sauerstoffgas zu Eisenoxydul, 2 Maasse Eisendampf mit 3 Maassen Sauerstoffgas zu Eisenoxyd sich verbinden würden, weil sich 2 Atome Aluminium mit 3 At. Sauerstoff, 2 At. Eisen mit 3 At. Sauerstoff verbinden u. s. f.

Diese Volumens-Verhältnisse können aber nur wenig benützt werden, da so wenige Elemente in gasförmigen Zustand versetzt und in diesem gemessen und gewogen werden können, und wenn gleich die Voraussetzung, dass gleich grosse Maasse gasförmiger Elemente eine gleiche Anzahl von Atomen enthalten, als die einfachste erscheint, so ist sie doch, wie schon oben S. 502. angeführt wurde, nicht allgemein gültig, indem die nicht beständigen Gase der Elemente z. B. des Schwefels, Phosphors, bei gleichem Volumen, Druck u. s. f. entschieden nicht die gleiche Anzahl von Atomen enthalten, wie die permanenten Gase von Elementen, z. B. Sauerstoff. Die Hauptstütze der die Volumens-Verhältnisse der Elemente berücksichtigenden atomistischen Theorie ist somit gefallen. Uebrigens liegt in der atomistischen Theorie selbst durchaus kein nöthiger Grund für die Annahme, dass gleiche Volumina gasförmiger Elemente auch eine gleiche Anzahl von Atomen enthalten müssen.

Ein zweiter Umstand, auf den man ein grosses Gewicht legt, ist der *Isomorphismus* der Körper. Aus der Gleichheit oder grossen Aehnlichkeit der Formen, welche zwei zusammengesetzte Verbindungen erster Ordnung, in welchen das eine Element das gleiche, das andere ein verschiedenes ist, entweder für sich selbst, oder in ihren entsprechenden, d. h. auf gleicher Stufe der Sättigung sich befindenden Verbindungen, mit einem dritten Körper zeigen, glaubt man auf eine gleiche relative Anzahl der Atome schliessen zu dürfen, weil nur unter dieser Voraussetzung der mechanische Bau, d. h. die Form, der gleiche seyn könne. So schliesst man aus dem Isomorphismus des Eisenoxyds und der Alaunerde auf eine gleiche relative Anzahl der Atome des Eisens, Aluminiums und Sauerstoffs in diesen beiden Oxyden, und da die Voraussetzung die wahrscheinlichste ist, dass das Eisenoxyd 3 At. Sauerstoff auf 2 At. Eisen enthalte, weil der Sauerstoff des Eisenoxyds das  $1\frac{1}{2}$  fache ist von dem des Eisenoxyduls, so schliesst man, dass auch die Alaunerde 2 At. Metall auf 3 At. Sauerstoff enthalte. Auf gleiche Weise schliesst man aus dem Isomorphismus, den das arseniksaure und phosphorsaure Natron zeigt, wenn in beiden Salzen der Sauerstoff der Säure zu dem Sauerstoff der Basis und des Krystallisationswassers in dem gleichen Verhältniss steht, auf eine gleiche relative Anzahl von Atomen Arsenik, Phosphor und Sauerstoff in der Arseniksäure und Phosphorsäure, was auch, abgesehen von allem Isomorphismus, schon daraus zu erhellen scheint, dass die Sauerstoffmengen der arsenigen- und Arsenik-Säure, wie die der phosphorigen- und Phosphor-Säure, sich verhalten =  $1\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$ , oder = 3 : 5.

Ebenso glaubt man in zweifelhaften Fällen auf das von Dulong und Petit entdeckte Gesetz, betreffend die *Beziehung des Atomgewichts zu der specifischen Wärme* Rücksicht nehmen zu müssen, obgleich dieses Gesetz nicht immer mit andern Umständen übereinstimmt, durch die man sich

sonst bei der Bestimmung der relativen Anzahl der Atome leiten lässt.

In andern ganz zweifelhaften Fällen endlich lässt man sich durch zum Theil ziemlich unsichere Analogieen leiten, was jedoch auch bei der ersten der genannten Hypothesen bisweilen geschieht, und ich verweise in dieser Beziehung auf die oben angeführten Gewichtsbestimmungen der Atome gewisser Elemente, z. B. des Bors, Tantals u. s. f.

Dass in dieser zweiten Hypothese die Annahme halber Atome, überhaupt die Annahme von Theilen von Atomen nicht gestattet seyn könne, versteht sich von selbst.

Wenn man unbefangen den Werth dieser beiden angeführten Arten, die Atomgewichte der Elemente zu bestimmen, beurtheilt, so wird man der ersten vor der zweiten unbedingt den Vorzug geben müssen, insofern solche Bestimmungen nur dazu dienen sollen, einen leichten Ueberblick über die Zusammensetzung der Körper so wie über dasjenige zu erhalten, was bei den Einwirkungen verschiedener Körper auf einander, welche neuen Verbindungen das Daseyn geben, vorgeht. — Insofern man aber wirklich von der Existenz der Atome überzeugt ist, insofern man sich aus solchen materiellen Atomen die Körper aufgebaut vorstellen zu müssen glaubt, wird man die zweite Art, die Atomgewichte zu bestimmen, bei welcher auf alle möglichen Verhältnisse, welche über die bestimmte Anordnung dieses Baues Aufschluss geben können, Rücksicht genommen wird, der ersten vorziehen, ungeachtet bei dieser zweiten Art so viele Bestimmungen noch ganz unsicher sind, und durch fortgesetzte Untersuchungen, namentlich über das Gewicht mancher verdampfbaren Elemente in gasförmigem Zustand, über den Isomorphismus anderer, u. s. f. sich ändern können, wodurch leicht Verwirrung entstehen kann. Die Möglichkeit des Entstehens einer solchen Verwirrung würde aber allerdings keinen Grund abgeben, dieser zweiten Art, die Atom-

gewichte der Elemente zu bestimmen, nicht unbedingt den Vorzug vor der ersten einzuräumen, sobald ausgemachte Thatsachen eine bestimmte Andeutung geben würden, dass jene zweite Art wirklich das innere Wesen der Materie und der Verbindungen der Elemente unter einander enthülle: die Rücksicht auf grössere Einfachheit und bequemere Berechnung der Mischungsgewichte müsste dann natürlich einer solchen viel höheren Rücksicht weichen.

Diese Hoffnung, das Innere des Baues der Körper ergründen zu können, ist jedoch durch die Resultate der Untersuchungen über die spezifische Schwere der Gase solcher Elemente, welche nur in höheren Temperaturen gasförmig bleiben, wie Schwefel, Phosphor u. s. f. bedeutend herabgestimmt worden. Aus diesen Resultaten hat sich ergeben, dass die Gase gewisser Elemente bei gleichem Volumen nicht immer auch die gleiche Anzahl von Atomen enthalten können, insofern man das Atomgewicht dieser Elemente zu Grunde legt, wie man es mit Berücksichtigung anderer, allem Anschein nach sehr gewichtiger, Thatsachen gefunden hat. Man hat z. B. allen Grund anzunehmen, dass die Schwefelsäure aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff besteht, und dass demnach (da die Schwefelsäure 40 Th. Schwefel auf 60 Th. Sauerstoff enthält) das Gewicht eines Atoms Schwefel = 200 ist, wenn das Gewicht eines Atoms Sauerstoff = 100 ist. Würde daher das Schwefelgas bei gleichem Volumen u. s. f. ebenso viele Atome Schwefel enthalten, als das Sauerstoffgas Sauerstoffatome enthält, so müsste sich die spezifische Schwere des Schwefelgases zu der des Sauerstoffgases = 2 : 1, und nicht, wie die Erfahrung zeigt, = 6 : 1 verhalten. Das Schwefelgas enthält mithin, in obiger Voraussetzung, bei gleichem Volumen u. s. f. dreimal so viel Atome Schwefel, als das Sauerstoffgas Sauerstoffatome enthält.

Man könnte allerdings als Grundsatz aufstellen, dass gleiche Volumina gasförmiger Elemente immer auch die gleiche Anzahl



Anzahl von Atomen enthalten, und hiernach alles Uebrige bestimmen: aber damit wären dann alle übrigen Rücksichten, durch die man sich bei der Bestimmung des Atomgewichts leiten lässt, einer unerwiesenen Hypothese zu gefallen, aufgegeben. Wenn z. B. das Schwefelgas eben so viele Atome enthielte als das Sauerstoffgas, so müsste, da in diesem Fall das Atom des Schwefels dreimal so viel wägen würde, als es der gewöhnlichen Bestimmung gemäss wiegt, die Schwefelsäure nicht mehr aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff, sondern aus 1 At. Schwefel und 9 At. Sauerstoff bestehen; die unterschweflige Säure bestünde aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff, die schweflige Säure aus 1 At. Schwefel und 6 At. Sauerstoff, die Unterschweifelsäure aus 2 At. Schwefel und 15 At. Sauerstoff. Und da in den neutralen schwefelsauren Salzen z. B., der Sauerstoff der Schwefelsäure das Dreifache ist von dem Sauerstoff der Basis, so müsste angenommen werden entweder, dass 1 Atom der Basis dieser Salze aus 1 (oder mehreren) Atom Radical und 3 At. Sauerstoff bestehe, oder dass 1 Atom Schwefelsäure mit 3 Atomen Basis in den neutralen schwefelsauren Salzen verbunden sey, wenn man nemlich die Ansicht nicht aufgeben wollte, dass 1 Atom Basis dieser Salze aus 1 At. Radical und 1 At. Sauerstoff bestehe; in diesem letzteren Fall würden daher die sogenannten neutralen schwefelsauren Salze basische Salze seyn. — Nur dann, wenn die wichtigsten Thatsachen, welche man bei der Bestimmung des Gewichtes der Atome berücksichtigt, wie namentlich die Verhältnisse, in welchen sich ein Element mit verschiedenen Mengen eines andern Elements verbindet, der Isomorphismus, die Verhältnisse der specifischen Wärme u. s. f. — Thatsachen, welche sämmtlich mit der atomistischen Hypothese verknüpft seyn müssen — mit jener Hypothese, betreffend die Beziehung zwischen Volumen und Atom, welche in der atomistischen Ansicht als die einfachste erscheint, im Einklang stehen würden, d. h. wenn

alle jene Thatsachen zu dem gleichen Resultat hinsichtlich des Gewichts der Atome führen würden, zu welcher jene Hypothese führt, müssten wir der zweiten der oft genannten Voraussetzungen, als derjenigen, welche den innern Bau der Materie enthüllen würde, unbedingt den Vorzug vor der ersten einräumen. Dieses ist jedoch, wie wir gesehen haben, nicht der Fall, und es lässt sich daher von dem Verhältniss des specifischen Gewichts gasförmiger Elemente keine Anwendung auf die Bestimmung des Gewichts ihrer Atome machen. Vielmehr bleibt jetzt der atomistischen Ansicht kein anderer Ausweg übrig, als dass sie dieses Gewicht nach andern Rücksichten, welche entschiedene Thatsachen, namentlich die Verbindungsverhältnisse der Elemente, der Isomorphismus, die Sättigungs-Capacität der Säuren u. s. f. an die Hand geben, bestimmt: stehen dann die so gewonnenen Resultate mit der Hypothese, dass Volumen = Atom sey, nicht im Widerspruch, so nimmt man diese Hypothese für diese Fälle als richtig an; stehen aber jene Resultate mit ihr im Widerspruch, so modificirt man die Hypothese nach den, unabhängig von derselben gewonnenen, Resultaten, und nimmt z. B. an, dass das Schwefelgas nicht die gleiche, sondern eine dreimal so grosse Anzahl von Schwefelatomen enthalte, als das Sauerstoffgas Sauerstoffatome enthält.

Eine jede der beiden Bestimmungsarten der Atomgewichte der Elemente nach den beiden oft genannten Voraussetzungen hat ihre besonderen Vorzüge; die eine, welcher die erste Voraussetzung zu Grunde liegt, empfiehlt sich durch die Einfachheit, mit welcher sie das Gesetz des Mischungsgewichtes repräsentirt; die andere, welche sich auf die zweite Voraussetzung gründet, erhält dadurch Interesse, dass sie alle Verhältnisse der Körper, welche von dem innern Bau derselben abzuhängen scheinen, zu Rathe zieht, ihren Werth gegen einander abwägt, und darnach die relative

Anzahl der Atome in den Verbindungen (worauf es allein ankommt) bestimmt, gerade so, wie man sich bei der Bestimmung, ob eine Pflanze dieser oder jener natürlichen Familie angehöre, nicht durch ein einziges Merkmal, sondern durch eine gewisse Anzahl und den grösseren Werth von Merkmalen, in welchen sie mit andern Pflanzen einer solchen Familie übereinstimmt, leiten lässt.

Wenn die specifischen Gewichte aller Elemente, welche in Gasform gewogen werden können, so beschaffen wären, dass die Hypothese, nach welcher gleiche Volumina eine gleiche Anzahl von Atomen enthalten, mit den Atomgewichten der Elemente im Einklang stünden, wie sie mit Berücksichtigung anderer gewichtiger Verhältnisse bestimmt worden sind, so würde diese Hypothese als erwiesen betrachtet werden dürfen, und der Schlüssel für den innern Bau der Materie wäre gefunden: aber damit, dass dieses erwiesenermassen nicht der Fall ist, ist desswegen die Unrichtigkeit der ganzen Ansicht durchaus nicht erwiesen; wir sehen daraus nur, dass bei gleichem Volumen die Anzahl der Atome in verschiedenen Gasen auch in andern Verhältnissen, als in dem der Gleichheit, stehen kann; die Untersuchung wird dadurch blos verwickelter und der Spielraum für theoretische Speculation erweitert sich.

Je mehr wir aber verschiedene Verhältnisse bei der Bestimmung der Atomgewichte der Elemente berücksichtigen, desto mehr verliert diese Bestimmung selbst an Einfachheit. So wird man z. B. die Alaunerde aus einem At. Aluminium und 1 At. Sauerstoff zusammengesetzt betrachten, sofern sie die einzige bekannte Verbindung des Aluminiums mit dem Sauerstoff darstellt, eine Verbindung, die zugleich Salzbasis ist: will man aber auf das Verhältniss des Isomorphismus Rücksicht nehmen, so muss angenommen werden, dass die Alaunerde aus 2 At. Aluminium und 3 At. Sauerstoff bestehe, weil sie dem Eisenoxyd isomorph ist; das Eisenoxyd aber besteht aus 2 At. Eisen und 3 At. Sauerstoff, weil es ein

Eisenoxydul gibt, das aus 1 At. Eisen und 1 At. Sauerstoff besteht u. s. f.

Handelte es sich übrigens nur allein davon, die Bestimmungen der Atomgewichte der Elemente zur Uebersicht von der Zusammensetzung der Körper, zu einer Berechnung der relativen Menge von neuen Verbindungen, die sich bei der gegenseitigen Zersetzung gewisser Körper bilden, zu benützen, so würde es ganz und gar gleichgültig seyn, welche beliebige Hypothese man zu Grunde legen wollte, wenn man nur ihre Consequenzen gehörig beachtete und sie durchaus gleichförmig durchführte. Es ist nöthig, hierauf ganz besonders aufmerksam zu machen, damit man nicht in Versuchung komme, einen zu grossen Werth auf diese oder jene besondere Bestimmungsweise zu legen. Man könnte z. B. das Wasser als eine Verbindung irgend einer beliebigen Anzahl von Wasserstoffatomen mit irgend einer beliebigen Anzahl von Sauerstoffatomen betrachten; würde nun das Gewicht eines Atoms des einen Elements, z. B. des Wasserstoffs, = 1 gesetzt, so würde damit das Gewicht eines Atoms Sauerstoff bestimmt. Ebenso könnte man ferner die Salpetersäure als eine Verbindung einer beliebigen Anzahl Sauerstoffatome mit einer beliebigen Anzahl Stickstoffatome betrachten; aber durch eine jede, gleichgültig welche, *einmal bestimmte* Annahme würde dann das Atomgewicht des Stickstoffs fixirt, wenn das Atomgewicht des Sauerstoffs sich wieder auf das der Einheit gleichgesetzte Atomgewicht des Wasserstoffs bezieht. Damit wäre dann aber zugleich die relative Anzahl von Wasserstoff- und Stickstoff-Atomen in dem Ammoniak bestimmt und würde jetzt nicht mehr einer willkürlichen Annahme unterliegen. Nehmen wir z. B. an, das Wasser bestehe aus 1 At. Wasserstoff und 8 At. Sauerstoff und setzen das Atomgewicht des Wasserstoffs = 1, so wird das Atomgewicht des Sauerstoffs ebenfalls = 1. Nehmen wir ferner an, die Salpetersäure bestehe aus 1 At. Stickstoff und 1 At.

Sauerstoff, so wird, da die Salpetersäure aus 14 Th. Stickstoff und 40 Th. Sauerstoff besteht, das Atomgewicht des Stickstoffs =  $\frac{14}{40}$ . Das Ammoniak aber besteht aus 14 Th. =  $40 \times \frac{14}{40}$  Stickstoff und 3 Th. Wasserstoff, es besteht also nach dieser Voraussetzung aus 40 At. Stickstoff und 3 At. Wasserstoff. — Auf gleiche Weise können wir in der Chlorwasserstoffsäure eine beliebige relative Anzahl von Chlor- und von Wasserstoff-Atomen annehmen, aber durch eine jede bestimmte Annahme wird das Atomgewicht des Chlors bestimmt, und da auch das Atomgewicht des Sauerstoffs bestimmt ist, so ist damit die relative Anzahl von Chlor- und Sauerstoff-Atomen in den verschiedenen Sauerstoffverbindungen des Chlors ein für allemal fixirt. Eben so wird man ferner in jeder Salzbasis eine beliebige Anzahl Atome des Metalls mit einer beliebigen Anzahl von Sauerstoffatomen verbunden annehmen können; für eine jede bestimmte Annahme wird aber dann zugleich die relative Anzahl von Atomen in den Chlorverbindungen dieses Metalls bestimmt und kann nicht mehr nach Willkühr angenommen werden, da die relative Grösse eines Chlor- und eines Sauerstoff-Atoms bereits bestimmt ist. Nehmen wir z. B., (ganz willkührlich) an, dass 1 Atom Kali aus 3 Atomen Kalium und 7 At. Sauerstoff, 1 Atom Natron aus 5 At. Natrium und 11 At. Sauerstoff bestehe, so wird dadurch das relative Gewicht eines Kalium- und Natrium-Atoms, und hiermit auch die relative Anzahl von Chlor-, Kalium-, und Natrium-Atomen in dem Chlor-Kalium und Natrium bestimmt. Da angenommen wurde, dass 1 Atom Salpetersäure aus 1 Atom Stickstoff und 1 At. Sauerstoff bestehe, und da in den neutralen salpetersauren Salzen der Sauerstoff der Säure das Fünffache von dem der Basis ist, so würden in dieser Voraussetzung  $5 \times 7 = 35$  Atome Salpetersäure, um mit 1 Atom Kali, und  $5 \times 11 = 55$  Atome Salpetersäure erfordert, um mit 1 At. Natron neutrales salpetersaures Natron zu bilden. Das neu-

trale salpetersaure Kali wäre daher nach der obigen Bezeichnung 35 *fach salpetersaures Kali*, das neutrale salpetersaure Natron aber 55 *fach salpetersaures Natron*.

Es wird freilich Niemand einfallen, solche in jeder Beziehung willkürliche und auf höchst verwickelte Zahlenverhältnisse führende Voraussetzungen hinsichtlich der relativen Anzahl der Atome der Elemente in den Verbindungen erster Ordnung zu machen; das Naturgesetz, welches wir durch das Wort *Mischungsgewicht* bezeichnen, würde dadurch ganz verstümmelt und unkenntlich gemacht werden, denn es wäre nun nicht mehr möglich, das aus einer Verbindung erster Ordnung berechnete und auf irgend eine Einheit bezogene Gewicht eines Elements entweder selbst, oder durch *kleine* ganze Zahlen, oder durch Brüche, die sich durch kleine ganze Zahlen darstellen lassen, multiplicirt oder dividirt in eine andere Verbindung erster Ordnung hinein, anstatt des einen Elements der in dieser letztern Verbindung enthaltenen Elemente, zu substituiren, wenn die beiden Bestandtheile derselben auf ein solches Zahlenverhältniss gebracht sind, dass der andere Bestandtheil (das zweite Element) gleichfalls seinem Gewicht nach auf dieselbe Einheit sich bezieht, indem dann jenes Gewicht in der Regel nie selbst, sondern nur mit einer grossen ganzen Zahl, oder mit einem, oft nur durch grosse Zahlen darstellbaren Bruch multiplicirt oder dividirt, in diese andere Verbindung hinein substituirt werden könnte. So haben wir z. B. gesehen, dass bei der, überdiss noch wenig verwickelten, Voraussetzung, nach welcher das Wasser aus 1 At. Wasserstoff und 8 At. Sauerstoff, die Salpetersäure aus 1 At. Stickstoff und 1 At. Sauerstoff bestehen, das Atomgewicht des Wasserstoffs aber = 1 gesetzt würde, 1 Atom Stickstoff durch die Zahl  $\frac{14}{40}$  oder  $\frac{7}{20}$  ausgedrückt, und das Ammoniak als aus 40 At. Stickstoff und 3 At. Wasserstoff zusammengesetzt betrachtet werden müsste.

Der Begriff des Mischungsgewichtes ist zunächst blos aus der Thatsache hervorgegangen, dass Zahlen, welche aus

Verbindungen erster Ordnung bestimmt werden, und welche sich sämmtlich auf ein der Einheit oder überhaupt einer gegebenen Zahl gleichgesetztes Gewicht irgend eines Elementes beziehen, entweder selbst, oder nur durch kleine ganze Zahlen multiplicirt oder dividirt in andere Verbindungen hinein dann substituirt werden können, wenn die so bestimmten Zahlen wirklich selbst die relativen Gewichte der Elemente in den Verbindungen vorstellen, d. h. wenn angenommen wird, dass jene Verbindungen, aus welchen diese Zahlen abgeleitet sind, aus einem einzigen Mischungsgewicht eines jeden der beiden Elemente bestehen. Der Begriff des Mischungsgewichtes würde von Jedermann sogleich mit völliger Klarheit aufgefasst werden, wenn alle Elemente, und auch alle binär und mehrfach zusammengesetzte Verbindungen sich nur in einem einzigen Verhältniss mit einander verbinden würden, und wenn zugleich die aus diesen Verbindungen berechneten und auf das der Einheit gleichgesetzte Gewicht irgend eines Elements bezogenen Gewichte selbst unmittelbar in jede andere Verbindung hinein substituirt werden könnten, so dass die aus solchen Substitutionen hervorgehenden Verbindungen den quantitativen Verhältnissen ihrer Bestandtheile nach wirklich dargestellt würden: dann würde es sich gleichsam von selbst verstehen, dass eine jede binäre Verbindung von der ersten oder von einer höheren Ordnung aus einem einzigen Mischungsgewicht eines jeden der beiden Bestandtheile zusammengesetzt seyn müsse. Da nun aber die meisten Elemente sich in mehr als einem Verhältniss mit einander verbinden, so ist man genöthigt, mehr als ein Mischungsgewicht, von dem einen Element wenigstens, in gewissen Verbindungen anzunehmen, und man wird dann blos zu bestimmen haben, in welcher Verbindung ein Mischungsgewicht eines jeden Elements anzunehmen sey, woraus dann die relative Anzahl der Mischungsgewichte in den übrigen Verbindungen derselben Elemente von selbst sich ergibt, vorausgesetzt, dass man die Zu-

sammensetzung aller dieser Verbindungen kennt. Man geht dabei, wie bereits ausführlich gezeigt worden ist, von den einfachsten Voraussetzungen aus, um so einfache Zahlenverhältnisse, als immer möglich, zu erhalten, wobei sich jedoch nicht immer vermeiden lässt, dass nicht in einer Verbindung zweier Elemente, die sogar die einzige mögliche, oder wenigstens die einzige in isolirtem Zustand darstellbare seyn kann, mehr als ein Mischungsgewicht von dem einen Element angenommen werden muss.

Ich will das so eben Gesagte durch Beispiele deutlicher zu machen suchen. — Das Wasser, das Kohlenoxydgas, das ölerzeugende Gas, das Chloroxydul, die Salzsäure, der flüssige Chlorkohlenstoff, das Stickoxydul sind so zusammengesetzt, dass, wenn man die Gewichte aller dieser Elemente auf das der Einheit oder einer gegebenen Zahl überhaupt gleichgesetzte Gewicht irgend eines dieser Elemente, z. B. des Wasserstoffs, bezieht, und wenn angenommen wird, dass alle diese Verbindungen aus einem einzigen Mischungsgewicht beider Elemente bestehen (was die einfachste Annahme ist), das so bestimmte Gewicht eines jeden Elementes anstatt des Gewichts eines andern Elements in eine andere der genannten Verbindungen hinein substituirt werden kann, so dass dann die zwei Elemente in demselben Zahlenverhältniss zu einander stehen, wie in der Verbindung selbst, die diese Elemente mit einander bilden. Wenn ich z. B. das Gewicht des Sauerstoffs aus dem Wasser (das Gewicht des Wasserstoffs = 1 gesetzt bestimmt habe, und hierauf das Gewicht des Kohlenstoffs aus dem Kohlenoxydgas so bestimme, dass dabei das aus dem Wasser gefundene Gewicht des Sauerstoffs zu Grunde gelegt wird, so wird dieses Gewicht der Kohle in das ölerzeugende Gas substituirt werden können, d. h., wenn der Wasserstoff wieder, wie immer, = 1 gesetzt wird, so wird das aus dem Kohlenoxydgas berechnete Gewicht der Kohle mit dem Gewicht = 1 des Was-



serstoffs, überzeugendes Gas bilden u. s. f. Aus solchen Thatsachen ist bekanntlich der Begriff des Mischungsgewichtes hervorgegangen. Wenn man aber nun auf diese Weise das Gewicht des Wasserstoffs und des Stickstoffs (letzteres aus dem Stickoxydul) bestimmt hat, so findet man dagegen das Ammoniak, die einzige isolirt darstellbare Verbindung des Wasserstoffs mit dem Stickstoff, nicht mehr so zusammengesetzt, dass dasselbe als eine Verbindung von je einem Mischungsgewicht beider Elemente, sondern dass es vielmehr als eine Verbindung von 3 Mischungsgewichten Wasserstoff mit 1 Mischungsgewicht Stickstoff betrachtet werden muss. — Man könnte zwar dieses vermeiden, wenn man in dem Wasser, wie vorher, gleiche M. G. Wasserstoff und Sauerstoff, und in der untersalpetrigen Säure (nicht mehr, wie früher, in dem Stickoxydul) ebenfalls gleiche Mischungsgewichte Stickstoff und Sauerstoff voraussetzen wollte; dann würde das Ammoniak aus gleichen Mischungsgewichten Wasserstoff und Stickstoff zusammengesetzt und das Mischungsgewicht des Stickstoffs =  $4\frac{2}{3}$  (statt 14) seyn. Mit einer solchen Annahme wäre aber nichts an Einfachheit gewonnen, vielmehr würde sie, wenn sie auch in Beziehung auf das Ammoniak als die einfachste erscheinen sollte, Voraussetzungen nothwendig machen, die in anderer Beziehung als weniger einfach erscheinen müssen. Wenn nemlich die untersalpetrige Säure aus 1 M. G. Stickstoff und 1 M. G. Sauerstoff bestünde, so würde folgen, dass in dem Stickoxydul, dem Stickoxyd, der salpetrigen Säure und der Salpetersäure 1 M. G. Stickstoff mit  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $1\frac{1}{3}$ ,  $1\frac{2}{3}$  Sauerstoff, oder 3 M. G. Stickstoff mit 1, 2, 4, 5 M. G. Sauerstoff verbunden seyen.

---

Die Thatsachen selbst, welche dem Begriff des Mischungsgewichtes zu Grunde liegen, weisen demnach sehr bestimmt darauf hin, dass hinsichtlich der relativen Anzahl von Mischungsgewichten in den Verbindungen erster Ord-

nung nicht ganz willkürliche Voraussetzungen gemacht werden dürfen, sondern in der Regel nur die möglichst einfachen, wenn sie anders nicht mit einander selbst in diesem Fall in Widerspruch gerathen. Diese Rücksicht wurde auch in der ersten der oben aufgestellten Hypothesen befolgt. In der zweiten Hypothese, welche das Mischungsgewicht mit dem mechanischen Bau der Körper identificirt, wird der Rücksicht auf eine solche präsumirte atomistische Construction der Körper die Rücksicht auf grössere Einfachheit zum Theil zum Opfer gebracht; die Voraussetzungen werden jedoch nach dieser zweiten Hypothese noch immer einfach genug, um in die Berechnungen keine sehr grosse Verwicklung zu bringen, vorausgesetzt, dass man die Hypothese aufgeben will, dass die Gase der Elemente bei gleichem Volumen immer auch eine gleich grosse Anzahl von Atomen enthalten.

---

*Ueber die Art, die Zusammensetzung der Körper durch Formeln auszudrücken.*

Es wurde oben bemerkt, wie zu diesem Zwecke die Namen der Elemente durch Buchstaben, und die zusammengesetzten Körper durch das Pluszeichen bezeichnet werden, mit welchem man die einzelnen Bestandtheile verbindet, wie z. B. Kali durch  $K+O$ , Schwefelsäure durch  $S+3O$ , Kohlensäure durch  $C+2O$  bezeichnet wird. Will man andeuten, dass ein zusammengesetzter Körper doppelt genommen werden soll, so setzt man die Zahl 2 vor die in Klammern eingeschlossenen Bestandtheile dieser Körper, z. B.  $2(C+2O)$  bedeutet 2 Atome (Mischungsgewichte) Kohlensäure, und  $(K+O) + 2(C+2O) + (H+O)$  bedeutet 1 Atom doppelt-kohlensaures Kali, verbunden mit 1 At. Wasser, d. h. eine Verbindung von 1 At. Kali, 2 At. Kohlensäure und 1 At. Wasser, dessen Atom hier = 1 At. Wasserstoff + 1 At. Sauerstoff gesetzt wird. Diese Bezeichnungsart nimmt

zwar einen ziemlich grossen Raum ein, sie ist aber ganz bestimmt und keiner Missdeutung ausgesetzt. — Nur insofern schliesst auch diese Bezeichnungsart, in so weit sie sich auf Zusammensetzungen bezieht, die aus zwei oder mehreren binären Verbindungen bestehen, wie die so eben beispielsweise angeführte, eine Hypothese ein, als man annimmt, dass die in die Zusammensetzung eingehenden Elemente auf eine gewisse bestimmte Weise zu binären Verbindungen gruppirt seyn, dass z. B. das krystallisirte doppeltkohlensaure Kali wirklich eine Verbindung von Kohlensäure, Kali und Wasser sey. Ich werde hierauf später zurückkommen, wenn von der Bezeichnung der organischen Verbindungen die Rede seyn wird. —

Man hat auch vorgeschlagen, das + zeichen bei den Verbindungen erster Ordnung wegzulassen, und die Buchstaben, welche die Elemente bezeichnen, neben einander, ohne Unterbrechung zu schreiben, z. B. KO statt K+O (Kali). Sind dann mehrere Atome von dem einen oder von beiden Elementen mit einander verbunden, so wird dieses so bezeichnet, dass die Zahl, welche die Anzahl dieser Atome anzeigt, wie Exponentenzahlen, nach oben und zur Rechten von dem Buchstaben, welcher das Element vorstellt, gesetzt wird, z. B.  $S^2O^5$  statt  $2S+5O$  (Unterschwefelsäure),  $NO^5$ , oder, nach der Annahme von Berzelius,  $N^2O^5$  (Salpetersäure);  $2S^2O^5$ ,  $2N^2O^5$  bedeutet dann 2 Atome Unterschwefelsäure, Salpetersäure. — Es wird kaum nöthig seyn, zu bemerken, dass von der algebraischen Bedeutung der Exponenten hier nicht die Rede ist. Man hat jedoch dieser letzteren Bezeichnungsweise den Vorwurf gemacht, dass sie zu sehr an algebraische Formeln erinnere, deren Bedeutung sie doch gar nicht habe, und dass sie dadurch zu irrigen Vorstellungen Veranlassung geben könnte; ein Vorwurf, der übrigens sehr unerheblich ist. Einige Chemiker setzen aus diesem Grunde die Zahlen unten hin, und schreiben z. B.  $S_2O_5$  statt  $S^2O^5$ . — Wie die Doppelatome bezeichnet werden, ist oben S. 509. angegeben worden.

Berzelius hat diese Formeln noch dadurch bedeutend abgekürzt, dass er die Sauerstoff-Atome durch Punkte, die Schwefel-Atome durch Kommate bezeichnet, welche über den Buchstaben gesetzt werden, der das mit Sauerstoff oder Schwefel verbundene Radical vorstellt, z. B.  $\overset{\cdot}{\text{K}}$  statt  $\text{K} + \text{O}$  oder  $\text{KO}$ , Kali;  $\overset{\cdot\cdot}{\text{S}}$  statt  $\text{S} + 3\text{O}$  oder  $\text{SO}^3$ , Schwefelsäure;  $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{S}}$  statt  $2\text{S} + 5\text{O}$  oder  $\text{S}^2\text{O}^5$ , Unterschwefelsäure;  $\overset{\cdot}{\text{F}}$  statt  $2\text{F} + 3\text{O}$ , oder  $\text{F}^2\text{O}^3$ , Eisenoxyd;  $\overset{\cdot}{\text{K}}$  statt  $\text{K} + \text{S}$  oder  $\text{KS}$ , Einfach-Schwefelkalium;  $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{\text{K}}$  statt  $\text{K} + 5\text{S}$  oder  $\text{KS}^5$ , Fünffach-Schwefelkalium. — Für die Bezeichnung der so häufig vorkommenden Sauerstoffverbindungen ist diese Abkürzung besonders bequem.

Diese Bezeichnungsweise ist jedoch blos für die eigentliche atomistische Voraussetzung berechnet, welche keine halben Atome gestattet. Halbe Sauerstoffatome könnten etwa durch zwei übereinander gestellte Punkte bezeichnet werden, z. B.  $\overset{\cdot}{\overset{\cdot}{\text{P}}}$  statt  $\text{P} + 2\frac{1}{2}\text{O}$  oder  $\text{PO}^2\frac{1}{2}$ , Phosphorsäure. (In der atomistischen Ansicht wird die Phosphorsäure durch  $\overset{\cdot\cdot}{\text{P}}$  oder durch  $2\text{P} + 5\text{O}$  oder  $\text{P}^2\text{O}^5$  bezeichnet).

Ich will diese verschiedenen Bezeichnungsarten nach den verschiedenen Voraussetzungen durch einige Beispiele erläutern. Der krystallisirte Alaun besteht aus Kali, Alaunerde, Schwefelsäure und Wasser und ist so zusammengesetzt, dass der Sauerstoff der Alaunerde, der Schwefelsäure und des Wassers den des Kalis beziehungsweise 3, 12, 24 mal enthält. Setzt man daher den Sauerstoff des Kalis = 8, so wird der Sauerstoff der Alaunerde, der Schwefelsäure und des Wassers beziehungsweise durch die Zahlen 24, 96, 192 ausgedrückt. Das Zeichen für den krystallisirten Alaun ist je nach den verschiedenen Voraussetzungen hinsichtlich der

relativen Anzahl der Mischungsgewichte seiner einzelnen aus 2 Elementen zusammengesetzten Bestandtheile ein verschiedenes.

1) Man nehme, wie in der ersten der oft erwähnten Hypothesen, an, Kali, Alaunerde und Wasser bestehen aus 1 At. Radical und 1 At. Sauerstoff, die Schwefelsäure aber aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff. — Da die Alaunerde 3 mal so viel Sauerstoff als das Kali enthält, und ein At. Alaunerde, gerade wie ein At. Kali, aus 1 At. Metall und 1 At. Sauerstoff besteht, so enthält der Alaun auf 1 At. Kali, 3 At. Alaunerde. Aus demselben Grunde enthält er auf 1 At. Kali, 24 At. Wasser. Da nun die Schwefelsäure 12 At. Sauerstoff enthält, und 1 At. Schwefelsäure aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff besteht, so entsprechen die 12 At. Sauerstoff der Schwefelsäure, 4 Atomen dieser Säure, welche mithin mit dem 1 At. Kali und den 3 At. Alaunerde, 1 At. einfach schwefelsaures Kali und 3 At. einfach-schwefelsaure Alaunerde bilden. Der krystallisirte Alaun besteht daher aus 1 At. einfach-schwefelsaurem Kali + 3 At. einfach-schwefelsaurer Alaunerde + 24 At. Wasser, und das chemische Zeichen für ihn ist  $((K + O) + (S + 3 O)) + 3 ((Al + O) + (S + 3 O)) + 24 (H + O)$  oder:  $(KO + SO^3) + 3 (AlO + SO^3) + 24 (HO)$  oder:  $K\ddot{S} + 3 AlS + 24 H$ .

2) Man nehme, wie in der zweiten der erwähnten Hypothesen, an, das Kali bestehe, wie vorhin, aus 1 At. Metall und 1 At. Sauerstoff und die Schwefelsäure aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff, die Alaunerde aber aus 2 At. Metall und 3 At. Sauerstoff und das Wasser aus 2 At. Wasserstoff und 1 At. Sauerstoff. — Da die Alaunerde 3 mal so viel Sauerstoff enthält als das Kali, und da 1 At. Alaunerde selbst 3 At. Sauerstoff enthält, während 1 At. Kali nur 1 At. Sauerstoff enthält, so enthält in dieser Voraussetzung der Alaun auf 1 At. Kali nur 1 At. Alaunerde. Jenes eine Atom Kali ist aber mit 1 Atom Schwefelsäure verbunden, welches 3 At. Sauerstoff enthält, mithin bleiben 9

At. Sauerstoff entsprechend 3 Atomen Schwefelsäure übrig, welche mit dem einen Atom Alaunerde verbunden sind. Der krystallisirte Alaun besteht daher nach dieser Voraussetzung aus 1 At. einfach-schwefelsaurem Kali + 1 At. 3 fach-schwefelsaurer Alaunerde + 24 At. Wasser, und sein chemisches Zeichen ist entweder  $((K + O) + (S + 3O)) + ((2Al + 3O) + 3(S + 3O)) + 24(2H + O)$ , oder  $(KO + SO^3) + (Al^2O^3 + 3SO^3) + 24H^2O$ ; oder endlich  $\overset{+}{K}\overset{-}{S} + \overset{+}{Al}\overset{-}{S}^3 + 24H$ . — Nach der ersten Hypothese ist also die schwefelsaure Alaunerde im Alaun ein neutrales Salz im gewöhnlichen Sinne des Wortes „neutral,“ d. h. ein einfach-saures, ein aus gleichen Mischungsgewichten Säure und Basis bestehendes Salz; nach der zweiten Hypothese dagegen wird die schwefelsaure Alaunerde des Alauns, ungeachtet der Sauerstoff der Säure, gerade wie in neutralen schwefelsauren Salzen, das Dreifache von dem der Basis ist, insofern ein saures, und zwar ein dreifachsaures Salz genannt werden können, als in demselben 3 Atome Säure mit 1 Atom Basis verbunden angenommen werden müssen.

Ganz ähnliche Fälle kommen bei solchen Metallen vor, die mit Sauerstoff zwei verschiedene Salzbasen bilden; 1 At. Eisenoxyd z. B. besteht aus 1 At. Eisen und  $1\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff oder aus 2 At. Eisen und 3 At. Sauerstoff.

In dem ersteren Fall würde die Schwefelsäure eines schwefelsauren Eisenoxydsalzes, welches neutralen schwefelsauren Salzen analog, d. h. so zusammengesetzt seyn sollte, dass der Sauerstoff der Säure das Dreifache von dem der Basis wäre,  $3(1\frac{1}{2})$  d. h.  $4\frac{1}{2}$  Atome Sauerstoff enthalten müssen. Da nun 1 At. Schwefelsäure 3 At. Sauerstoff enthält, so würden  $1\frac{1}{2}$  At. Schwefelsäure erfordert, um mit 1 At. Eisenoxyd, welches  $1\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff enthält, ein den neutralen schwefelsauren Salzen analog zusammengesetztes schwefelsaures Eisenoxyd zu bilden; ein solches Salz würde dann aber nicht mehr einfach-, sondern anderthalbfach-schwe-

felsaures Eisenoxyd seyn. In dem einfach-schwefelsauren Eisenoxyd dagegen ist der Sauerstoff der Säure das Doppelte von dem der Basis, weil 1 At. Eisenoxyd  $1\frac{1}{2}$ , 1 At. Schwefelsäure 3 At. Sauerstoff enthält, während der Sauerstoff der Schwefelsäure in dem einfach-schwefelsauren Eisenoxydul das Dreifache von dem der Basis ist, indem 1 At. Schwefelsäure 3, 1 At. Eisenoxydul aber 1 At. Sauerstoff enthält. Nur das einfach-schwefelsaure Eisenoxydul, nicht aber das einfach-schwefelsaure Eisenoxyd, ist daher den neutralen schwefelsauren Alkalien analog zusammengesetzt. Das Zeichen für das anderthalbfach-schwefelsaure Eisenoxyd würde  $\overset{\dots}{\text{FeS}}^{\text{I}\frac{1}{2}}$ , dasjenige für das einfach-schwefelsaure Eisenoxydul  $\overset{\dots}{\text{FeS}}$  seyn.

In dem zweiten Fall, wenn 1 Atom Eisenoxyd aus 2 At. Eisen und 3 At. Sauerstoff besteht, werden 3 At. Schwefelsäure erfordert, deren jedes 3 At. Sauerstoff enthält, um mit 1 At. Eisenoxyd ein Salz zu bilden, in welchem der Sauerstoff der Säure das Dreifache ist von dem der Basis. In dieser Voraussetzung ist daher ein solches Salz dreifach-schwefelsaures Eisenoxyd und sein Zeichen ist  $\overset{\dots}{\text{FeS}}^3$ . In dem einfach-schwefelsauren Eisenoxyd nach dieser Voraussetzung enthalten Basis und Säure gleiche Sauerstoffmengen.

3) Man nehme endlich, wie dieses Berzelius früher gethan hat, an, das Kali enthalte 1 At. Kalium und 2 At. Sauerstoff, die Alaunerde 1 At. Aluminium und 3 At. Sauerstoff und das Wasser 2 Atome Wasserstoff und 1 At. Sauerstoff, so wird die Alaunerde  $2 \times 3 = 6$ , die Schwefelsäure  $2 \times 12 = 24$ , das Wasser  $2 \times 24 = 48$  Atome Sauerstoff enthalten; 1 At. Kali wird jetzt 6 Atome Sauerstoff in der Schwefelsäure voraussetzen, mithin 2 At. Schwefelsäure erfordern, um neutrales schwefelsaures Kali zu bilden. Und da 1 At. Alaunerde 3 Atome Sauerstoff enthält, so wird der Alaun 2 At. Alaunerde enthalten müssen, weil die Alaunerde desselben 6 Atome Sauerstoff enthält. Jedes dieser Alaunerde-

Atome setzt 9 Atome Sauerstoff in der Schwefelsäure, also 3 Atome Schwefelsäure voraus, weil der Sauerstoff der Schwefelsäure das Dreifache seyn muss von dem der Alaunerde, welche sie sättigt. Da nun ferner der Sauerstoff des Krystallwassers das 24fache von dem des Kalis ist, und 1 At. Sauerstoff einem Atom Wasser entspricht, so setzt 1 At. Kali (welches 2 At. Sauerstoff enthält), 48 At. Wasser voraus, welche 48 At. Sauerstoff enthalten. Der krystallisirte Alaun besteht demnach in dieser Voraussetzung aus 1 Atom doppelt-schwefelsaurem Kali \*) + 2 Atomen dreifach-schwefelsaurer Alaunerde + 48 At. Wasser und sein chemisches Zeichen wird:  $((K + 2O) + 2(S + 3O)) + 2((Al + 3O) + 3(S + 3O)) + 48(2H + O)$  oder:  $(KO^2 + 2SO^3) + 2(AlO^3 + 3SO^3) + 48H^2O$ , oder:  $\ddot{K}\ddot{S}^2 + 2\ddot{Al}\ddot{S}^3 + 48\ddot{H}$ .

Diese 3 angeführten Formeln drücken die Zusammensetzung des Alauns gleich gut aus; die erste ist die einfachste, weil sie sich auf die einfachsten Voraussetzungen gründet, nemlich die, dass Kali, Alaunerde und Wasser aus 1 At. Radical und 1 At. Sauerstoff bestehen. Die Anzahl der Sauerstoffatome ist in der dritten Formel doppelt so gross, als in der ersten und zweiten, weil bei dieser dritten Formel 2 At. Sauerstoff in dem Kali vorausgesetzt werden, während diese Salzbasis nach den Voraussetzungen, auf welche sich die erste und zweite Formel gründet, nur 1 Atom Sauerstoff enthält. Es ist aber klar, dass die Totalmenge der Sauerstoffatome

in

---

\*) Dieses Salz ist das gewöhnliche neutrale schwefelsaure Kali, das nur in dieser besondern Voraussetzung ein doppelt-saures genannt wird, indem in 1 Atom Kali 2 At. Sauerstoff statt eines Atoms, wie bei den beiden vorhergehenden Voraussetzungen, angenommen werden, mithin ein doppeltes Schwefelsäure-Atom erfordert wird, weil das Atom dieser Säure nicht 6, sondern, wie in den vorhergehenden Voraussetzungen, 3 At. Sauerstoff enthält.



in einer solchen Formel bloß von derjenigen Anzahl von Sauerstoffatomen abhängt, welche der Sauerstoffverbindung beigelegt wird, die die geringste Menge Sauerstoff enthält, von deren Sauerstoff also die Sauerstoffmengen der übrigen Sauerstoffverbindungen Multipla sind. Es ist namentlich in dem angeführten Beispiel in Beziehung auf diese Totalmenge der Sauerstoffatome ganz gleichgültig, ob man in 1 At. Alaun-erde 1 oder 3 At. Sauerstoff voraussetzt.

Da die Alaun-erde 3mal so viel Sauerstoff enthält, als das Kali, so bekommt man (wenn in 1 At. Kali, 1 At. Sauerstoff vorausgesetzt wird) in dem ersteren Fall 3 At. Alaun-erde, welche 3 Atome zusammen mit 3 At. Schwefelsäure verbunden sind, so dass auf 1 At. Alaun-erde nur 1 At. Schwefelsäure kommt; in dem letzteren Fall aber nur 1 At. Alaun-erde, das nun aber für sich allein mit 3 At. Schwefelsäure verbunden ist (weil die Schwefelsäure 3mal so viel Sauerstoff enthalten muss, als die Alaun-erde); ersterer Fall wird durch  $3\text{AlS}$  d. h.  $3\text{Al} + 3\text{S}$ , letzterer durch  $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{A}}\text{S}^3$  d. h.  $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{A}} + 3\text{S}$  bezeichnet. (Statt A setzt man A, sofern man in 1 At. Alaun-erde 2 At. Aluminium voraussetzt). — Es wird kaum nöthig seyn, zu erinnern, dass noch eine Menge anderer Voraussetzungen in Beziehung auf die relative Anzahl von Sauerstoffatomen in den verschiedenen Sauerstoffverbindungen, aus welchen der Alaun besteht, gemacht werden könnten, die zu eben so vielen neuen Formeln führen würden, aus welchen sich die procentische Zusammensetzung des Alauns gleich gut würde berechnen lassen.

Der gewöhnliche *Feldspath* ist eine Verbindung von Kali, Alaun-erde und Kieselsäure, deren relative Mengen so beschaffen sind, dass wenn der Sauerstoff des Kalis = 1 gesetzt wird, der Sauerstoff der Alaun-erde = 3, der der Kieselsäure = 12 ist. Es findet also hier ganz dasselbe Verhalten statt, wie bei dem wasserfreien Alaun, wenn man

Kieselsäure statt Schwefelsäure setzt. Bei der Bezeichnung der chemischen Zusammensetzung des Feldspaths kann man wieder von verschiedenen Voraussetzungen ausgehen. Die einfachste, die wir immer zu Grunde legen werden, ist die, dass die Kieselsäure unter das Kali und die Alaunerde gleich vertheilt sey, d. h. dass in dem kieselsauren Kali der Sauerstoff der Säure dasselbe Vielfache von dem Sauerstoff der Basis sey, wie in der kieselsauren Alaunerde. Da nun der Sauerstoff der Alaunerde das 3fache ist von dem des Kalis, so muss die Alaunerde mit so viel Kieselsäure verbunden seyn, dass der Sauerstoff dieser Säure das 3fache ist von dem Sauerstoff der mit dem Kali verbundenen Kieselsäure, d. h. von den 12 Theilen Sauerstoff der Kieselsäure gehen auf die Alaunerde 9, auf das Kali 3. Enthält nun die Kieselsäure auf 1 Atom Radical 1 At. Sauerstoff, so besteht der Feldspath aus 1 At. Kali, 3 At. Alaunerde und 12 At. Kieselsäure, d. h. aus 1 At. dreifach kieselsaurem Kali + 3 At. dreifach kieselsaurer Alaunerde, und sein chemisches Zeichen ist:  $\text{K}\ddot{\text{S}}\text{i}^3 + 3 \text{Al}\ddot{\text{S}}\text{i}^3$ . Nimmt man dagegen an, dass, so wie die Schwefelsäure  $\text{S} + 3 \text{O}$  ist, auch die Kieselsäure  $\text{Si} + 3 \text{O}$  sey, so erhält man für den Feldspath dieselben chemischen Zeichen, wie für den Alaun, wenn man nur das Zeichen für das Wasser weglässt, nemlich:

- 1)  $\text{K}\ddot{\text{S}}\text{i} + 3 \text{Al}\ddot{\text{S}}\text{i}$  (wenn Kali =  $\text{K} + \text{O}$ , Alaunerde =  $\text{Al} + \text{O}$ )
- 2)  $\text{K}\ddot{\text{S}}\text{i} + \overset{\text{A}}{\text{A}}\ddot{\text{S}}\text{i}^3$  (wenn Kali =  $\text{K} + \text{O}$ , Alaunerde =  $2 \text{Al} + 3 \text{O}$ )
- 3)  $\text{K}\ddot{\text{S}}\text{i}^2 + 2 \text{Al}\ddot{\text{S}}\text{i}^3$  (wenn Kali =  $\text{K} + 2 \text{O}$ , Alaunerde =  $\text{Al} + 3 \text{O}$ )

Die angeführten Beispiele werden hinreichen, zu zeigen, wie mit Aenderung der Voraussetzungen hinsichtlich der relativen Anzahl der Atome in den Verbindungen erster Ordnung, die chemischen Zeichen geändert werden müssen; zugleich sieht man aber auch, wie leicht durch solche Zeichen der Anfänger verwirrt werden kann, wenn sie sich nicht

auf ganz bestimmte, einfache, und keiner Aenderung unterworfenen Voraussetzungen gründen.

Weit einfacher und keiner Art von Missverständnissen ausgesetzt sind diejenigen Zeichen, welche Berzelius für die in dem Mineralreich vorkommenden Verbindungen der Kieselsäure mit Alkalien, Erden und einigen Metalloxyden gebraucht und zum Unterschied von den vorhin erwähnten *chemischen* Zeichen, *mineralogische* Zeichen nennt. Die Grundzeichen bedeuten hier nicht die Elemente, sondern die Oxyde derselben, und sie werden, um eine Verwechslung mit den chemischen Zeichen zu vermeiden, mit Cursivschrift geschrieben. So ist *K*=Kali, *N*=Natron, *L*=Lithon, *B*=Baryt, *Sr*=Strontian, *C*=Kalk, *M*=Bittererde, *A*=Thonerde, *G*=Beryllerde (Glycinerde), *Y*=Yttererde, *Zr*=Zirconerde, *T*=Thorerde, *Zn*=Zinkoxyd, *Ce*=Ceroxyd, *ce*=Ceroxydul, *Mn*=Manganoxyd, *mn*=Manganoxydul, *F*=Eisenoxyd, *f*=Eisenoxydul, *S*=Kieselsäure u. s. f. Durch diese mineralogischen Formeln soll blos die relative Menge des Sauerstoffs in den verschiedenen Oxyden angegeben, und zugleich die Oxyde selbst in derjenigen Verbindung aufgestellt werden, welche man für die wahrscheinlichste hält. Die relative Anzahl der Atome des Radicals und des Sauerstoffs in den Oxyden selbst wird nicht angedeutet und überhaupt nicht berücksichtigt. Aus einer solchen Formel lässt sich dann unmittelbar die procentische Zusammensetzung einer Verbindung berechnen und die Bezeichnung kann nur insofern etwas verschieden ausfallen, als hinsichtlich des Sauerstoffgehalts der Oxyde Unsicherheiten statt finden können, die darinn ihren Grund haben, dass man dem Resultat dieser oder jener Analyse ein größeres Zutrauen schenkt. *KS* z. B. bedeutet kieselsaures Kali, in welchem Säure und Basis gleiche Sauerstoffmengen

enthalten.  $KS + AS$  ist eine Verbindung von kieselsaurem Kali und kieselsaurer Alaunerde, in welcher Kali und Alaunerde gleiche Sauerstoffmengen enthalten. Die mit Kali sowohl, als die mit Alaunerde verbundene Kieselsäure enthält eben so viel Sauerstoff, als das Kali und die Alaunerde, aber da die Kieselsäure sowohl in  $KS$  als in  $AS$  vorkommt, so ist der Sauerstoff der *ganzen* Menge der Kieselsäure doppelt so gross als der Sauerstoff des Kalis allein, oder der Alaunerde allein. Die Sauerstoffmengen des Kalis, der Alaunerde, der Kieselsäure werden sich daher verhalten  $= 1 : 1 : 2$  und hieraus wird man die procentische Zusammensetzung dieser Verbindung berechnen.

$KS^3$  bedeutet kieselsaures Kali, in welchem der Sauerstoff der Säure das 3fache ist von dem der Basis; in  $A^2S$  ist der Sauerstoff der Alaunerde das Doppelte von dem der Kieselsäure;  $3A^2S$  bedeutet: die Verbindung  $A^2S$  dreimal genommen. Das Wasser wird durch  $Aq$  bezeichnet. — Wir wollen einige solcher Formeln zergliedern:

1)  $CS^2 + FS + 2AS$ .

In dieser Formel kommt  $C$  (Kalk) nur einmal und zwar einfach vor und ohne oben mit einer Zahl versehen zu seyn, welche andeuten würde, dass der Sauerstoff von  $C$  ein Multiplum des Sauerstoffs ist, welchen der mit  $C$  verbundene oxydirte Körper enthält, wir werden also den Sauerstoff von  $C=1$  setzen. Eben so kommt  $F$  (Eisenoxyd) nur einmal und ebenfalls einfach vor; der Sauerstoff des Eisenoxyds ist daher dem des Kalks gleich und  $=1$ .  $A$  (Alaunerde) kommt ebenfalls nur einmal, aber nicht einfach vor, denn die Verbindung von  $AS$  ist doppelt genommen, mithin enthält die Alaunerde doppelt so viel Sauerstoff als der Kalk und das Eisenoxyd, und der Sauerstoff der Alaunerde ist daher  $=2$ . Die Kieselsäure kommt in  $CS^2$ , in  $2AS$  und in  $FS$  vor; aber der Sauerstoff der Kieselsäure ist in  $CS^2$  das Doppelte von dem Sauerstoff des

Kalks, mithin = 2, in 2 *AS* doppelt genommen, mithin wieder = 2, in *FS* einfach genommen, mithin = 1. Der Sauerstoff der ganzen Menge der Kieselsäure ist mithin = 5.

Man hat also Sauerstoff des Kalks = 1  
 — des Eisenoxyds = 1  
 — der Alaunerde = 2  
 — der Kieselsäure = 5, berechnet

hieraus die relativen Mengen dieser Oxyde, und reducirt die gefundenen Zahlen auf 100, um die Zusammensetzung des Fossils in Procenten auszudrücken.

100 Theile Kalk enthalten	28.09 Sauerstoff
100 — Eisenoxyd —	30.66 —
100 — Alaunerde —	46.70 —
100 — Kieselsäure —	51.72 —

$$100 : 28.09 = x \quad \left. \begin{array}{l} \text{relative Menge des Kalks} \\ \text{mithin } x \end{array} \right\} : 1$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Kalk} \\ \text{Eisenoxyd} \end{array} \right\} = 3.56$$

$$100 : 30.66 = x \quad \left. \begin{array}{l} \text{relative Menge des Eisenoxyds} \\ \text{mithin } x \end{array} \right\} : 1$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Eisenoxyd} \\ \text{Alaunerde} \end{array} \right\} = 3.26$$

$$100 : 46.7 = x \quad \left. \begin{array}{l} \text{relative Menge der Alaunerde} \\ \text{mithin } x \end{array} \right\} : 2$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Alaunerde} \\ \text{Kieselsäure} \end{array} \right\} = 4.28$$

$$100 : 51.72 = x \quad \left. \begin{array}{l} \text{relative Menge der Kieselsäure} \\ \text{mithin } x \end{array} \right\} : 5$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Kieselsäure} \\ \text{mithin } x \end{array} \right\} = 9.67$$

$$3.56 + 3.26 + 4.28 + 9.67 = 20.77$$

20.77 : 3.56	}	= 100 :	Menge des Kalks	}
3.26	}	— —	Eisenoxyds	}
4.28	}	— —	Alaunerde	}
9.67	}	— —	Kieselsäure	}

So ergibt sich aus obiger Formel folgende Zusammensetzung in Procenten:

Kieselsäure	—	46.56
Alaunerde	—	20.60
Kalk	—	17.14
Eisenoxyd	—	15.70
		100.00

2)  $KS^3 + 3AS^3$  (Formel für den Kalifeldspath.)

In dieser Formel kommt *K* (Kali) nur einmal, einfach, und ohne mit einer Zahl nach oben versehen zu seyn, vor. Der Sauerstoff des Kalis wird also = 1 gesetzt. In  $AS^3$  ist der Sauerstoff der Alaunerde ebenfalls = 1: da aber  $AS^3$  dreimal genommen ist, so ist der Sauerstoff dieser Erde = 3. Die Kieselsäure kommt zweimal, sowohl in  $KS^3$  als in  $3AS^3$  vor. In  $KS^3$  ist ihr Sauerstoff das 3 fache von dem des Kalis, also = 3, in  $3AS^3$  ist er ebenfalls das 3fache von dem der Alaunerde, also = 9, zusammen also = 3 + 9 = 12.

Die Sauerstoffmengen des Kalis, der Alaunerde und der Kieselsäure verhalten sich daher = 1 : 3 : 12, und hieraus wird die relative Menge dieser einzelnen Oxyde berechnet.

3)  $KS^6 + 8CS^3 + 16Aq$ . (Apophyllit).

In dieser Formel kommt *K* nur einmal und einfach u. s. w. vor, der Sauerstoff des Kalis ist daher = 1. *C* (Kalk) kommt ebenfalls nur einmal, aber mit 8 multiplicirt vor; der Sauerstoff des Kalks ist daher = 8. Der Sauerstoff der Kieselsäure ist = 6 (vermöge  $KS^6$ ), und =  $3 \times 8$  (vermöge  $8CS^3$ ), im Ganzen also = 6 + 24 = 30. Der Sauerstoff des Wassers ist = 16.

Die Sauerstoffmengen des Kalis, des Kalks, der Kieselsäure und des Wassers verhalten sich mithin = 1 : 8 : 30 : 16, wornach die procentische Zusammensetzung sich berechnen lässt.

Soll umgekehrt aus den durch die Analyse gefundenen relativen Mengen der Oxyde eine Formel berechnet werden, so berechnet man die Sauerstoffmengen aller in der Verbindung vorkommenden Oxyde, von denen man annimmt, dass sie für dieselbe wesentlich seyen, \*) setzt den Sauerstoff desjenigen Oxyds, welches die geringste Menge davon enthält, = 1, und untersucht, wie vielmal die Sauerstoffmengen der übrigen Oxyde diese geringste Sauerstoffmenge enthalten. Man vertheilt hierauf das elektronegative Oxyd, d. h. die Säure, welche in den allermeisten Fällen Kieselsäure ist, unter die elektropositiven Oxyde.

Eine so berechnete Formel kann nun allerdings aus zweierlei Gründen verschieden ausfallen. 1) Weil theils die der Analyse unterworfenen Mineralien selten vollkommen rein sind, sondern häufig fremde Beimengungen enthalten, die übrigens dieselben Bestandtheile, wie das reine Mineral selbst, liefern können, theils die Analysen keiner ganz vollkommenen Genauigkeit fähig sind, so dass aus diesen beiden Gründen die Sauerstoffmengen der Oxyde nie vollkommen genau Multipla nach ganzen Zahlen von der Sauerstoffmenge desjenigen Oxyds sind, welches die geringste Menge von Sauerstoff enthält, und es daher in manchen Fällen der Willkühr überlassen bleibt, ob diese Menge vermehrt oder vermindert werden soll, so dass ein höheres oder niedereres Multiplum heraus kommt. 2) Weil der Sauerstoff der Säure,

---

\*) Substanzen, die in ganz kleiner Menge vorkommen, die theils als mechanisch beigemischt, theils als färbende Stoffe, wie sehr kleine Mengen von Eisen-, Mangan-, Chrom-Oxyd u. s. f. zu betrachten sind, werden nicht beachtet.

und mithin die Säure selbst auf eine verschiedene Weise unter die basischen Oxyde vertheilt werden kann.

Der Beryll z. B. ist so zusammengesetzt, dass, wenn man den Sauerstoff der Beryllerde, welche die geringste Menge Sauerstoff enthält, = 1 setzt, der Sauerstoff der Alaunerde nahe = 2, und der der Kieselsäure nahe = 8 oder = 9 ist; letztere Annahme stimmt jedoch mit den Resultaten der Analyse besser überein. Nimmt man mit Berzelius die Zahl 8 an, so kann man 4 von diesen der Beryllerde geben, welche 1 Portion Sauerstoff enthält, und es bleiben dann 4 für die 2 Sauerstoffportionen der Alaunerde, deren jede also 2 Sauerstoffportionen von der Kieselsäure bekommt. Die Formel für den Beryll wird dann  $GS^4 + 2AS^2$ . Nimmt man dagegen an, dass die mit der Alaunerde verbundene Kieselsäure dreimal den Sauerstoff der Alaunerde enthalte, so bleiben für die Beryllerde nur 2 Sauerstoffportionen der Kieselsäure, d. h. so viel Kieselsäure, dass ihr Sauerstoffgehalt das Doppelte von dem der Beryllerde wird, und die Formel für den Beryll wird dann  $GS^2 + 2AS^3$ . — Es ist klar, dass wenn diese beiden Formeln berechnet werden, durchaus das gleiche procentische Resultat für die Zusammensetzung des Berylls erhalten werden muss, und in dieser Beziehung ist also diese verschiedene Vertheilung der Kieselsäure unter die Basen ohne allen Einfluss. Nimmt man dagegen mit L. Gmelin für den Sauerstoff der Kieselsäure die Zahl 9 an, so ist die einfachste Formel, die aufgestellt werden kann, folgende:

$GS^3 + 2AS^3$ . Die Formeln:  $GS^5 + 2AS^2$ ,  $GS + 2AS^4$ ,  $GS^7 + 2AS$  würden übrigens (so unpassend es auch wäre, die Kieselsäure unter zwei so ähnliche Basen, wie Alaunerde und Beryllerde, nach einem so verschiedenen Maassstab zu vertheilen) bei der Berechnung dasselbe procentische Resultat geben.

Bei dieser Austheilung des elektronegativen Oxyds (in den häufigsten Fällen der Kieselsäure) unter die elektropo-



sitiven Oxyde (Basen), geht man von dem Grundsatz aus, dass da, wo eine *ungleiche* Austheilung geboten ist, der stärksten Basis auch die grössere Säuremenge zugetheilt wird, weil man annimmt, dass die stärkste Basis auch die grösste Menge von Säure zu neutralisiren vermöge. In dem vorhin angeführten Beispiel:  $CS^2 + FS + 2 AS$  hat man daher dem Kalk, als der stärksten Salzbasis, und nicht dem Eisenoxyd, die zwei Kieselsäurepartikeln zugetheilt.

*Ueber die Bezeichnung der Atomgewichte organischer Verbindungen.*

Wenn wir die relativen Gewichte der Atome aller Elemente als bekannt voraussetzen und es sich nun davon handelt, die atomistische Zusammensetzung irgend einer, aus mehr als zwei Elementen bestehenden, Verbindung zu bezeichnen, deren procentische Zusammensetzung bekannt ist, so wird man, insofern blos jedes einzelne Element, der Zahl seiner Atome nach, mit welcher es in die Verbindung eingeht, in dieser letztern aufgeführt werden soll, sofern man also diese Verbindung als eine Dreieinigkeith, wenn sie aus 3, oder als eine Viereinigkeith, wenn sie aus 4 Elementen zusammengesetzt ist, u. s. f., betrachtet, und gar keine theoretischen Betrachtungen darüber anstellt, ob nicht etwa die Verbindung als aus andern Verbindungen zusammengesetzt angesehen werden könne, ob nicht z. B., wenn die Verbindung aus 3 Elementen a, b, c besteht, sie als eine Verbindung des Elements a mit der Verbindung b+c, oder als eine Verbindung der Verbindung  $(a + \frac{1}{2}b)$  mit der Verbindung  $(c + \frac{1}{2}b)$  u. s. f. zu betrachten seyn möchte, auf folgende Weise verfahren.

Mit der bekannten procentischen Zusammensetzung der Verbindung ist die relative Menge der einzelnen in der Verbindung auftretenden Elemente gegeben. Man setzt nun das so gefundene relative Gewicht irgend eines Elementes dem

Atomgewicht dieses Elementes gleich und bestimmt hiernach die Gewichte der übrigen Elemente. Die Erfahrung lehrt, dass diese dann entweder einem einfachen, oder einem mit einer ganzen Zahl multiplicirten oder dividirten Atomgewicht derselben Elemente entsprechen; wäre dieses nicht der Fall, so würde die Zusammensetzung der organischen Verbindung entweder in keiner Beziehung zu dem Gesetz des Mischungsgewichtes stehen, oder die Verbindung würde nicht rein seyn, sondern als ein Gemenge verschiedener organischer Verbindungen betrachtet werden müssen. Die gefundenen Zahlen werden nun in allen den Fällen, wo man nicht durch bestimmte Gründe zu einer andern Bestimmungsweise genöthigt wird, auf das möglichst einfache Verhältniss *ganzer* Zahlen gebracht mit der einzigen Rücksicht, dass keine der Zahlen kleiner seyn darf, als das Atomgewicht des ihr zugehörigen Elements, insofern nemlich die Annahme von Theilen von Atomen nicht gestattet werden will. Diese Zahlen nun, dividirt durch das Atomgewicht der zugehörigen Elemente, zeigen die relative Anzahl der Atome der in der Verbindung auftretenden Elemente an. Addirt man hierauf die Zahlen, welche das Gewicht der so bestimmten Anzahl von Atomen eines jeden Elements repräsentiren, zusammen, so erhält man das Gewicht eines Atoms der Verbindung selbst.

Einige Beispiele mögen zur Erläuterung des Gesagten dienen.

1) Das neutrale schwefelsaure Kali besteht aus den 3 Elementen, Kalium, Schwefel und Sauerstoff, und enthält in 100 Theilen 44.931 Kalium, 18.360 Schwefel, 36.709 Sauerstoff. Setzen wir nun das Gewicht des Sauerstoffs z. B. dem Atomgewicht des Sauerstoffs gleich, also = 8, so finden wir das Gewicht des Schwefels } durch folgende Gleichung: 36.709 : 8 = 18.360 } : 4 }  
 Kaliums } 44.931 } 9.7 }

Die Zahl für den Schwefel ist daher = 4, die für das Kalium = 9.7, wenn die Zahl für den Sauerstoff = 8 gesetzt wird. Erstere ist aber nur der vierte Theil von dem Gewicht eines Atoms Schwefels, welches = 16 ist, und letztere nahe ebenfalls nur der vierte Theil des Gewichts eines Atoms Kalium, welches = 39.2 ist. Wir müssen daher, um keine Theile von Atomen zu erhalten, alle Zahlen mit 4 multipliciren, und erhalten dann  $4 \times 8 = 32$ , d. h. 4 Atome Sauerstoff,  $4 \times 4 = 16$ , d. h. 1 Atom Schwefel,  $4 \times 9.7 = 38.8$  (nahe = 39.2), d. h. 1 Atom Kalium. Das Gewicht eines Atoms neutralen schwefelsauren Kalis ist daher = dem Gewicht von 4 At. Sauerstoff + 1 At. Schwefel + 1 At. Kalium =  $32 + 16 + 39.2 = 87.2$  und wird durch  $K + S + 4O$  oder durch  $KSO^+$  bezeichnet.

2) Der krystallisirte Alaun besteht aus den 5 Elementen, Kalium, Aluminium, Schwefel, Sauerstoff und Wasserstoff und enthält in 100 Theilen 8.27 Kalium, 5.70 Aluminium, 13.50 Schwefel, 67.47 Sauerstoff, 5.06 Wasserstoff. Setzt man nun das Gewicht irgend eines dieser 5 Elemente, z. B. das des Wasserstoffs, dem Atomgewicht desselben gleich, also = 1, so findet man die Gewichte der übrigen Elemente mittelst folgender Gleichungen:

$$\begin{array}{l} 5.06 : 1 = 8.27 \\ \quad \quad \quad 5.70 \\ \quad \quad \quad 13.50 \\ \quad \quad \quad 67.47 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 5.06 \\ 5.70 \\ 13.50 \\ 67.47 \end{array}} \right\} : \begin{array}{l} \text{Gewicht des Kaliums} \\ \text{Aluminiums} \\ \text{Schwefels} \\ \text{Sauerstoffs} \end{array}$$

Die Gewichte des Kaliums, Aluminiums, Schwefels, Sauerstoffs sind daher, verglichen mit dem = 1 gesetzten Gewicht des Wasserstoffs, beziehungsweise 1.634, 1.126, 2.670, 13.334. — Wir sehen hieraus sogleich, dass es nicht angeht, das Gewicht des Wasserstoffs dem Gewicht eines *einzig*en Atoms Wasserstoff gleich zu setzen, da die Gewichte, welche man unter dieser Voraussetzung für das Kalium, Aluminium und den Schwefel findet, viel kleiner sind, als

die Gewichte eines Atoms dieser Elemente. So haben wir für das Gewicht des Kaliums die Zahl 1.634 gefunden, während das Gewicht eines Atoms Kalium 39.2 ist. Suchen wir nun die Zahl, mit welcher man 1.634 multipliciren muss, um als Produkt die Zahl 39.2 (oder doch eine dieser Zahl sehr nahe gleiche) zu erhalten, so finden wir 24, denn  $24 \times 1.634$  ist = 39.22. Wir müssen daher die = 1 gesetzte Zahl des Wasserstoffs 24mal, d. h. 24 Atome Wasserstoff nehmen, nun aber auch die für alle übrigen Elemente gefundenen Zahlen mit 24 multipliciren. So finden wir

für das Kalium :  $24 \times 1.634 = 39.22 = 1$  At. Kalium  
 für das Aluminium :  $24 \times 1.126 = 27.02 = 3$  At. Aluminium  
 für den Schwefel :  $24 \times 2.670 = 64.08 = 4$  At. Schwefel  
 für den Sauerstoff :  $24 \times 13.334 = 320.02 = 40$  At. Sauerstoff.

Das Gewicht eines Atoms krystallisirten Alauns ist daher = dem Gewicht von 1 At. Kalium + 3 At. Aluminium + 4 At. Schwefel + 40 At. Sauerstoff + 24 At. Wasserstoff =  $39.2 + 27 + 64 + 320 + 24 = 474.2$ , und sein Zeichen ist  $K + 3Al + 4S + 40O + 24H$  oder  $KAl^3S^4O^{40}H^{24}$ .

3) Der Alkohol besteht in 100 Th. aus 52.37 Kohlenstoff, 13.31 Wasserstoff und 34.61 Sauerstoff. Setzen wir das Gewicht des Wasserstoffs z. B., dem Atomgewicht des Wasserstoffs gleich, also = 1, so finden wir das Gewicht des Kohlenstoffs durch die Gleichung:

$13.31 : 1 = 52.37 : x = 3.93$  oder sehr nahe = 4. Ebenso finden wir das Gewicht des Sauerstoffs durch die Gleichung:

$13.31 : 1 = 34.61 : x = 2.6$ . — Das Gewicht des Kohlenstoffs sowohl als das des Sauerstoffs ist kleiner als das Atomgewicht dieser Elemente, woraus sich ergibt, dass der Alkohol nicht ein, sondern mehrere Atome Wasserstoff enthalten müsse. Das Gewicht des Kohlenstoffs verhält sich zu dem Atomgewicht des Kohlenstoffs (6) nahe = 2 : 3; multiplicirt man daher jenes Gewicht mit  $\frac{3}{2}$ , so wird das Gewicht des Kohlenstoffs dem Atomgewicht des Kohlenstoffs

nahe gleich. Dann müssen aber auch die Gewichte des Wasserstoffs und des Sauerstoffs mit  $\frac{3}{2}$  multiplicirt werden und ersteres wird  $= 1\frac{1}{2}$ , letzteres  $= \frac{3}{2}$  (2.6), nahe  $= 4$ . Weil man aber auf diese Weise  $1\frac{1}{2}$  At. Wasserstoff und  $\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff erhalten würde, so multiplicirt man alle Zahlen mit 3 anstatt mit  $\frac{3}{2}$ , und erhält nun für den Wasserstoff 3 Atome, für den Kohlenstoff 3 (3.93)  $= 11.79$  nahe  $= 12$ , d. h. 2 Atome, für den Sauerstoff 3 (2.6)  $= 7.8$  nahe  $= 8$ , d. h. 1 Atom. — Der Alkohol besteht daher aus 1 At. Sauerstoff  $= 8$ , 2 At. Kohlenstoff  $= 12$ , und 3 At. Wasserstoff  $= 3$ , und 1 Atom Alkohol wiegt  $8 + 12 + 3 = 23$ . Sein Zeichen ist  $O + 2C + 3H$  oder  $OC^2H^3$ , oder  $C^2H^3O$ .

Da das Atomgewicht des Wasserstoffs in Beziehung auf das Atomgewicht des Sauerstoffs sowohl als des Kohlenstoffs nur halb so gross wird, wenn man in dem Wasser 2 At. Wasserstoff auf 1 At. Sauerstoff annimmt, als wenn, wie bei obiger Berechnung, eine gleiche Anzahl von Atomen beider Elemente vorausgesetzt wird, so besteht (wenn das Wasser  $= O + 2H$ ) der Alkohol aus 1 At. Sauerstoff, 2 At. Kohlenstoff und 6 At. Wasserstoff; sein Atomgewicht ist daher nach dieser Voraussetzung  $= 16 + 24 + 6 = 46 = 2 \times 23$ , und sein Zeichen wird:  $OC^2H^6$ .

Berechnet man nun aus einer der Formeln:  $OC^2H^3$ ,  $OC^2H^6$ , die, wie sich von selbst versteht, das gleiche Resultat geben müssen, die procentische Zusammensetzung des Alkohols, so erhält man Wasserstoff 13.04, Kohlenstoff 52.18, Sauerstoff 34.78; ein Resultat, welches mit dem durch die Analyse des Alkohols gefundenen sehr nahe übereinstimmt und den Beweis liefert, dass die Zusammensetzung des Alkohols wirklich durch eine so einfache Formel, in welcher die Zahlen, die die relative Menge der einzelnen Atome angeben, in einem sehr einfachen Verhältniss stehen, repräsentirt werden kann, indem wir zu der Voraussetzung berechtigt sind, dass die unbedeutende Nichtübereinstimmung des empirischen und theoretischen Resultats blos in den bei Analysen nie ganz zu vermeidenden Fehlern be-

gründet sey. Wollte man eine ganz vollkommene Uebereinstimmung des empirischen Resultats mit der Formel herstellen, so könnte dieses nicht anders geschehen, als wenn man die Zahlen, welche die relative Anzahl der Atome angeben, *sehr gross* nehmen würde. Dadurch würde aber nicht blos eine solche Formel alles Interesse verlieren, sondern ihre Unrichtigkeit würde in vielen Fällen aus den Producten ersichtlich seyn, welche solche Verbindungen bei ihrer Zersetzung liefern. Ein Atom schwefelsaures Kali z. B. gibt bei seiner Zersetzung 1 At. Schwefelsäure, welche aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff, und 1 At. Kali, welches aus 1 A. Kalium und 1 At. Sauerstoff besteht: ein Atom schwefelsaures Kali muss daher  $\text{KSO}^+$  seyn. In der That liesse sich eine vollkommene Uebereinstimmung einer einfachen Formel mit dem Resultat der Analyse nur dann als möglich denken, wenn die unvermeidlichen Fehler bei der Bestimmung der relativen Menge der Elemente in einer Verbindung, so wie diejenigen ebenfalls unvermeidlichen Fehler, welchen man bei der Bestimmung des relativen Gewichts der Atome ausgesetzt ist, einander gegenseitig aufheben würden.

Man kann sich solche Berechnungen erleichtern, wenn man die relative Menge der in eine Verbindung eingehenden Elemente mit dem Gewicht der Atome dieser Elemente vergleicht. In dem vorigen Beispiel sieht man sogleich, dass der Sauerstoff mit der geringsten Anzahl von Atomen in die Zusammensetzung des Alkohols eingeht, denn die relative Zahl des Sauerstoffs ist = 34.78, die des Wasserstoffs = 13.04, die des Kohlenstoffs = 52.18;

8	}	ist aber in 34.78 nur etwas
Atomgewicht des Sauerstoffs		
über 4mal, dagegen	}	in 13.04
1		
Atomgewicht des Wasserstoffs		
mehr als 13 mal, und	}	in 52.18
6		
Atomgewicht des Kohlenstoffs		

mehr als 8mal enthalten. Man setzt daher sogleich die procentische Zahl des Sauerstoffs (34.78) dem Atomgewicht des Sauerstoffs (8) gleich, und findet so unmittelbar die Anzahl der Atome der übrigen Elemente.

4) Die Bestimmung des Atongewichtes einer aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff bestehenden organischen Säure ist mit noch weniger Umständen verbunden. Man vergleicht den Sauerstoff derselben mit dem Sauerstoff einer, ein Atom Sauerstoff enthaltenden Basis, mit welcher sie ein neutrales Salz bildet: die Zahl, welche anzeigt, das Vielfache der Sauerstoff der Säure von dem Sauerstoff dieser Basis ist, gibt zugleich die Anzahl der Sauerstoffatome in einem Atom der Säure an, und hiernach wird dann sehr leicht die Anzahl der Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atome berechnet. — Die Ameisensäure z. B., deren Sauerstoff das 3fache ist von dem Sauerstoff der Basen, mit welchen sie neutrale Salze bildet, enthält 3 Atome Sauerstoff. Sie besteht nach Berzelius aus 32.97 Kohlenstoff, 2.81 Wasserstoff und 64.22 Sauerstoff. Man setzt daher letztere Zahl = 3 At. Sauerstoff = 24 und bestimmt dann die Anzahl der Atome des Kohlenstoffs und Wasserstoffs durch folgende Gleichung:

$$64.22 : 32.97 \left. \vphantom{64.22} \right\} = 24 : x. \text{ Hieraus erhält man für den Koh-} \\ 2.81 \left. \vphantom{2.81} \right\}$$

lenstoff die Zahl 12.3 nahe = 2 Atomen Kohlenstoff, und für den Wasserstoff die Zahl 1.05, nahe = 1 At. Wasserstoff. Die Ameisensäure besteht daher aus 1 At. Wasserstoff, 2 At. Kohlenstoff und 3 At. Sauerstoff und ihr Zeichen ist  $\text{HC}^2\text{O}^3$ , oder in der Voraussetzung, welche das Atom des Wasserstoffs in Beziehung auf das Atom des Sauerstoffs und Kohlenstoffs nur halb so gross annimmt:  $\text{H}^2\text{C}^2\text{O}^3$ .

Die Nothwendigkeit, die Anzahl der Sauerstoffatome in einer organischen Säure auf die angeführte Weise zu bestimmen, folgt aus der Annahme, dass ein neutrales Salz aus 1 Atom Säure und 1 Atom Basis bestehe. Da nun die Basis

1 Atom Sauerstoff enthält, so muss 1 Atom Säure so viele Sauerstoffatome enthalten, als die Zahl besagt, welche angibt, das Wievielfache der Sauerstoff der die Basis neutralisirenden Säure von dem Sauerstoff dieser Basis ist. Daher kommt es denn auch, dass man bei Berücksichtigung dieses Umstandes bisweilen eine solche relative Anzahl von Atomen der einzelnen Elemente in Einem Atom Säure erhält, welche nicht das möglichst einfache Verhältniss ganzer Zahlen darstellt. Von der Citronensäure z. B. nimmt man an, dass 1 Atom derselben aus 4 At. Kohlenstoff, 2 At. Wasserstoff und 4 At. Sauerstoff bestehe, weil in den neutralen citronensauren Salzen der Sauerstoff der Citronensäure das 4fache von dem der Basis ist. Die einfachere Annahme, dass 1 Atom dieser Säure aus 2 At. Kohlenstoff, 1 At. Wasserstoff und 2 At. Sauerstoff bestehe, ist daher wegen der genannten Rücksicht unstatthaft, weil in diesem Fall ein *neutrales* citronensaures Salz aus 2 At. Citronensäure und 1 At. Basis bestehen würde.

Die angeführte Bezeichnungsart der Zusammensetzung der aus mehr als 2 Elementen bestehenden Verbindungen stellt das nackte Resultat der Analysen dar, insofern sie blos die Anzahl der Atome eines jeden einzelnen Elements angibt, ohne eine Andeutung darüber zu geben, ob nicht etwa die einzelnen Elemente zunächst zu binären Zusammensetzungen verbunden anzunehmen seyn möchten, so dass erst diese, durch ihre Vereinigung, die aus mehr als zwei Elementen bestehende Verbindung bilden würden. Man kann daher diese Bezeichnungsart der Zusammensetzung von Verbindungen, mit Berzelius, die *empirische* nennen; sie kann blos desswegen verschieden ausfallen, 1) insofern man bei der Bestimmung des Atomgewichts der Elemente von verschiedenen Voraussetzungen ausgeht, ob z. B. das Wasser 2 oder 1 At. Wasserstoff auf 1 At. Sauerstoff enthalte: die erste Voraussetzung gibt für den Alkohol z. B. die Formel  $H^6C^2O$ , die zweite die Formel  $H^3C^2O$ ; 2) insofern man auf die



die Neutralität einer Verbindung Rücksicht nimmt, und die Anzahl von Sauerstoffatomen in einem Atom einer Säure, wie so eben gezeigt wurde, nach der Zahl bestimmt, welche angibt, das Wievielfache der Sauerstoff der Säure von dem Sauerstoff der Basis ist, welche die Säure neutralisirt. Durch Berücksichtigung dieses Umstandes wird jedoch bloß die absolute Anzahl der Atome der einzelnen Elemente eine verschiedene, ihre relative Anzahl bleibt dieselbe.

Was nun die unorganischen Verbindungen betrifft, so hält man sich allgemein zu der Annahme berechtigt, dass sie durchaus binäre seyen und sich in solche spalten lassen, wenn sie auch aus noch so vielen Elementen zusammengesetzt sind. Man hält es z. B. für ausgemacht, dass das schwefelsaure Kali aus Schwefelsäure und Kali, der krystallisirte Alaun zunächst aus Wasser und wasserfreiem Alaun, der letztere aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Alaunerde u. s. f. bestehe. Man bezeichnet aus diesem Grunde die Zusammensetzung des schwefelsauren Kalis nicht durch die empirische Formel  $\text{KSO}^+$ , sondern durch die rationelle  $\text{K}\ddot{\text{S}}$ , die Zusammensetzung des krystallisirten Alauns nicht durch  $\text{KAl}^3\text{S}^4\text{O}^{10}\text{H}^{2+}$ , sondern durch eine der S. 559. 560. 562. angeführten Formeln, und die Blausäure sollte man nicht durch  $\text{HNC}^2$ , sondern durch  $\text{H} + \text{NC}^2$  bezeichnen.

Wenn wir aber auch als entschieden sollten annehmen dürfen, dass die unorganischen Verbindungen aus lauter binären bestehen, so kann man doch sehr oft darüber in Zweifel seyn, aus welcher bestimmten binären Verbindung man die Verbindung selbst als unmittelbar zusammengesetzt zu betrachten habe, denn man hat in dieser Beziehung gewöhnlich zwischen mehreren Vorstellungsarten die Wahl. — Ich will dieses durch ein von Berzelius gewähltes Beispiel erläutern. Die empirische Formel für das selensaure Zinnoxidul ist  $\text{SnSeO}^4$ . Insofern nun dieser Körper aus der unmittel-

baren Verbindung der Selensäure und des Zinnoxiduls hervorgeht, so wird man ihn durch die rationelle Formel  $\text{Sn} + \text{Se}$  bezeichnen. Es lassen sich aber noch mehrere andere Vorstellungen über die Zusammensetzung dieses Körpers machen, die durch nicht weniger gültige Gründe unterstützt werden. Wenn wasserhaltige Selensäure mit metallischem Zinn digerirt wird, so entwickelt sich Wasserstoffgas und man erhält jenen Körper (selensaures Zinnoxidul). Hier hat sich also metallisches Zinn mit einem Körper verbunden, der nicht mehr Selensäure, sondern  $\text{Se} + 4\text{O}$  ist, und aus der Verbindung dieses Körpers mit Wasserstoff (der wasserhaltigen Selensäure) wird dieser letztere durch Zinn ausgetrieben, so wie seinerseits das Zinn aus derselben Verbindung durch Zink gefällt wird. Man kann daher für die Zusammensetzung des selensauren Zinnoxiduls eben so gut die rationelle Formel  $\text{Sn} + \text{Se}$  aufstellen: die wasserhaltige Selensäure würde dann  $\text{H} + \text{Se}$  seyn, während sie nach der gewöhnlichen Voraussetzung  $\text{H} + \text{S}$  ist. Eben so lassen sich ferner die rationellen Formeln:  $\text{SnSe} + 4\text{O}$  (nach welcher das Salz das Oxyd eines zusammengesetzten Radicals seyn würde), oder  $\text{Se} + \text{Sn}$ , oder endlich  $\text{Sn} + \text{Se}$ , jede durch mehr oder weniger gewichtige Gründe unterstützt, aufstellen. — Schon vor längerer Zeit hat Dulong eine solche, von der gewöhnlichen abweichende, Ansicht über die Zusammensetzung der wasserhaltigen Sauerstoffsäuren aufgestellt, durch welche die Analogie zwischen diesen Säuren und den Wasserstoffsäuren hergestellt wird, indem man nemlich annimmt, dass der Wasserstoff des Wassers der Säure mit einem Radical verbunden sey, das aus der wasserfreien Säure und dem Sauerstoff des Wassers zusammengesetzt ist, so dass z. B. die wasserhaltige Schwefelsäure nicht  $\text{H} + \text{S}$ , sondern  $\text{H} + \text{S}$ , das schwefelsaure Kali nicht  $\text{K} + \text{S}$ , sondern  $\text{K} + \text{S}$  seyn würde.

Wenn es nun aber schon bei den unorganischen Verbindungen oft äusserst schwierig ist, mit einiger Sicherheit zu be-

stimmen, aus welchen bestimmten Combinationen die Verbindung als zusammengesetzt zu betrachten sey, und wenn man schon bei diesen nicht selten im Zweifel ist, welcher Vorstellungsart der Vorzug vor andern möglichen Vorstellungsarten einzuräumen sey, so ist dieses noch in viel höherem Grade bei den *organischen* Verbindungen der Fall.

Es kann hier nicht der Ort seyn, die verschiedenen Gründe gegen einander abzuwägen, durch welche man sich bei jeder einzelnen organischen Verbindung bestimmen lassen kann, die eine oder die andere Combination der Elemente als diejenige zu betrachten, aus welcher die Verbindung selbst unmittelbar hervorgeht: ich begnüge mich an einigen Beispielen zu zeigen, welcher grosser Spielraum hinsichtlich einer solchen Wahl eröffnet ist.

1) Die empirische Formel für den Alkohol ist  $H^3C^2O$ . Diese lässt sich in die rationelle Formel  $H^2C^2 + HO$ , oder, was dasselbe ist, in  $2HC + \dot{H}$  verwandeln, d. h. der Alkohol kann als eine Verbindung von 2 At. ölbildendem Gas und 1 At. Wasser betrachtet werden. Die empirische Formel für den Alkohol lässt sich aber auch durch die Formel  $H^6C^4O^2$  darstellen, indem man die Zahl der Atome aller Elemente mit 2 multiplicirt und so aus 1 Atom, ein Doppelatom Alkohol macht. Letztere Formel lässt sich in die rationelle Formel  $H^6C^3 + C^1O^2$  verwandeln, welcher zufolge ein Doppelatom Alkohol aus 3 At. gewöhnlichem Kohlenwasserstoffgas (Sumpfluft) ( $= 3 \times H^2C$ ) und 1 At. Kohlensäure bestehen würde. — Die empirische Formel für den Alkohol lässt sich ferner in die rationelle  $H^3C^2 + O$  verwandeln, welcher zufolge der Alkohol das Oxyd eines zusammengesetzten brennbaren Radicals  $H^3C^2$  seyn würde. — Endlich würde sich der Alkohol als eine Verbindung eines Oxyds des Wasserstoffs mit einem Oxyd des Kohlenstoffs betrachten lassen, und insofern der Sauerstoff auf eine beliebige Weise unter den Kohlenstoff und Wasserstoff vertheilt gedacht wer-

den kann, so würde sich eine beliebige Anzahl von Formeln aufstellen lassen, welche die Zusammensetzung des Alkohols aus solchen für sich nicht darstellbaren Oxyden repräsentiren: z. B.  $H^3 \frac{1}{2} O + C^2 \frac{1}{2} O$  (oder  $H^6 O + C^4 O$ );  $H^3 \frac{1}{3} O + C^2 \frac{2}{3} O$  (oder  $H^9 O + C^6 O^2$ ) u. s. f. — Diese zuletzt genannte Vorstellungsart empfiehlt sich jedoch, insofern sie eine *reine Fiction* ist und sich nicht einmal ein Bestimmungsgrund auffinden lässt, sich für diese oder jene Vertheilung des Sauerstoffs unter die brennbaren Elemente zu entscheiden, unter allen am wenigsten.

2) Die empirische Formel für den Aether ist  $H^5 C^4 O$ . Diese lässt sich in die rationelle Formel  $H^4 C^3 + HO$  oder, was dasselbe ist, in  $4 HC + \dot{H}$  verwandeln. Der Aether lässt sich daher, gerade wie der Alkohol, als eine Verbindung von ölbildendem Gas und Wasser betrachten; während aber der Alkohol aus 2 At. ölbildendem Gas und 1 At. Wasser besteht, so besteht dagegen der Aether aus 4 At. ölbildendem Gas und 1 At. Wasser. — Auch liesse sich der Aether durch  $H^5 C^2 + C^2 O$  repräsentiren, d. h. als eine Verbindung von einem (freilich nicht dargestellten) Kohlenwasserstoff und von Kohlensäure betrachten u. s. f. Der Aether lässt sich ferner als  $H^5 C^4 + O$ , d. h. als das Oxyd des zusammengesetzten brennbaren Radicals  $H^5 C^4$ , welches wir = E setzen wollen, betrachten; seine Formel ist dann  $EO$ . Dieses Radical E ist von dem Radical des Alkohols verschieden, welches letztere  $H^3 C^2$  ist. Nimmt man aber an, das der Alkohol dasselbe Radical, wie der Aether, enthalte, so ist der Aether ein wasserfreies Oxyd dieses Radicals und der Alkohol ein Hydrat dieses Oxyds. Die empirische Formel des Alkohols ist nemlich  $H^3 C^2 O$  oder  $H^6 C^4 O^2$ . Die Zusammensetzung des Alkohols lässt sich daher durch  $H^5 C^4 O + HO = EO + \dot{H}$  repräsentiren.

3) Gewisse organische, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende, Verbindungen enthalten den Wasser-

stoff und Sauerstoff genau in dem Verhältniss, in welchem diese Elemente im Wasser verbunden sind. Einige betrachten daher alle derartige Verbindungen als bestehend aus einer gewissen Anzahl von Kohlenstoff- und von Wasseratomen, als *Hydrate des Kohlenstoffs*. Hieher gehören die Stärke, das Gummi, der Milchzucker, der Rohrzucker, der Traubenzucker, die Essigsäure, die Milchsäure, die Chinsäure. — Man könnte aber auch diejenigen Verbindungen solcher Art, welche eine grössere Menge von Wasser in Vergleichung mit der Menge des Kohlenstoffs enthalten als andere, als Hydrate dieser anderen Verbindungen betrachten; den Rohrzucker, der Traubenzucker, das Gummi z. B. als Hydrate des Stärkmehls.

4) Es gibt organische Verbindungen von einer solchen Zusammensetzung, dass die relative Menge des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, oder des Kohlenstoffs und Sauerstoffs in beiden die gleiche ist, dass aber die eine Verbindung in dem ersteren Fall eine grössere Menge von Sauerstoff, in dem letzteren eine grössere Menge von Wasserstoff als die andere enthält. Man wird daher die erstere Verbindung im ersten Fall als ein Oxyd, im letzteren als ein Hydrür der andern Verbindung betrachten können. — So ist in der Schleimsäure und dem Stärkmehl die relative Menge des Kohlenstoffs und Wasserstoffs die gleiche; 1 Atom Schleimsäure enthält aber 16 At. Sauerstoff, während 1 At. Stärkmehl nur 10 At. Sauerstoff enthält; man kann daher die Schleimsäure als ein Oxyd des Stärkmehls, als eine Verbindung von 1 At. Stärkmehl mit 6 At. Sauerstoff betrachten, ungeachtet die Schleimsäure nicht durch Oxydation des Stärkmehls, wohl aber durch Oxydation des Milchzuckers und des Gummis, welche beide Substanzen dem Stärkmehl in Absicht auf Zusammensetzung sehr analog sind, hervorgebracht werden kann, wenn man Gummi oder Milchzucker mit Salpetersäure behandelt. — Ebenso würde sich der Mannazucker (Mannit)

als ein Hydrür des krystallisirten Milchzuckers betrachten lassen, insofern Milchzucker plus eine gewisse Menge von Wasserstoff, Mannit gibt.

5) In den zuletzt angeführten Beispielen ist das Radical, welches mit Sauerstoff das Oxyd, oder mit Wasserstoff das Hydrür bildet, für sich darstellbar; eine Spaltung der Verbindung in Radical und Sauerstoff, oder in Radical und Wasserstoff ist daher keine ganz willkührliche Operation, was sie in der That im Allgemeinen seyn würde, wenn dieses Radical für sich nicht darstellbar wäre, wo dann mit jeder organischen Verbindung beliebig viele Spaltungen in Radical und Sauerstoff oder in Radical und Wasserstoff oder in Radical und Kohlenstoff vorgenommen werden könnten. — Es gibt jedoch Fälle, in welchen eine solche Spaltung dringend angezeigt ist, ungeachtet das durch die Spaltung erhaltene Radical für sich noch nicht dargestellt werden konnte. Ein Beispiel eines solchen Falls liefert das S. 438. angeführte Bittermandelöl. Die empirische Formel für das blausäurefreie, reine Bittermandelöl ist  $7C + 3H + O$  oder  $14C + 6H + 2O$  (in der Voraussetzung, dass das Wasser  $H + O$ , die Kohlensäure  $C + 2O$  ist). Es liegen aber die gewichtigsten Gründe vor, diese empirische Formel in die rationelle  $(14C + 5H + 2O) + H$  zu verwandeln, zufolge welcher das Bittermandelöl aus einem Atom eines zusammengesetzten, für sich bis jetzt nicht dargestellten, Radicals (Benzoyl) und aus 1 At. Wasserstoff besteht, d. h. Benzoyl-Wasserstoff ist. Dadurch nemlich, dass von den 6 Atomen Wasserstoff, welche das Bittermandelöl enthält, eines gegen ein Atom verschiedener anderer Elemente ausgetauscht wird, entstehen neue Verbindungen, die aus Benzoyl und einem dieser anderen Elemente zusammengesetzt sind. Wird z. B. eines der 6 At. Wasserstoff des Bittermandelöls gegen 1 At. Sauerstoff vertauscht, so erhält man wasserfreie Benzoësäure, nemlich:  $(14C + 5H + 2O) + O$ , welche daher Benzoyl-

Sauerstoff ist; wird 1 At. Wasserstoff des Bittermandelöls gegen 1 At. Chlor, Brom, Jod, Schwefel oder Cyan vertauscht, so erhält man Chlor-, Brom-, Jod-, Schwefel-, Cyan-Benzoyl. Es lässt sich daher wenigstens mit eben so grosser Sicherheit behaupten, dass das Bittermandelöl Benzoylwasserstoff sey, als man behauptet, das schwefelsaure Kali bestehe aus Schwefelsäure und Kali, ungeachtet das Benzoyl noch nicht dargestellt worden ist, das Bittermandelöl daher aus Benzoyl und Wasserstoff nicht zusammengesetzt werden kann, während das schwefelsaure Kali aus Schwefelsäure und Kali wirklich zusammengesetzt werden kann.

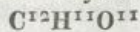
---

Die bisher angeführten Beispiele waren von der Art, dass die relative Anzahl der Atome in einer organischen Verbindung durch *ziemlich kleine ganze Zahlen* ausgedrückt werden konnte. Dieses ist jedoch nicht immer der Fall; vielmehr lässt sich bei vielen organischen Verbindungen diese relative Anzahl von Atomen nur durch *grössere ganze Zahlen* ausdrücken, wenn man anders dem Resultat der Analyse keinen zu grossen Zwang anthun will. Je grösser aber diese Zahlen werden, desto gezwungener erscheint die Voraussetzung, dass die Zusammensetzung solcher Verbindungen von dem Gesetz des Mischungsgewichtes abhängig sey, denn es ist klar, dass die Zusammensetzung einer jeden noch so wenig bestimmt charakterisirten Verbindung, die sogar ein blosses Gemenge von unzähligen Verbindungen seyn dürfte, die mit einem Wort in gar keiner Abhängigkeit von dem Gesetz des Mischungsgewichtes steht, sehr genau durch Zahlen wird dargestellt werden können, welche Vielfache von den Atomgewichten der Elemente sind, sobald die Grösse der Zahlen, welche diese Multipla anzeigen, unbegrenzt seyn darf. — Schon die Zusammensetzung des gemeinen Zuckers z. B., einer krystallisirten und überhaupt wohl

charakterisirten organischen Verbindung, lässt sich nur durch Multipla der Atomgewichte seiner Elemente nach grösseren Zahlen darstellen, wenn man dem Resultat der Analyse nicht Gewalt anthun will. Der reine krystallisirte Rohrzucker ist so zusammengesetzt, dass man ihn, in der Hypothese, nach welcher das Wasser 1 At. Wasserstoff enthält, als  $C^{12}H^{11}O^{11}$ , und in der Hypothese, nach welcher das Wasser 2 At. Wasserstoff enthält, als  $C^{12}H^{22}O^{11}$  betrachten muss. — Der reine krystallisirte Traubenzucker ist so zusammengesetzt, dass man für denselben die empirische Formel  $C^{12}H^{14}O^{14}$  (wenn das Wasser  $H + O$  ist), oder die Formel  $C^{12}H^{28}O^{14}$  (wenn das Wasser  $2H + O$  ist) aufstellen kann. (Diese letzteren Formeln, die durch Division der Anzahl der Atome eines jeden einzelnen Elementes durch die Zahl 2 einfacher würden, sind desswegen gewählt, damit die Vergleichung der Zusammensetzung des Traubenzuckers mit der des Rohrzuckers anschaulicher gemacht werde. Die Zusammensetzung des letzteren lässt sich, wenn man halbe Atome vermeiden will, nicht durch kleinere Zahlen repräsentiren).

Die Zusammensetzung dieser beiden Zuckerarten, welche der Gährung fähig sind, wobei sie in Alkohol und Kohlensäure zersetzt werden, gibt zugleich den Schlüssel zur Erklärung der bei der Gährung sich zeigenden Erscheinungen, wenigstens was die Qualität und Quantität der dabei erhaltenen Producte betrifft.

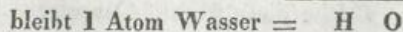
Die empirische Formel für ein At. krystallisirten Rohrzucker ist



Hievon 2 At. Aether =  $2(C^4H^5O) = C^8 H^{10}O^2$  abgezogen,



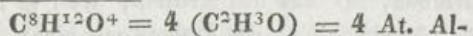
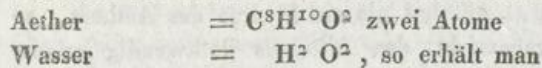
Hievon 4 At. Kohlensäure =  $4(CO^2) = C^4 O^8$  abgezogen,



Ein Atom Rohrzucker wird daher bei seiner Zersetzung 2 At. Aether, 4 At. Kohlensäure und 1 Atom Wasser bilden.

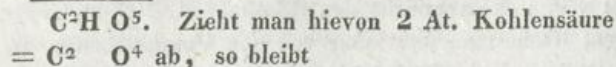
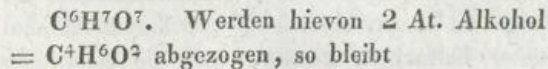


Man könnte daher 1 Atom krystallisirten Rohrzucker als eine Verbindung von 2 At. doppelt-kohlensaurem Aether mit 1 At. Wasser betrachten. Dieses eine Atom Wasser ist aber, wie Berzelius gezeigt hat, Krystallwasser und lässt sich durch Basen abscheiden. Der von diesem Wasser befreite Zucker, so wie er z. B. in seiner Verbindung mit Bleioxyd vorkommt, ist  $C^{12}H^{10}O^{10}$ , und ein Atom dieses wasserfreien Zuckers würde nichts als 2 At. Aether und 4 At. Kohlensäure liefern. Da nun aber bei der Gährung nicht Aether, sondern Alkohol gebildet wird, der Alkohol aber als ein Hydrat des Aethers betrachtet werden kann, so wird der aus der Zersetzung des wasserfreien Zuckers hervorgehende Aether noch 2 Atome Wasser aufnehmen müssen, um unter den Producten der Gährung als Alkohol zum Vorschein zu kommen. Addirt man nemlich zu 2 Atomen



Ein Atom wasserfreier Rohrzucker liefert daher bei der Gährung 4 At. Alkohol und 4 At. Kohlensäure, indem die 2 At. Aether, welche er zunächst liefern würde, durch Aufnahme von 2 At. Wasser, in 4 At. Alkohol sich verwandeln. 1 At. krystallisirter Rohrzucker dagegen wird bloß 1 At. Wasser aufnehmen müssen, um 4 At. Alkohol und 4 At. Kohlensäure zu erzeugen.

Die empirische Formel für die Zusammensetzung eines Atoms Traubenzucker ist in ihrer einfachsten Gestalt



1 At. krystallisirter Traubenzucker wird daher bei der Gährung 2 At. Alkohol und 2 At. Kohlensäure liefern, und es wird dabei nicht nur kein Wasser aufgenommen, sondern es bleibt sogar 1 At. Wasser übrig. Man könnte daher den krystallisirten Traubenzucker als eine Verbindung von 2 At. *einfach-kohlensaurem Alkohol mit 1 At. Wasser* betrachten. — Einen von diesem verschiedenen Ausdruck für die Zusammensetzung des Traubenzuckers erhält man aber, wenn man die Bestimmung des Atomgewichts des Alkohols davon abhängig macht, dass man den Alkohol als ein Hydrat des Aethers betrachtet. Wir haben gesehen, dass, sofern man für den Aether und für den Alkohol rein empirische Formeln aufstellt, das Atomgewicht des Alkohols kleiner wird, als das des Aethers, denn die einfachste Formel für den Aether ist  $H^5C^4O$ , für den Alkohol aber  $H^3C^2O$ . Betrachten wir aber den Alkohol als ein Hydrat des Aethers, so muss das Atomgewicht des Alkohols nothwendig grösser werden, als das des Aethers, weil es aus der Verbindung des Atomgewichts des Aethers mit einer gewissen Menge von Wasser hervorgeht. In der That erhält man das Atomgewicht des Alkohols, wenn man zu dem Atomgewicht des Aethers das Gewicht eines Atoms Wasser hinzulegt;  $H^5C^4O + HO$  gibt nemlich  $H^6C^4O^2$ , welche Formel eben so gut, wie die rein empirische  $H^3C^2O$ , die Zusammensetzung des Alkohols repräsentirt: das Atomgewicht des Alkohols wird aber dann gerade doppelt so gross, als wenn man dasselbe auf die rein empirische Weise bestimmt. Bei der obigen Berechnung, welche das Resultat lieferte, dass man den Traubenzucker als eine Verbindung von 2 At. einfach-kohlensaurem Alkohol mit 1 At. Wasser betrachten könnte, ward die empirische Formel für das Atomgewicht des Alkohols  $H^3C^2O$  zu Grunde gelegt. Geht man jetzt aber von der Voraussetzung aus, dass der Alkohol ein Hydrat des Aethers sey, so stellt ein Atom Alkohol nach der vorigen Berechnungsart nur  $\frac{1}{2}$  At.

Alkohol dar, und 1 At. Traubenzucker wird bei der Gährung nur 1 At. Alkohol, und, wie vorher, 2 At. Kohlensäure und 1 At. Wasser liefern, d. h. man wird den Traubenzucker als eine Verbindung von 1 At. *doppelt-kohlensaurem Alkohol* mit 1 At. *Wasser* betrachten müssen. — Wollte man endlich, der Analogie des Traubenzuckers mit dem Rohrzucker zu gefallen, das Atomgewicht des ersteren doppelt so gross annehmen, als man es annehmen muss, wenn man der empirischen Formel für den Traubenzucker die einfachste Gestalt gibt, wollte man also das Atom des Traubenzuckers =  $C^{12}H^{14}O^{14}$  setzen, so würde 1 At. Traubenzucker bei der Gährung 2 At. *doppelt-kohlensauren Alkohol* + 2 At. *Wasser* liefern.

Es gibt gewisse organische Verbindungen, die hinsichtlich vieler und gerade sehr wesentlicher Eigenschaften miteinander übereinstimmen, während sie sich in andern, minder wesentlichen Eigenschaften von einander unterscheiden, so dass sie gleichsam ein *Geschlecht* von organischen Verbindungen ausmachen, dessen verschiedene *Species* sie darstellen. Andere organische Verbindungen können zwar in gewissen Eigenschaften mit einigen andern übereinstimmen, zeigen sich aber in sehr wesentlichen Eigenschaften von jeder andern verschieden und können daher nicht als *Species* eines Geschlechts auftreten. Beispiele der ersteren Art von Verbindungen liefern die verschiedenen fetten und ätherischen Oele, die verschiedenen Arten des gährungsfähigen Zuckers; Beispiele der zweiten Art liefern die verschiedenen Säuren, die zwar insofern einander ähnlich sind, als sie sämmtlich eine grosse Neigung zeigen, sich mit Basen zu verbinden, aber in andern Beziehungen sehr grosse Verschiedenheiten von einander zeigen.

Die Vermuthung lag nahe, dass die Verbindungen der

ersteren Art auch in ihrer Zusammensetzung mehr mit einander übereinstimmen werden, als die Verbindungen der letzteren Art, dass namentlich die Zusammensetzung der Verbindungen ersterer Art sich nur durch eine grössere Anzahl von Atomen der Elemente werde darstellen lassen, so dass durch kleine Veränderungen in der Zusammensetzung, welche die Verbindungen dadurch erleiden, dass zu den mehreren Atomen von einem oder von zweien der in die Verbindung eingehenden Elemente, eines hinzugefügt, oder von denselben eines hinweggenommen wird (wodurch dann das *Verhältniss* der Anzahl der Atome der verschiedenen Elemente keine *bedeutende* Aenderung erleiden würde), nur unbedeutende Modifikationen in den Eigenschaften der Verbindung hervorgebracht werden könnten, welche die *wesentlichsten* Eigenschaften derselben unberührt lassen würden. — Wenn auf der andern Seite der grösseren Verschiedenheit in den Eigenschaften von Verbindungen der letzteren Art, auch eine grössere Verschiedenheit in der Zusammensetzung zur Seite steht, so lässt sich erwarten, dass sich die Zusammensetzung solcher Verbindungen durch eine kleinere Anzahl von Atomen der Elemente werde darstellen lassen, weil nur unter dieser Voraussetzung, mit Hinzufügung oder Hinwegnahme auch nur eines einzigen Atoms eines Elements, die Zusammensetzung der Verbindung sehr bedeutend geändert werden muss.

Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass die Aehnlichkeit in den Eigenschaften gewisser organischer Verbindungen *gewöhnlich* in ihrer Aehnlichkeit in Absicht auf Zusammensetzung, folglich zunächst in dem Umstande begründet ist, dass sich ihre mittelst einer empirischen Formel dargestellte Zusammensetzung nur durch grössere Multipla der Atomgewichte der einzelnen Elemente darstellen lässt. Wenn jedoch, wie dieses immer wahrscheinlicher wird, die organischen Verbindungen als binäre zu betrachten sind, so wird

die Aehnlichkeit in den Eigenschaften gewisser organischer Verbindungen in der Aehnlichkeit der Bestandtheile der binären Verbindung begründet seyn. Die Zucker-Arten z. B. lassen sich als binäre Verbindungen von Kohle und Wasser betrachten: der Rohrzucker ist  $12C + 11H$ , der Milchzucker  $12C + 12H$ , der Traubenzucker  $12C + 14H$ . Ebenso, wenn der Aether das Oxyd eines zusammengesetzten brennbaren Radicals  $E (= C^2H^5)$ ,  $= E + O$  ist, so ist der Holzgeist  $E + 2O$ , und der Alkohol  $(E + O) + H$ , der Chlorwasserstoffäther  $E + Cl$ , u. s. f. Die Aehnlichkeit in den Eigenschaften des Aethers, Holzgeistes, Alkohols und Salzäthers würde daher in der analogen Zusammensetzung dieser binären Verbindungen ihre Erklärung finden.

Es kommt aber hierbei noch ein sehr merkwürdiger Umstand in Betracht, den wir später ausführlicher erörtern werden, dass es nemlich organische Verbindungen gibt, deren Zusammensetzung durch die *gleiche* empirische Formel repräsentirt wird, und welche dennoch in ihren Eigenschaften sehr verschieden sind. So zeigen z. B. Weinsäure und Traubensäure, Stärkmehl und Milchsäure, bei vollkommener Gleichheit der relativen Menge der in ihre Zusammensetzung eingehenden Elementarstoffe, dennoch sehr verschiedene Eigenschaften, deren Ursache, wie es scheint, auf einer *verschiedenen Anordnung* der Atome, oder auf der *verschiedenen Art*, wie die Atome zu binären Verbindungen gruppiert sind, beruht.

---

Wenn man die sogenannten einfachen organischen Verbindungen als binäre Verbindungen betrachtet, so sind sie den unorganischen Verbindungen analog zusammengesetzt und entsprechen, je nach den verschiedenen Ansichten, entweder den unorganischen Verbindungen erster Ordnung (Säuren, Oxyden), oder den unorganischen Verbindungen zwei-

ter Ordnung (salzartigen Verbindungen). Wenn z. B. der Aether  $E + O$  ist, so ist er einer unorganischen Verbindung erster Ordnung, einem Oxyd oder einer Säure zu vergleichen, deren Radical ein zusammengesetztes ist, aber die Rolle eines Elements spielt; er ist dann der Cyansäure  $Cy + O$ , deren Radical gleichfalls ein zusammengesetztes ist, und die man nie Anstand genommen hat, den unorganischen Verbindungen beizuzählen, vollkommen analog. Ist dagegen der Aether  $H^+C^+ + HO$ , oder  $4(HC) + HO$ , d. h. eine Verbindung von 4 At. ölbildendem Gas mit 1 At. Wasser, so ist seine Zusammensetzung der der salzartigen unorganischen Verbindungen zweiter Ordnung analog.

Betrachtet man dagegen alle organischen Verbindungen als ternäre oder quaternäre, so müsste man sie, insofern sie, ohne ihren organischen Charakter zu verlieren, nicht weiter spaltbar seyn würden, strenge genommen, mit den *Elementen* in Eine Linie setzen, welche in die Zusammensetzung der unorganischen Verbindungen eingehen. Gewöhnlich aber vergleicht man sie mit den einfachsten unorganischen Verbindungen, d. h. mit den unorganischen Verbindungen erster Ordnung, von denen sie sich dann allerdings (diejenigen jedoch ausgenommen, deren Radical ein zusammengesetztes ist, wie Blausäure, Cyansäure u. s. f.) durch grössere Zusammengesetztheit unterscheiden. Aber auch dieser Unterschied beschränkt sich auf die einfachen organischen Verbindungen und die unorganischen Verbindungen erster Ordnung; denn in ihren höheren Verbindungsstufen, sowohl mit organischen, als mit unorganischen Substanzen, gehorchen die einfachen organischen Verbindungen denselben Gesetzen, namentlich dem Gesetz der multiplen Proportionen, wie die unorganischen Verbindungen erster Ordnung. So bildet 1 At. Weinsäure mit 1 At. Kali, 1 At. einfach-weinsaures Kali; 2 At. Weinsäure mit 1 At. Kali, 1 At. doppeltweinsaures Kali; 1 At. einfach-weinsaures Kali mit 1 At. einfachweinsaurem Natron, 1 At. weinsaures Kali - Natron u. s. f.



serfreier Säure und 1 At. Wasser besteht. Um daher die Menge des zu der Zersetzung der erwähnten Salze erforderlichen Vitriolöls zu bestimmen, muss noch die Menge von Wasser zu der wasserfreien Schwefelsäure addirt werden, welche dem Gewicht eines Atoms Wasser entspricht. Man findet diese Wassermenge durch folgende Gleichung:

$$\left. \begin{array}{l} 101.2 \\ 58.7 \end{array} \right\} : \text{Atomgewicht des Wassers} \left. \begin{array}{l} \\ 9 \end{array} \right\} = 100 : x = \left. \begin{array}{l} 8.89 \\ 15.33 \end{array} \right\}$$

folglich ist die zur Zersetzung des Salpeters } erforderliche Menge von Vitriolöl  
Kochsalzes }

$$\left. \begin{array}{l} = 39.52 + 8.89 \\ 68.14 + 15.33 \end{array} \right\} = \left. \begin{array}{l} 48.41 \\ 83.47 \end{array} \right\}$$

Hiebei wird vorausgesetzt, dass das Salz, welches durch die Verbindung der Schwefelsäure mit der Basis des zu zersetzenden Salzes entstehen soll, auf derselben Sättigungsstufe sich befinde, wie das zersetzte Salz. Die Erfahrung lehrt aber, dass die Zersetzung bisweilen leichter und vollständiger erfolgt, wenn man mehr Säure zur Zersetzung anwendet, als eigentlich erfordert wird, wenn man namentlich so viel Säure anwendet, dass das durch die Zersetzung entstehende Salz ein saures, gewöhnlich ein doppeltsaures Salz, wird. (Vgl. S. 225. 129.) In diesem Fall braucht man also doppelt so viel Säure, d. h. so viel Säure, als einem doppelten Atomgewicht der Säure entspricht. So ist es namentlich zweckmässig, zu der Zersetzung des salpetersauren Kalis so viel Schwefelsäure zu nehmen, dass doppelt schwefelsaures Kali entsteht. Man wird daher auf 100 Th. Salpeter  $2 \times 48.41 = 96.82$  Vitriolöl nehmen.

Für die Bestimmung, wie viel Kalk erfordert wird, um 100 Th. einfach-kohlensaures Kali zu zersetzen, so dass die ganze Menge des Kalis frei (kaustisch) werde, hat man die Gleichung:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Atomgewicht des einfach-kohlensauren Kalis} \\ 69.2 \end{array} \right\} : \text{Atomgewicht}$$

des



des Kalks } = 100 : x } . Man würde daher 41.2 Th. Kalk  
 28.5 } 41.2 }

hiez zu gebrauchen. Da jedoch das kohlen saure Kali sowohl als der Kalk selten in vollkommen reinem Zustand angewendet werden, so sind die angegebenen Zahlenverhältnisse Modifikationen unterworfen.

Ebenso findet man, dass 100 Th. salzsaures Ammoniak 53.4 Kalk zur Zersetzung erfordern; man nimmt aber gewöhnlich doppelt so viel Kalk, weil beide Substanzen in Pulverform mit einander gemengt werden müssen und bei der Zersetzung nicht schmelzen, daher nicht in innige Berührung mit einander kommen können. Würde man nur so viel Kalk nehmen, als zur Zersetzung unumgänglich nothwendig ist, so würde ein bedeutender Theil Salmiak unzersetzt sich verflüchtigen. — Wir sehen also, dass man, wenn die Zersetzung vollständig oder doch mit Leichtigkeit erfolgen soll, in der Praxis häufig eine grössere Menge von der Substanz, welche die Zersetzung bewirken soll, anwenden muss, als diejenige ist, welche die Theorie fordert. Dieses ist besonders dann der Fall, wenn die einander zersetzenden Substanzen nicht durch das Medium des Wassers oder des Feuers (insofern dieses bisweilen einen flüssigen Zustand hervorzubringen vermag) in innige Berührung mit einander gebracht werden können.

2) Ebenso ergibt sich aus der Vergleichung der Atomgewichte zweier Salze, die einander gegenseitig zersetzen, unmittelbar, wie viel von beiden erfordert wird, wenn die Zersetzung gegenseitig vollständig seyn soll. Wie viel salpetersaurer Baryt z. B. erfordert werde, um 100 Th. einfach-schwefelsaures Kali zu zersetzen, findet man durch die Gleichung:

Atomgewicht des salpetersauren Baryts } : Atomgewicht des  
 130.6 }

einfach-schwefelsauren Kalis } = x } : 100. Das Atomge-  
 87.2 } 149.8 }

wicht des doppelt-schwefelsauren Kalis ist um 1 Atomgewicht der Schwefelsäure, d. h. um 40 schwerer, als das Atomgewicht des einfach-schwefelsauren Kalis, es ist daher  $= 87.2 + 40 = 127.2$ , oder insofern es 2 Atome Wasser ( $= 18$ ) enthält,  $= 145.2$ . Da der schwefelsaure Baryt mit Schwefelsäure kein saures Salz bildet, so muss, wenn 1 At. salpetersaurer Baryt und 1 At. doppelt-schwefelsaures Kali sich zersetzen, 1 At. Schwefelsäure frei werden, welche sich dann mit der aus dem Barytsalz freiwerdenden Salpetersäure in das Kali des schwefelsauren Kalis theilt.

3) Wenn zwei Verbindungen erster Ordnung sich gegenseitig zersetzen, so fragt sich, welche Producte bilden sich bei der Zersetzung, und in welchem quantitativen Verhältniss stehen diese Producte?

Das (wasserfreie) salpetersaure Ammoniak besteht aus 1 At. Salpetersäure und 1 At. Ammoniak. Man weiss, dass beim Erhitzen dieses Salzes die ganze Wasserstoffmenge des Ammoniaks in Wasser verwandelt und ausserdem eine gasförmige Verbindung gebildet wird; es fragt sich nun, von welcher Natur dieses Gas sey, und in welchem Verhältniss die Menge desselben zur Menge des sich bildenden Wassers stehe?

1 At. Salpetersäure enthält 1 At. Stickstoff und 5 At. Sauerstoff,  
 1 At. Ammoniak — 1 At. Stickstoff und 3 At. Wasserstoff; 3 At. Wasserstoff bilden mit 3 At. Sauerstoff 3 At. Wasser; es bleiben mithin 2 At. Sauerstoff, die mit 2 At. Stickstoff verbunden sind; 1 At. Sauerstoff bildet aber mit 1 At. Stickstoff 1 At. Stickoxydulgas, mithin entstehen auf 3 Atome Wasser, 2 Atome Stickoxydulgas.

3 Atome Wasser aber sind  $= 27$ , und

2 At. Stickoxydulgas  $= 44$ , mithin bilden sich auf 27 Th. Wasser, 44 Th. Stickoxydulgas, und 100 Th. wasserfreies salpetersaures Ammoniak werden, dem Gewicht

nach, nahe 62 Th. Stickoxydulgas geben, denn  
 $100 : 27 + 44 \left. \vphantom{100} \right\} = 61 \frac{2}{3} : 44$ , und diese Gewichtstheile las-

71

sen sich leicht auf Maasstheile reduciren.

Ich habe bei dieser Berechnung die erstere der oft erwähn-  
 ten Voraussetzungen zu Grunde gelegt, nach welcher das Was-  
 ser aus 1 At. Sauerstoff und 1 At. Wasserstoff, das Stickoxydul-  
 gas aus 1 At. Stickstoff und 1 At. Sauerstoff, mithin die Salpe-  
 tersäure aus 1 At. Stickstoff und 5 At. Sauerstoff besteht. — Ich  
 will nun zeigen, wie bei Zugrundlegung der zweiten jener  
 Voraussetzungen, welche sich auf die Volumenstheorie bezieht,  
 dasselbe Resultat erhalten wird. Nach dieser besteht das Was-  
 ser aus 1 At. Sauerstoff und 2 At. Wasserstoff, das Stickoxy-  
 dulgas aus 2 At. Stickstoff und 1 At. Sauerstoff, die Salpetersäu-  
 re aus 2 At. Stickstoff und 5 At. Sauerstoff, 1 Atom Ammoniak  
 aus 1 Doppelatom Stickstoff und 3 Doppelatomen Wasserstoff,  
 oder aus 2 At. Stickstoff und 6 At. Wasserstoff, das salpeter-  
 saure Ammoniak aus 1 At. Salpetersäure und 1 At. Ammoniak.  
 Alles dieses ist oben ausführlich entwickelt worden. Demnach  
 besteht

1 At. Salpetersäure aus 2 At. Stickstoff und 5 At. Sauerstoff,  
 1 At. Ammoniak aus 2 At. Stickstoff und 6 At. Wasserstoff.  
 6 At. Wasserstoff bilden aber mit 3 At. Sauerstoff 3 At. Wasser;  
 es bleiben mithin 2 At. Sauerstoff mit 4 At. Stickstoff verbunden.  
 Nun bildet aber, nach dieser Voraussetzung, 1 At. Sauerstoff mit  
 2 At. Stickstoff 1 At. Stickoxydulgas, und man erhält wieder 3  
 At. Wasser auf 2 At. Stickoxydulgas. 3 At. Wasser sind =  
 $3 \times (16 + 2) = 54$ , 2 At. Stickoxydulgas =  $2 (2 \times 14 + 16) =$   
 $2 \times 44$ ; aber  $54 : 2 \times 44 = 27 : 44$ . Mithin stehen die Mengen des  
 Wassers und des Stickoxydulgases in demselben Verhältniss  
 wie vorhin.

Die Cyansäure wird durch Wasser so zersetzt, dass sich  
 die ganze Menge ihres Stickstoffs in Ammoniak verwandelt.  
 Es fragt sich, was aus dem Kohlenstoff und Sauerstoff die-  
 ser Säure werde?

1 At. Cyansäure besteht aus 1 At. Stickstoff, 2 At. Koh-  
 lenstoff und 1 At. Sauerstoff. 1 At. Cyansäure muss daher

3 At. Wasserstoff aus 3 At. Wasser aufnehmen, um 1 At. Ammoniak zu bilden. Diese 3 Atome Wasser enthalten 3 At. Sauerstoff, welche mit dem 1 At. Sauerstoff der Cyansäure 4 Atome geben, die mit den 2 At. Kohlenstoff der Cyansäure 2 Atome Kohlensäure bilden, da die Kohlensäure aus 1 At. Kohlenstoff und 2 At. Sauerstoff besteht. 1 At. Cyansäure zersetzt sich daher mit 3 At. Wasser zu 1 At. Ammoniak + 2 At. Kohlensäure, d. h. zu 1 At. doppelt-kohlensaurem Ammoniak.

Nach der zweiten der oft erwähnten Voraussetzungen, welche das Atom des Stickstoffs in Beziehung auf das des Sauerstoffs und Kohlenstoffs nur halb so gross setzt, als die erste, besteht die Cyansäure aus 2 At. Stickstoff, 2 At. Kohlenstoff und 1 At. Sauerstoff; die 2 At. Stickstoff bilden mit 6 At. Wasserstoff aus 3 Atomen Wasser, 1 At. Ammoniak (das nach dieser Voraussetzung aus 1 Doppelatom von Stickstoff und 3 Doppelatomen von Wasserstoff besteht), während die 3 Atome Sauerstoff aus dem Wasser mit dem 1 At. Sauerstoff der Säure 4 Atome bilden, die mit 2 At. Kohlenstoff, 2 Atome Kohlensäure ausmachen.

4) Man kennt die Summe der Gewichte zweier Salze, welche dieselbe Säure, aber zwei verschiedene, ihrer Natur nach bekannte Basen enthalten; man kennt ferner die ganze Menge der mit beiden Basen verbundenen Säure, und soll nun aus diesen Datis das Gewicht jeder einzelnen Basis und somit das Gewicht jedes einzelnen Salzes bestimmen.

Die bekannte Summe der Gewichte beider Salze sey = P, das gleichfalls bekannte Gewicht der ganzen Säuremenge = S. Somit ist auch das Gewicht der Summe der Basen = P - S bekannt.

Man setze dieses Gewicht = r.

Das Gewicht der einen Basis sey = x, so ist das Gewicht der andern Basis = r - x. Das Gewicht der mit der Basis, deren Gewicht = x ist, verbundenen Säure sey = y, o ist das Gewicht der mit derjenigen Basis, deren Gewicht

= r - x ist, verbundenen Säure = S - y. Nimmt man — als den einfachsten und häufigsten Fall — an, dass 1 Atom Basis mit 1 At. Säure verbunden sey, so verhalten sich die Gewichte der Basen zu den Gewichten der mit ihnen verbundenen Säure, wie die bekannten Atomgewichte der Basen zu dem ebenfalls bekannten Atomgewicht der Säure. Man hat also:

$$x : y = b : a$$

r - x : S - y = b' : a, wo b, b', a gegebene Grössen sind.

$$\text{Hieraus folgt } x = \frac{by}{a}, r - x = \frac{b'(S - y)}{a}$$

$$x + r - x \left. \vphantom{\begin{matrix} x \\ r \end{matrix}} \right\} = \frac{by}{a} + \frac{b'(S - y)}{a}$$

$$ar = by + b'(S - y) = by + b'S - b'y$$

$$= y(b - b') + b'S$$

$$ar - b'S = y(b - b')$$

$$\frac{ar - b'S}{b - b'} = y; \text{ folglich}$$

$\frac{b}{a} \left( \frac{ar - b'S}{b - b'} \right) = x =$  dem Gewicht der einen Basis (weil  $x =$

$\frac{b}{a} \times y$ ), und  $r - x = r - \frac{b}{a} \left( \frac{ar - b'S}{b - b'} \right) =$  dem Gewicht der andern Basis.

Es sey z. B. das Gewicht eines Gemenges von einfach-schwefelsaurem Kali und einfach-schwefelsaurem Natron = 20 Grammen, die Menge der darinn enthaltenen Schwefelsäure = 10.5 Grammen; so ist P = 20, S = 10.5, P - S = r = 9.5; Gewicht des Kalis = x, Gewicht des Natrons = 9.5 - x, Gewicht der mit dem Kali verbundenen Schwefelsäure = y, Gewicht der mit dem Natron verbundenen Schwefelsäure = S - y = 10.5 - y

$$x : y = \text{Atomgew. des Kalis} \left. \vphantom{\begin{matrix} b \\ 47.2 \end{matrix}} \right\} : \text{Atomgew. der Schwefelsäure} \left. \vphantom{\begin{matrix} a \\ 40 \end{matrix}} \right\}$$

$$9.5 - x : 10.5 - y = \text{Atomgew. des Natrons} \left. \vphantom{\begin{matrix} b' \\ 31.3 \end{matrix}} \right\} : \text{Atomgew. der Schwefelsäure} \left. \vphantom{\begin{matrix} a \\ 40 \end{matrix}} \right\}$$

$$\text{Menge des Kalis} \left. \vphantom{x} \right\} = \frac{47.2}{40} \times \left( \frac{40(9.5) - 31.3(10.5)}{47.2 - 31.3} \right)$$

= 3.8114; Menge des Natrons =  $9.5 - x = 5.6886$ ;  
 schwefelsaures Kali = 7.044, schwefelsaures Natron = 12.956,  
 Summe des schwefelsauren Kalis und des schwefelsauren  
 Natrons = 20.000.

Diese Methode, durch Rechnung die relative Menge zweier Basen zu bestimmen, ist besonders dann von grossem Werth, wenn die directe Trennung derselben mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden ist, wie es namentlich bei dem Kali und Natron der Fall ist; sie ist übrigens vorzüglich dann anwendbar, wenn die eine der beiden Basen nicht in gar zu geringer Menge mit der andern gemengt vorkommt, und wenn die Menge der Säure leicht mit grosser Genauigkeit bestimmt werden kann, wie dieses z. B. bei der Schwefelsäure und Salzsäure der Fall ist.

5) Wenn ein Gemenge von schwefelsaurem Natron, Kohle und kohlensaurem Kalk geglüht wird, so bildet sich kohlensaures Natron und Schwefelcalcium. Man kann sich hierbei vorstellen, dass das schwefelsaure Natron zuerst durch die Kohle in Schwefelnatrium verwandelt werde, und dass dann dieses und der kohlensaure Kalk ihre Bestandtheile so gegen einander austauschen, dass kohlensaures Natron und Schwefelcalcium gebildet wird. — Es fragt sich, in welchem Gewichtsverhältniss müssen schwefelsaures Natron, Kohle und kohlensaurer Kalk mit einander gemengt werden, damit die Zersetzung vollständig sey, und keines der Ingredienzien im Ueberschuss sich finde?

Hiebei ist vorerst zu bemerken, dass das schwefelsaure Natron durch Glühen mit Kohle, unter Entwicklung theils von Kohlenoxydgas theils von Kohlensaurem Gas, zu Schwefelnatrium reducirt wird, und es ist klar, dass wenn *bls* Kohlenoxydgas entstände, doppelt so viel Kohle erfordert würde, als wenn *bls* Kohlensäure gebildet würde, weil das Kohlenoxydgas aus 1 At. Kohle und 1 At. Sauerstoff, das kohlensaure Gas aber aus 1 At. Kohle und 2 At. Sauerstoff be-

steht, mithin dieselbe Menge von Kohle in dem erstereu Fall nur halb so viel Sauerstoff wegnimmt, als in dem letzteren. 1 At. schwefelsaures Natron besteht aber aus 1 At. Schwefelsäure und 1 At. Natron; 1 At. Schwefelsäure enthält 3 At., 1 At. Natron 1 At. Sauerstoff, mithin enthält 1 At. schwefelsaures Natron 4 At. Sauerstoff und erfordert, wenn bloß Kohlenoxydgas gebildet wird, 4, wenn bloß kohlen-saures Gas gebildet wird, 2 At. Kohle, um in 1 At. Schwefelnatrium verwandelt zu werden. 1 At. Schwefelnatrium erfordert aber 1 At. kohlen-sauren Kalk, um sich damit in 1 At. kohlen-saures Natron und in 1 At. Schwefelcalcium zu zersetzen. Wenn man daher annimmt, dass bloß Kohlenoxydgas gebildet werde und mithin auf 1 At. schwefelsaures Natron 4 At. Kohle nimmt, so kann man sicher seyn, dass die ganze Menge des schwefelsauren Natrons in Schwefelcalcium verwandelt werde.

1 At. schwefelsaures Natron wiegt 71.3, 4 At. Kohle 24, 1 At. kohlen-saurer Kalk 50.5, und es werden daher auf 100 Theile wasserfreies schwefelsaures Natron 70.8 Th. kohlen-saurer Kalk und 33.7 Th. Kohle erfordert, wenn bloß Kohlenoxydgas, dagegen nur die Hälfte = 16.85 Th. Kohle, wenn bloß kohlen-saures Gas gebildet würde. Das Maximum von Kohle, welche 100 Th. wasserfreies Glaubersalz zu ihrer Zersetzung erfordern, sind mithin 33.7 Theile, das Minimum 16.85 Theile.

6) Wenn man Chlor in eine Auflösung von einfach-kohlen-saurem Kali in Wasser treten lässt, so wird die Kohlen-säure ausgetrieben und das Kali verwandelt sich in chlorsaures Kali und in Chlorkalium. — Es fragt sich, wie viel chlorsaures Kali und Chlorkalium aus einer gegebenen Menge von kohlen-saurem Kali entstehe?

1 Atom einfach-kohlen-saures Kali enthält 1 Atom Kohlen-säure und 1 Atom Kali; 1 At. Kali enthält 1 At. Sauerstoff; ein Atom Chlorsäure aber enthält 1 At. Chlor und 5

At. Sauerstoff. Es werden daher 5 At. Kali erfordert, um durch ihren Sauerstoff, den sie an 1 At. Chlor abgeben, 1 At. Chlorsäure zu bilden, die sich dann mit 1 At. Kali zu 1 At. chlorsaurem Kali verbindet. Diese 5 At. Kali enthalten aber 5 At. Kalium, die sich ihrerseits mit 5 At. Chlor zu 5 At. Chlorkalium verbinden. Es werden daher 6 Atome Kali, oder also 6 At. kohlsaures Kali \*) mit 6 At. Chlor, 1 At. chlorsaures Kali und 5 At. Chlorkalium bilden. Das Gewicht von 1 At. einfach-kohlensaurem Kali ist = 69.2, das von 1 At. chlorsaurem Kali = 122.6, das von 1 At. Chlorkalium = 74.6, mithin entstehen aus 415.2 Th. einfach-kohlensaurem Kali, welche 283.2 Th. Kali enthalten, 122.6 Th. chlorsaures Kali und 373 Th. Chlorkalium, oder 100 Th. kohlsaures Kali geben 29.53 Th. chlorsaures Kali und 90 Th. Chlorkalium.

Es wurde hierbei vorausgesetzt, dass die Chlorsäure aus 1 At. Chlor und 5 At. Sauerstoff bestehe. Nach der Volumenstheorie wird, wie oben gezeigt wurde, das Atomgewicht des Chlors nur halb so gross, und die Chlorsäure besteht daher aus 2 At. Chlor und 5 At. Sauerstoff. Ebenso besteht aber auch, nach dieser Theorie, das Chlorkalium aus 2 At. Chlor und 1 At. Kalium. Der Unterschied besteht also blos darinn, dass man in dieser zweiten Voraussetzung das Chlor immer doppelt nehmen muss (weil das Atomgewicht des Chlors in Beziehung auf das Atomgewicht des Sauerstoffs und des Kaliums nur halb so gross ist, als in der ersten Voraussetzung); 6 At. kohlsaures Kali bilden mit 12 At. Chlor, 1 At. chlorsaures Kali (welches 2 At. Chlor enthält) und 5 At. Chlorkalium (welche 10 At. Chlor enthalten).

---

\*) Die gasförmig entweichende Kohlensäure hat gar keinen Einfluss auf den Process; man zieht dem kaustischen Kali das kohlsaure blos der grösseren Wohlfeilheit wegen vor.



7) Wenn Schwefel und kohlen-saures Kali bei höherer Temperatur auf einander einwirken, so entweicht die Kohlen-säure, ein Theil Schwefel verwandelt sich durch den Sauerstoff eines Theils Kali in Schwefelsäure, die mit der erforderlichen Menge unzersetzten Kalis einfach-schwefelsaures Kali bildet, während ein anderer Theil Schwefel mit dem aus der Zersetzung des Kalis hervorgegangenen Kalium, Schwefelkalium bildet. — Es fragt sich, wie viel schwefelsaures Kali und wie viel Schwefelkalium entsteht aus einer gegebenen Menge von kohlen-saurem Kali?

Ein Atom kohlen-saures Kali enthält 1 At. Kali, welches aus 1 At. Sauerstoff und 1 At. Kalium besteht. 1 At. Schwefelsäure enthält 3 At. Sauerstoff und 1 At. Schwefel; soll daher 1 At. Schwefelsäure auf Kosten des Sauerstoffs des Kalis gebildet werden, so müssen 3 At. Kali, oder also 3 At. kohlen-saures Kali zersetzt werden, die 3 At. Kalium enthalten, welche mit Schwefel, 3 At. Schwefelkalium bilden. Auf 1 At. Schwefelsäure entstehen daher immer 3 At. Schwefelkalium. 1 At. Schwefelsäure erfordert aber 1 At. Kali (oder 1 At. kohlen-saures Kali), um 1 At. einfach-schwefelsaures Kali zu bilden. Es werden also im Ganzen 4 Atome kohlen-saures Kali erfordert, um mit Schwefel 1 At. schwefelsaures Kali und 3 At. Schwefelkalium zu bilden. — In Beziehung auf den Schwefel ist nun aber zu bemerken, dass er sich mit dem Kalium in verschiedenen Verhältnissen verbinden, dass namentlich 1 At. Kalium mit 1, 2, 3, 4, 5 At. Schwefel, 1 At. Einfach-, Zweifach-, Dreifach-, Vierfach-, Fünffach-Schwefelkalium bilden kann.

Weil 4 At. kohlen-saures Kali 1 At. schwefelsaures Kali und 3 At. Schwefelkalium geben, so werden, da 1 At. schwefelsaures Kali 1 Atom, 3 At. Einfach-Schwefelkalium 3 Atome, 3 At. Fünffach-Schwefelkalium aber 15 Atome Schwefel enthalten, 1+3, d. h. 4 At. Schwefel die geringste, 1+15, d. h. 16 Atome Schwefel aber die grösste Menge

von Schwefel seyn, die erfordert wird, wenn weder kohlen-saures Kali noch Schwefel im Ueberschuss vorhanden seyn soll; 4 At. kohlen-saures Kali werden im ersteren Fall 3 At. Einfach-Schwefelkalium und 1 At. schwefelsaures Kali, im letzteren 3 At. Fünffach-Schwefelkalium und 1 At. schwefelsaures Kali bilden; ein etwaiger Ueberschuss von Schwefel aber würde sich verflüchtigen. Hiebei ist jedoch zu bemerken, dass nicht *alle* fünf Verbindungen des Schwefels mit Kalium, namentlich nicht die Verbindungen von 1 At. Schwefel mit 1 At. Kalium *auf diesem Wege* entstehen können. Wenn man nemlich 4 Atome kohlen-saures Kali mit 4 At. Schwefel erhitzt, so erhält man nicht, wie zu erwarten wäre, Einfach-Schwefelkalium, sondern *Doppelt-Schwefelkalium* mit unzersetztem kohlen-saurem Kali und mit schwefelsaurem Kali gemengt, wenn man die Masse bis zum *starken Rothglühen* erhitzt, dagegen *Dreifach-Schwefelkalium*, wiederum mit unzersetztem kohlen-saurem und gebildetem schwefelsaurem Kali gemengt, wenn man die Masse nur allmählig bis zum *dunklen Rothglühen* so lange erhitzt, bis sie ruhig fließt. — Die Menge des zugesetzten Schwefels und die Umstände, unter denen diese Verbindungen erfolgen, mögen aber seyn, welche sie wollen, so bleibt das allgemeine Resultat fest stehen, dass immer 3 Atome Schwefelkalium auf 1 At. schwefelsaures Kali entstehen.

Früher hatte man zum Theil, wie ich bereits bei einer andern Gelegenheit (S. 561.) erwähnt habe, angenommen, dass die stärkeren Salzbasen auf 1 Atom Metall 2 Atome Sauerstoff enthalten, dass also z. B. das Kali aus 1 At. Kalium und 2 At. Sauerstoff bestehe. In diesem Fall mussten dann auch die diesen Salzbasen entsprechenden Schwefelverbindungen als Verbindungen von 1 Atom Metall mit 2 Atomen Schwefel betrachtet werden, weil das Verhältniss des Atomgewichts des Schwefels zu dem Atomgewicht des Sauerstoffs einmal bestimmt war. Die neutralen Salze, namentlich die

schwefelsauren und kohlsauren, in welchen der Sauerstoff der Säure das 3fache und Doppelte ist von dem der Basis, und welche nach der gewöhnlichen Voraussetzung einfach-saure Salze genannt werden, enthalten nach dieser Voraussetzung 2 At. Säure auf 1 At. Basis, weil 1 At. Säure 3 und 2, und 1 At. Basis 2 At. Sauerstoff enthält, mithin 2 Atome Schwefelsäure oder Kohlsäure erfordert werden, um mit 1 At. Basis ein Salz zu bilden, in welchem der Sauerstoff der Säure das Dreifache oder das Doppelte ist von dem der Basis, d. h. ein neutrales Salz. Das gewöhnlich sogenannte neutrale schwefelsaure und kohlsaure Kali müsste folglich ein *doppelt-saures* Salz genannt werden, und man muss in dieser Voraussetzung das, was bei der Einwirkung des Schwefels auf kohlsaures Kali vorgeht, auf folgende Weise darstellen. 1 At. kohlsaures Kali enthält 2 At. Kohlsäure und 1 At. Kali; 1 At. Kali besteht aus 1 At. Kalium und 2 At. Sauerstoff; 2 Atome Schwefel, die sich in 2 At. Schwefelsäure verwandeln sollen, erfordern 6 At. Sauerstoff, es müssen also 3 At. Kali (oder kohlsaures Kali) sich in Kalium und Sauerstoff zersetzen, um 2 At. Schwefelsäure zu bilden, die mit 1 At. Kali neutrales schwefelsaures Kali geben, welches in diesem Fall doppelt-schwefelsaures Kali genannt werden müsste (ein einfach-schwefelsaures Kali würde gar nicht existiren). Es würden also wieder im Ganzen 4 At. kohlsaures Kali zersetzt, und 1 At. doppelt-schwefelsaures Kali (welches aber nichts anders ist, als das gewöhnlich sogenannte neutrale schwefelsaure Kali) auf 3 At. Schwefelkalium gebildet. Was aber vorhin Einfach-Doppelt-Dreifach - Vierfach - Fünffach - Schwefelkalium war, würde jetzt: Doppelt - Vierfach - Sechsfach - Achtfach - Zehnfach - Schwefelkalium genannt werden; ein Einfach-Schwefelkalium namentlich würde gar nicht existiren. Wirklich wurden auf diese Weise die verschiedenen Verbindungen des Schwefels mit Kalium von Berzelius früher bezeichnet.

*Tafel der chemischen Aequivalente.*

---

Zum Beschluss will ich noch der sinnreichen Methode Erwähnung thun, deren sich Wollaston bedient hat, um sogleich, mit Umgehung jeder Rechnung, eine Menge von Fragen beantwortet zu erhalten, die sich auf das Mischungsgewicht beziehen.

Auf einer länglichten Tafel von der Form eines rechtwinklichen Parallelepipeds sind zu *beiden* Seiten — und durch vollständige Benützung des Raums die Worte deutlich anbringen zu können — die Namen der verschiedenen, einfachen und zusammengesetzten Körper verzeichnet, und die Zahlen, welche die Mischungsgewichte derselben ausdrücken, sind auf einer, in der Mitte zwischen diesen Namen befindlichen, *beweglichen* Skale angebracht, die ein schmales, länglichtes, rechtwinkliges Parallelepipeton darstellt, welches, um bequem aus der Tafel herausgezogen werden zu können, etwas länger als diese ist. Die Tafel hat der Länge nach einen Ausschnitt, den die bewegliche Skale genau ausfüllt, so dass die Oberfläche der Tafel, auf welcher die Namen der Körper verzeichnet sind, und die Oberfläche der beweglichen Skale, auf welcher die Zahlen sich befinden, in einer und derselben Ebene liegen.

Zu oberst auf der Tafel steht der Name Sauerstoff, dessen Mischungsgewicht = 10 angenommen ist. Diese Zahl 10 ist daher die kleinste, indem die Zahlen immer grösser werden, je weiter nach unten auf der Skale sie stehen; die Namen der Körper befinden sich um so weiter nach unten auf der Tafel, zu den beiden Seiten der beweglichen Skale, je grösser das Mischungsgewicht derselben ist; die durch ein grosses Mischungsgewicht ausgezeichneten schweren Metalle, so wie die Verbindungen höherer Ordnung, die Salze, und namentlich die Salze der schweren Metalle nehmen die unteren Stellen der Tafel ein.

Es ist klar, dass diejenigen Elemente, deren Mischungsgewicht kleiner ist, als das des Sauerstoffs, d. h. als 10, *unmittelbar* keine Stelle auf dieser Tafel finden können: um sie auf derselben anzubringen, muss ein solches Vielfaches von ihnen genommen werden, welches grösser ist als die Zahl 10.

Da das Mischungsgewicht des Sauerstoffs = 10 gesetzt wird, so ist (in der Voraussetzung, welche Wollaston zu Grund legt, dass das Wasser aus 1 Mischungsgewicht Sauerstoff und 1 M. G. Wasserstoff bestehe), das M. G. des Wasserstoffs = 1.327, und die Zahl 13.27 ist = 10 Mischungsgewichten Wasserstoff, welche auf der Tafel dieser Zahl der beweglichen Skale gegenüber aufgeführt sind, wenn diese letztere in ihrer normalen Lage sich befindet, d. h. wenn das Wort Sauerstoff auf der Tafel, neben der Zahl 10 der beweglichen Skale steht. Eben so ist das M. G. des Kohlenstoffs kleiner als das des Sauerstoffs, und zwar = 7.54, wenn das des Sauerstoffs = 10 ist; Wollaston führt daher 10 M. G. Kohlenstoff = 75.4 auf. Das Mischungsgewicht des Wassers ist =  $10 + 1.327 = 11.327$  und kann daher unmittelbar auf der Tafel angegeben werden: da jedoch das Wasser zu mehreren, z. B. zu 5, 7, 10 Mischungsgewichten in die Zusammensetzung verschiedener krystallisirter Salze eingeht, so führt Wollaston auch 5, 7, 10 Mischungsgewichte Wasser noch besonders auf der Tafel auf.

Der wesentliche Nutzen dieser Tafel besteht nun, wie schon gesagt, darin, dass sie das Rechnen (Multipliciren und Dividiren) erspart. Dieses wird auf folgende Weise erreicht. Die Entfernungen der auf der beweglichen Skale verzeichneten Zahlen, deren Differenzen gleich sind, sind einander nicht gleich; so sind die Entfernungen zwischen den Zahlen 10 und 11, 11 und 12, 12 und 13, 13 und 14, 14 und 15 u. s. f., deren jede um eine Einheit grösser ist, als die zunächst vorherge-

hende, einander nicht gleich, vielmehr ist die Entfernung zwischen 10 und 11 grösser, als die zwischen 11 und 12, und diese letztere grösser als die zwischen 12 und 13 u. s. f. *Dagegen ist die Entfernung zwischen allen solchen Zahlen, welche in demselben geometrischen Verhältniss zu einander stehen, die gleiche*; so ist z. B. die Entfernung zwischen den Zahlen 10 und 15, 15 und 22.5, 18 und 27 die gleiche, weil  $10 : 15 = 15 : 22.5 = 18 : 27$ ; ebenso ist die Entfernung zwischen den Zahlen 10 und 20, 30 und 60, 50 und 100 die gleiche u. s. f. — Denjenigen, welche mit der Lehre von den Logarithmen (welche zu entwickeln hier nicht der Ort ist) bekannt sind, ist es klar, dass diese linearen Dimensionen den Logarithmen der Zahlen entsprechen und diese Logarithmen messen. Nimmt man z. B. den Abstand von 10 und 20 (1 und 2) willkürlich gross an (denn man kann ja der Tafel eine beliebige Grösse geben), so muss der Abstand von 40 und 10 (4 und 1) doppelt so gross, der Abstand von 80 und 10 (8 und 1) dreimal so gross genommen werden, als der Abstand von 20 und 10 (2 und 1), denn wenn der Logarithmus von 2 (oder 20) = 1 gesetzt wird, so ist der Logarithmus von 4 (40) = 2, der von 8 (80) = 3, weil  $10 : 20 = 20 : 40 = 40 : 80$ . Auf gleiche Weise muss der Abstand von 30 und 10 (3 und 1) so genommen werden, dass er sich zu dem zwischen 20 und 10 angenommenen Abstand verhält, wie der Logarithmus von 3 zu dem Logarithmus von 2. Ebenso müssen die Abstände von 11 und 10 (1.1 und 1) 12 und 10 (1.2 und 1) u. s. f. sich zu dem Abstand von 20 und 10 (2 und 1) verhalten, wie die Logarithmen von 1.1, 1.2 zu dem Logarithmus von 2.

Hat man auf diese Weise zuerst die bewegliche Skale construirt, so klebt man auf der genannten ebenen hölzernen Tafel zu beiden Seiten Papierstreifen auf und schreibt auf diese die Namen der Körper, deren Mischungsgewichte durch die Tafel angegeben werden sollen. Es ist klar, dass diese

Namen um so weiter herunter auf der Tafel zu stehen kommen, je grösser die Mischungsgewichte sind, welchen sie entsprechen, und dass sie in denjenigen Entfernungen von einander angebracht seyn müssen, welche den auf der beweglichen Skale verzeichneten Zahlen ihrer Mischungsgewichte entsprechen. Wenn z. B. das Mischungsgewicht des Sauerstoffs, wie hier, = 10 gesetzt wird, so ist das M. G. des Schwefels = 20, das des Kupfers = 40, das des Baryts = 97, das des oxalsauren Bleioxyds = 186.5. Bringt man daher die bewegliche Skale in ihre natürliche Lage, d. h. in die, bei welcher das Wort „Sauerstoff“ auf der Tafel neben die Zahl 10 (die erste Zahl auf der beweglichen Skale) zu stehen kommt, so muss das Wort „Kupfer“ neben die Zahl 40, das Wort „Baryt“ neben die Zahl 97, das Wort „oxalsaures Bleioxyd“ neben die Zahl 186.5 gesetzt werden. Hat man daher für das Mischungsgewicht des Sauerstoffs = 10 die Mischungsgewichte der übrigen Körper, die auf der Tafel aufgeführt werden sollen, berechnet, so bleibt nichts zu thun übrig, als den Namen „Sauerstoff“ oben auf die Tafel hinzuschreiben, hierauf die Entfernung zwischen der Zahl 10 und der die Grösse des Mischungsgewichtes eines Körpers ausdrückenden Zahl auf der beweglichen Skale abzumessen und auf die Tafel überzutragen, indem man die Spitze des einen Schenkels des Zirkels auf den Querstrich der Tafel, der neben das Wort „Sauerstoff“ gemacht wird, einsetzt, den Punkt aber, den die Spitze des andern Schenkels macht, in einen Querstrich verlängert, und nun neben denselben das Wort des Körpers hinsetzt, dessen Mischungsgewicht angegeben werden soll.

Betrachten wir zuerst diese Tafel, wenn die bewegliche Skale in ihrer natürlichen Stellung sich befindet, d. h. wenn das Wort Sauerstoff neben der Zahl 10 der Skale steht, und lassen wir die Skale in dieser Stellung, oder nehmen wir für einen Augenblick an, sie sey unbeweglich. So würde

diese Tafel keinen besonderen Nutzen gewähren; es würde sogar gleichgültig seyn, in welcher Ordnung die Körper mit den ihnen zugehörigen Zahlen der Skale auf einander folgten. Die Tafel würde bloß eine Uebersicht der relativen Grösse der Mischungsgewichte der Körper geben, die jedoch durch jede andere beliebige Anordnung der Namen der Körper mit den beigesetzten Zahlen ihrer Mischungsgewichte, eben so gut erhalten werden würde. — Da aber die Namen der Körper auf der Tafel unbeweglich stehen, die Skale dagegen auf ihr beweglich ist, und die auf dieser verzeichneten Zahlen zwischen einerlei Entfernungen immer in demselben Verhältniß zu einander stehen, so werden die verschiedenen Zahlen, welche bei verschiedenen Lagen der beweglichen Skale neben die Namen der Tafel zu stehen kommen, immer in dem gleichen Verhältniß zu einander stehen.

Der Nutzen dieser Tafel ist zwar an sich einleuchtend: einige Beispiele, in welchen ihre Anwendung gezeigt wird, möchten jedoch nicht überflüssig seyn.

Bringt man die bewegliche Skale in ihre natürliche Lage, so steht neben Chlor<sup>kalium</sup> (Kochsalz) die Zahl 73.2, weil diese das Mischungsgewicht des Chlornatriums vorstellt, wenn das M. G. des Sauerstoffs = 10 gesetzt wird. Wir ersuchen nun aus der Tafel, dass 50 Th. wasserfreie Schwefelsäure, oder 61.3 Th. wasserhaltige Schwefelsäure (Vitriol von 1.35 spec. Gew.) erfordert werden, um diese 73.2 Th. Kochsalz zu zersetzen. Ebenso finden wir unmittelbar aus der Ansicht der Tafel, dass man aus der Zersetzung dieser 73.2 Th. Kochsalz, 34.1 Th. sogenannte trockene Salzsäure oder (da das salzsaure Gas aus 1 M. G. trockener Salzsäure und 1 M. G. Wasser besteht)  $34.1 + 11.32 = 45.42$  Gewichtstheile salzsaures Gas und als Rückstand 69.1 Th. trockenes schwefelsaures Natron erhält, welche durch Aufnahme von 10 M. G. Wasser = 113.2, 202.3 Th. krystallisirtes schwefelsaures Natron geben, die zu ihrer Zer-

setzung



setzung 207.0 Th. salpetersaures Bleioxyd erfordern, wobei 189.5 Th. schwefelsaures Bleioxyd und 106.6 Th. salpetersaures Natron gebildet werden. Wir ersehen ferner, dass jene 73.2 Th. Kochsalz 44.1 Th. Chlor enthalten, welche mit 126 Th. Quecksilber, 170.1 Th. Chlorquecksilber im Maximum (Sublimat) bilden u. s. f.

Alle diese Ergebnisse stehen aber zu der besondern Einrichtung dieser Tafel in gar keiner Beziehung: man würde sie auch erhalten, wenn die Körper mit den ihnen zugehörigen Mischungsgewichten in irgend einer willkürlichen Ordnung aufgestellt wären.

Wünscht man nun aber zu erfahren, wie viel Vitriolöl *irgend eine andere Menge* von Kochsalz, als diejenige, welche das Mischungsgewicht dieses Salzes, nemlich 73.2, ausdrückt, zu ihrer vollständigen Zersetzung erfordert, will man z. B. wissen, wie viel Vitriolöl zu der Zersetzung von 6 Pfund Kochsalz erfordert werde, so bringt man die bewegliche Skale in eine solche Lage, dass die Zahl 60 derselben neben das Wort „Kochsalz“ der Tafel zu stehen kommt und findet so, dass zu der Zersetzung von 6  $\text{Pfd.}$  Kochsalz 5.02  $\text{Pfd.}$  Vitriolöl erfordert werden. Zugleich findet man aus der blossen Ansicht der Tafel, dass diese 6  $\text{Pfd.}$  Kochsalz, 2.80  $\text{Pfd.}$  trockene Salzsäure, oder 3.72  $\text{Pfd.}$  salzsaures Gas enthalten; dass man ferner als Rückstand 7.3  $\text{Pfd.}$  wasserfreies, oder 16.58  $\text{Pfd.}$  krystallisirtes, schwefelsaures Natron erhält, welches zu seiner Zersetzung 16.96  $\text{Pfd.}$  salpetersaures Bleioxyd erfordert, und dass bei dieser Zersetzung 15.53  $\text{Pfd.}$  schwefelsaures Bleioxyd und 8.74  $\text{Pfd.}$  salpetersaures Natron gebildet werden; dass ferner 6  $\text{Pfd.}$  Kochsalz 3.61  $\text{Pfd.}$  Chlor enthalten, welche mit 10.34  $\text{Pfd.}$  Quecksilber 13.95  $\text{Pfd.}$  Sublimat bilden u. s. f.

Diese Tafel ist auch insofern sehr bequem, als man mittelst derselben die procentische Zusammensetzung von Verbindungen übersieht. Will man z. B. wissen, wie viel Sau-

erstoff und Wasserstoff 100 Th. Wasser enthalten, so bringt man die bewegliche Skale in eine solche Lage, dass die Zahl 100 derselben neben das Wort „Wasser“ der Tafel zu stehen kommt. Den procentischen Gehalt des Sauerstoffs gibt dann die Tafel unmittelbar, den des Wasserstoffs aber 10fach, weil, aus dem oben bemerkten Grunde, 10 M. G. Wasserstoff auf der Tafel verzeichnet sind; man muss daher von der Zahl, welche dem Wasserstoff entspricht, den 10ten Theil nehmen. Wünscht man die procentische Zusammensetzung der Kohlensäure kennen zu lernen, so bringt man die Zahl 100 der Skale neben das Wort „Kohlensäure“ der Tafel und findet nun neben dem Wort „Kohle“ der Tafel die Zahl 273.8. Diese Zahl ist aber gleich 10 M. G. Kohle, mithin enthalten 100 Th. Kohlensäure 27.38 Th. Kohle. Neben dem Wort „Sauerstoff“ der Tafel steht aber nun die Zahl 36.31; von dieser muss man das Doppelte nehmen, weil 1 M. G. Kohlensäure 2 M. G. Sauerstoff enthält; um diese Multiplication zu ersparen, sind übrigens 2 M. G. Sauerstoff (für diesen Fall =  $2 \times (36.31) = 72.62$ ) auf der Tafel aufgeführt: 100 Th. Kohlensäure enthalten mithin 72.62 Th. Sauerstoff. Die procentische Zusammensetzung solcher Verbindungen, welche aus einem einzigen Mischungsgewicht beider Bestandtheile bestehen, wie die Salzsäure, die neutralen salpetersauren und schwefelsauren Salze, die meisten Chlormetalle u. s. f. gibt diese Tafel unmittelbar, vorausgesetzt, dass die Mischungsgewichte der Bestandtheile dieser Verbindungen grösser, als das Mischungsgewicht 10 des Sauerstoffs sind, mithin *einem* Mischungsgewicht nach auf der Tafel angegeben werden konnten.

Wollaston hat diese Tafel *synoptische Tafel der chemischen Aequivalente* genannt und sie nach einem kleinen Maassstab (wenig mehr als 10 Zoll) verfertigen lassen. Bei dieser Grösse kann natürlich die Genauigkeit nicht weit getrieben werden, weil die Entfernungen der Zahlen, zumal

nach unten zu, gar zu klein werden; eine sehr grosse Genauigkeit ist aber bei dem Gebrauch dieser Tafel in chemischen Werkstätten, wozu sie bestimmt ist, auch nicht nöthig. — Andere wollten die Genauigkeit dadurch vermehren, dass sie die Tafel viel grösser machten, wodurch aber ihr Gebrauch sehr beschwerlich wird; ohnediss wird man da, wo grosse Genauigkeit erfordert wird, von einer solchen Tafel keine Anwendung machen, und die kleine Mühe einer Rechnung nicht scheuen.

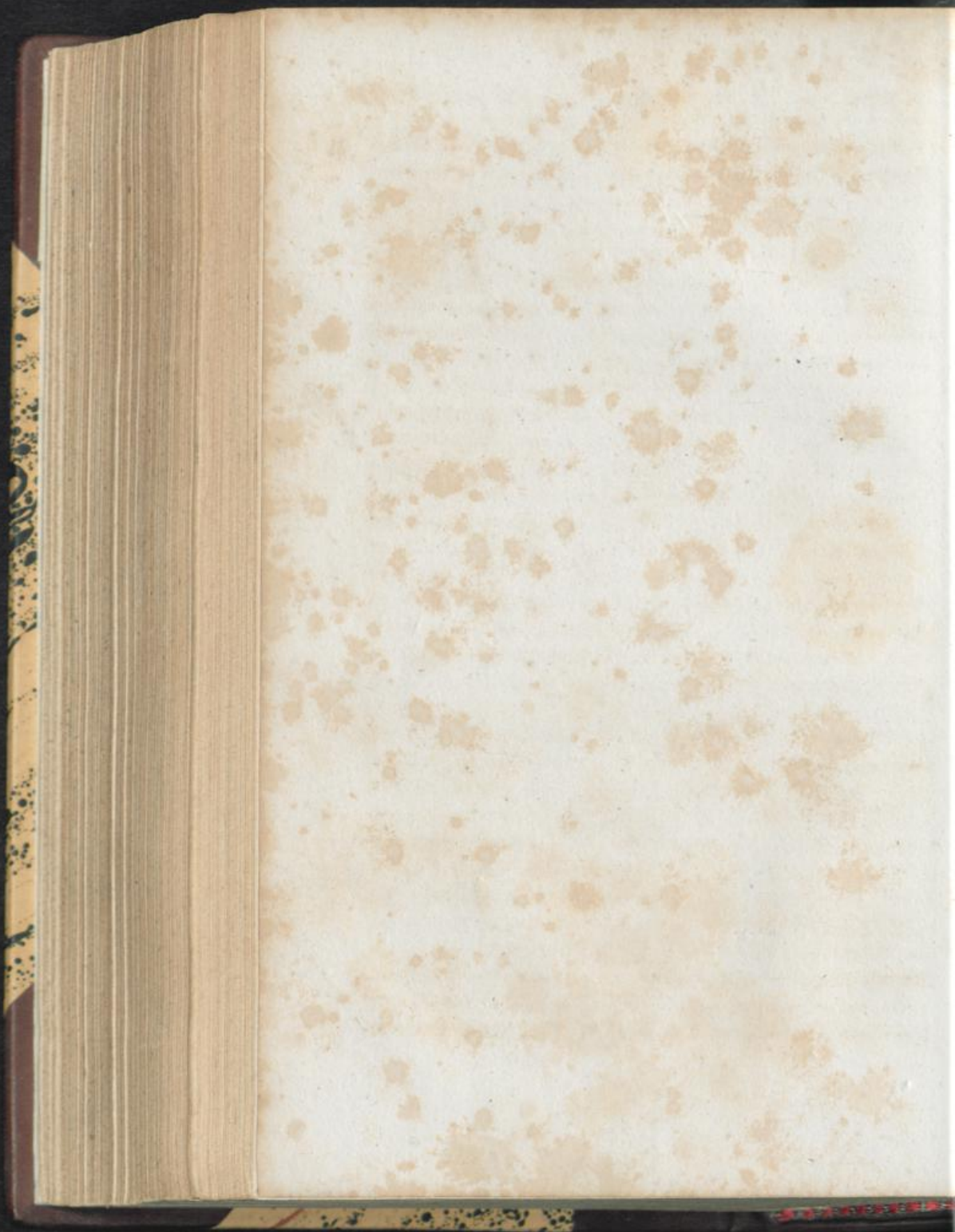
Ich kann die Lehre von dem Mischungsgewicht nicht verlassen, ohne noch eine kurze Bemerkung beizufügen. Viele Anfänger sind der Meinung, dass zum Verstehen dieser Lehre eigentliche mathematische Kenntnisse erfordert werden, und da sie diese nur zu oft nicht besitzen, so legen sie häufig die ganze Sache, die sie als etwas für sie Unverständliches betrachten, bei Seite. Die Ursache hievon mag wohl zum Theil darinn zu suchen seyn, weil bisweilen diese Lehre mit einem ganz unnöthigen Aufwand von algebraischen Formeln ausgeschmückt dargestellt wird. Wir haben aber gesehen, dass man Nichts braucht, als die *Regel de Tri*, die Jeder kennt, und wenn zum Verstehen der Tafel der chemischen Aequivalente eine Kenntniss von den Logarithmen erfordert wird, so hat dieses mit der Sache selbst nichts zu thun, indem diese Tafel ja blos eine Erleichterung, eine Umgehung des Gebrauchs der *Regel de Tri* bezweckt.

Ein weiterer Umstand, der manchem Anfänger diese Sache erschwert, ist der, dass er oft glaubt, die That-sachen selbst, die der Lehre von dem Mischungsgewicht zu Grunde liegen, gleichsam mathematisch begreifen zu müssen. Das ist freilich ein vergebliches Bestreben, denn das Naturgesetz, welches man mit dem Ausdruck „Mischungsgewicht“ bezeichnet und welches sich aus den That-sachen, nemlich aus den Resultaten einer genauen Untersuchung über die Zusammensetzung der Körper, gleichsam als ein Deus

ex machina, von selbst herausgestellt hat, ist nicht weiter erklärbar, und wir können keine Rechenschaft davon geben, warum es überhaupt existirt und warum nicht Alles auch ganz anders sich verhalten kann. Die atomistische Ansicht gibt übrigens, wie wir gesehen haben, eine gute, ich möchte sagen handgreifliche, Vorstellung von der Sache, und sie ist in dieser Beziehung jedenfalls von grossem Werth; eine wirkliche Erklärung gibt sie nicht, schon insofern, weil sie (vergl. S. 494), in ihrer ganzen Allgemeinheit aufgefasst, die Thatsache, dass sich die Körper im Allgemeinen nur in sehr wenigen Verhältnissen mit einander verbinden, nicht erklärt, und weil man, wenn auch die Erklärung hiervon ihr angemuthet werden sollte, zu neuen Hypothesen seine Zuflucht nehmen müsste, wodurch Nichts gewonnen werden würde.

Wollaston's Tafel der chemischen Aequivalente.

		Abkürzungen	
Sauerstoff	8	In trocknungsfrey	
Wasser	10	fr. krystallisirt	
10 Wasserstoff	11	W. Wasser	
	12	Ox. Oxyd	
	13	Die Zahlen	
	14	1, 2, 3, 5, 7 zeigen	
	15	die Anzahl der	
	16	Mischungsge-	
	17	wichte an-	
2 Sauerstoff	17	Schwefel	
	18		
	19		
	20	2 Wasser	
	22		
	24		
	26	Triphosphorsäure	
	28		
	30	Sulphursäure (tr)	
Kupfer	36		
Chlor	35.5		
Salzs. Gas	36.5		
Schwefelsäure	40		
2 Kohlenäure	45	3 Wasser	
Vitriol	50		
(100 Sp. G. 1.85)	55		
10 Kohlenstoff	60	Chlornatrum	
	65	7 Wasser	
	70		
Baryt	75	Schwefelnatron	
	80		
Salp. Natron	85	10 Wasser	
	90		
	95		
Quecksilber	100		
Blei	110		
Bleioxyd	120		
	130		
Sublimat	140		
Schwef. Bleiox.	150		
100 W. Schwef.	160		
Natron.	170		
	180		
	190		
	200		
	210		
	220		



## Elektrochemische Theorie; Lehre von der Elektricität und dem Galvanismus.

---

Man hatte sich früher begnügt, das allgemeine Phänomen der chemischen Verbindung durch den Namen *Verwandtschaft*, *Affinität* zu bezeichnen, ohne durch diese Benennung erwiesener Erscheinungen den Mechanismus selbst, durch welchen dieselben erfolgen, erklären zu wollen. Einige Naturforscher hatten allerdings die Vermuthung ausgesprochen, dass die chemische Verwandtschaft bloß eine besondere Modification der allgemeinen Anziehungskraft (Gravitation, Schwerkraft) sey, und damit eine Zurückführung der erstern auf die letztere für möglich erklärt, während dagegen andere, wie namentlich Newton, die Ansicht äusserten, dass zwischen der chemischen Verwandtschaft und der Gravitation ein ganz wesentlicher Unterschied statt finden müsse. Aus der Nothwendigkeit, eine verschieden grosse Intensität der Verwandtschaft anzunehmen, hatte sich der Begriff von *Wahlverwandtschaft* entwickelt. (Vergl. S. 45.).

Während man sich nun aber im Allgemeinen wenig um die Erklärung des Mechanismus bekümmerte, durch welchen die chemischen Verbindungen erfolgen, so war man dagegen schon längst bemüht, gewisse auffallende Erscheinungen zu erklären, welche die chemischen Verbindungen häufig begleiten, namentlich die Entwicklung von Licht und Wärme, oder den sogenannten *Verbrennungsprocess*. Ich habe (S. 136 ff.) das Wesentliche der sinnreichen Theorie von Stahl angeführt, welcher durch die Annahme eines allgemeinen Principis der Brennbarkeit (Phlogiston) die Entwicklung von Licht und Wärme zu erklären versucht und überhaupt die chemischen Erscheinungen in einen Zusammenhang gebracht

hat. Nachdem Lavoisier die Unhaltbarkeit dieser Hypothese Stahl's erwiesen (vergl. S. 139) und von den Erscheinungen des Brennens der Körper in der Luft, was die Gewichtsverhältnisse betrifft, die genügendste Rechenschaft abgelegt hatte, war er auch nebenbei bemüht, die dabei statt findende Entwicklung von Wärme und Licht zu erklären; und da das Sauerstoffgas bei seiner Verbindung mit vielen Körpern eine feste Form annimmt, so nahm er an, dass hierbei das Sauerstoffgas die Wärme verliere, welche dem Sauerstoff den elastisch-flüssigen Zustand ertheilt, und dass somit, wenn das Sauerstoffgas mit Körpern zu festen Verbindungen sich vereinigt, Wärme frei werden müsse. Die eigentliche Feuererscheinung, d. h. die mit einer Entwicklung von Licht verbundene Wärmeentwicklung, blieb damit freilich noch unerklärt, wenn man nicht Licht als mit Wärme identisch annehmen und ersteres für eine blosser Steigerung der letzteren halten wollte.

Aber selbst dann, wenn man blos diejenigen Verbrennungs-Erscheinungen ins Auge fassen wollte, welche sich bei der Verbindung der Körper mit dem Sauerstoffgas einstellen, zeigte sich diese Erklärung als unhaltbar. Wenn z. B. Kohle in Sauerstoffgas verbrennt, so wird ein dem Volumen des verschwindenden Sauerstoffgases gleiches Volumen kohlen-saures Gas gebildet. Von der bei diesem Verbrennen entwickelten Wärme würde sich Rechenschaft ablegen lassen, wenn die spezifische Wärme des kohlen-sauren Gases viel geringer wäre, als die des Sauerstoffgases, d. h. wenn ein gewisses Volumen von kohlen-saurem Gas, um von einem bestimmten Grad der Temperatur, auf einen gleichfalls bestimmten höheren Grad der Temperatur erhitzt zu werden, eine viel geringere Quantität von Wärme erforderte, als ein gleich grosses Volumen von Sauerstoffgas: in diesem Fall könnte nicht die ganze Wärmemenge, welche das Sauerstoffgas bei seiner Verbindung mit der Kohle her-



gibt, dazu verwendet werden, das gebildete kohlen saure Gas auf demselben Grad der Temperatur zu erhalten, auf welchem sich das Sauerstoffgas befand, sondern es müsste ein Theil derselben frei werden. Auf diese Weise erklärte man sich auch die Sache zu einer Zeit, als man noch keine richtige Kenntniss von der specifischen Wärme der Gasarten hatte. Wenn man aber gleich auch noch jetzt keine ganz genaue Kenntniss von der specif. Wärme der Gase besitzt, so lässt sich doch mit Bestimmtheit behaupten, dass die grosse Wärmemenge, welche bei der Verbindung der Kohle mit dem Sauerstoffgas frei wird, aus einer Verschiedenheit der specif. Wärme des Sauerstoffgases und des kohlen sauren Gases nicht erklärt werden könne,

Einen noch weit schlagenderen Beweis aber dafür, dass die beim Brennen der Körper in Sauerstoffgas entwickelte Wärme nicht in der Flüssigkeitswärme der sich verbindenden Körper und in einer Veränderung in der specifischen Wärme ihren Grund haben könne, liefert die Verbrennung des Wasserstoffgases. Setzt man die specifische Wärme von 100 Th. Wasser = 100, so ist nach den Versuchen von Delaroche und Bérard die specif. Wärme von 100 Th. Wasserstoff = 329.36, von 100 Th. Sauerstoff = 23.61. 100 Th. Wasser bestehen aber aus 11.1 Th. Wasserstoff und 88.9 Th. Sauerstoff: die specif. Wärme jener 11.1 Wasserstoff wird mithin durch die Zahl  $329.36 \times \frac{11.1}{100} = 36.56$ , und die specif. Wärme der 88.9 Sauerstoff durch die Zahl  $23.61 \times \frac{88.9}{100} = 20.99$  ausgedrückt. Die specif. Wärme von so viel Gewichtstheilen Wasserstoff sammt der specif. Wärme von so viel Gewichtstheilen Sauerstoff, als zur Bildung von 100 Gewichtstheilen Wasser erfordert wird, ist mithin nur =  $36.56 + 20.99 = 57.55$ , während die specif. Wärme von 100 Gewichtstheilen Wasser = 100 ist. Eine Aende-

rung in der specifischen Wärme kann daher nicht die Ursache der bei der Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff entwickelten Wärme seyn, indem die specifische Wärme des gebildeten Wassers viel grösser ist, als die Summe der specif. Wärme des in die Verbindung eingehenden Wasserstoffs und Sauerstoffs, und daher aus diesem Grunde vielmehr ein bedeutender Grad von Kälte hervorgebracht werden sollte. Auch kann man die Ursache dieser entwickelten Wärme nicht darinn suchen, dass bei der Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff diese Gase in tropfbarflüssiges Wasser sich verwandeln, und so der Wärmestoff frei werde, welcher denselben die Gasform ertheilt hatte: denn das gebildete Wasser ist in dem Moment seiner Entstehung nicht tropfbar-flüssiges Wasser, sondern durch die entwickelte Hitze zu einem viel grösseren Volumen ausgedehntes Wassergas, als das Volumen war, welches die beiden Gase vor ihrer Verbindung eingenommen hatten, und dieses Wassergas wird erst durch die Abkühlung von Seiten der umgebenden Körper zu tropfbar-flüssigem Wasser verdichtet.

Wenn nun aber die angeführte Erklärungsart nicht einmal haltbar ist da, wo es sich von dem Brennen der Körper in der Luft handelt und wo man, wenigstens in vielen Fällen, von der Wärme, welche dem Sauerstoff Gasform ertheilt und welche frei werden muss, wenn derselbe diese Gasform verliert, eine Stütze für diese Erklärung zu erhalten hoffen durfte, so hält sie noch weniger Stich bei denjenigen Feuerentwicklungen, die in Folge chemischer Verbindungen fester oder tropfbar-flüssiger Körper sich einstellen. Feuerentwicklungen finden nemlich überhaupt da statt, wo Körper sich begierig mit einander verbinden: sie sind nicht auf die Verbindungen der Körper mit dem Sauerstoffgas beschränkt, ungeachtet sie bei diesen allerdings in der Regel besonders lebhaft sind. Es ist eine alte Erfahrung, dass wenn

ein Gemeng von Schwefel und Kupfer, bei abgehaltener Luft, mässig erhitzt wird, die Masse plötzlich ins Glühen kommt, und zwar in dem Augenblick, in welchem die chemische Verbindung vor sich geht und Schwefelkupfer gebildet wird. Solche Feuerentwicklungen stellen sich überhaupt bei sehr vielen Verbindungen fester und tropfbar-flüssiger Körper mit einander, wie bei den Verbindungen des Schwefels, Selen, Phosphors, Broms, Jods, mit Metallen u. s. f. ein, und man bemerkt sie nicht blos bei den Verbindungen der Elemente untereinander, sondern auch bei der Verbindung einiger zusammengesetzter Körper, wiewohl minder häufig und in der Regel weniger lebhaft, weil zusammengesetzte Körper im Allgemeinen ein schwächeres Bestreben zeigen, weitere Verbindungen einzugehen, als dieses bei chemisch einfachen Körpern der Fall ist; so verbinden sich Bittererde mit Vitriolöl, Baryt mit Wasser, unter Erglühen. Man bemerkt sogar Feuererscheinungen bei *bereits gebildeten* Verbindungen, ohne dass dieselben irgend eine materielle Veränderung erleiden: so kommt der Gadolinit (ein aus kieselsaurer Yttererde, Ceriumoxydul und Eisenoxydul bestehendes Mineral) auf einmal ins Glühen, wenn er mässig erhitzt wird, er gewinnt und verliert dabei nichts am Gewicht und die einzige Aenderung, die er erleidet, ist die, dass nach dieser Feuerentwicklung die Verbindung seiner Bestandtheile eine innigere geworden ist, sofern wenigstens eine Trennung derselben mittelst Säuren, die vorher sehr leicht erfolgte, nun sehr erschwert sich zeigt und nur mit Hülfe der Siedhitze und sehr concentrirter Säuren bewerkstelligt werden kann. Aehnliche Beispiele bieten noch mehrere andere, binär oder mehrfach zusammengesetzte, Verbindungen dar: immer zeigt sich die Verbindung nach erfolgter Feuerentwicklung schwieriger zersetzbar.

Aus dem Bisherigen ergibt sich, dass die Feuerentwicklungen, welche sich bei den chemischen Verbindungen der

Körper so häufig zeigen, weder aus einer Aenderung in der specifischen Wärme, noch aus einer Entbindung von Wärme bei verändertem Aggregationszustand der Körper sich erklären lassen, und man ist daher genöthigt, sich nach einer andern Erklärungsart umzusehen. Der Umstand, dass diese Feuerentwicklungen um so lebhafter sind, je inniger die chemischen Verbindungen sind, bei deren Bildung sie sich zeigen, lässt ahnen, dass der Mechanismus, welcher die chemische Verbindung der Körper bewirkt und jene Feuerentwicklungen in einer gemeinschaftlichen Ursache begründet seyn möchten, und dass also, wenn es gelingen würde, Rechenschaft von den genannten Feuerentwicklungen zu geben, damit auch die Kraft, welche die chemischen Verbindungen bewirkt, erklärt, d. h. auf andere bekannte Kräfte zurückgeführt werden könnte.

Schon vor längerer Zeit war die Vermuthung geäußert worden, dass die Elektrizität und das Feuer in einer nahen Beziehung zu einander stehen; man hatte Metalldrähte, durch welche man elektrische Schläge gehen liess, glühen, schmelzen, sich oxydiren, leicht entzündliche Körper, wie Phosphor, Terpentinöl, Aether, Schiesspulver u. s. f. durch elektrische Schläge sich entzünden sehen und konnte also wohl auf den Gedanken kommen, dass auch das Feuer, d. h. die durch die gewöhnlichen Verbrennungen an der Luft hervorgebrachte Licht- und Wärme-Entwicklung eigentlich ein elektrisches Phänomen seyn möchte. Diese Ansicht fand jedoch erst dann allgemeineren Eingang, nachdem die besondere Erregungsart der Elektrizität, welche man die *galvanische* oder *voltasche* nennt, entdeckt worden war. Jetzt konnte man die Feuerentwicklungen, welche beim Durchschlagen von elektrischen Funken nur auf einen Augenblick sich zeigen, längere Zeit andauernd erhalten, da bei dieser neuen Art der Elektrizitäts-Erregung die Elektrizität in einer continuirlichen Strömung sich entladet.

Man sah nun Metalldrähte, die man in den Kreis der voltaschen Säule brachte, stundenlange fortglühen und beim Zutritt der Luft sich oxydiren; man sah Kohle im luftleeren Raum weissglühen, gerade wie wenn sie in Sauerstoffgas verbrennt: die Feuererscheinung war in beiden Fällen die gleiche und der Unterschied blos der, dass in dem ersten Fall, bei der Entladung der Elektricitäten durch die Kohle, diese letztere keine wesentliche Veränderung, namentlich keinen Gewichtsverlust erlitt, während sie in dem andern Fall, beim Brennen in Sauerstoffgas, als Kohle verschwunden und in kohlensaures Gas, durch ihre Verbindung mit dem Sauerstoff, verwandelt ward.

Wenn die Feuerentwicklung bei der Entladung der Elektricitäten es wahrscheinlich macht, dass auch die Feuerentwicklung, die im Gefolge chemischer Verbindungen sich einstellt, ein elektrisches Phänomen sey, so gibt es jetzt noch andere höchst wichtige Thatsachen, auf welche namentlich die galvanische Elektricität geführt hat, die es in hohem Grade wahrscheinlich machen, dass auch die Affinität selbst, d. h. die Kraft, welche die chemischen Verbindungen bewirkt, elektrischer Natur sey. Durch die Einwirkung der galvanischen Elektricität auf zusammengesetzte Körper nemlich werden die meisten von diesen in ihre Bestandtheile zerlegt: zusammengesetzte Verbindungen erster Ordnung zerfallen dabei in die Elemente, aus denen sie bestehen, zusammengesetzte Verbindungen höherer Ordnungen dagegen gewöhnlich zunächst blos in zusammengesetzte Verbindungen niederer Ordnungen, und der eine Bestandtheil, sey es nun ein Element oder ein zusammengesetzter Körper, sammelt sich dabei immer an dem positiven Pol der voltaschen Säule, der andere am negativen an.

So wird das Wasser in Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, Kali in Kalium und Sauerstoffgas zersetzt, der Wasserstoff und das Kalium sammeln sich am negativen, der

Sauerstoff am positiven Pol an; so werden Salze in Säure und Basis, oder in Säure, Sauerstoffgas und Metall zersetzt, wenn bei geringer Affinität des Metalls zum Sauerstoff, die Basis selbst eine Zersetzung erleidet: Säure und Sauerstoff erscheinen am positiven, Basis oder Metall am negativen Pol. Ist die Intensität der Elektrizität eine geringe, so erfolgt keine Zersetzung, so wie auch keine Zersetzung erfolgt, wenn man auf einen zusammengesetzten Körper einen andern Körper einwirken lässt, der zu dem einen der Bestandtheile des ersteren nur eine geringe Affinität hat, und innige chemische Verbindungen lassen sich nur durch die Einwirkung einer sehr intensiven Elektrizität zersetzen, gerade wie sie auch nur durch die Einwirkung von Körpern zersetzt werden können, die zu dem einen ihrer Bestandtheile eine sehr starke Affinität haben. Es fragt sich nun: ist es wirklich wahrscheinlich, dass die Kraft, welche die chemischen Verbindungen bewirkt, (Affinität), elektrischer Natur sey, d. h. dass die chemische Verbindung der Körper dadurch bewirkt werde, dass in dem Moment, in welchem die Verbindung zweier Körper, elementarischer oder zusammengesetzter, erfolgt, die Atome des einen Körpers positive und die des andern negative Elektrizität annehmen, dass also die Anziehung der beiderlei Arten von Atomen, d. h. die chemische Verbindung, in der Anziehung der entgegengesetzten Elektrizitäten begründet sey, womit sie begabt sind; dass die Trennung chemischer Verbindungen durch die Elektrizität, namentlich durch die der voltaschen Säule, dadurch erfolge, dass das positiv elektrisirte Atom von der Elektrizität des negativen Pols der Säule stärker angezogen wird, als von dem negativ elektrisirten und ebenso das negativ elektrisirte Atom von der Elektrizität des positiven Pols der Säule stärker angezogen wird, als von dem positiv elektrisirten Atom; dass endlich auch die Feuerentwicklung, welche die chemischen Verbindungen begleitet, in einer Verbindung der entgegenge-

setzten Elektricitäten der sich mit einander verbindenden Atome begründet sey, einer Verbindung, die, wie uns aus den Erscheinungen der gemeinen und der galvanischen Elektricität bekannt ist, eine Feuerentwicklung im Gefolge hat.

Ehe wir uns in eine Erörterung dieser Fragen einlassen können, ist es nöthig, einen Umriss der Lehre von der Elektricität zu geben, wobei wir uns bei der sogenannten galvanischen Elektricität besonders lange aufhalten werden, weil diese für die chemische Theorie bei weitem die reichhaltigste Ausbeute gibt.

### Lehre von der Elektrizität \*).

Man kann sich die Elektrizität als eine höchst feine, unwägbare, elastische Flüssigkeit vorstellen, über deren Natur zwei verschiedene Ansichten aufgestellt worden sind.

Nach der einen Ansicht gibt es nur ein einziges elektrisches Fluidum, von welchem eine gewisse Menge in allen Körpern sich befindet, um ihren sogenannten natürlichen Zustand zu bilden, d. h. den Zustand, in welchem an ihnen keine elektrische Erscheinungen wahrnehmbar sind. Erst wenn die Körper entweder mehr elektrisches Fluidum erhalten, als sie in ihrem natürlichen Zustand besitzen, oder wenn sie einen Theil desselben verlieren, zeigen sich an ihnen die elektrischen Erscheinungen: Ueberschuss des elektrischen Fluidums bringt das hervor, was man *Glas-Elektrizität* oder *positive Elektrizität*, Abnahme das, was man *Harz-Elektrizität* oder *negative Elektrizität* nennt, und die Benennung *positive* und *negative Elektrizität* bezieht sich ursprünglich auf diese Theorie, welche ein einziges elektrisches Princip annimmt, und welche man nach Franklin die *franklinsche Theorie* oder die *Theorie der Unitarier* nennt.

Nach der andern Ansicht gibt es zwei ihren Eigenschaften nach sehr ähnliche, und doch in ihrem Verhalten zu einander selbst gerade entgegengesetzte elektrische Fluida, welche, indem sie sich mit einander in dem gehörigen

---

\*) Da sich die Theorie der chemischen Verbindungen hauptsächlich auf die Lehre von der Elektrizität stützt, so glaubte ich diese Lehre hier um so weniger ganz umgehen zu dürfen, als ich nicht selten die Erfahrung machen musste, dass die Studirenden der Chemie nicht einmal mit den Principien derselben gehörig bekannt sind.



gen Verhältniss verbinden, den sogenannten natürlichen Zustand, d. h. denjenigen Zustand hervorbringen, in welchem sich keine elektrische Erscheinungen wahrnehmen lassen. Die eine dieser elektrischen Flüssigkeiten nennt man *positive*, die andere *negative* Elektrizität, mehr um sie von einander zu unterscheiden, als dass man diesen Benennungen einen reellen Werth beilegen wollte, wie er ihnen nach der ersten Ansicht wirklich beigelegt werden muss \*). Man hat diese Theorie die Symmer'sche oder *dualistische Theorie* genannt.

Ungeachtet die Franklinsche Theorie durch grössere Einfachheit sich empfiehlt, und nach ihr die elektrischen Erscheinungen ebenfalls erklärt werden können, und ungeachtet es keinen positiven Beweis gibt, der für die physische Realität der einen oder der andern der beiden Ansichten spräche, so ist jedenfalls die dualistische Theorie für die Entwicklung der Beziehung der Elektrizität zu den chemischen Erscheinungen besser geeignet, und ich werde daher diese Theorie bei den künftigen Erörterungen zu Grunde legen.

Da es nach der dualistischen Theorie zwei verschiedene elektrische Fluida gibt, die, wenn sie sich in gehörigen Verhältnissen mit einander verbinden, den Zustand der Körper hervorbringen, in welchem keine elektrische Erscheinungen wahrgenommen werden, so können wir uns diese so mit einander verbundenen Fluida als ein einziges aus den beiden Fluidis zusammengesetztes Fluidum vorstellen, wel-

---

\*) Die Benennung positive, oder + Elektrizität, und negative oder — Elektrizität lässt sich auch in dieser Ansicht insofern rechtfertigen, als beide Elektrizitäten durch ihre Verbindung mit einander im gehörigen Verhältniss, sich gegenseitig neutralisiren, und einen in Beziehung auf elektrische Erscheinungen indifferenten Zustand hervorbringen.

ches keine elektrischen Erscheinungen äussert, und welches wir *Elektricum* nennen wollen. Wir können dieses Elektricum einem neutralen Salz vergleichen: es wird durch verschiedene Veranlassungen in seine Bestandtheile, d. h. in positive und negative Elektricität zersetzt, wie ein neutrales Salz in Basis und Säure zersetzt werden kann. Nicht das Elektricum selbst, sondern erst diese Bestandtheile des Elektricums offenbaren elektrische Erscheinungen, welche in Anziehungen und Abstossungen bestehen, so dass Körper, welche dieselbe Art von Elektricität (beide positive oder beide negative) besitzen, einander abstossen, während Körper, die mit verschiedenen Arten von Elektricität beladen sind, einander anziehen. Um diese Abstossungs- und Anziehungs-Erscheinungen bemerkbar zu machen, müssen beide Körper leicht beweglich seyn: ist es nur der eine derselben, so kann nur dieser von dem andern angezogen oder abgestossen werden.

Das Elektricum kann, wie schon bemerkt wurde, auf verschiedene Arten in seine Bestandtheile zersetzt und es können daher elektrische Erscheinungen auf verschiedene Weise hervorgebracht werden.

---

*Elektricitäts - Entwicklung durch diejenige mechanische Einwirkung der Körper auf einander, wie sie beim Reiben statt findet.*

---

Die gewöhnlichste Art, das Elektricum zu zersetzen, ist die, dass man zwei Körper an einander reibt; immer nimmt dabei der eine Körper positive, der andere negative Elektricität an. Wie durch das Reiben das Elektricum zersetzt werde, ist gänzlich unbekannt, auch hängt es zum Theil von sehr unbedeutenden Umständen ab, welche besondere Art von Elektricität ein Körper durchs Reiben erhält, denn

denn er wird nicht nur, wenn er mit einem andern Körper gerieben positiv elektrisch wird, durch Reibung mit einem dritten negativ elektrisch werden können, sondern er wird auch, wenn er z. B. erwärmt wird oder nicht, wenn seine Oberfläche polirt ist oder nicht, mit einem und demselben Körper gerieben, bald positive bald negative Elektrizität annehmen; ja er wird sogar, wenn er mit einem ihm ganz gleichartigen Körper gerieben wird, elektrisch werden können und zwar, je nach verschiedenen äusseren Umständen, bald positiv, bald negativ. — So wird glattes Glas mit einem Wollenzug gerieben, positiv, mit einem Katzenfell aber gerieben, negativ elektrisch; mattes Glas dagegen wird durch Reiben mit Wollenzug negativ elektrisch. Reibt man eine Scheibe glattes Glas an eine Scheibe mattgeschliffenes, so wird die erstere positiv, die letztere negativ elektrisch; reibt man zwei weissseidene Bänder, die man von demselben Stück abgeschnitten hat, kreuzweise über einander, so dass das eine nach und nach seiner ganzen Länge nach reibt, während das andere blos an einer kleinen Stelle gerieben wird, so nimmt ersteres immer die positive, letzteres die negative Elektrizität an; wird aber ersteres Band vorher stark erhitzt und dauert die Reibung nur so kurze Zeit, dass sich der Temperaturunterschied zwischen ihm und dem andern Band in beträchtlichem Grad erhält, so wird hierdurch der Einfluss der Reibungsart überwogen, und das erstere Band wird jetzt negativ, das letztere positiv elektrisch werden. — Das einzige allgemeine Gesetz für diese Erscheinungen ist aber folgendes: *der reibende und der geriebene Körper nehmen immer entgegengesetzte Elektrizitäten an, der eine die positive, der andere die negative.* Es gilt ferner der Erfahrung nach folgendes allgemeine Gesetz. Wenn der Körper A mit dem Körper B gerieben  $+E$ . annimmt, (B mithin  $-E$ .), der Körper B aber mit dem Körper C gerieben ebenfalls  $+E$ . annimmt (C folglich  $-E$ .), so nimmt um so mehr, wenn A mit C gerieben wird, A  $+E$ ., C  $-E$ . an.

Die beiden durch Reibung hervorgerufenen Elektrizitäten

sind, wie schon bemerkt wurde, ihren Eigenschaften nach einander vollkommen ähnlich; zwei mit positiver Elektrizität beladene, bewegliche Körper fliehen einander, stossen einander ab, gerade wie zwei mit negativer Elektrizität beladene Körper einander abstossen; positive und negative Elektrizität sind aber einander insofern entgegengesetzt, als sie ein Bestreben zeigen, einander gegenseitig zu zerstören, indem sie sich durch ihre Verbindung mit einander zu indifferentem Elektricum neutralisiren.

#### Leiter der El., Nichtleiter, Halbleiter.

Die Elektrizität \*) zeigt sich in ihrem Verhalten zu verschiedenen Körpern sehr verschieden. — Einige Körper setzen der Verbreitung derselben durch ihre eigene Substanz keinen merklichen Widerstand entgegen, man nennt solche Körper *Leiter*; andere Körper dagegen führen die Elektrizität nicht selbst fort, verbreiten sie nicht durch ihre eigene Substanz, *Nichtleiter*, oder *Isolatoren*, weil sie, wenn sie elektrisirten Leitern als Unterlage dienen, dieselben von jeder Gemeinschaft mit Leitern, die ihnen Elektrizität entziehen würden, abschneiden. Es gibt übrigens weder einen absoluten Leiter noch einen absoluten Nichtleiter, d. h. es gibt keinen Körper, der der Verbreitung der Elektrizität gar keinen, oder einen unüberwindlichen Widerstand leistete, und es gibt Körper, die sowohl schlechte Leiter als schlechte Nichtleiter sind: solche Körper werden *Halbleiter* genannt. Alle Metalle sind Leiter und zwar sehr vorzügliche; ebenso gehören zu den Leitern das Wasser, überhaupt die meisten tropfbaren Flüssigkeiten, daher auch alle, Wasser oder Salzaufösungen enthaltende, Körper, wie Thiere, frische Pflan-

\*) Mit dem Wort Elektrizität bezeichnet man irgend einen der beiden Bestandtheile des Elektricum, d. h. den positiv oder den negativ elektrischen, welcher durch die Zersetzung des Elektricum, z. B. mittelst Reibung, frei gemacht wurde.

zen, der feuchte Erdboden u. s. f., verschiedene Dämpfe, namentlich Wasserdämpfe, daher feuchte Luft die El. leitet, während trockene Luft ein Nichtleiter ist.

Zu den Nichtleitern gehören die trockenen Gummiarten und Harze, wie Gummilack, Bernstein u. s. f., Schwefel, Glas, überhaupt alle Verglasungen, die meisten Edelsteine, Seide, Wolle, Haare, Federn, trockenes Papier, alle trockenen Gasarten, Oele. Viele sonst gut leitende Substanzen werden durchs Austrocknen, so wie viele sonst gut isolirende Substanzen durch Feuchtigkeit zu Halbleitern, so getrocknetes Holz, feuchtes Glas u. s. f.

Die Wärme zeigt theils an und für sich, theils insofern sie die Körper aus dem starren Zustand in den tropfbarflüssigen Zustand versetzt, einen sehr merkwürdigen Einfluss auf die Leitungsfähigkeit für Elektrizität. Die Metalle leiten die El. weniger gut, wenn sie erhitzt werden, als wenn sie kalt sind. Das Schwefelsilber dagegen leitet die El. sehr gut, so lange es heiss ist, sehr schlecht, wenn es kalt ist; ebenso gewinnen Gasarten, wenn sie erhitzt werden, an Leitungsfähigkeit für El., und sie würden wahrscheinlich noch mehr gewinnen, wenn man sie zu gleicher Zeit zusammendrückte und verdichtete. Sehr viele Körper leiten die El. in starrem Zustand sehr wenig, leiten sie aber sehr gut, wenn sie durch Wärme in den tropfbarflüssigen Zustand versetzt werden, wobei sie dann zugleich gewöhnlich eine Zersetzung in ihre Bestandtheile erleiden, so dass es scheinen könnte, die Leitungsfähigkeit hänge von der Zersetzbarkeit ab. So leitet Eis die El. fast gar nicht, während sie Wasser ziemlich gut leitet; eine Menge von Oxyden, von Chlor-, Jod-, Fluor-, Cyan-, Schwefel- Verbindungen, eine Menge von Salzen leiten die El. in starrem Zustand fast gar nicht, dagegen sehr gut in tropfbarflüssigem Zustand, in welchen sie durch Erhitzung versetzt werden, wobei sie eine Zersetzung in ihre Bestandtheile erleiden.

Eine blosse Erweichung, selbst ein syrupartiges Flüssigwerden, ist jedoch nicht hinreichend, solche Körper leitend zu machen, sondern es wird ein vollkommen flüssiger Zustand erfordert, wenn eine bemerkbare Leitungsfähigkeit für El. hervorgerufen werden soll. Hieraus ergibt sich ein merkwürdiger Gegensatz zwischen der Fähigkeit solcher Körper, die Elektrizität zu leiten und zwischen ihrer Fähigkeit, die Wärme zu leiten. So wie nemlich die starre Substanz flüssig wird, verliert sie fast ganz das Vermögen der Wärmeleitung, gewinnt aber in hohem Grade das der Elektrizitätsleitung, so wie sie aber in den starren Zustand zurückkehrt, bekommt sie die Fähigkeit der Wärmeleitung wieder und verliert die der El. Leitung. Man kennt auch einen Körper, das Quecksilberiodid, welcher sich im starren Zustand als isolirend und im flüssigen als leitend erweist, *ohne, wie es scheint, in letzterem Zustand eine Zersetzung zu erleiden.* Auch gibt es mehrere Körper, die weder im festen, noch im flüssigen Zustand die El. leiten, ungeachtet sie Elemente enthalten, von denen man glauben sollte, dass sie sich zu den entgegengesetzten Polen begeben, und desswegen, wie wir später erst erörtern können, die El. leiten würden.

Wenn man einen elektrisirten Leiter mit der Hand berührt, so verliert er augenblicklich alle Elektrizität, weil sie frei auf seiner Oberfläche gegen die Hand sich bewegt und durch diese und den Körper der ganzen Erdoberfläche sich mittheilt. Anders verhalten sich die Nichtleiter: diesen kann man durch die Hand nur diejenige Elektrizität entziehen, welche an der berührten Stelle haftet, weil sie sich auf seiner Oberfläche nicht frei gegen die berührte Stelle zu bewegen kann; man muss, um einem solchen Körper die Elektrizität ganz zu entziehen, denselben an sehr vielen, doch nicht an allen Stellen berühren, weil es, wie schon bemerkt wurde, keinen absoluten Nichtleiter gibt. Wenn man daher mit einem Leiter, z. B. einem Metallstab, den man in der Hand hält, einen Nichtleiter

reibt, so kann ersterer durch das Reiben keine Elektrizität erhalten, weil sie durch die Hand und den Körper sogleich abgeleitet wird; fasst man aber den Leiter nicht unmittelbar mit der Hand, sondern an einem recht trockenen Handgriff aus Harz oder Glas, den man daran befestigt hat, und reibt ihn wie zuvor, ohne ihn aber mit etwas Anderem, als mit dem Reibzeug zu berühren, so wird er wirklich durch das Reiben elektrisch. — Ehmals nannte man irrigerweise die Nichtleiter *idioelektrische*, d. h. an sich elektrische Körper, die Leiter dagegen *anelektrische*, d. h. unelektrische Körper, weil man glaubte, dass nur die ersteren fähig seyen, durch Reiben elektrisch zu werden, während die letzteren bloß die durch Reiben idioelektrischer Körper entwickelte Elektrizität durch Mittheilung anzunehmen vermögen.

Die Elektrizität scheint an der Oberfläche der Leiter nur durch den Druck der Luft festgehalten zu werden, denn wenn man einen elektrisirten Leiter, der durch Unterlagen von Glas oder Siegellack isolirt ist, unter den Recipienten der Luftpumpe bringt, so verliert er bei einem gewissen Grad der Luftverdünnung alle Elektrizität, indem diese mit einem bläulichten Licht nach allen andern Leitern ausströmt, durch welche sie mit dem Erdboden in Gemeinschaft kommen kann. Bei einem unter ähnliche Umstände versetzten elektrisirten Nichtleiter ist dieses zwar auch der Fall, aber die Elektrizität entweicht aus einem solchen weit langsamer. Sie scheint daher an der Oberfläche der Nichtleiter nicht bloß durch den Druck der Luft, sondern ausserdem durch eine Art von Adhäsion festgehalten zu werden, die übrigens wohl auch bei den Leitern (insofern es keine absolute Leiter giebt), nur in weit geringerem Grade, in Betracht kommt.

Bei der Elektrizitäts-Erregung durch Reiben ist noch der sehr wesentliche Umstand zu berücksichtigen, dass wenn *beide* aneinander geriebene Körper isolirt werden, die Menge der entwickelten Elektrizität nur sehr gering ist. Soll

der eine der Körper einen viel höheren Grad von Elektrizität annehmen, so darf der andere Körper nicht isolirt seyn, sondern muss mit dem Boden (durch Metalldrähte) in leitende Verbindung gesetzt werden. Man erhält freilich auf diese Weise nur die eine Art von Elektrizität: will man auch die andere Art erhalten, so muss der Körper, der vorher isolirt war, mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt und nun der andere isolirt werden. — Die Ursache hiervon steht offenbar mit dem Mechanismus, durch welchen die Elektrizität durch Reiben in den Körpern hervorgerufen wird, in einem engen Zusammenhang; diesen Mechanismus kennen wir aber nicht und vermögen also auch nicht, diesen Umstand befriedigend zu erklären. Wir können uns die Sache ungefähr so vorstellen. Wenn zwei isolirte Körper A und B durch Reiben an einander, der eine A,  $+e$ , der andere B,  $-e$  erhalten haben, so behält der Körper A seine  $+e$ , und der Körper B seine  $-e$ , ungeachtet die Elektrizität, sey es nun positive oder negative, sobald sie einmal hervorgerufen ist, vermöge der ihr inwohnenden Repulsivkraft, (denn positive El. stösst positive, negative El. negative ab) ein Bestreben zeigt, von dem Körper aus, auf welchem sie sich befindet, auf andere denselben berührende Körper sich zu verbreiten, die  $+e$  des Körpers A also auf den Körper B, die  $-e$  des Körpers B auf den Körper A theilweise übergehen sollte, und ungeachtet dieser Uebergang durch die Anziehungskraft der  $+e$  des Körpers A gegen die  $-e$  des Körpers B befördert werden sollte. Dennoch aber erfolgt kein Uebergang, sondern A behält seine  $+e$ , B seine  $-e$ . Die Kraft also, welche die Zersetzung des Elektriciens bewirkt, muss auch noch nach dieser Zersetzung fortwirken, und sowohl die Repulsivkraft der  $+e$  von A und der  $-e$  von B, als die Anziehungskraft der  $+e$  von A gegen die  $-e$  von B überwinden. Diese zu überwindenden Kräfte müssen aber die Kraft, welche beim Reiben Elektrizität entwickelt, selbst schwächen, und letztere würde mehr Elektrizität zu entwickeln vermögen, wenn sie die genannten Hindernisse nicht zu besiegen hätte. Dieses ist aber, wenigstens theilweise, der Fall, wenn der eine der beiden Körper, z. B. B, beim Reiben nicht isolirt wird. Ist nem-



lich B mit dem Boden in leitender Verbindung, so wird seine durch Reiben entwickelte  $-e$  augenblicklich abgeleitet: die Kraft, welche die Elektricitäten beim Reiben der Körper A und B entwickelt, hat daher nicht mehr die Anziehungskraft der  $-e$  von B gegen die  $+e$  von A, und auch nicht mehr die Repulsivkraft der  $-e$  von B, vermöge welcher diese  $-e$  in den Körper A überzutreten strebt, zu überwinden, indem diese  $-e$  ungehindert in den Boden übertreten kann. Hieraus erklärt sich also, warum jetzt A mehr  $+e$  beim Reiben annimmt, als früher, so lange B isolirt war.

Uebrigens scheint es an sich klar zu seyn, dass jeder Körper seiner Natur nach nur ein endlicher Quell von Elektricität seyn kann, dass also, wenn beide Körper isolirt sind, der Elektricitätsentwicklungs-Process bald eine Grenze erreichen, ins Unendliche aber fortdauern müsse, wenn der eine der beiden Körper in leitender Verbindung mit dem Boden steht, der beständig neues Electricum zur Zersetzung zuführt.

#### Mittheilung der Elektricität.

Die durch Zersetzung des Electricums auf irgend eine Weise, z. B. durch Reiben, freigewordene ( $+$  oder  $-$ ) Elektricität lässt sich andern, nicht elektrisirten Körpern dadurch, dass man dieselben mit dem elektrisirten Körper berührt, *mittheilen*. Die Mittheilung ist also eine weitere Art, einen nicht elektrisirten Körper elektrisch zu machen. Hauptsächlich sind es Leiter, welche sich zur Annahme der Elektricität durch Mittheilung eignen, weil sich die Elektricität sogleich auf ihrer ganzen Oberfläche verbreitet: Nichtleiter nehmen sie nur an dem Punkt an, an welchem sie mit dem elektrisirten Körper in Berührung kommen; sollen sie eine merkbare Elektricität durch Mittheilung annehmen, so müssen sie mit dem elektrisirten Körper an vielen Punkten in Berührung kommen. Der elektrisirte Körper verliert durch die Mittheilung so viel von seiner Elektricität, als er mitgetheilt hat; ist er selbst ein Leiter, so vertheilt sich dieser Verlust über den ganzen Körper: ist er ein Nichtleiter, so

erleidet nur die berührte Stelle einen Verlust an Elektrizität.

Man hat gefunden, dass sich die Elektrizität *blos auf der Oberfläche der Körper verbreitet*, und nicht in ihr Inneres eindringt; es ist also in Beziehung auf die Menge von Elektrizität, welche ein Körper durch Mittheilung von einem elektrisirten Körper annimmt, ganz gleichgültig, ob der erstere hohl oder massiv ist. — Dieses ist durch folgenden einfachen Versuch erwiesen worden. Ein isolirter kugelförmiger Leiter werde durch Mittheilung elektrisirt. Man umgebe ihn mit dünnen Kappen von Goldpapier (welches ein Leiter ist), die an isolirenden Handhaben befestigt sind und den Körper vollkommen umschliessen. Entfernt man jetzt diese Kappen wieder, indem man sie an den isolirenden Handhaben fasst, so findet man, dass sie dem Körper alle Elektrizität entzogen haben. — Ebenso hat man durch Versuche gefunden, dass die *Qualität* der Körper bei der Vertheilung der freien E. über ihre Oberfläche gar keinen Einfluss auf die Menge derselben hat und nur insofern in Betracht kommt, als die in verschiedenem Grade isolirende Eigenschaft der Körper der Verbreitung der E. auf der Oberfläche mehr oder weniger Widerstand leistet. Dagegen ist die *Form* des Körpers, der von einem elektrisirten Körper E. durch Mittheilung annehmen soll, in Beziehung auf die Menge dieser E. von grossem Einfluss. Isolirte cylindrische Leiter nehmen, *bei gleicher Oberfläche*, von elektrisirten kugelförmigen Leitern nicht nur verhältnissmässig um so mehr E. auf, je länger sie sind, sondern es hat auch die Stelle, an welcher beide Leiter bei der Mittheilung einander berühren, Einfluss auf die Menge dieser E., indem der cylindrische Leiter dann am meisten E. aufnimmt, wenn die Mittheilung an einem seiner Endpunkte geschieht, und um so weniger, je mehr diese Stelle der Mitte des Cylinders näher rückt.

Leiter, welche mit Spitzen versehen sind, nehmen die

Elektricität schon von einer bedeutenden Entfernung aus auf, und lassen sie eben so gerne wieder fahren. Ebene Flächen dagegen theilen sich die E. nicht leicht mit: eine isolirte Metallplatte z. B. kann auf einen durch Reiben elektrisirten Harzkuchen gestellt werden, ohne eine bemerkbare Menge von E. von demselben anzunehmen.

In der Mitte zwischen diesen beiden Extremen (Spitzen und ebenen Flächen) stehen abgerundete Leiter, die schwieriger als die mit Spitzen versehenen, und leichter als die ebenen Leiter die E. annehmen. Die angeführten Thatsachen sind für die Praxis sehr wichtig.

Die Mittheilung der E. erfolgt, wie schon durch das so eben Gesagte angedeutet ist, nicht blos bei der unmittelbaren Berührung, sondern auch schon in einiger Entfernung. Dann ist die Mittheilung meistens, wenigstens im Dunklen, sichtbar, und geschieht entweder durch Uebergang in Gestalt eines *Funkens*, oder durch Ueberströmung in Gestalt eines *Feuerbüschels*. Funken entstehen in der Regel dann, wenn die Enden der einander genäherten Körper stumpf oder abgerundet sind; Ströme oder Feuerbüschel dann, wenn beide Körper, oder nur einer derselben, in Spitzen sich enden. Wir werden übrigens bald sehen, dass diese sogenannte Mittheilung durch Funken oder Feuerbüschel keine wahre Mittheilung ist, d. h. dass sie nicht in einem blossen Uebertritt des elektrischen Fluidums von einem Körper auf einen andern besteht, dass vielmehr die Mittheilung überhaupt kein so einfaches Phänomen ist, als es auf den ersten Blick zu seyn scheint.

#### El. Entwicklung durch Vertheilung; elektrische Wirkungskreise.

Wenn uns der Mechanismus, durch welchen das Electricum beim Reiben zersetzt wird und freie Elektricität, positive und negative, zum Vorschein kommt, gänzlich unbekannt ist, so können wir dagegen, sobald wir einmal im

Besitz von freier El. sind, eine Menge von Erscheinungen gewissermaassen voraussehen, welche sich zeigen müssen, wenn eine solche freie E. auf andere Körper, die mit keiner freien E. begabt sind, in Entfernungen einwirkt, welche für die Mittheilung viel zu gross sind. Wir wissen nemlich, dass die E. die ihr gleichnamige Art von E. zurückstösst, die ungleichnamige anzieht: freie E. wird daher, ohne dass sie auf andere Körper überzutreten braucht, vermöge dieser Anziehungskraft eine ähnliche Zersetzung des Elektricum in diesen Körpern bewirken können, wie sie durch das Reiben erfolgt, und es lässt sich im Voraus erwarten, dass je grösser die Intensität der freien E. ist, eine desto grössere Menge von Elektricum, und von um so grösseren Entfernungen aus, zersetzt werden werde. Wir wollen blos den Fall betrachten, wo der Körper, der durch den Einfluss eines in seiner Nähe befindlichen Körpers elektrisch werden soll, ein Leiter ist, weil nur in diesem Fall, wegen der leichten Verbreitung der E. auf seiner Oberfläche, die Erscheinungen auffallend werden. Ein isolirter, auf einem gläsernen Fuss stehender kugelförmiger Leiter A, dem  $+E.$  mitgetheilt worden ist, (würde er  $-E.$  besitzen, so hätte man blos im Folgenden  $+$  und  $-$  immer gegeneinander zu vertauschen) befinde sich in der Nähe eines nicht elektrisirten, ebenfalls isolirten cylindrischen Leiters B, so zwar, dass die Entfernung von A und B etwas mehr beträgt, als diejenige Entfernung, bei welcher ein unmittelbarer Uebergang der  $+E.$  von A auf B durch einen Funken statt finden kann, d. h. als die sogenannte *Schlagweite*. Die  $+E.$  von A wird auf das Elektricum von B zersetzend einwirken: letzteres wird wirklich in  $+E.$  und  $-E.$  zersetzt, aber seine  $-E.$  wird nicht frei, sondern gänzlich durch die  $+E.$  des Körpers A gebunden werden; nur die  $+E.$  des Elektricum von B wird frei und von der  $+E.$  des Körpers A vorzugsweise gegen die von A entfernteren Stellen des Cylinders B zurückgestossen. An wel-

cher Stelle man auch mittelst eines kleinen isolirten Leiters dem Körper B in diesem Zustand Elektrizität entziehen mag, so wird man finden, dass die E., welche er abgibt, immer + E., *nirgends* — E. ist, dass aber der Körper B an seinen von A entfernteren Stellen mehr + E. an den kleinen Leiter abgibt, als an den dem Körper A mehr genäherten Stellen, so dass die freie + E. von seinem dem Körper A abgekehrten Ende gegen das demselben zugekehrte hin beständig abnimmt. Hängt man an dem Cylinder B leinene Fäden (Leinen leitet die E.) auf, an deren beiden Enden Hollunderkügelchen befestigt sind, so werden diese in der Regel an allen Stellen von B mit + E. auseinander gehen; jedoch, wenn die E. von A schwach ist, werden sie gegen die Mitte von B hin nur wenig auseinandergehen, sondern vorzüglich stark nach hinten und nach vornen zu: nach hinten, weil überhaupt die abgestossene + E. gegen das von A entfernteste Ende des Körpers B zurückgedrängt wird; nach vornen zu, weil dort, wegen der grösseren Nähe des Körpers A am meisten Electricum zersetzt wird, und die aus dieser Zersetzung frei werdende + E. einem grossen Theil nach gegen die dort aufgehängten Hollunderkügelchen hingedrängt wird. Man hat sich den Zustand des Körpers B so vorzustellen, dass an seinem dem Körper A zugekehrten Ende am meisten — E., am entgegengesetzten am meisten + E. aufgehäuft ist, so dass die — E. von dem näheren Ende gegen das entferntere, die + E. von dem entfernteren gegen das nähere beständig abnimmt. — Bringt man jetzt den Körper A in eine weit grössere Entfernung von dem Körper B, als diejenige ist, innerhalb welcher die genannten Wirkungen sich äussern, welche letztere man den *Wirkungskreis*, oder die *el. Atmosphäre* eines elektrisirten Körpers nennt, so sind alle elektrische Erscheinungen an dem Körper B verschwunden, und der Körper A hat durch seine Einwirkung auf B nicht nur nichts von seiner E. verloren, sondern sogar weniger E. ver-

loren, als er während dieser Zeit durch die Berührung mit der Luft verloren haben würde, weil seine  $+E$ . dadurch, dass sie durch die  $-E$ . von B zum Theil gebunden war, gegen den ableitenden Einfluss der Luft geschützt wurde.

Dass während des Einflusses des  $+el.$  Körpers A auf den nicht elektrisirten Körper B,  $+E$ . an dem von A entfernten Ende von B,  $-E$ . an dem dem Körper A am nächsten liegenden Ende wirklich angehäuft werde, lässt sich auf die Art nachweisen, dass man dem Körper B eine solche Einrichtung gibt, dass die Verbindung seiner beiden Enden plötzlich aufgehoben werden kann. Man stelle zwei Strohhalmelektrometer in eine gerade Linie und verbinde die beiden metallenen Kugeln der Elektrometer durch einen mittelst einer Siegellackstange isolirten dicken Metalldraht, so stellen die Elektrometerkugeln die Enden, der Draht den Körper des Cylinders B vor. Nähert man nun der einen Kugel eine geriebene Glasstange, welche  $+E$ . besitzt, so werden die Strohhalme beider Elektrometer mit  $+E$ . divergiren. Nimmt man nun den Metalldraht, indem man denselben an der Siegellackstange fasst, weg, wodurch also der Körper des Cylinders B von seinen beiden Enden getrennt wird, entfernt man hierauf auch die  $+el.$  Glasstange, so werden wiederum die Strohhalme beider Elektrometer divergiren, aber nicht mehr beide mit  $+E$ ., sondern blos das von A entferntere mit  $+E$ ., das nähere aber mit  $-E$ ., indem sich die am hintern Ende von B angehäuften  $+E$ . mit der am vordern Ende angehäuften  $-E$ . nicht mehr zu 0E. (Elektricum) verbinden konnte, und die geringe Menge von  $+E$ . am vordern, und von  $-E$ . am hintern Ende nicht im Stande war, erstere die grosse Menge von  $-E$ . am vordern, letztere die grosse Menge von  $+E$ . am hintern Ende zu 0E. zu neutralisiren.

Aus dem Gesagten ergibt sich nun, dass es sehr leicht ist, den Körper B in einen daurenden elektrischen Zustand zu versetzen. Man darf ihn zu diesem Ende, während er unter dem Einfluss von A steht, blos in leitende Verbindung mit dem Boden setzen, indem man ihn mit dem Finger berührt; so wird, wenn A  $+E$ . hat, die  $+E$ . von B abge-

leitet, nicht aber dessen — E., welche vielmehr durch die + E. von A gänzlich gebunden ist. Stellt man jetzt den isolirten Zustand von B dadurch wieder her, dass man den Finger entfernt, und entfernt man dann auch den Körper A von demselben, so wird die früher gebundene — E. von B in Freiheit gesetzt, und B zeigt daher jetzt freie — E. — Es ist klar, dass wenn man den Finger von B erst dann entfernen würde, nachdem zuvor der Körper A entfernt worden wäre, auch die in Freiheit gesetzte — E. von B durch den Finger abgeleitet und mithin B keine Spur von freier — E. zeigen würde.

Auf diese Weise erhält also der Körper B immer diejenige Art von freier E., welche der freien E. von A entgegengesetzt ist. Soll daher B + E. erhalten, so muss man dem Körper A — E. mittheilen.

Die angeführte Art, in einem nicht elektrisirten Körper durch den blossen Einfluss der El. eines elektrisirten Körpers von einer Entfernung aus, welche grösser ist, als die, bei welcher E. mitgetheilt werden könnte, elektrische Erscheinungen und sogar einen daurenden elektrischen Zustand hervorzurufen, wird *Erregung der E. durch Vertheilung* genannt. In der That wird auch das Elektricum eines solchen Körpers durch den Einfluss eines elektrisirten Körpers zersetzt und seine Bestandtheile auf der Oberfläche des ersteren ungleich vertheilt.

Jetzt erst, nachdem wir von den elektrischen Wirkungskreisen oder der Vertheilung Kenntniss erhalten haben, ist es uns möglich, die elektrischen Erscheinungen richtiger zu beurtheilen und sie selbst auf einen viel höheren Grad von Intensität zu steigern, als derjenige ist, welchen sie durch blosses Reiben der Körper anzunehmen fähig sind.

Um wieder auf die Mittheilung der E. zurückzukommen, so ist es klar, dass bevor ein elektrisirter Körper einen nicht elektrisirten berührt, er in diejenige Nähe des letz-

teren kommen muss, bei welcher die Erscheinungen der Vertheilung statt finden. Setzen wir, ein + el. Körper A finde sich in einer solchen Nähe von einem nicht el. Körper B, so wird die + E. von A, die - E. von B anziehen und die + E. von B zurückstossen. Vermindert sich die Entfernung von A und B immer mehr, so wird endlich die Anziehungskraft der + E. von A gegen die - E. von B den Widerstand überwinden, den ihr der zwischen A und B befindliche Nichtleiter (die Luftschicht) entgegensetzt: sie werden sich zu OE. verbinden; die + E. von B wird sich jetzt auf dem Leiter B, wenn dieser isolirt ist, frei bewegen und das Resultat nun ganz dasselbe seyn, wie wenn der Körper B alle seine freie + E. von dem Körper A durch unmittelbare Mittheilung erhalten hätte. Dass jedoch bei der wirklichen Ausgleichung, der Körper B doch auch einen Theil der freien + E. aus dem Körper A erhalten müsse, ergibt sich aus folgender Betrachtung. Da die + E. von A einen Theil des Electricums von B zersetzt, so muss die Intensität jener + E. grösser seyn, als die Intensität von + E. dieses zersetzten Electricums, denn sonst würde ja keine Zersetzung erfolgen können; es wird also im Augenblick der Zersetzung die + E. von A vermöge dieser grösseren Intensität zu dem neuen elektrischen Zustand von B ebenfalls das ihrige beitragen.

Wenn die Mittheilung der E. nicht bei der unmittelbaren Berührung, sondern von einer gewissen Entfernung aus erfolgt, so ist die E. meistens, wenigstens im Dunklen, sichtbar und der Uebergang derselben erfolgt, wie bereits bemerkt worden ist, entweder in Gestalt eines Funkens (bei stumpfen oder abgerundeten Körpern) oder in Gestalt eines Feuerbüschels (wenn beide oder nur einer der Körper sich in Spitzen enden). Es scheint, dass die Electricität (positive sowohl als negative) *an sich* nicht leuchtend sey, und dass blos bei der Neutralisation entgegengesetzter Elektrici-



täten, d. h. bei der Verbindung von  $+E.$  und  $-E.$  zu  $0E.$  Licht sich entwickle. Wenn sich  $E.$  über einen zusammenhängenden Leiter frei verbreitet, so zeigt sich nie elektrisches Licht: dieses kommt aber an allen den Stellen zum Vorschein, wo der Leiter durch Nichtleiter, jedoch auf nicht zu grosse Entfernungen hin, unterbrochen ist. — Wird auf eine Glasröhre eine Spirale von Stanniol aufgeklebt, die auf der einen Seite in eine mit Stanniol überzogene Kugel, auf der andern in einen mit Stanniol überzogenen Stiel sich endet, und berührt man nun mit der Kugel den Conductor einer Elektrisirmaschine, so wird die  $E.$  durch die Spirale und den Körper sich entladen, ohne dass eine Lichterscheinung sich zeigt: unterbricht man aber die leitende Spirale dadurch, dass man das Metall an verschiedenen Orten wegnimmt, so sieht man einen elektrischen Funken an allen unterbrochenen Stellen von einem Ende des Stanniols zum andern überfahren. Die  $E.$  zersetzt nemlich das Electricum des zunächst liegenden Theils der Stanniolspirale, verbindet sich mit der entgegengesetzten unter Lichtentwicklung und macht die gleichnamige frei, die nun ihrerseits dieselbe Wirkung auf das Electricum des nun folgenden Theils der Stanniolspirale hervorbringt u. s. f.

*Elektrisirmaschine.*

Wir können jetzt auch beurtheilen, welches die zweckmässigste Art ist, die  $E.$  durch Reiben hervorzurufen. Die wesentlichsten Theile der *Elektrisirmaschine* sind die beiden Körper, welche an einander gerieben werden, von denen, wie sich von selbst versteht, der eine so gut wie der andere, als der reibende oder als der geriebene betrachtet werden kann. Gewöhnlich wird ein Cylinder oder eine Scheibe von Glas gegen ein unbewegliches Reibzeug, das durch Federn an das Glas angedrückt wird, durch Umdrehen um eine Axe gerieben. Dieses Reibzeug ist ein seidenes, mit Rosshaaren ausgestopftes Kissen, über welches ein dünnes Kalbleder gezogen wird, das mit einem Amalgam aus Quecksilber, Zink und Zinn eingerieben wird. Es wurde schon erwähnt, dass

wenn eine bedeutende Menge von E. durch Reiben entwickelt werden soll, der eine der beiden geriebenen Körper nicht isolirt seyn darf; gewöhnlich wird das Reibzeug mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt, mithin + E. erhalten, da das Reibzeug - E. entwickelt. Da aber das Glas ein Nichtleiter ist, der geriebene Glascylinder oder die Glasscheibe mithin unmittelbar nur schwache Funken gibt, weil er dem Körper, der den Funken herauszieht, nur die E. der diesem Körper am nächsten liegenden Stelle mittheilt, so verbindet man den Glascylinder oder die Glasscheibe mit einem isolirten metallischen Leiter, welchem das Glas seine durchs Reiben erhaltene E. mittheilt, und aus welchem man nun erst die Funken zieht. Dieser isolirte Leiter heisst der *Hauptleiter*, *erste Leiter*, *Conductor* der Elektrirmaschine. Lässt man diesen Leiter an seinem dem Glascylinder oder der Glasscheibe gegenüberstehenden Ende in Spitzen sich enden, so entsteht zwar nicht leicht ein Funken, aber die Mittheilung erstreckt sich dann auf viel grössere Weiten und erfolgt durch ein anhaltendes, oft mit einem Geräusch begleitetes Ueberströmen, wobei sich im Dunklen die schon erwähnten Feuerbüschel zeigen. — Soll durch die Elektrirmaschine - E. erhalten werden, so bringt man den dem Glas gegenübergestellten Conductor mit dem Boden in leitende Verbindung und bringt nun einen ähnlichen, aber isolirten Conductor, mit dem in diesem Fall isolirten Kissen in Verbindung.

Es lässt sich nun auch diejenige elektrische Erscheinung erklären, deren Kenntniss der aller übrigen vorangiehg, ich meine die Anziehung leichter Körper durch elektrisirte Körper. Schon mehrere 100 Jahre vor *Christus* war es bekannt, dass der geriebene Bernstein (*ἤλεκτρον*, daher der Name Elektricität) leichte Körper aller Art anzieht. Solche Anziehungen finden aber nicht zwischen elektrisirten und nicht-elektrisirten Körpern statt, wie es auf den ersten Blick scheint, vielmehr wird durch den

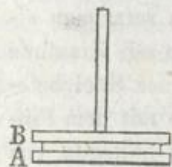
den Einfluss der E. des durch Reiben elektrisirten Körpers auf das Elektricum der leichten Körper dieses letztere zersetzt, seine mit der E. des geriebenen Körpers gleichnamige E. abgestossen und durch den Boden fortgeleitet, während nun der mit der entgegengesetzten E. begabte leichte Körper angezogen wird \*). Die Anziehung findet also wirklich zwischen ungleichnamig elektrisirten Körpern statt.

Auf der Elektricitätsentwicklung durch Vertheilung beruhen endlich die wichtigsten elektrischen Instrumente, der *Elektrophor*, die *Leidner Flasche*, der *Condensator* und das *Elektroskop* oder *Elektrometer*, deren allgemeine Beschreibung ich jetzt folgen lasse.

#### *Elektrophor.*

Einer isolirten metallenen Scheibe (A) theile man E. (es sey  $-E$ ) mit. Man lege auf diese Scheibe eine Glasscheibe, und auf diese wieder eine metallene Scheibe (B), die an einem isolirenden Stiel befestigt ist.

Durch die gläserne Platte wird die Platte A von der Platte B in gehöriger Entfernung gehalten, und die  $-E$ . von A verhindert, in die Platte B durch Mittheilung sich zu verbreiten. Die  $-E$ . von A wirkt aber zersetzend auf das Elektricum von B, bindet dessen  $+E$ . und stösst dessen  $-E$ . zurück. Entfernt man nun die Platte B von der Platte A, indem man erstere an ihrem isolirenden Stiel hält, so zeigt B keine freie E., weil sich die zurückgestossene  $-E$ ., die nicht abgeleitet wurde, mit der früher gebundenen, jetzt wieder in Freiheit gesetzten  $+E$ . zu  $0E$ . ver-



\*) Streng genommen zieht auch der leichte Körper den durch Reiben elektrisirten Körper an, diese Anziehung kann sich aber, wegen der grossen Schwere dieses letzteren, nicht durch eine Bewegung desselben offenbaren.

bindet. Berührt man aber die Platte B, während sie auf der gläsernen Platte liegt, mit dem Finger und leitet auf diese Weise die zurückgestossene  $-E.$  ab (wobei ein Funken empfunden wird), hebt hierauf die Platte B an ihrem isolirenden Stiel von der Glasplatte ab, so zeigt sie jetzt die  $+E.$  in Freiheit, welche, so lange B in der Nähe von A sich befand, durch die  $-E.$  von A gebunden war. Die  $-E.$  von A verliert aber hierdurch Nichts, man kann der Platte B ihre  $+E.$  entziehen, und sie, so oft man will, auf die angeführte Weise mit neuer  $+E.$  laden. Dieser Apparat hat daher den Namen *Elektrophor, beständiger Elektricitäts-Träger* erhalten \*).

Man gibt übrigens dem Elektrophor gewöhnlich folgende Einrichtung. Ein ebener, in eine metallene Form ausgegossener Harzkuchen wird durch Peitschen mit einem Fuchsschwanz elektrisirt. Auf diesen Kuchen setzt man eine metallene Platte (Deckel), oder irgend eine mit Zinnfolie überzogene Platte, in deren Mitte ein gläserner Stiel befestigt ist. Man berührt zuerst die Metallplatte mit dem Finger, und hebt sie dann, an ihrem Stiel sie haltend, von dem Kuchen auf: sie zeigt  $+E.$ , während der geriebene Harzkuchen  $-E.$  \*\*) hat. Man sollte glauben, dass in die-

---

\*) Die Erscheinungen des Elektrophors sind ganz und gar dieselben, wie die S. 636. ff. angeführten, denn es ist klar, dass die Metallplatte A jenem kugelförmigen Leiter A, die Metallplatte B jenem cylindrischen Leiter B, die isolirende Glasplatte zwischen A und B aber der isolirenden Luftschicht zwischen dem kugelförmigen Leiter A und dem cylindrischen Leiter B entspricht.

\*\*) Wenn der Deckel des Elektrophors nicht eben ist, wenn er Erhabenheiten, Spitzen an sich hat, so kann er sich laden, ohne dass man nöthig hätte, ihn mit dem Finger zu berühren. Die abgestossene  $-E.$  des Deckels kann nemlich in diesem Fall durch seine Spitzen (vergl. S. 634. 635.) zum Theil

sem Fall der Harzkuchen seine — E. der Metallplatte mittheilen werde: aber fürs erste geht, wie oben (S. 635.) bemerkt wurde, die E. von plattenförmigen Körpern auf plattenförmige nur mit grösster Schwierigkeit über, fürs zweite theilt der Harzkuchen, als ein Nichtleiter, seine E. nur von den Stellen aus mit, welche mit dem andern Körper in wirklicher Berührung sich befinden, so dass aus diesen beiden Gründen die E., welche die Metallplatte von dem Harzkuchen durch *Mittheilung* erhält, gar nicht in Betracht kommt. Die Wirkung beruht vielmehr allein auf der Zersetzung, welche das Electricum der Metallplatte durch die — E. des Harzkuchens *von der Entfernung aus* erleidet, und diese Wirkung ist hier um so grösser, als diese Entfernung jedenfalls höchst gering ist.

Die Theorie des Elektrophors fällt übrigens verwickelter, oder doch wortreicher aus, wenn man *alle* Erscheinungen an demselben in Betracht zieht. Die — E. des geriebenen Harzkuchens wirkt nemlich auch zersetzend auf das Electricum der metallenen Form, in welche der Kuchen gegossen ist, und zwar um so stärker, je geringer die Dicke des Kuchens ist. Die + E. der Form wird gebunden, ihre — E. aber, wenn die Form nicht isolirt ist, abgeleitet. Die — E. des geriebenen Kuchens kann mithin nicht alle ihre Kraft auf Zersetzung des Electricums des Deckels verwenden, weil ein Theil derselben auch zur Zersetzung des Electricums der Form verwendet wird. Berührt man nun aber die Form mit einem Finger, hierauf den Deckel mit einem andern, so wird die gebundene + E. der Form sich mit der abgestossenen (freien) — E. des Deckels zu 0 E. verbinden, mithin nun auch der früher durch die + E. der Form beschäftigte Theil der — E. des geriebenen Kuchens eine zersetzende Kraft auf das Electricum des Deckels ausüben, und man wird daher, wenn man den

---

entweichen, und die zurückbleibende — E. ist nicht mehr im Stande, die beim Aufheben des Deckels frei werdende + E. gänzlich zu neutralisiren; es bleibt also ein Ueberschuss von + E.

Deckel aufhebt, aus demselben einen stärkeren Funken ziehen, als wenn man bloß ihn, und nicht zugleich auch die Form berührt hätte u. s. f.

*Leidner Flasche.*

Wenn man der einen Seite eines Nichtleiters Elektricität, z. B. positive, mittheilt, während die entgegengesetzte Seite desselben mit dem Boden in Verbindung gesetzt ist, so wird, wenn die Dicke dieses Nichtleiters nicht zu beträchtlich ist, die der ersten Seite mitgetheilte + E. zersetzend auf das Elektricum der entgegengesetzten Seite wirken, die + E. in den Boden zurückstossen, die - E. aber binden. Es wird auf diese Weise eine immer grössere Menge von + E. der ersten Seite mitgetheilt werden können, bis endlich diese Seite gar keine E. mehr aufzunehmen fähig ist, vielmehr die weiter ihr zugeführte E. sogleich entweicht, oder bis die auf dieser Seite angehäuften + E. sich mit der - E. der entgegengesetzten, trotz des Widerstandes des Nichtleiters, zu OE. vereinigt, wobei dieser letztere oft zerspringt.

Gewöhnlich bedient man sich einer gläsernen Flasche, in deren Oeffnung, durch den die Flasche verschliessenden Kork hindurch, ein starker Messingdraht gesteckt ist, der nach aussen in eine Kugel endet, mittelst welcher er die Funken von der Elektrisirmaschine empfängt, nach unten und innen aber mit einigen dünnen, federnden Messingdrä-



ten in Verbindung ist, die sich vermöge ihrer Federkraft an den innern Beleg der Flasche andrücken. Die Flasche muss sowohl von Innen als von Aussen bis auf eine gewisse Höhe mit einem guten Leiter bedeckt, oder, wie man sagt, *belegt* werden, weil das Glas, als Nichtleiter, zunächst nur an der berührten Stelle die mitgetheilte E. annehmen würde. Als äusseren Beleg wendet man immer dünne Zinnfolie (Stanniol) an, die man mit Gummiwasser oder Kleister aufklebt. Ist die Flasche

oben weit genug, so kann man sie auch von Innen mit Stanniol belegen; ist sie aber zu eng, so füllt man sie entweder so weit, als die Belegung reichen soll, mit Schrot, Eisen- oder Messing-Spähnen u. s. f., oder man sucht Messingspähne mittelst Gummiwasser durch Umschwenken an ihrer innern Oberfläche haften zu machen. Die innere und die äussere Belegung dürfen einander nicht zu nahe seyn, weil sonst leicht eine Entladung über den Rand des Glases hinüber erfolgen und die Ladung nie die gehörige Intensität erlangen könnte. Je stärker eine Flasche geladen werden soll, desto grösser muss diese Entfernung seyn, wenn keine Selbstentladung erfolgen soll.

Eine Flasche, deren äussere Seite isolirt ist, kann keine merkliche Ladung annehmen, weil nur dann die der innern Belegung zugeführte *E.* eine Bindung der ungleichnamigen *E.* des Elektricum der äussern Belegung hervorbringen kann, wenn dessen gleichnamige *E.* abgeleitet und neues Elektricum der äusseren Belegung aus dem Boden zugeführt werden kann.

Man kann sich den Vorgang bei der Ladung der Flasche so vorstellen. (Ich nehme an, dass dem inneren Beleg derselben  $+E.$  mitgetheilt werde, und nenne diese innere Seite *A*, die äussere *B*). Da die  $+E.$ , welche *A* in einer gegebenen Zeit erhält, eine Zersetzung des Elektricum in *B* bewirkt und die  $+E.$  des letzteren in den Boden zurückstösst, so muss nothwendig die Menge der  $+E.$  von *A*, welche diese Wirkung hervorbringt, grösser seyn, als die Menge der abgeleiteten  $+E.$  von *B*, denn jene  $+E.$  von *A* bindet die mit der  $+E.$  von *B* verbundene  $-E.$  und vermag sie der  $+E.$  von *B* zu entreissen, ungeachtet durch die Entfernung, von welcher aus sie wirkt, ihre Wirkung geschwächt werden muss, während die  $+E.$  von *B* mit der  $-E.$  von *B* unmittelbar verbunden war. Würde man daher die gebundene  $-E.$  von *B* sich mit der  $+E.$  von *A*

zu OE. verbinden lassen, so würde A eine gewisse Menge  $+E.$  übrig behalten, weil die  $-E.$  von B mit der weggeführten  $+E.$  von B, deren Menge geringer ist, als die Menge der  $+E.$  von A, OE. gebildet hatte. Wir können demnach behaupten, dass die Menge der gebundenen  $-E.$  von B geringer sey, als die Menge der  $+E.$  von A, insofern wir diejenigen Mengen von  $+E.$  und von  $-E.$ , welche einander gerade zu OE. neutralisiren, ohne dass  $+E.$  oder  $-E.$  übrig bleibt, als gleich gross betrachten dürfen. Da die Menge der gebundenen  $-E.$  auf B geringer ist, als die der  $+E.$  auf A, und da überdiss jene  $-E.$  von der Entfernung aus auf die  $+E.$  von A wirkt, so kann sie nicht die ganze Menge dieser  $+E.$  binden, vielmehr muss ein Theil dieser  $+E.$  *frei*, d. h. durch das Elektrometer erkennbar seyn, und blos durch den Druck der Luft auf A festgehalten werden. Die  $+E.$  von A besteht also aus 2 von einander zu unterscheidenden Portionen, deren eine durch die  $-E.$  von B gänzlich gebunden, die andere dagegen frei ist, und wie jede freie E. durch Leiter der Seite A entzogen werden kann. Es ist wesentlich, hierbei zu bemerken, dass die Menge der  $-E.$  von B grösser seyn muss, als die Menge der von ihr gebundenen Portion  $+E.$  von A, weil jene  $-E.$  von B von der Entfernung aus, nemlich durch die Dicke des Glases hindurch die genannte Portion  $+E.$  von A bindet. Wird nun der Seite A neue  $+E.$  zugeführt, so wird diese die Zersetzung einer weiteren Portion OE. in B und den mit B verbundenen Körpern bestimmen: dadurch wird die Menge der gebundenen  $-E.$  von B vergrössert, und die Anziehungskraft dieser  $-E.$  gegen die weiter abzustossende Menge von  $+E.$ , die durch die Zersetzung der OE. auf B frei wird, verstärkt. Daher muss nun auch die Portion von *freier*  $+E.$  auf A, welche das ersetzt, was die Wirksamkeit der  $+E.$  auf A wegen der Entfernung verliert, ihrerseits ebenfalls zunehmen, bis diese Menge freier



+ E. auf A, die nur durch den Druck der Luft zurückgehalten wird, am Ende einen solchen Grad von Intensität erlangt hat, dass sie diesem Luftdruck gerade das Gleichgewicht hält. Jetzt wird jede weitere Menge von + E., die der Seite A zugeführt wird, von A nicht mehr aufgenommen werden können und entweichen, die Ladungsflasche befindet sich auf ihrem Sättigungspunkt. Isolirt man in diesem Zustand auch die Seite B der Flasche, so wird man aus dieser Seite mit dem Finger keinen Funken entlocken können, denn die - E. von B ist, wie zuvor, durch die + E. von A gänzlich gebunden. Dagegen wird man einen Funken erhalten, wenn man die Seite A mit dem Finger berührt, indem man alle freie + E. ableitet; dadurch wird dann aber die Seite B in einen andern Zustand kommen, denn ihre - E. war nur durch die Kraft der *ganzen* + E. auf A gebunden; da nun ein Theil dieser + E. abgeleitet ist, so wird nun ein Theil der - E. von B nicht mehr durch die + E. von A gebunden, und nur durch den Druck der Luft auf B festgehalten, d. h. frei werden. Jetzt wird man also aus B einen Funken erhalten, und nachdem dieses geschehen, wird aus demselben Grunde A wieder freie + E. zeigen, die man ableiten kann. So lässt sich also allmählig die geladene Flasche ganz entladen, wenn man dieselbe isolirt, und abwechselnd A und B mit dem Finger berührt.

Es wurde schon bemerkt, dass eine vollkommen isolirte Leidner Flasche keine merkbare Ladung annehmen kann, weil dann die zurückgestossene E. ihrer Seite B nicht zu entweichen vermag. Eine solche in der Luft aufgehängte Flasche nimmt jedoch allmählig eine schwache Ladung an, weil die Luft kein vollkommener Nichtleiter ist; die Flasche ladet sich sogar unter diesen Umständen, wenn ihre äussere Oberfläche mit einigen Spitzen versehen ist, eben so vollkommen, als wenn sie mit dem Boden in Verbindung wäre, weil die

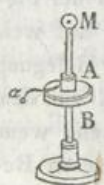
Spitzen das Ausströmen der abgestossenen E. im höchsten Grade begünstigen.

Die Flasche wird entladen, wenn man die entgegengesetzten Elektricitäten ihrer beiden Belegungen A und B in leitende Verbindung mit einander setzt; es ist hinreichend, nur die eine Seite mit dem Leiter zu berühren, und diesen der andern Seite nur so nahe zu bringen, dass die E. derselben die zwischenliegende Luftschicht durchbrechen kann. Bei der Verbindung der Elektricitäten entsteht ein starker Funke und heftiger Knall. Geht die Entladung durch Menschen hindurch, so werden diese mehr oder weniger stark erschüttert; durch die Entladung einer starken *elektrischen Batterie*, welche dadurch gebildet wird, dass man die inneren Belegungen mehrerer Flaschen mit den inneren, so wie die äusseren mit den äusseren in leitende Verbindung bringt, und so gleichsam Eine Flasche aus denselben bildet, können grössere Thiere getödtet werden.

Da bei der allgemeinen Theorie der Leidner Flasche die *Gestalt* derselben gar nicht in Betracht kommt, so versteht es sich von selbst, dass der Nichtleiter, welcher die innere Belegung von der äusseren trennt, irgend eine andere Form, als die einer Flasche, haben kann. Namentlich hat man auch vierseitige oder runde Tafeln von Glas, Harz oder Siegelack, oder von irgend einer andern, nicht leitenden Substanz angewendet, die man auf beiden Seiten mit einer leitenden Belegung (Stanniol) versieht, jedoch so, dass am Rande ein Raum von etwa zwei Zollen unbelegt gelassen wird. Eine solche Tafel kann ganz auf dieselbe Art, wie die Leidner Flasche geladen werden, und Alles, was von dieser gesagt worden ist, gilt auch für jene. Eine solche, auf beiden Seiten belegte Tafel wird *elektrisches Quadrat*, *kleistsche Platte* genannt.

## Condensator.

Dieser ist eines der wichtigsten elektrischen Instrumente, denn seine Bestimmung ist, wie schon der Name andeutet, die, schwache Elektricitäten von so geringer Spannung oder Repulsionskraft, dass sie nicht erkannt werden könnten, so zu verstärken, dass sie sich nun durch die gewöhnlichen Mittel erkennen lassen.



Seine Einrichtung ist im Wesentlichen folgende. Zwei eben geschliffene runde Metallplatten A und B (gewöhnlich von Messing) werden, jede auf eine Seite, mit einer sehr dünnen Harzschicht (am besten Bernsteinfirniss) überzogen.

Des bequemeren Gebrauchs wegen versieht man

die untere Platte mit einem massiven metallenen Fuss, in die Mitte der obern aber befestigt man einen isolirenden Handgriff M von gefirnisstem Glas. An der oberen Platte ist überdiss ein Metalldraht a befestigt, der in einen metallenen Knopf endet. Beim Gebrauch dieses Instruments legt man die Platten auf einander, berührt die untere B mit dem Finger und bringt die obere (Collectorplatte) A mittelst des metallenen Knopfs a mit dem Körper in Berührung, dessen elektrischer Zustand untersucht werden soll, und lässt diese Berührung einige Secunden, höchstens einige Minuten dauern. Man hebt hierauf die obere Platte an ihrem isolirenden Handgriff in so paralleler Richtung als möglich von der untern ab und untersucht ihre Elektricität, deren Intensität jetzt weit grösser ist, als sie seyn würde, wenn sie nicht in der Nähe der untern auf die angezeigte Weise sich befunden hätte, mit Hülfe eines Elektrometers. — (Ich werde weiter unten zeigen, wie der Condensator mit dem Elektrometer sehr bequem verbunden werden kann).

Man sieht, dass der Condensator im Wesentlichen mit der Leidner Flasche, und mit der Kleistschen Platte sogar

der Form nach, ganz übereinkommt. Die obere Platte des Condensators entspricht dem inneren, die untere dem äussern Beleg der Leidner Flasche, der Harzüberzug auf beiden Platten des Condensators aber der zwischen beiden Belegungen der Flasche befindlichen Glasplatte. Würden wir diese Glasplatte in zwei Hälften theilen, die von einander getrennt werden könnten, so hätten wir die Leidner Platte in einen Condensator verwandelt. Die Wirkungen der Flasche beruhen auch ganz auf demselben Princip, auf welchem die des Condensators beruhen. Die innere Belegung der Flasche würde nur einen geringen Grad von E. von dem Conductor einer Elektrisirmaschine aufnehmen können, wenn diese E. nicht durch die entgegengesetzte der äusseren Belegung grösstentheils gebunden, und dadurch die Capacität der inneren Belegung für E. vermehrt würde, wodurch sie befähigt wird, neue Mengen von E. aufzunehmen. Die Leidner Flasche ist daher im Grunde ein wirklicher Condensator, nur dient sie zu einem ganz andern Zweck, als der Condensator. Durch die Leidner Flasche soll eine E., die für sich schon eine bedeutende Spannung hat, noch weit mehr verstärkt werden. Die Dicke des Nichtleiters, durch welchen ihre beiden Belegungen von einander entfernt gehalten werden, darf desswegen nicht zu gering seyn, weil derselbe sonst vor vollendeter Ladung, durch das Streben der entgegengesetzten EE. nach Vereinigung, durchbrochen würde. — Durch den Condensator dagegen soll eine zwar in grosser Menge sich entwickelnde E., deren Spannung aber sehr gering ist, verstärkt werden; die Dicke der die beiden Platten trennenden Harzsicht muss daher so gering als möglich seyn, weil die E. der Collectorplatte um so mehr Electricum der untern Platte zersetzt, je geringer die Entfernung beider Platten ist. Alles dieses erklärt sich aus der Lehre von den elektrischen Wirkungskreisen. Ein elektrisirter Körper strebt in andern Körpern, die in seinen elek-

trischen Wirkungskreis gebracht werden, eine der seinigen entgegengesetzte E. hervorzurufen, indem er diese anzieht (bindet), und die gleichnamige zurückstösst. Bringt man daher einen solchen Körper in die Nähe eines andern isolirten Körpers, der dieselbe Art von E. (z. B. + E.) besitzt, so wird die E. beider Körper eine grössere Spannung erhalten, d. h. mit verstärkter Kraft dieselben zu verlassen streben, denn zu ihrer eigenen Repulsivkraft kommt noch diejenige hinzu, welche die gleichnamige E. des in der Nähe befindlichen Körpers auf sie ausübt. Diese Körper verlieren daher, wenn sie in die Nähe von einander gebracht werden, von ihrer Fähigkeit, neue Quantitäten von derselben Art von E. in sich aufzunehmen, weil diese Fähigkeit ihre Grenze erreicht hat, wenn die Repulsivkraft (Spannung) der E. dem Druck der Luft, durch den sie zurückgehalten wird, gerade das Gleichgewicht hält. Diese Grenze wird daher früher erreicht seyn, wenn die Repulsivkraft der E., wie es hier der Fall ist, auch ohne wirkliche Vermehrung der Menge der E., verstärkt wird. Die *Capacität* der gleichnamig elektrisirten Körper für diese E. wird daher vermindert werden, wenn man sie einander nähert, und zwar um so mehr, je kleiner die Entfernungen werden, weil in demselben Grade die Repulsivkraft der E. dieser Körper verstärkt wird. Wirklich sieht man, wenn zwei isolirten Metallplatten dieselbe Art von E. mitgetheilt wird, dass Hollunderkugelchen, die an leinenen Fäden an den Platten aufgehängt sind, immer weiter divergiren, je mehr die Platten aneinander genähert werden. Dagegen wird, wenn zwei isolirte und auf entgegengesetzte Art elektrisirte Körper einander genähert werden, die *Capacität* dieser Körper für die Art von E., welche sie besitzen, um so stärker vermehrt, je mehr sie einander genähert werden, weil die E. eines jeden durch die entgegengesetzte E. des andern Körpers theilweise gebunden wird, ihre Intensität mithin geschwächt und der

Körper befähigt wird, neue E. von derselben Art aufzunehmen. — Betrachten wir nun den Fall, in welchem sich der Condensator befindet. Hier ist der elektrisirte Körper (die Collectorplatte) in der Nähe eines nicht elektrisirten, mit dem Boden in leitender Verbindung stehenden Körpers (der untern Metallplatte). Die E., welche die Collectorplatte erhält, sey z. B.  $+E$ , so wird sie  $-E$  in der untern Platte anhäufen, und  $+E$  in den Boden zurückstossen. Die Capacität der Collectorplatte für  $+E$  wird nun aber dadurch, dass ein Theil ihrer  $+E$  (nicht alle  $+E$ , da, wie bei der Leidner Flasche erörtert worden ist, ein Theil dieser  $+E$  in freiem Zustand auf der Collectorplatte sich befindet) durch die  $-E$  der untern Platte gebunden wird, vergrößert, sie kann neue Quantitäten von  $+E$  bis zu einer bestimmten Grenze hin aufnehmen, die wir jetzt genauer untersuchen wollen.

Stellen wir uns vor, der Collectorplatte A werde die Quantität  $+A$  von positiver E. mitgetheilt. Diese  $+A$  wird eine Quantität von Elektrizität  $= -B$  in der untern Platte binden, und  $-B$  wird (wie bei der Leidner Flasche ausführlich gezeigt worden ist), wenn man von den Zeichen absieht, kleiner seyn als  $+A$ , d. h., wenn diese  $-B$  sich mit  $+A$  zu  $0E$  verbindet, so wird die Platte A freie positive Elektrizität behalten. Diese  $-B$  bindet nun auch ihrerseits eine Quantität  $+A'$  von der Elektrizität der Collectorplatte A, welche Quantität  $A'$  (abgesehen von den Zeichen) aus demselben Grunde kleiner ist als  $-B$ , aus welchem  $-B$  kleiner ist als  $+A$ , und die freie positive Elektrizität der Collectorplatte A wird also nur  $A - A'$  seyn. Die Collectorplatte wird daher weitere Mengen von Elektrizität aus der unerschöpflichen Elektrizitätsquelle, mit der wir sie in Berührung voraussetzen, aufzunehmen befähigt seyn, und zwar so lange, bis die Quantität von freier Elektrizität, welche sie unter dem Einfluss der ihr genäherten

untern Platte zeigt, gleich ist derjenigen Quantität von Elek-  
tricität, welche sie von der unerschöpflichen Elektrizitäts-  
quelle für sich, d. h. ohne mit der untern Platte in Ver-  
bindung zu stehen, aufnehmen würde, bis also  $A - A' =$   
ist  $E$ , wenn wir  $E$  dieser letzteren Quantität von Elektri-  
cität gleich setzen. Je geringer die Entfernung zwischen bei-  
den Platten ist, je dünner also die auf ihnen aufgetragenen  
Harzsichten sind, desto weniger sind die Mengen von  $A$   
und  $-B$ , und von  $-B$  und  $A'$  von einander verschieden,  
weil  $A$  eine um so grössere Menge von  $OE$ . auf  $B$  zersetzt  
und  $-B$  eine um so grössere Menge von positiver Elek-  
tricität ( $A'$ ) auf  $A$  bindet, je geringer die Entfernung beider  
Platten ist. Nehmen wir an, dass  $A : -B$  sich verhalte  
 $= 1 : m$ , so ist  $m$  nothwendig ein ächter Bruch, d. h. klein-  
er als die Einheit, weil  $A$  grösser ist, als  $-B$ ;  $mA$  ist mit-  
hin  $= -B$ , und  $mA + B = 0$ . So wie nun aber  $A$  die  
 $-B$  durch die Harzsicht hindurch neutralisirt, so neutra-  
lisirt diese  $-B$  eine Portion  $A'$  von  $A$  durch dieselbe Harz-  
sicht hindurch, und da wir  $A : -B = 1 : m$  gesetzt hat-  
ten, so muss nun auch  $-B : A' = 1 : m$  seyn, da  $-B$ ,  
welches von derselben Entfernung aus  $A'$  neutralisirt, von  
welcher aus es von  $A$  neutralisirt wird, in demselben Ver-  
hältniss grösser seyn muss, als  $A'$ , in welchem  $A$  grösser  
ist als  $-B$ . Man hat daher ferner  $A' = -mB$ , und  $A'$   
 $+ mB = 0$ . Da nun auch  $mA = -B$ , mithin  $m^2A = -mB$ ,  
und  $-m^2A = +mB$ , so erhält man, wenn in die Gleichung  
 $A' + mB = 0$ ,  $-m^2A$  statt des ihm gleichen  
 $+mB$  gesetzt wird,

$A' - m^2A = 0$ , und  $A' = m^2A$ . Die Quantität  $E$  von  
freier Elektrizität, welche die Collectorplatte für sich aus  
der unerschöpflichen Elektrizitätsquelle aufnehmen würde,  
war aber  $= A - A'$ .

Daher ist nun  $E = A - m^2A = A(1 - m^2)$

$$\text{und } \frac{A}{E} = \frac{A}{A(1 - m^2)} = \frac{1}{1 - m^2}$$

Durch Division von A durch E erhält man die Zahl, welche anzeigt, wie oft E in A enthalten ist, ein wie Vielfaches also A (die ganze Menge von Elektrizität, welche die Collectorplatte durch ihre Berührung mit der untern Platte des Condensators erhält) von E, d. h. von derjenigen Menge von Elektrizität ist, welche die Collectorplatte für sich, ohne mit der untern Platte in Verbindung gesetzt zu seyn, aus der unerschöpflichen El. Quelle aufnehmen würde.

$\frac{A}{E}$  oder  $\frac{1}{1-m^2}$  drückt also die *condensirende Kraft* des

Condensators aus. — Wir haben gesehen, dass die Zahl m immer kleiner als die Einheit, d. h. ein wahrer Bruch seyn muss, dass sie sich aber der Einheit, welche sie nie erreichen kann, um so mehr nähert, dass also m um so grösser wird, je kleiner die Entfernungen beider Platten des Condensators sind, je dünner also die sie trennende Harzschicht ist. Je grösser nun m wird, desto grösser wird auch  $m^2$ , desto kleiner also  $1-m^2$ , ein desto grösseres Vielfaches ist daher A von E, d. h. desto grösser ist die condensirende Kraft des Condensators \*). Ist z. B. die Entfernung beider Platten eine solche, dass 100 Theile der E. der obern Platte 99 Theile Elektrizität der untern Platte zu binden vermögen, dass also  $A : B = 100 : 99 = 1 : m$

---

\*) Es könnte daher zweckmässig scheinen, nicht beide Platten, sondern blos die untere mit einer Harzschicht zu versehen; dann würde aber leicht beim Aufsetzen der Collectorplatte durch Reibung ihrer metallenen Oberfläche gegen die Harzschicht der untern Fläche, E. entwickelt und dadurch das Resultat des Versuchs unsicher werden können. Sind *beide* Platten mit einer Harzschicht versehen, so hat man dieses nicht zu befürchten, da gleichartige Körper gegen einander gerieben nicht leicht E. entwickeln.



$$\text{folglich } m = \frac{99}{100} \text{ ist, so ist } m^2 = \frac{9801}{10000}; 1 - m^2$$

$$= \frac{199}{10000}; \frac{1}{1 - m^2} = \frac{10000}{199} = 50; \text{ d. h. die Collector-}$$

platte nimmt, wenn sie mit irgend einem unerschöpflichen Elektrizitätsquell in Verbindung gesetzt wird, unter dem Einfluss der unteren Platte 50 mal mehr E. auf, als sie, ohne diesem Einfluss ausgesetzt zu seyn, aufnehmen würde.

Ich will nur einen der Wege andeuten, auf welchem man zur Ausmittelung der condensirenden Kraft eines gegebenen Condensators durch die Erfahrung gelangt. Zu diesem Zweck müssen beide Platten mit einem isolirenden Handgriff versehen seyn, um die Intensität der Elektrizität beider untersuchen zu können. Während der Collectorplatte E. mitgetheilt wird, ist die untere mit dem Boden in leitender Verbindung, welche sofort aufgehoben wird, worauf man die Platten, an ihren isolirenden Handgriffen sie haltend, von einander entfernt. Die Collectorplatte hat jetzt A, die untere Platte — B. Man untersucht nun die Spannung der E. an beiden Platten, welche diese an zwei gleich gelegenen Stellen ihrer Oberfläche zeigen. Ich werde weiter unten andeuten, wie dieses mittelst Coulomb's Drehwage geschehen kann. Da die Elektrizitäten an beiden Platten im Zustand der Freiheit sich befinden, so werden diese Spannungen die Quantitäten der Elektrizitäten an diesen einander entsprechenden Stellen der Platten, und da die Platten selbst gleich geformt und gleich gross sind, die Quantitäten der auf den ganzen Platten vorhandenen Elektrizitäten messen. Man erfährt also auch auf diese Weise das Verhältniss von A : — B oder von A : — mA, und somit lässt sich die Zahl m und  $\frac{1}{1 - m^2}$ , d. h. die condensirende Kraft berechnen.

Der Condensator hatte ursprünglich eine ganz andere Einrichtung, die ich nicht unerwähnt lassen kann. Er be-

stand nemlich blos aus einer oberen Metallplatte (Collectorplatte), die auf einen ebenen *Halbleiter*, oder eine ebene, schlecht leitende Substanz, am besten aus weissem Carraramarmor, gesetzt wurde. Die Harzschicht zwischen beiden Platten fehlte ganz. Ein solcher Halbleiter nimmt durch Mittheilung so gut wie keine Elektricität von der elektrisirten Collectorplatte auf, wobei noch überdiss die Schwierigkeit der Mittheilung wegen der Plattenform und die geringe Spannung der El. in Betracht kommt, während die Wirkungen der Vertheilung dennoch statt finden.

Der Condensator gibt nicht blos das Vorhandenseyn freier E., sondern auch die relative Intensität z. B. von zwei unerschöpflichen Elektricitätsquellen zu erkennen. Es leuchtet nemlich ein, dass wenn man *mittelst eines und desselben Condensators* die El. zweier Elektricitätsquellen untersucht, die erhaltenen Ausschläge die *Verhältnisse* der el. Spannung beider El. Quellen anzeigen, weil die El. in beiden Fällen um ein Gleichvielfaches verstärkt wird.

Ich habe mich lange bei dem Condensator aufgehalten, weil er in der That das wichtigste elektrische Instrument auch für den Chemiker ist, indem die El., welche sich bei verschiedenen chemischen Processen entwickelt, gewöhnlich erst mit Hülfe des Condensators wahrnehmbar gemacht werden kann. Namentlich hat man auch mittelst des Condensators bewiesen, dass durch die blosse Berührung heterogener Körper, z. B. der Metalle, E. erregt wird, und gerade diese Art der Elektricitäts-Erregung ist, wie wir später sehen werden, die eigentliche Grundlage, auf welche sich die elektrochemische Theorie stützt.

#### *Elektroskop, Elektrometer.*

Alle leichte Körper, welche die E. leiten, können als Elektroskope benützt werden, wenn man ein Paar solcher Körper neben einander aufhängt und ihnen E. mittheilt: sie werden dann,

dann, je nach der Intensität dieser E., mehr oder weniger stark auseinander gehen. So stellen zwei Holländerkügelchen, die an den beiden Enden eines leinenen Fadens (der die E. gut leitet) aufgehängt sind, ein Elektroskop dar: man isolirt den leinenen Faden, indem man denselben an einem seidenen aufhängt.



Gewöhnlich bedient man sich zweier Stroh-  
halmchen oder zweier Streifen von Blattgold, die  
parallel und ganz nahe an einander an zwei klei-  
nen metallenen Ringen herabhängen, die an ihrem  
obern Ende an einem gemeinschaftlichen, gleich-  
falls metallenen, Stiel befestigt sind, der in einen runden  
Knopf ausgeht. Theilt man daher diesem Stiel E. durch den  
Knopf mit, so pflanzt sich diese zu den Metalldrähten,  
von diesen zu den Strohalmchen oder Goldblättchen fort,  
welche sie nun durch ihr Auseinandergehen anzeigen. Es ist  
klar, dass je weniger der Stiel selbst von der mitgetheilten  
E. zurückhält, je kleiner also seine Oberfläche ist, je leicht-  
ter ferner die Strohalmchen oder Goldblättchen sind, je  
mehr Freiheit in der Bewegung ihnen die Art des Aufhän-  
gens gestattet, desto empfindlicher dieser Apparat werden  
muss. Um die Bewegungen der Luft und anderer Zufälle zu  
verhüten, schliesst man den ganzen Apparat in eine Glas-  
flasche ein, deren Hals, der vollständigeren Isolirung wegen,  
mit Gummilack überfirnisst wird; blos der oberste Theil des  
Stiels ragt über die Flasche hervor. Parallel der Ebene, in  
welcher sich die Strohalmchen oder Goldblättchen (Streifen)  
bewegen, befindet sich eine Fläche, auf welcher eine kleine  
Kreiseintheilung verzeichnet ist, um die Weite des Ausein-  
anderweichens zu messen; die 0 dieser Eintheilung entspricht  
der parallelen Lage der Streifen, bei welcher sie keine E.  
zeigen. Es ist übrigens einleuchtend, dass die Grade dieser  
Kreiseintheilung, wenn sie gleich gross gemacht werden,

den Graden der mitgetheilten E. nicht proportional seyn können, da die Kraft, mit welcher die Schwere die Streifen in die verticale Richtung zurückzuführen strebt, in dem Maass zunimmt, als sie schief geworden sind, die Abstossungskraft also, welche die Streifen auseinanderhält, mehr als doppelt so gross seyn muss, wenn die Weite des Auseinandergehens sich auf das Doppelte vergrössert. Solche Instrumente verdienen also nicht den Namen eines Elektrometers, sondern nur den eines *Elektroskops*, denn so viel ist allerdings ausgemacht, dass ein stärkeres Auseinanderweichen der Halme einem stärkern Grad von E. entspricht.

Aus der Lehre von den elektrischen Wirkungskreisen ergibt sich nun Folgendes:

1) Wenn man einen elektrisirten Körper in eine solche Nähe von dem Elektroskop bringt, dass letzteres von dem ersteren keine E. durch Mittheilung erhalten kann, so gehen die Streifen mit derselben E. auseinander, welche die des elektrisirten Körpers ist. Hat nemlich dieser Körper  $\pm E.$ , so wird die  $\mp E.$  des Elektroskops gebunden, die  $\pm E.$  desselben dagegen abgestossen und treibt die Streifen auseinander.

2) Entfernt man den elektrisirten Körper von dem Elektroskop so weit, dass letzteres nicht mehr in dem Wirkungskreis des ersteren sich befindet, so gehen die Streifen wieder zusammen, die elektrischen Erscheinungen des Elektroskops sind verschwunden, indem sich jetzt die abgestossene  $\pm E.$  mit der gebundenen  $\mp E.$  wieder zu OE. verbindet.

3) Berührt man den Knopf des Elektroskops mit dem Finger, während sich dasselbe in dem Wirkungskreis eines elektrisirten Körpers befindet, entfernt man hierauf zuerst den Finger, und hernach auch den elektrisirten Körper, so hat man dem Elektroskop bleibende E. mitgetheilt, und zwar eine solche, welche der des elektrisirten Körpers entgegengesetzt ist. — Wenn nemlich die E. des elektrisirten Körpers  $\pm E.$  ist, so leitet man durch den Finger die abge-

stossene  $\pm$  E ab, die Streifen können daher, während der Finger den Knopf berührt, nicht auseinander gehen. Entfernt man aber den Finger, und dann den elektrisirten Körper, so kann sich die zuvor gebundene  $\mp$  E., die in ihrem gebundenen Zustand die Streifen nicht auseinander treiben konnte, frei in dem Elektroskop bewegen und treibt die Streifen auseinander. Eine Siegellackstange wird durch Reiben negativ, eine Glasstange positiv elektrisch: man kann daher durch das angezeigte Verfahren mittelst einer geriebenen Siegellackstange einem Elektroskop bleibende  $+$  E., mittelst einer geriebenen Glasstange aber bleibende  $-$  E. mittheilen. (Dass das Wort „mittheilen“ hier nicht in der gewöhnlichen Bedeutung zu nehmen ist, wird kaum nöthig seyn zu bemerken).

4) Die Elektroskope dienen nicht blos zur Wahrnehmung freier E. überhaupt, sondern man kann auch mittelst derselben die *Art* der freien E. erkennen. — Man theile, auf die in n<sup>o</sup>. 3. angegebene Weise, einem Elektroskop eine bekannte Art von E., z. B.  $+$  E. mit, so dass die Streifen durch  $+$  E. aus einander getrieben werden. Will man nun erfahren, welche Art von E. irgend ein Körper durch Reiben angenommen habe, so nähert man denselben von einer bedeutenden Entfernung aus ganz allmählig dem Elektroskop, bis man eine Bewegung an den Streifen wahrnimmt. Gehen die Streifen noch weiter auseinander, so hat der geriebene Körper  $+$  E., denn da die Streifen ursprünglich mit  $+$  E. auseinandergehen und bei der Annäherung des elektrisirten Körpers noch weiter auseinandergehen, so muss die E., welche ihnen zugeführt wird, ebenfalls  $+$  E. seyn, da sie, wenn es  $-$  E. wäre, vielmehr zusammengehen würden, indem diese  $-$  E. mit einem Theil der  $+$  E. zu OE. sich vereinigen müsste. Die E., welche in die Streifen getrieben wird, ist aber von derselben Art mit derjenigen, welche der dem Elektroskop genäherte elektrisirte Körper besitzt, mithin hat dieser letztere  $+$  E. Gehen dagegen die

Streifen, welchen  $+E$ . mitgetheilt wurde, bei der Annäherung des elektrisirten Körpers zusammen, so hat dieser  $-E$ . — Man muss den geriebenen Körper nur langsam dem Elektroskop nähern, weil man sonst leicht ein falsches Resultat erhalten könnte. Wenn nemlich die Streifen des Elektroskops mit  $+E$ . auseinandergehen, und man nähert demselben einen Körper, der  $-E$ . hat, so werden die Streifen so lange zusammengehen, bis die in dieselben durch den Einfluss des elektrisirten Körpers zurückgestossene  $-E$ . ihre  $+E$ . zu  $0E$ . neutralisirt hat; nähert man dann den Körper noch mehr, so werden sie wieder, und zwar mit  $-E$ . auseinander gehen, und können sogar weiter auseinander gehen, als sie die ihnen ursprünglich mitgetheilte  $+E$ . auseinander getrieben hatte. Man könnte daher, wenn man den elektrisirten Körper *sehr schnell* dem Elektroskop nähern und das anfängliche Zusammensinken der Streifen übersehen würde, leicht getäuscht werden und glauben, der Körper habe durch Reiben  $+E$ . erhalten, während er doch wirklich  $-E$ . erhalten hatte.

Es ist sehr zweckmässig, das Elektroskop mit dem Condensator zu verbinden; ein solches Instrument heisst ein *condensirendes Elektroskop*. Man schraubt den Knopf des



Elektroskops ab, und statt desselben die untere Platte des Condensators auf, die nun durch die Glaswände des Elektroskops isolirt ist und als Collectorplatte dient, indem man sie mittelst eines Metalldrahts mit dem unerschöpflichen Elektrizitätsquell in Verbindung bringt, und die obere Platte mit dem Finger berührt. Nach kurzer Zeit unterbricht man jene Verbindung, indem man, um Berührung zu vermeiden, den Draht, der die Verbindung bewirkte, mit einem Isolirstäbchen entfernt, und hebt dann die obere Platte an ihrem isolirenden Handgriff ab. Die Streifen des Elektroskops gehen nun mit der verstärkten  $E$ . des Elektrizitätsquells auseinander. — Findet man es bequemer, sich der oberen Platte als eines Collectors zu bedienen, so bringt man diese mit dem

Elektricitätsquell in Verbindung, berührt die untere, d. h. die an das Elektroskop aufgeschraubte Platte mit dem Finger, entfernt den Finger nach einiger Zeit, und hebt hierauf die obere Platte an ihrem isolirenden Handgriff ab: die Streifen des Elektroskops gehen jetzt, was man nicht vergessen darf, mit einer E. auseinander, welche derjenigen des Elektricitätsquells entgegengesetzt ist. Diese E. ist zwar, wie aus der Theorie des Condensators erhellt, ihrem Grad nach etwas schwächer, als wenn die E. des Elektroskops von derselben Art ist, wie die des Elektricitätsquells, aber der Unterschied ist um so unbedeutender, je dünner die die Platten des Condensators von einander trennende Harzschicht ist.

Weit mehr, als die gewöhnlichen Strohhalm- und Blattgold-Elektroskope, verdient die *Coulomb'sche Drehwage* den Namen eines Elektrometers. Diese besteht dem Wesentlichen nach in einem verticalen Metalldraht, dessen oberes Ende an einem festen Punkt befestigt ist, während das untere durch ein kleines Gewicht gespannt wird und eine horizontale Nadel trägt. Man lässt die elektrischen Abstossungen auf das Ende dieser Nadel wirken, und misst ihre Intensität durch den Winkel, um welchen sie die Nadel aus der Lage ihrer Ruhe ablenken; kurz man wiegt gleichsam diese Abstossungen durch die Kraft der Drehung, die, wie die Erfahrung zeigt, dem Drehungswinkel stets proportional ist. — Die Nadel wird aus Gummilack, einer sehr gut isolirenden Substanz, gefertigt, und an ein Ende derselben wird ein Hollunderkugelchen befestigt. Neben diesem Hollunderkugelchen wird ein anderes in der gleichen Horizontalebene an einem unbeweglichen, ganz dünnen Cylinder von Gummilack befestigt. Werden nun beide Kugeln, oder auch nur eine, mit einem elektrisirten und isolirten Körper berührt, so werden sie durch Mittheilung und zwar gleichartig elektrisch, stossen folglich einander ab; da jedoch nur die an der Nadel befestigte Kugel beweglich ist, so wird sich die

Nadel um einen gewissen Winkel drehen, und nach einigen Oscillationen bei einem gewissen Punkt des Gleichgewichts stehen bleiben, den man an der angebrachten Gradeintheilung findet. Dann wird der Grad der Kraft, mit welcher sich der Draht vermöge seiner Elasticität zurückzudrehen strebt, der Abstossung der beiden Kugeln das Gleichgewicht halten, mithin zum Maass dieser Abstossungen dienen können.

Mittelt der Drehwage kann man den Grad der E. auf den beiden Platten des Condensators, und damit dessen condensierende Kraft bestimmen. Mittelt des Prüfungsscheibchens \*) entzieht man gleich gelegenen Stellen der beiden Platten Electricität, berührt hierauf mit demselben, nachdem ihm die E. einer der Platten mitgetheilt worden ist, die Kugeln der Wage, und misst den Drehungswinkel; man wiederholt den Versuch mit der andern Platte: die so bestimmten Drehungswinkel sind dem Grad der E. auf beiden Platten proportional.

Um diese Wage für elektrische Versuche noch empfindlicher zu machen, hat Coulomb dem Metalldraht einen einfachen Coconfaden (Seidenfaden) substituit.

---

*El. Entwicklung durch vom Reiben verschiedene mechanische Einwirkungen der Körper auf einander.*

Wir haben bis jetzt nur eine Art betrachtet, wie durch mechanische Einwirkung der Körper auf einander Electricität erregt werden kann, nemlich die durch *Reiben*; wir haben dann weiter gesehen, wie durch die einmal erregte E., indem man sie von einer gewissen Entfernung aus auf nichtelektrisirte Körper einwirken lässt, durch die *Vertheilung*, Electricität hervorgerufen werden kann, wie ferner die Körper von andern E. durch *Mittheilung* erhalten können,

---

\*) Das Prüfungsscheibchen ist ein kleiner an einem isolirenden Handgriff befestigter Leiter, z. B. ein kleines Goldpapierscheibchen, welches an einem Gummilackfaden befestigt ist.



wobei wir aber bemerkt haben, dass diese sogenannte Mittheilung grösstentheils auf einer Vertheilung beruht.

*El. Erregung durch Druck.*

Das Reiben ist die gewaltsamste Art der mechanischen Einwirkung der Körper auf einander; eine viel gelindere Art ist der blosser *Druck*, durch welchen ebenfalls bei allen Körpern E. erregt werden kann. Jedes Reiben ist zwar mit einem Druck verbunden, aber man muss doch die Elektricitäts-erregung durch Druck als eine besondere von derjenigen durch Reiben unterscheiden, weil die Erfahrung lehrt, dass das el. Verhalten zwischen zwei Körpern, wenigstens sehr oft, entgegengesetzt ausfällt, je nachdem sie durch Druck oder durch Reiben auf einander einwirken. — Auch in Beziehung auf die E. Erregung durch Druck scheint dasselbe Gesetz zu gelten, welches für die E. Erregung durch Reiben gilt, dass nemlich, wenn A gegen B gedrückt, + E. (B daher — E.), und B gegen C gedrückt ebenfalls + E. annimmt, auch A gegen C gedrückt + E. annimmt. Einige Körper werden durch den schwächsten Druck schon elektrisch und halten die E. sehr hartnäckig zurück, so namentlich der isländische Doppelspath (kohlensaurer Kalk), wenn er nur einen Augenblick zwischen trockenen Fingern gedrückt wird; er verliert die E. nicht, wenn man ihn mit einem Leiter berührt, ja selbst, wenn man ihn ins Wasser taucht. Andere Körper dagegen vermögen die durch Druck erhaltene E. nicht so gut festzuhalten, so dass man dieselben isoliren muss, um die E. bemerklich zu machen.

*El. Erregung durch blosse Berührung.*

Die sanfteste mechanische Einwirkung der Körper auf einander endlich ist die der *blossen wechselseitigen Berührung*. Alle heterogene Körper werden durch blosse Berührung miteinander elektrisch, der eine immer positiv, der andere ne-

gativ. Diese Art der Elektricitäts-Erregung ist für den Chemiker ohne alle Vergleichung die wichtigste: auf ihr beruht die sogenannte *galvanische Elektricität*. Wir werden weiter unten ausführlicher darauf zurückkommen.

*El. Erregung beim Schmelzen und Gefrieren der Körper.*

An die mechanischen Erregungsarten der E. durch Reiben, Druck, bei welchen eine deutliche Beziehung zur Cohäsion der Körper statt findet, schliessen sich diejenigen an, welche von einer Veränderung des Aggregationszustandes der Körper abhängen, namentlich die Erregungsarten der E. beim *Schmelzen* und *Gefrieren*. Schwefel und Chocolate z. B., die in einem Gefäss geschmolzen, abgekühlt und dann herausgenommen werden, zeigen sich stark el., besonders wenn das Gefäss mit einem Leiter in Verbindung war. Diese El. Entwicklung scheint jedoch nicht vom Schmelzen an sich, sondern vom Reiben abzuhängen, welches in solchen Fällen unter besonders günstigen Umständen wirken kann. — Die El. Entwicklung, welche sich zeigt, wenn Wasser in einem aussen mit Metall belegten Glas schnell gefriert, scheint jedoch nicht auf die El. Entwicklung durch Reiben zurückgeführt werden zu können, indem das Wasser hierbei +E. annimmt, während sonst Eis an Glas gerieben — E. erhält; vielleicht ist sie in einem Druck des entstehenden Eises gegen das Glas begründet.

*El. Erregung bei der Trennung der Körpertheile.*

Eine weitere sehr interessante Art der Elektricitäts-Entwicklung ist die, welche sich *bei der Trennung der Körpertheile* zeigt, sey es nun, dass diese in einer mechanischen Trennung fester Körper bestehe, oder in einer Verdampfung von Flüssigkeiten von Körpern hinweg, welche sie aufgelöst erhalten hatten.

So zeigt sich beim Auseinanderreißen mehrerer leicht spalt-

barer Mineralien eine El. Entwicklung, und zwar nehmen die beiden Stücke entgegengesetzte El. an. Wenn man nach Becquerel eine Platte sibirischen Glimmer an einem Ende spaltet, die beiden Theile an isolirenden Stäben befestigt und mittelst dieser von einander losreisst, so zeigt sich im Dunklen ein heller bläulicher Blitz an den Stellen der Oberfläche, die auseinander gehen, und die beiden von einander gerissenen Platten zeigen starke entgegengesetzte Elektricitäten. Dieser Erfolg findet immer statt, die Glimmerblättchen mögen auch noch so dünn seyn, und da sich diesernach vermuthen lässt, dass er auch bei der Trennung zweier Atome von Glimmer statt finden würde, so ist diese Thatsache für die Theorie der Cohäsion und Krystallisation von grosser Wichtigkeit. — Ebenso entwickelt sich nach Pouillet E., wenn Flüssigkeiten von Substanzen wegdampfen, mit welchen sie chemisch verbunden waren, oder auf welche sie bei der Verdampfung chemisch einwirken; die Verdampfung *an sich* hat aber durchaus keine El. Entwicklung in ihrem Gefolge. Reines Wasser, ganz concentrirtes Vitriolöl, welches als Ganzes verdampft, so wie ganz concentrirte Salpetersäure entwickeln keine E., *wenn sie von Körpern wegdampfen, auf welche sie nicht chemisch einzuwirken vermögen*, wie z. B. von Platin; dagegen entwickelt sich E., wenn man Wasser, dem nur sehr wenig Schwefelsäure beigemischt wird, oder Auflösungen von fixen Alkalien, alkalischen Erden in Wasser, oder wässriges Ammoniak so weit erhitzt, dass sie Dämpfe bilden. Es zeigt sich hierbei der merkwürdige und für die elektrochemische Theorie sehr wichtige Umstand, dass das Wasser, welchem verschiedene Säuren zugemischt waren, + E., folglich die Dämpfe, welche von demselben sich erhoben, d. h. Wasserdämpfe, — E., dass ferner die Auflösungen des Kalis, Natrons, Baryts, Kalks in Wasser + E., mithin die von denselben sich erhebenden Wasserdämpfe — E., dagegen das wässrige Ammoniak, welches

beim Erhitzen vorzugsweise Ammoniakgas verliert, und sich allmählig in Wasser verwandelt, — E., folglich die von demselben sich erhebenden Dämpfe + E. annehmen. Demnach nimmt das Wasser beim Verdampfen aus alkalischen Auflösungen, in welchen es die Rolle der Säure spielt, — E., beim Verdampfen aus sauren Auflösungen, in welchen es die Rolle der Basis spielt, + E. an. Hierbei ist jedoch zu erinnern, dass nicht diejenige Portion Wasser verdampft, welche wirklich die Rolle der Säure oder Basis übernimmt, und dass nicht alle Säuren und Basen eine innige chemische Verbindung mit dem Wasser eingehen. — Verschiedene im Wasser aufgelöste Salze, sie mögen nun neutral, basisch oder sauer seyn, wirken in Beziehung auf die Art der entwickelten E. wie die Säuren, d. h. die von solchen Flüssigkeiten sich erhebenden Dämpfe nehmen + E. an.

Diese Versuche sind leicht anzustellen. Man bringt die untere Platte des Condensators mittelst eines Metalldrahts mit einem Platinschälchen in Verbindung, in welches die zu untersuchende Flüssigkeit gegossen wird, welche man mittelst eines Brennglases erhitzt; am sichersten wäre es, wenn die untere Platte selbst Platin wäre, und mit einem in ein Schälchen endenden Platindraht in Verbindung gesetzt würde. Man kann auch die untere Platte mit einem Messingstab in Verbindung setzen, der in eine Messingplatte endet, auf den man einen glühenden Platintiegel u. s. f. stellt, in welchen die zu untersuchende Flüssigkeit gegossen wird.

Während beim Verdampfen von Wasser aus Platingefäßen, die keine zersetzende Einwirkung auf dasselbe äussern, keine El. Entwicklung statt findet, so findet dagegen eine solche statt, wenn Wasser aus einem glühenden Eisen- oder Kupfer-Tiegel, welche Metalle durch dasselbe oxydirt werden, verdampft; das Elektrometer erhält dabei — E., der Dampf folglich + E.

*El. Erregung bei der Verbindung der Körpertheile.*

Auch bei der Verbindung der Kohle und des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff hat Pouillet Elektrizitäts-Entwicklung wahrgenommen: die Kohle und der Wasserstoff nehmen  $-E.$ , die gebildete Kohlensäure und die Wasserdämpfe  $+E.$  an.

Um dieses zu zeigen, schneidet man einen Kohlencylinder, stellt ihn mit seiner Basis auf die mit dem Condensator verbundene Platte und zündet sein oberes Ende an; man erhält auf diese Weise die  $-E.$ , welche die Kohle annimmt. Fängt man zugleich das gebildete kohlensaure Gas in der Entfernung von einigen Zollen mit einer Messingplatte auf, die mit einem zweiten Condensator in Verbindung steht, so lässt sich auch die entgegengesetzte  $+E.$ , welche die Kohlensäure angenommen hat, nachweisen. Bei der Verbrennung des Wasserstoffgases verfährt man auf folgende Weise. Man lässt das Wasserstoffgas aus einer Glasröhre ausströmen, so dass es, an der Mündung derselben angezündet, eine verticale Flamme von ungefähr 3 Zoll Länge auf 4—5 Linien Breite hat. Die Elektrizität wird dem Condensator durch einen Platindraht zugeführt, der in eine Spirale aufgerollt ist. Ist die Spirale so weit, dass sie nur das Äussere der Flamme berührt, so erhält man  $+E.$ ; steckt man die Spirale bis ungefähr zur Hälfte des glänzenden Theils der Flamme hinein, so erhält man keine deutliche Zeichen von  $E.$ ; nimmt man dagegen eine Spirale von so kleinem Durchmesser, dass sie, wenn sie in das Innere der Flamme eingesenkt wird, von allen Seiten wohl eingeschlossen ist, so erhält man  $-E.$  Das Innere der Flamme, welches von dem Wasserstoffgas ausgefüllt wird, das erst, wenn es nach aussen gelangt, verbrennt, hat also  $-E.$ , der äussere Umfang derselben, den die durch die Verbrennung gebildeten Wasserdämpfe einnehmen,  $+E.$ , und in der Flamme selbst gibt es eine in Beziehung auf Elektrizität indifferente Schicht. — Verschiedene unbedeutende Umstände können übrigens auf diese sehr delicates Versuche störend einwirken.

*El. Entwicklung beim Erwärmen gewisser krystallisirter Körper; Pyroelektricität.*

Endlich entwickelt sich auch *beim blossen Erwärmen gewisser krystallisirter Körper* Elektricität, und zwar vorzüglich, doch nicht ausschliessend, beim Erwärmen solcher Körper, welche an ihren beiden Enden unsymmetrisch krystallisirt sind, d. h. nicht dieselben Flächen oder nicht dieselbe Anzahl von Flächen besitzen, wie dieses namentlich bei dem Turmalin der Fall ist, der diese Eigenschaft, durch Erwärmung elektrisch zu werden, in ausgezeichnetem Grade besitzt. Solche Körper nennt man *pyroelektrische*.

Diese Eigenschaft ist jedoch nicht durch die Wärme *an sich* bedingt; denn ein Turmalin-Krystall, der so weit erhitzt worden ist, dass er sich an seinen beiden Enden elektrisch zeigen würde, wenn man den äusseren Wärmequell entweder entfernte, so dass er sich wieder abkühlen müsste, oder wenn man diesen Wärmequell so fortwirken liesse, dass die Temperatur des Krystalls noch ferner sich erhöhte, zeigt keine Spur von E., wenn seine Temperatur stationär wird, d. h. wenn der äussere Wärmequell in einem solchen Grade einwirkt, dass die Temperatur des Krystalls sich gleich bleibt. Nur also in dem Fall, wenn die erhöhte Temperatur des ganzen Krystalls *fällt*, oder noch mehr *steigt*, zeigt sich E. an beiden Enden desselben, und zwar ist die E. des einen Endes der des andern entgegengesetzt: die entwickelte Elektricität ist eine *polarische*.

Diese Elektricitäts-Entwicklung nimmt erst bei einer über  $+ 30^\circ$  erhöhten Temperatur ihren Anfang, und dauert bei stärkerer Erhitzung fort, so lange die Temperatur nur nicht stationär wird. Ist dieses der Fall, so hört sie auf, beginnt mit dem Fallen der Temperatur sogleich wieder, aber auf eine umgekehrte Weise, nemlich so, dass das früher positive Ende des Krystalls negativ, und das negative positiv wird.

Man hat auch bemerkt, dass die E., welche der Turmalin beim Erkalten von einer hohen Temperatur annimmt, stärker ist als die, welche er bei steigender Erwärmung bis zu dieser Temperatur erhält, und dass die Stärke der E. nicht, wie man hätte erwarten können, mit der Grösse der Temperaturveränderungen im Verhältniss steht; dass ferner, wenn man einen Turmalin in dem Zustand, in welchem er polarische E. zeigt, in zwei Stücke zerbricht, beide Stücke polarische E. zeigen. Das merkwürdigste ist aber, dass wenn man nur einen der Pole des Turmalins erhitzt oder erkältet, dieser nach den Versuchen von Becquerel die Art von E. annimmt, welche er angenommen haben würde, wenn der ganze Krystall erhitzt oder erkältet worden wäre, dass dann aber der andere Pol so lange keine E. zeigt, als die erhitzende oder erkältende Ursache ihren Einfluss auf ihn noch nicht ausgeübt hat, so dass also in diesem Fall (da auch an keiner andern Stelle des Krystalls die entgegengesetzte E. wahrgenommen werden konnte) nur *eine* Art von E., die vom Pol aus allmählig abnimmt, ohne gleichzeitiges Hervortreten der entgegengesetzten, erregt würde; eine Erfahrung, die, wenn sie sich bestätigte, ganz isolirt dastehen und aus dem, was wir bis jetzt von der Elektrizität wissen, nicht erklärbar seyn würde.

Die E. des Turmalins hat in den Spitzen desselben ihren Sitz, sie nimmt an beiden Enden, von den Spitzen des Krystalls gegen dessen Mitte, sehr schnell ab, so dass sie schon in sehr geringer Entfernung von den Spitzen beinahe Null ist.

Nach Brewster zeigt sich sogar das *feinste Pulver* des Turmalins noch pyroelektrisch; diese Eigenschaft kann daher nicht auf der Structur des ganzen Krystalls beruhen.

Es gibt, ausser dem Turmalin, eine Menge von Mineralien, und noch überdiss eine Menge künstlich dargestellter Salze, welche ähnliche pyroelektrische Erscheinungen zeigen.

## Galvanische Elektricität \*).

Wir kommen nun auf diejenige Erregungsart der E. zurück, welche bei der sanftesten mechanischen Einwirkung der Körper auf einander, bei der blossen *wechselseitigen Berührung* derselben erfolgt, und welche die Chemie weit mehr als alle übrigen interessirt.

Man hat diese Elektricitäts-Erregung zuerst blos bei guten Leitern der Elektricität, namentlich bei den Metallen beobachtet und gefunden, dass bei der Berührung irgend zweier heterogener Metalle E. erregt wird, wobei das eine Metall + E., das andere - E. annimmt, dass jedoch die Intensität der beiden E., je nach Verschiedenheit der Metalle sehr verschieden ausfällt.

\*) Ich bin bei der Darstellung der Lehre von dem Galvanismus fast ausschliessend Fechner's classischem Werke: *Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie*, Leipzig 1829. gefolgt, welches er als dritten Band seiner Bearbeitung von Biot's *Lehrbuch der Experimentalphysik* einverleibt hat. In diesem Werke ist nicht blos das früher bekannte mit grosser Klarheit und Gründlichkeit abgehandelt, sondern es enthält auch eine Menge eigenthümlicher Untersuchungen von Fechner, welche gerade über die verwickeltsten Punkte der Lehre von dem Galvanismus Licht verbreiten. — Diejenigen, welche tiefer in diesen Gegenstand eindringen wollen, werden daher das genannte Werk selbst in Verbindung mit Fechner's *Maassbestimmungen über die galvanische Kette*, Leipzig 1831. und desselben *Repertorium über Experimentalphysik*, 3 Bände. (Leipzig 1832) studiren.



*Fundamentalversuche.*

Man kann die Versuche, durch welche diese Elektrizitäts-Erregung bewiesen wird, auf verschiedene Weise anstellen.

1) Man nehme zwei Scheiben von verschiedenen Metallen, z. B. die eine von Zink, die andere von Kupfer, beide gleich gross, vollkommen eben, und in ihrer Mitte mit einem senkrecht auf der Ebene der Scheiben befestigten isolirenden Stab versehen, mittelst dessen man die Scheiben mit einander in Berührung bringen und wieder von einander trennen kann, ohne sie selbst zu berühren. Man nähere die Scheiben einander, bis sie sich berühren, trenne sie hierauf von einander, indem man sie in paralleler Richtung von einander abzieht und untersuche nun die E., welche jede derselben angenommen hat, mittelst des Condensators, indem man jede einzelne Scheibe mit der Collectorplatte desselben in Berührung bringt \*) und die andere Platte des Condensators mit dem Boden in leitende Verbindung setzt: man wird finden, dass das Zink + E., das Kupfer - E. angenommen hat.

Die gewöhnlichen Elektrometer sind zu wenig empfind-

---

\*) Die Collectorplatte muss von demselben Metall seyn, aus welchem die Scheibe gemacht ist, mit welcher sie berührt wird. Wäre sie von einem andern Metall, so könnte dieses einen Einfluss auf das Resultat des Versuchs haben, weil die Scheibe durch ihre Berührung mit der heterogenen Collectorplatte selbst El. erregen würde, während dieses bei Metallen von derselben Natur nicht der Fall ist. Um daher die Art der El. zu untersuchen, welche Zink und Kupfer durch ihre gegenseitige Berührung annehmen, sollte man sich eines Condensators bedienen, dessen eine Platte Zink, die andere Kupfer ist. Jede Platte kann dann nach Belieben als Collectorplatte benützt werden.

lich, um die schwache E., welche bei solchen Versuchen erregt wird, ohne Hülfe des Condensators wahrnehmbar zu machen, und selbst dann muss man in der Regel die Collectorplatte mit der Metallscheibe wiederholt berühren, um die erregte E. merkbar zu machen. Man muss dann, nach jedesmaliger Berührung, beide Scheiben, namentlich auch diejenige, welche mit dem Condensator nicht in Berührung kommt, durch Berührung mit dem Finger zuvor entladen, dieselben hierauf wieder in Berührung mit einander bringen, und jetzt die Berührung des Condensators mit derselben Scheibe, wie zuvor, wiederholen.

Will man z. B. die  $\pm$ E., welche die Zinkscheibe durch ihre Berührung mit der Kupferscheibe annimmt, nachweisen, so lässt man beide Scheiben einander berühren, trennt sie dann, und berührt nun die kupferne Collectorplatte des Condensators, dessen andere Platte mit dem Boden in leitender Verbindung steht, mit der Kupferscheibe. Man entladet jetzt die Kupferscheibe und auch die Zinkscheibe durch Berührung mit dem Finger, bringt hierauf beide mit einander, an ihrem isolirenden Stab sie haltend, von neuem in Berührung, trennt sie, und berührt nun die Collectorplatte zum zweitenmal mit der Kupferscheibe, wiederholt dieses 7 oder 8mal und hebt dann erst die obere Platte des Condensators ab. Man findet dann, dass die kupferne Collectorplatte des Condensators von der Kupferscheibe  $-$ E. angenommen hat, dass mithin die Zinkscheibe durch ihre Berührung mit der Kupferscheibe  $\pm$ E. entwickelt haben musste.

2) Man verfertige die Platte des Condensators aus denselben Metallen, aus welchen die Scheiben gemacht sind, so dass also die eine Zink, die andere Kupfer ist. Man lasse die beiden Platten auf einander liegen, ohne, wie zuvor, die eine derselben mit dem Boden in leitende Verbindung zu setzen, so dass also beide isolirt sind. Man verfare mit der Berührung und Trennung der Zink- und Kupferscheibe ganz wie zuvor, berühre aber jedesmal die Zinkplatte des  
Con-

Condensators mit der Zinkscheibe, und die Kupferplatte desselben mit der Kupferscheibe. Trennt man nach einigemal wiederholten Berührungen die Condensatorplatten, so findet man die Zinkplatte mit  $+E.$ , die Kupferplatte mit  $-E.$  geladen. — Da die Elektricitäten, welche man bei diesem Versuch den Condensatorplatten mittheilt, einander gegenseitig binden, so werden diese Platten dadurch befähigt, weitere Mengen davon aufzunehmen und machen die so verstärkte  $E.$  durch das Elektrometer erkennbar. Da die Metalle der Scheiben die gleichen sind, wie die der Platten des Condensators, welche die Scheiben berühren, so kann durch diese Berührung keine  $E.$  erregt und desswegen auch das Resultat des Versuchs nicht unsicher gemacht werden.

Bei der blossen Berührung also von Zink und Kupfer, die beide isolirt sind, nimmt ersteres  $+E.$ , letzteres  $-E.$  an, und es fragt sich nun, welche Vorstellung man sich von dieser Erregungsart der  $E.$  zu machen habe? Die einfachste Annahme ist offenbar die, dass ein Theil des Elektricums von dem Zink sowohl als von dem Kupfer zersetzt werde, dass die  $-E.$  dieses Elektricums von dem Zink auf das Kupfer, die  $+E.$  des Elektricums aber von dem Kupfer auf das Zink übergehe, dass somit diese Elektricitäts-Erregung in einem wechselseitigen Empfangen und Hergeben entgegengesetzter Elektricitäten bestehe, wobei jedes Metall noch überdiss die Art von  $E.$  zurückbehält, welche derjenigen, die es an das andere abgibt, entgegengesetzt ist.

Vorderhand können wir uns mit dieser einfachen Vorstellung begnügen; später werden wir jedoch sehen, dass die elektrochemische Theorie selbst eine anders modificirte Vorstellung von dem, was hierbei vorgeht, fordert.

Die ihrer Natur nach unerklärte Kraft, welche bei der Berührung der Körper eine Zersetzung des Elektricums bewirkt und dadurch freie  $E.$  erregt, nennt man die *elektromotorische Kraft*, und die Combination zweier solcher Me-

talle einen *Elektromotor*, der also wesentlich aus zwei heterogenen Metallen oder überhaupt aus zwei heterogenen Körpern besteht, die durch ihre gegenseitige Berührung Elektrizität entwickeln.

Würde aber bei der Berührung heterogener Körper bloß die elektromotorische Kraft thätig seyn, so sollte die ganze Menge des in beiden Körpern enthaltenen Electricums zersetzt und die + E. desselben auf der einen, die - E. auf der andern Platte sich anhäufen. Dieses ist aber nicht der Fall, vielmehr erreicht die E. Erregung sehr bald eine Grenze, die sie nicht zu überschreiten vermag; erst nachdem man die Scheiben durch Berührung entladen hat, erregen sie durch ihre gegenseitige Berührung von neuem E., die dieselbe Stärke wie zuvor erhält, und dieses kann ins Unendliche wiederholt werden. Die erregte E. muss es also selbst seyn, was der Fortwirkung der elektromotorischen Kraft einen Widerstand leistet.

Man sieht übrigens sehr leicht ein, dass aus derselben Ursache, aus welcher die Zersetzung des Electricums beim Reiben der Körper eine Grenze hat (vergl. S. 632.), auch diese bei der Berührung erfolgende Zersetzung des Electricums nothwendig eine Grenze haben, und dass diese Grenze früher erreicht werden müsse, als die ganze Menge des Electricums, die doch in jedem Körper als eine endliche zu betrachten ist, zersetzt seyn kann. Je grösser nemlich die Menge der erregten E. wird, desto mehr wird auch

a) die Repulsionskraft der auf einer Scheibe sich anhäufenden El. Theilchen vergrössert, vermöge welcher diese sich bestreben, auf die andere Scheibe überzutreten und die dort angehäuften entgegengesetzten E. zu neutralisiren, d. h. eine Recomposition des Electricums zu bewirken;

b) die anziehende Kraft der auf beiden Scheiben sich anhäufenden entgegengesetzten Elektricitäten zunehmen, zuletzt bis auf einen solchen Grad, dass sie sich wirklich zu OE. wie-

der verbinden würden. Die Zersetzung des Electricums wird also nur so lange fortdauern können, bis die Repulsivkraft der auf jeder Scheibe angehäuften Electricität, nebst der Anziehungskraft der entgegengesetzten Electricitäten beider Scheiben, der elektromotorischen Kraft das Gleichgewicht hält, und je stärker diese letztere ist, desto später wird auch jene Grenze erreicht, d. h. desto stärker wird die el. Ladung der Scheiben werden. Daher nimmt auch, wenn nur eine der beiden sich berührenden Scheiben isolirt, die andere aber mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt wird, die isolirte Scheibe eine doppelt so starke Ladung an, als sie angenommen haben würde, wenn *beide* Scheiben isolirt worden wären. Die E. der nicht isolirten Scheibe ist nemlich jetzt Null; die elektromotorische Kraft hat daher nicht mehr der Anziehungskraft der Electricitäten auf beiden Scheiben, sondern nur noch der Repulsivkraft der Electricitätstheilchen auf der isolirten Scheibe das Gleichgewicht zu halten: die Kraft also, welche der elektromotorischen Kraft Widerstand leistet, und welche man daher die *recompensirende Kraft* nennen kann, wird auf die Hälfte reducirt, wenn man die eine der Scheiben isolirt.

Man kann daher auch den Versuch n<sup>o</sup>. 1. so anstellen, dass man die eine Scheibe auf eine nicht isolirende Unterlage, z. B. die Hand, legt, und die andere, isolirte, mit dem Condensator prüft. Man wird dasselbe Resultat, nur einen stärkeren Grad von E. erhalten.

Was die Art betrifft, wie die entgegengesetzten Electricitäten auf den einander berührenden Scheiben während der Berührung derselben vertheilt sind, so lässt sich schon im Voraus erwarten, dass, da die Berührung eigentlich nichts Anderes, als eine sehr grosse Annäherung der Scheiben ist, diese einander gegenseitig die Dienste eines Condensators leisten werden, und dass daher an den Flächen, an welchen sich die Scheiben berühren und die entgegen-

gesetzten EE. der Scheiben einander gegenseitig binden, die Intensität der E. ohne alle Vergleichung grösser seyn werde, als auf der übrigen Oberfläche. Dieses erhellt wirklich aus den Versuchen von Volta und Fechner. Volta nahm eine sehr glatte und ebene Silberplatte, in welcher sich 3 ganz durch die Platte hindurchgehende kleine Löcher befanden, die ein gleichseitiges Dreieck bildeten. In diese Löcher brachte er drei silberne Schraubchen, deren Spitzen  $\frac{1}{10}$  Linie, oder etwas mehr oder weniger, über die ebene Platte hervorragten. Auf diese 3 Spitzen wurde nun eine ebenfalls ganz glatte und ebene Zinkplatte gesetzt, welche mithin die Silberplatte nur in drei Punkten berührte; die entwickelte E. war dennoch gross genug, um wahrnehmbar gemacht werden zu können, und sie wurde weit beträchtlicher, als die Platten einander so weit genähert wurden, dass kaum noch das Licht zwischen ihnen durchgehen konnte, ja sie wurde in diesem letztern Fall fast eben so stark, als bei der unmittelbaren Berührung. — Wurde dagegen die eine Platte mit der andern in einem Winkel, oder zwar horizontal aber nur an einem kleinen Theil des Randes in Berührung gebracht, kurz so, dass die Flächen der Platten selbst, die kleine Stelle ausgenommen, an der sie einander berührten, in bedeutender Entfernung sich befanden, so war die erhaltene E. weit schwächer, ungeachtet in diesem Fall der Berührungspunkte weit mehrere waren, als vorher. —

Wenige Punkte wirklicher Berührung äussern also, wenn sie mit einer Menge anderer in Verbindung stehen, die sich einander sehr nahe befinden, eine stärkere Wirkung, als jeder grössere Contact, wo aber die einander gegenüberliegenden Oberflächen um vieles kleiner, oder einander nicht in dem Grade genähert sind.

Wenn man auf eine, isolirte oder nicht isolirte, Zinkscheibe eine isolirte Kupferscheibe legt, so zeigt letztere, wenn sie von der Zinkscheibe getrennt wird, mit dem Con-

densator untersucht, — E. Legt man dagegen auf die Zinkscheibe eine andere Kupferscheibe von den gleichen Dimensionen mit der vorigen, und berührt nun diese wiederholt mit der übertragenden isolirten Kupferscheibe, so wird man kein deutliches Zeichen von E. am Condensator bemerklich machen können. Wäre auf der mit der Zinkscheibe in Berührung befindlichen Kupferscheibe die E. durchaus frei und gleichförmig vertheilt, so würde sie der zweiten sie berührenden Kupferscheibe die Hälfte ihrer E. mittheilen, da diese, als ein gleichartiges Metall, durch seine eigene Berührung keine E. erregt, und man müsste, wenn man die Berührungen wiederholte, gleich starke Zeichen von E. am Condensator erhalten, wie wenn man die Kupferscheibe selbst, welche die Zinkscheibe berührt, von letzterer trennte, mit dem Condensator in Verbindung setzte, und die Berührungen nur halb so oft wiederholte. Man erhält aber in der That im ersteren Fall keine deutliche Zeichen von E., woraus erhellt, dass eine isolirte Kupferscheibe, mit welcher man die mit dem Zink in Berührung befindliche Kupferscheibe berührt, letzterer keine merkliche Menge von E. zu entziehen vermag, dass also die E., welche bei der Berührung von Kupfer und Zink wirklich erregt wird, *grösstentheils* in einem Zustand von Gebundenheit sich befindet und erst bei der Trennung der Scheiben von einander in Freiheit gesetzt wird, und dass nur ein sehr kleiner Theil dieser E. auf den in gegenseitiger Berührung befindlichen Scheiben im Zustand von Freiheit sich befindet.

Wenn man nun dagegen den Versuch auf die Weise anstellt, dass man zwar die Kupferscheibe mit der Zinkscheibe in Berührung lässt, aber, indem man die Zinkscheibe mit dem Erdboden in leitende Verbindung bringt, die Kupferscheibe mit der Collectorplatte des Condensators, welche in diesem Fall von Kupfer seyn muss, unmittelbar in Berührung setzt, so wird man jetzt deutliche Zeichen von — E.

erhalten. Aber die Quelle dieser E. ist verschieden von der bei den vorigen Versuchen. Werden nemlich die Scheiben nach der Berührung von einander *getrennt* und dann mit dem Condensator in Verbindung gesetzt, so ladet sich dieser *hauptsächlich* durch die gebundene, bei der Trennung frei werdende E. der Scheiben; werden aber die sich berührenden Scheiben *nicht getrennt*, die eine aber (Zink) mit dem Erdboden, die andere (Kupfer) mit dem Condensator in Verbindung gesetzt, so kann sich dieser zwar durch die *gebunden bleibende* E. des Kupfers nicht laden, er wird sich aber durch die *freie* E. desselben laden, die zwar an sich sehr schwach ist, aber jetzt sich augenblicklich, weil die E. der andern (Zink) Scheibe abgeleitet ist, wieder erzeugen kann, und dadurch ihre Schwäche ersetzt.

Wenn der Ausschlag des Condensators von der E. der *getrennten* Scheiben abhängt, so kommt Alles auf die Grösse und Glätte der Flächen an, mit welchen man die Scheiben einander berühren lässt, und wenn man z. B. eine Zinkscheibe mit der Ecke einer isolirten Kupferscheibe berührt, so wird der Condensator von letzterer, nachdem sie von ersterer getrennt worden, doch keine merkliche Spur von El. annehmen, weil wegen der kleinen Berührungsgrösse nur eine sehr kleine Quantität E. von starker Intensität durch die Berührung entstehen kann, die sich nach der Trennung auf der Scheibe ausbreitet, und auch, wenn die Scheiben nicht sehr gross sind, die Menge der während der Berührung gleichförmig verbreiteten, freien El. ebenfalls sehr gering ist. — Wenn dagegen der Ausschlag des Condensators von der sich auch während der Berührung gleichförmig verbreitenden, freien E. abhängt, so ist es ganz gleichgültig, ob die Berührung mit einer grossen oder kleinen Fläche bewerkstelligt wird.

Man kann daher auch, um die El., welche z. B. Kupfer durch seine Berührung mit Zink annimmt, nachzuweisen,



auf folgende einfache Art verfahren. Man nimmt einen Condensator, dessen untere Platte Kupfer ist, und dessen obere von einem beliebigen Metall seyn kann. Die obere wird mit dem Boden in Verbindung gesetzt, während man die untere mit einem Zinkstab, den man in der Hand hält, einen Augenblick berührt. Man entfernt zuerst den Zinkstab, hebt hierauf die obere Platte ab, und findet nun, dass das mit dem Condensator verbundene Elektrometer — E. anzeigt. — Hier wird diese — E. blos durch die gleichförmig verbreitete El. hervorgerufen, welche durch die Berührung des Kupfers mit dem Zink erregt wird, und sich, da sie durch die + E. der obern Platte des Condensators gebunden wird, augenblicklich von Neuem wieder erzeugt.

Es ist also durchaus wesentlich, bei allen Versuchen dieser Art, die *während der Berührung gebundene El.* von der *nicht gebundenen, freien und gleichförmig vertheilten* zu unterscheiden, und ungeachtet die erstere eine viel grössere Intensität hat, als die letztere, so kommt doch nur allein diese letztere in allen denjenigen Fällen in Betracht, wo die Berührung nicht aufgehoben wird, und sie ist daher in praktischer Hinsicht von viel grösserer Wichtigkeit. Wenn eine voltasche Säule z. B. in Thätigkeit gesetzt wird, so bleiben die Metalle, welche die Plattenpaare derselben bilden, beständig in Verbindung miteinander, und alle Erscheinungen an der Säule hängen daher von der freien, auf den Metallen gleichförmig verbreiteten, El. ab.

Es ist klar, dass mit der Grösse der leitenden Oberflächen, welche mit den einander berührenden Scheiben in Verbindung stehen, auch die Intensitäten der sich gleichförmig vertheilenden EE. ändern, und sich überhaupt umgekehrt wie diese Oberflächen verhalten müssen, denn in demselben Verhältniss, in welchem die Flächen grösser werden, auf welchen sich diese El. ausbreiten, muss auch die Intensität oder die Dicke der elektrischen Schicht abnehmen, da

die absolute Quantität von El., welche auf beiden einander berührenden Scheiben durch die Berührung erregt wird, gleich gross ist. Die Erfahrung lehrt auch wirklich, dass wenn die Platten, also die Ableitungsgrössen gleich gross sind, auch die Intensität der El. auf beiden gleich gross ist, dass aber, wenn die eine Platte mit dem Boden verbunden, ihre Ableitungsgrösse mithin unendlich gross ist, während die andere Platte isolirt ist, die El. auf der ersteren unendlich klein d. h. = 0 gefunden wird.

Dagegen hat man alle Ursache anzunehmen, dass so verschieden auch das relative Verhältniss dieser Intensitäten ist, dennoch immer die Summe der Intensitäten sich gleich bleibt, und ihrer Grösse nach von der elektromotorischen Kraft der sich berührenden Metalle abhängt und dieser als Maass dient; daher wird auch, wenn nur die eine Scheibe isolirt, die andere mit dem Boden in Verbindung gesetzt wird, die El. der ersteren durch die Berührung *doppelt so gross*, als wenn *beide* Scheiben isolirt werden, weil nemlich die Intensität der nicht isolirten Scheibe dann = Null wird.

Mittelst der angeführten Methoden lässt sich die durch die Berührung heterogener Metalle erregte El. blos bei denjenigen Metallen nachweisen, welche in so grosser Menge erhalten oder so leicht bearbeitet werden können, dass man aus ihnen Condensatorplatten verfertigen kann. Es gibt jedoch ein leichtes Mittel, diese El.-Erregung auch bei solchen Metallen zu prüfen, welche in geringer Menge zu erhalten und schwer zu bearbeiten sind. Dieses Mittel bieten uns zwei, auch in anderer Hinsicht höchst wichtige Thatsachen an die Hand, dass *Flüssigkeiten, welche keine bemerkbare chemische Einwirkung auf die Metalle zeigen, durch ihre Berührung mit Metallen das elektromotorische Verhältniss derselben nicht ändern, und blos als Leiter der durch Berührung*

*von Metallen mit Metallen erregten El. wirken.* Diese Thatsachen ergeben sich aus folgenden Versuchen.

a) Wenn man die untere kupferne Platte eines Condensators mit Zink berührt, während die obere mit dem Boden in Verbindung ist, so erhält, wie wir vorhin S. 681. gesehen haben, die untere El., und zwar  $-E$ . Aendert man aber jetzt den Versuch auf die Weise ab, dass man auf die untere Platte ein Blättchen befeuchtetes Papier legt, und nun dieses mit Zink berührt, so dass also das Kupfer mit dem Zink nicht unmittelbar, sondern nur unter Zwischenwirkung des feuchten Blättchens in Berührung kommt, so erhält man, nach Abhebung der oberen Platte, keine merkliche Zeichen von El. Dieser Versuch beweist 1) dass durch das befeuchtete Papierblättchen die elektromotorische Wirkung des Zinks auf das Kupfer unterbrochen wird, 2) dass das Blättchen selbst durch seine Berührung mit den Metallen keine *wahrnehmbare* El. erregt hat.

b) Wenn man aber jetzt den so eben angeführten Versuch mit der Abänderung wiederholt, dass man das befeuchtete Papierblättchen mit Zink berührt, *das an Kupfer angelöthet ist*, welches letztere man in der Hand hält, so erhält man nach Abheben des Deckels El., und zwar in diesem Fall  $+E$ . Das an Kupfer angelöthete Zink nimmt nemlich durch seine Berührung mit dem Kupfer  $+E$ . an, *welche das befeuchtete Blättchen zu der kupfernen Platte des Condensators fortleitet*. Würde man das befeuchtete Blättchen mit dem Kupferende eines Stabs berühren, der aus einem Kupfer- und einem Zink-Stab zusammengesetzt ist, so würde der Condensator  $-E$ . erhalten.

Die kleinsten Stücke von Metallen, die man mit einander in Verbindung bringt, reichen jetzt hin, die durch ihre Berührung erregte El. wahrnehmbar zu machen, indem man diese durch Hülfe eines befeuchteten Papiers dem Condensator zuleitet,

Indem man auf diese Weise die El. untersucht hat, welche bei der Berührung verschiedener Metalle erregt wird, fand man, dass sie nicht von gleicher Stärke, d. h. dass die elektromotorische Kraft eine verschieden grosse und in manchen Fällen so schwach ist, dass sie mittelst des Condensators nicht wahrnehmbar gemacht werden kann. Es gibt jedoch andere empfindlichere Instrumente, durch welche der Beweis geführt werden kann, dass nicht nur bei der Berührung aller Metalle, sondern sogar bei der Berührung von irgend zwei heterogenen Körpern El. erregt wird, so dass die Heterogenität die einzige Bedingung dieser Art von Elektrizitätserregung ist.

Wenn man die Metalle in einer solchen Reihe aufstellt, dass jedes vorausgehende durch seine Berührung mit dem nachfolgenden + E. und mithin durch seine Berührung mit dem ihm selbst vorausgehenden - E. annimmt, auf folgende Weise :

+

Zink  
Blei  
Zinn  
Eisen  
Kupfer  
Silber

-

so lehrt die Erfahrung 1) dass (gerade wie dieses auch bei der EL.-Entwicklung durch Reiben und Druck der Fall war) jedes Glied durch seine Berührung mit *jedem* ihm nachfolgenden + E. annimmt, 2) dass je grösser der Abstand zweier Glieder ist, desto grösser auch die elektromotorische Kraft derselben ist, so dass z. B. die Berührung von Zink und Silber eine stärkere El.-Erregung im Gefolge hat, als die Berührung von Zink mit dem dem Zink näher stehenden Kupfer.

Es könnte der Zweifel entstehen, ob nicht die EL.-Erregung durch Berührung ihren Grund in einer Reibung haben könne? Dieser Zweifel wird aber durch die einfache Thatsache gehoben, dass eine solche EL.-Erregung eben so gut statt findet, wenn man einen Metallstab aus zwei heterogenen Metallen, z. B. Zink und Kupfer verfertigt, die man an einander löthet. Nimmt man einen solchen Stab an seinem Zinkende in die Hand, und berührt mit seinem Kupferende die kupferne Platte eines Condensators, die, mit blossem Kupfer berührt, keine EL. annimmt, so erhält diese Platte — E., ungeachtet hier von einem Druck oder einer Reibung nicht die Rede seyn kann.

Nachdem wir in dem Vorhergehenden gezeigt haben, dass durch die Berührung zweier heterogener Metalle EL. erregt wird, wobei immer das eine + E., das andere — E. annimmt, nachdem wir die Art betrachtet haben, wie die erregte EL. auf den beiden Metallen während ihrer Berührung vertheilt ist, und den wesentlichen Unterschied, der zwischen der freien und gebundenen EL. statt findet, erörtert haben, so ist nun die nächste Frage, die sich von selbst aufdringt, die, ob nicht die ihrer Intensität nach immer sehr schwache EL., welche durch die Berührung zweier Metalle erregt wird, nicht etwa dadurch verstärkt werden könne, dass man *mehrere solcher Plattenpaare* mit einander in Verbindung setzt? Theorie und Erfahrung zeigen aber, wie wir gleich sehen werden, dass dieses nicht der Fall ist, dass namentlich mehrere Plattenpaare von Kupfer und Zink, die man nach folgender Ordnung auf einander schichtet: Kupfer, Zink; Kupfer, Zink u. s. f., nicht mehr leisten, als ein einziges Plattenpaar, indem die Endglieder jeder solchen aus blossen Metallen, *ohne feuchte Zwischenleiter*, aufgeschichteten Säule nicht schwächer und nicht stärker elektrisch werden, als wenn sie sich *unmittelbar* berührten.

Betrachten wir zuerst den Fall, wo auf ein aus Kupfer und Zink bestehendes Plattenpaar KZ eine weitere Kupferplatte K' gesetzt wird, so dass man erhält: KZK'; die unterste Kupferplatte K sey mit dem Boden in Verbindung, die oberste K' mit einem isolirenden Stiel versehen, mittelst dessen sie von der Zinkplatte Z abgehoben werden kann. Die -E., welche die untere K durch ihre Berührung mit Z entwickelt, wird, ihrem freien Antheil nach, ganz in den Boden abgeleitet werden, dagegen wird die freie + E., welche Z durch seine Berührung mit der *untern* K erhält, nicht in den Boden abgeleitet werden, und sich auch nach der oberen K' zu verbreiten. Diejenige freie + E. aber, welche Z durch seine Berührung mit der *oberen* (isolirten) K annimmt, wird ebenfalls, da sie durch die untere K mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt ist, ganz abgeleitet werden, und so wird also die freie + E., welche Z durch seine Berührung mit K annimmt, einer eben so starken freien - E., welche K' durch seine Berührung mit Z erhält, begegnen, und diese beiden El. werden sich zu 0E. neutralisiren. Man wird daher, sofern *blos* die Erscheinungen freier El. in Betracht gezogen werden, in dem angeführten Fall keine Zeichen von El. erhalten \*).

---

\*) Man wird das Gesagte einleuchtend finden, wenn man sich erinnert, dass wenn ein nicht isolirtes Metall mit einem isolirten in Berührung kommt, die El., und zwar nicht blos die gebundene, sondern auch die freie, welche das isolirte Metall durch die Berührung annimmt, durch das nicht isolirte nicht abgeleitet wird; es wird ja (S. 679 u. 685.) ein Condensator, dessen Collectorplatte von Kupfer ist, durch Berührung mit einem Kupferstab geladen, welcher an einem Zinkstab, den man in die Hand nimmt, angelöthet ist. Gerade wie, wenn ein isolirter Körper mit einem nicht isolirten gerieben wird, blos die El., welche der nicht isolirte durch Reiben erhält, abgeleitet wird, indem die Kraft, welche die Zersetzung

Ganz anders aber verhält sich die Sache, wenn man die während der Berührung der Metalle *gebundenen* EE. in Betracht zieht, d. h. wenn man den elektrischen Zustand der Kupferplatte  $K'$  untersucht, nachdem man sie an ihrem isolirenden Handgriff von der Zinkplatte  $Z$  entfernt hat. Die Platte  $K'$  gibt auf diese Weise eine merklich eben so starke — El. am Condensator zu erkennen, als wenn die Platte  $K$  gar nicht vorhanden wäre. Es kann sogar, ohne dass das Resultat des Versuchs geändert würde,  $K$  isolirt seyn, nur muss dann vor jedem neuen Aufsetzen von  $K'$  auf  $Z$ ,  $Z$  und  $K$  ableitend berührt werden.

Fechner hat, was sich übrigens schon im Voraus erwarten liess, durch Versuche gefunden, dass man statt  $K$ , beliebige andere Metalle, in beliebiger Zahl und Folge substituiren kann, und dennoch  $K'$  durch wiederholtes Abheben von  $Z$  merklich eben so starke negative El. an den Condensator überführt, als wenn es blos mit  $Z$ , ohne Gegenwart jener andern Metalle, in Berührung käme; dass überhaupt die El., die durch *Trennung* sich berührender Metallplatten zum Vorschein kommt, stets der Beschaffenheit der *direct*

---

des Electricums bewirkt, auch die El. auf dem isolirten Körper zurückhält, so verhindert auch bei der El.-Erregung durch Berührung die elektromotorische Kraft die Ableitung der El. des isolirten Körpers. So wird zwar in dem angeführten Fall die durch die Berührung von  $K$  mit  $Z$  entstandene freie — E. von  $K$ , nicht aber die freie + E. von  $Z$  abgeleitet, weil  $Z$ , das nur mit  $K'$  in Verbindung ist, als isolirt zu betrachten ist; eben so wird die durch die Berührung von  $Z$  mit  $K'$  entstandene freie + E. abgeleitet, weil  $Z$  durch  $K$  mit dem Boden in Verbindung gesetzt ist, dagegen wird die — E. von  $K'$  nicht abgeleitet, weil  $K'$  nach oben zu isolirt ist, und die elektromotorische Kraft selbst den Uebertritt dieser — E. auf  $Z$ , und durch  $Z$  auf  $K$  in den Boden, verhindert.

getrennten Glieder entspricht und von der Berührungsgrösse abhängt, dagegen von der Beschaffenheit der mit den getrennten Gliedern in Verbindung gesetzten Metalle ganz unabhängig ist. — Wenn man daher die Platte  $K'$ , ohne sie von  $Z$  abzuheben, an die kupferne Platte des Condensators anbringt, so kann nicht die geringste Spur von El. bemerkt werden, denn es ist dann derselbe Fall, wie früher, wo  $K', Z, K$  mit einander verbunden blieben, und wo nur die *freien*, einander gegenseitig neutralisirenden  $EE.$  in Betracht kamen.

Dieses ist auch dann noch der Fall, wenn man die obere Platte  $K'$  ganz wegnimmt, und die kupferne Platte des Condensators unmittelbar, aber mit der kleinst möglichen Fläche, mit der auf  $K$  liegenden bleibenden Zinkscheibe  $Z$  berührt. Denn *während* der Berührung haben wir dann wieder den Fall, wo  $KZK'$  mit einander in Verbindung sind, indem jetzt die kupferne Platte des Condensators die Stelle von  $K'$  vertritt; *nach* der Berührung aber kann keine merkliche El. am Condensator sich zeigen, weil die *gebundene* El. seiner kupfernen Platte, die nach ihrer Trennung von  $Z$  frei wird, in keinen Betracht kommen kann, da nach der Voraussetzung die Platte des Condensators und  $Z$  sich nur in einer sehr kleinen Fläche berührt hatten.

Setzen wir nun den Fall, dass  $K, Z, K'$  drei verschiedene, beliebige Metalle seyen, die einander in der angegebenen Folge berühren. Die freie El., welche  $Z$  mit  $K'$  annimmt, verbreitet sich nun auch gleichförmig über  $K$ : ist diese El. gleichnamig mit der freien El., welche  $K$  durch seine Berührung mit  $Z$  annimmt, so ist es klar, dass diese letztere verstärkt wird, dass sie aber vermindert wird, wenn die genannten freien El. ungleichnamig sind. Im Allgemeinen wird also das Metall  $K$ , mit dem Condensator geprüft, nicht dieselbe El. zeigen, wie wenn es mit  $Z$ , ohne die Ge-



genwart von  $K'$  geprüft worden wäre. Auch bei diesem Versuch muss, wenn überhaupt der Condensator eine bemerkliche Menge von El. annehmen soll,  $K'$  mit dem Boden in Verbindung gesetzt werden, denn wir haben gesehen, dass die Intensitäten der gleichförmig verbreiteten Elektricitäten auf den Platten sich umgekehrt, wie die Ableitungen verhalten: würde daher  $K'$  isolirt seyn, so würde  $K$ , welches mit dem Condensator in Verbindung ist, eine viel grössere Ableitung haben als  $K'$ , der Condensator mithin eine unbemerkliche Menge von El. annehmen, während das umgekehrte statt findet, wenn  $K'$  die Oberfläche der Erde zur Ableitung hat. (Der vorhin erörterte Fall, wo  $K$  und  $K'$  von derselben Natur, z. B. beide Kupfer sind, und wo der Condensator keine El. annimmt, ergibt sich als Corollarium zu dem so eben Gesagten: dort wird nemlich die  $-E.$ , welche  $K$  mit  $Z$  annimmt, durch eine eben so starke  $+E.$  neutralisirt, welche  $Z$  durch seine Berührung mit  $K'$  auf  $K$  überpflanzt).

Der Erfahrung zufolge gilt aber überhaupt das allgemeine Gesetz, dass nicht nur, wenn man zwischen zwei Metalle  $K, K'$ , ein drittes  $Z$ , sondern eine beliebige Anzahl gleichartiger oder verschiedenartiger Metalle einbringt, die Art und Stärke der El., welche das äusserste Metall  $K$  annimmt, dieselben bleiben, welche sie seyn würden, wenn man  $K$  mit dem anderen äussersten Metall  $K'$  unmittelbar berührte.

Einen besondern Fall dieses Gesetzes haben wir bereits erörtert, den nemlich, wo nur Ein Metall  $Z$  zwischen  $K$  und  $K'$  gebracht wird, und wo diese letzteren gleichartige Metalle (beide Kupfer) sind. Wir haben gesehen, dass in diesem Fall der Condensator von  $K$  keine El. annimmt, wie denn auch, übereinstimmend mit dem allgemeinen Gesetz,  $K$  mit  $K'$ , d. h. Kupfer in Berührung mit Kupfer, keine Elektricität entwickelt.

---

*Galvanische Spannungsreihe.*

Wir wollen nun das allgemeine Gesetz selbst erläutern.

Wenn man die Metalle in einer solchen Ordnung auf einander folgen lässt, dass das erste Metall durch seine Berührung mit dem zweiten dieselbe Art von El. annimmt, welche das zweite durch seine Berührung mit dem dritten, das dritte durch seine Berührung mit dem vierten annimmt, so nennt man eine solche Reihe die *galvanische Spannungsreihe der Metalle*. Die Grösse der Intensität der El., welche ein Metall durch seine Berührung mit dem ihm nachfolgenden annimmt, kann sehr verschieden seyn von der, welche dieses letztere mit dem ihm selbst nachfolgenden annimmt, und wenn diese relativen Intensitäten durch Zahlen ausgedrückt werden, so nennt man diese Zahlen die *relativen Abstände* je zweier auf einander folgenden Metalle. Wenn z. B. die Intensität der + El., welche Blei durch seine Berührung mit Zinn annimmt, = 1 gesetzt wird, so muss die fünfmal grössere Intensität von + E., welche das Zink mit Blei annimmt = 5 gesetzt werden; die Zahlen 1 und 5 drücken dann die relativen Abstände des Bleis vom Zinn und des Zinks vom Blei aus.

Das Gesetz der galvanischen Spannungsreihe ist folgendes: *Wird der relative Abstand der Metalle in der galvanischen Spannungsreihe durch Zahlen ausgedrückt, so ist der Abstand je zweier entfernter Glieder immer genau gleich der Summe der Abstände aller Zwischenglieder.*

Nach Volta lassen sich die Abstände der hier folgenden galvanischen Spannungsreihe durch die neben beigetzten Zahlen ausdrücken:

Zink

Zink	}	5
Blei		1
Zinn	}	3
Eisen		2
Kupfer	}	1
Silber		1

Da der Abstand des Zinks vom Blei = 5, der des Bleis vom Zinn = 1, so muss nach dem angeführten Gesetz der Abstand des Zinks vom Zinn =  $5 + 1 = 6$  seyn, d. h. die Intensität der + E., welche das Zink durch seine Berührung mit dem Zinn annimmt, muss durch die Zahl 6 ausgedrückt werden; ebenso muss der Abstand des Zinks vom Silber =  $5 + 1 + 3 + 2 + 1 = 12$  seyn. Volta will nun dieses Gesetz wirklich durch die Erfahrung mittelst seines Strohhalmelektrometers erwiesen haben, welches Verfahren jedoch kein sicheres Resultat geben kann, da (vergl. S. 659. 660.) die Grade dieses Elektrometers den Intensitäten der El. nicht genau proportional seyn können. Uebrigens folgt dieses Gesetz schon aus der vorhin angeführten, unzweideutigen Erfahrung, dass die Endglieder einer Reihe von Metallen stets sich so verhalten, wie wenn sie direct zusammengebracht würden. Wenn nemlich K, Z, K' eine Combination von drei verschiedenen Metallen ist, und K durch seine Berührung mit Z, Z durch seine Berührung mit K' dieselbe Art von El., z. B. + E., erhält, so nimmt, der Erfahrung zufolge, K dieselbe Intensität von El. an, wie wenn es K' unmittelbar berührte. Die + E., welche K annimmt, ist gleich der Summe der + E., welche K durch seine Berührung mit Z, und der + E., welche Z durch seine Berührung mit K' erhält, und welche letztere sich auch gleichförmig auf K verbreitet; mithin ist

die Summe dieser Elektricitäten, d. h. der Abstand von K und Z, plus der Abstand von Z und K', der El., welche K in Berührung mit K' erhält, d. h. dem Abstand von K und K' gleich. Dieses gilt auf gleiche Weise für andere Fälle, wo andere, oder wo mehr Glieder zwischen die Endglieder eingeschoben werden: das galvanische Spannungsgesetz hat mithin allgemeine Gültigkeit, und man hat nicht nöthig, dasselbe durch directe Erfahrungen zu erweisen.

---

## V o l t a s c h e S ä u l e .

---

### O f f e n e S ä u l e .

Wir haben gesehen, dass durch die Uebereinanderschichtung mehrerer Plattenpaare in der Ordnung: Zink, Kupfer; Zink, Kupfer; Zink, Kupfer; u. s. f. die schwache Wirkung eines einzigen Elektromotors auf den Condensator nicht verstärkt wird, indem die Endglieder einer solchen, aus Metallen bestehenden Säule, nicht stärker und nicht schwächer elektrisch werden, als wenn sie einander direct berühren würden; die Wirkung eines einzelnen Plattenpaares auf den Condensator wird aber ausserordentlich verstärkt, wenn man mehrere Plattenpaare in der angegebenen Ordnung auf einander schichtet und zwischen je zwei Paare einen feuchten Leiter einbringt. Diese Entdeckung, ihren Folgen nach unstreitig die wichtigste des 19ten Jahrhunderts, ist von Volta, daher eine solche Säule *Volta'sche Säule* heisst.

Betrachten wir zuerst den Fall, wo nur zwei Plattenpaare, aus Kupfer und Zink, durch einen feuchten Leiter f (z. B. eine mit Wasser befeuchtete Tuch- oder Papp-Scheibe) von einander getrennt, mit einander combinirt werden, und wo die unterste (Kupfer) Scheibe mit dem Boden

in leitende Verbindung gesetzt wird; nennen wir ferner die Kupfer- und Zink-Scheibe des untern Plattenpaares beziehungsweise  $c_1$ ,  $z_1$ , des oberen Plattenpaares  $c_2$ ,  $z_2$ . Das Zink  $z_1$  nimmt durch seine Berührung mit dem Kupfer  $c_1$  + El. an, deren Intensität man irgend einer Zahl, z. B. der Zahl 1 gleich setzen kann. Diese Intensität verbreitet sich gleichförmig (es ist hier durchaus *blos* von der freien, nicht von der an den Berührungsflächen gebundenen El. die Rede, welche letztere, da die Platten auf einander liegen bleiben, gar nicht in Betracht kommt) auch über den feuchten Leiter  $f$  und über  $c_2$  und  $z_2$  aus, so dass  $c_2$  und  $z_2$  positive El. von der Intensität = 1 von  $z_1$  aus *mitgetheilt* erhalten. Dagegen kann sich die + El. von  $z_1$  der Platte  $c_1$  nicht mittheilen, mithin nicht durch den Boden abgeleitet werden, weil sie daran durch die elektromotorische Kraft selbst verhindert wird (vergl. S. 686. Anmerk.). Die negative El. von  $c_1$  ist aber, wegen der Verbindung von  $c_1$  mit dem Boden, = Null.

Betrachten wir nun den Zustand dieser beiden Plattenpaare mit dem feuchten Zwischenleiter, sofern er *blos* von der elektromotorischen Wirkung des *unteren* Paares abhängig ist, so ist er folgender:

$$\begin{array}{l} \text{Oberes Plattenpaar} \\ \text{Feuchter Zwischenleiter} \\ \text{Unteres Plattenpaar} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} z_2 = + 1 \\ c_2 = + 1 \\ f = + 1 \\ z_1 = + 1 \\ c_1 = 0 \end{array} \right.$$

Nun erhält aber  $c_2$  des zweiten Plattenpaares, vermöge seiner Berührung mit  $z_2$  eine negative El. = - 1 und  $z_2$ , vermöge derselben Berührung, eine positive El. = + 1, aber diese negative El. = - 1 von  $c_2$  wird durch den feuchten Leiter, durch  $z_1$  und  $c_1$  nach dem Boden abgeleitet, und es ist gerade so, als ob  $c_2$  gar keine El. annähme, während dagegen die positive El. = + 1, welche  $z_2$  durch seine Berührung mit  $c_2$  erhält, wegen des durch die elek-

tromotorische Kraft gegebenen Hindernisses, durch  $c_2$  hindurch sich nicht verbreiten kann. Nimmt man daher auch die Wirkung der elektromotorischen Kraft des zweiten Plattenpaares in Rechnung, so ergibt sich folgender elektrischer Zustand der beiden Plattenpaare:

$$\begin{array}{l} \text{Oberes Plattenpaar} \\ \text{Feuchter Zwischenleiter} \\ \text{Unteres Plattenpaar} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} z_2 = 1 + 1 = + 2 \\ c_2 = + 1 \\ f_1 = + 1 \\ z_1 = + 1 \\ c_1 = 0 \end{array} \right.$$

Sind es drei Plattenpaare, deren drittes wiederum von dem zweiten durch einen feuchten Zwischenleiter getrennt ist, so ist der elektrische Zustand der Säule folgender:

$$\begin{array}{l} \text{Oberstes Plattenpaar} \\ \text{Feuchter Leiter} \\ \text{Mittleres Plattenpaar} \\ \text{Feuchter Leiter} \\ \text{Unterstes Plattenpaar} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} z_3 = + 3 \\ c_3 = + 2 \\ f_{11} = + 2 \\ z_2 = + 2 \\ c_2 = + 1 \\ f_1 = + 1 \\ z_1 = + 1 \\ c_1 = 0 \end{array} \right.$$

Allgemein: wenn die Zahl der auf die angegebene Weise aufgeschichteten Plattenpaare, wobei die unterste (Kupfer) Platte mit dem Boden in leitender Verbindung steht,  $= n$  ist, so wird der elektrische Zustand der Kupferplatte des obersten Paares durch die Zahl  $+(n-1)$ , und der elektrische Zustand der Zinkplatte des obersten Paares durch  $+n$  ausgedrückt.

Die Endplatten einer voltaschen Säule, oder die an dieselben angefügten Drähte nennt man die *Pole* der Säule, und aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass wenn der eine Pol der Säule und zwar der Kupferpol, mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt wird, die Quantitäten *freier* positiver Elektrizität von unten nach oben in einer

arithmetischen Progression zunehmen müssen, und dass diese Verstärkung ins Unbestimmte oder doch so weit müsse getrieben werden können, bis die el. Intensität der obersten Platte so stark würde, dass ihre El. nicht mehr durch den Druck der Luft zurückgehalten werden könnte, mithin ein Ausströmen von El. statt finden müsste, gerade wie sich auch ein Conductor nur bis auf einen solchen Grad der Intensität laden lässt, welcher dem Druck der Luft das Gleichgewicht hält. Man hat jedoch bis jetzt noch nie eine Säule mit so vielen Plattenpaaren aufgebaut, dass diese Gränze erreicht wurde. — Es ist klar, dass wenn die Säule in umgekehrter Ordnung aufgebaut wird, so dass Zink die unterste Platte darstellt, welche mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt wird, die Säule mit abnehmender Stärke von Oben nach Unten *negativ* elektrisch wird.

In der That lässt sich durch die Erfahrung nachweisen, wenn man den einen Pol einer solchen Säule, deren anderer mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht, mit dem Condensator in Verbindung setzt, dass die Elektrizität mit der Anzahl der Plattenpaare gleichförmig wächst, wiewohl es bis jetzt noch nicht durch genaue Versuche erwiesen ist, dass diese Zunahme der Elektrizität wirklich nach einer arithmetischen Progression, wie sie die Theorie anzeigt, statt findet.

Es ist ferner durch Versuche erwiesen, dass die elektrische Spannung voltascher Säulen von der Grösse der Plattenpaare unabhängig ist, ein Resultat, welches ebenfalls unmittelbar aus der Theorie sich ergibt, dass also für alle Wirkungen der Säule, welche von der *Spannung* der El. ihrer Pole abhängig sind, die Grösse der Platten gleichgültig und nur die *Anzahl* der Paare von Einfluss ist.

Selbst die Natur des flüssigen Leiters scheint an und für sich für die Spannung, welche die Endplatten der Säule annehmen, von keinem Einfluss zu seyn; die endliche Ladung derselben scheint nemlich bei Anwendung verschieden

gut leitender Flüssigkeiten die gleiche zu seyn, und bei schlechter leitenden Flüssigkeiten nur eine längere Zeit zur Ladung erfordert zu werden. So fand namentlich Biot, dass bei gleicher Anzahl von Plattenpaaren, die endliche Ladung der Pole die gleiche war, wenn entweder Wasser, oder Auflösungen von Kochsalz, von Salmiak, von chloresurem Kali, von Alaun oder von Eisenvitriol als feuchte Zwischenleiter angewandt wurden. Wenn dieses nicht der Fall ist, so scheint der Grund darinn zu liegen, dass die Metalle durch die Einwirkung des feuchten Zwischenleiters eine Veränderung erleiden, mit welcher auch das elektromotorische Verhältniss derselben und damit die Intensität der elektrischen Ladung nothwendig sich verändern muss.

Betrachten wir nun aber den elektrischen Zustand einer voltaschen Säule, deren beide Pole isolirt sind, so finden wir, dass er sehr verschieden ist von dem elektrischen Zustand einer Säule, von welcher der eine der beiden Pole mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt, der andere isolirt ist.

Wir erhalten z. B. bei 4 Plattenpaaren folgendes Schema:

$$\begin{array}{l}
 \text{IV.} \left\{ \begin{array}{l} z_4 = + 1 + 1 + 1 + 1 = + 4 \\ c_4 = + 1 + 1 + 1 - 1 = + 2 \end{array} \right. \\
 \text{III.} \left\{ \begin{array}{l} z_3 = + 1 + 1 + 1 - 1 = + 2 \\ c_3 = + 1 + 1 - 1 - 1 = 0 \end{array} \right. \\
 \text{II.} \left\{ \begin{array}{l} z_2 = + 1 + 1 - 1 - 1 = 0 \\ c_2 = + 1 - 1 - 1 - 1 = - 2 \end{array} \right. \\
 \text{I.} \left\{ \begin{array}{l} z_1 = + 1 - 1 - 1 - 1 = - 2 \\ c_1 = - 1 - 1 - 1 - 1 = - 4 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Die unterste Kupferplatte  $c_1$  erhält durch ihre Berührung mit  $z_1$  freie negative El., deren Intensität wir  $= 1$  setzen wollen. Von allen über ihr gelegenen Zinkplatten kann der Platte  $c_1$  keine positive El. mitgetheilt werden, weil diese positiven Elektricitäten, vermöge des Hindernisses, welches die elektromotorische Kraft selbst ihrer Bewegung in den



Weg legt, nicht durch die mit ihnen verbundenen Kupferplatten hindurch zu der Platte  $c_x$  dringen können. Dagegen erhält die Platte  $c_x$  von jeder über ihr gelegenen Kupferplatte freie negative El. von der Intensität  $= -1$  mitgetheilt, weil diese Elektricitäten, nicht gehindert durch eine elektromotorische Kraft, durch die feuchten Leiter und die Metalle hindurch frei nach unten zu gegen die Platte  $c_x$  sich ausbreiten können. Ein ähnliches Raisonement gilt für alle übrigen Platten, und es ist z. B. klar, dass wenn eine Platte eine negative El. von der Intensität  $-3$  und zugleich eine positive von der Intensität  $+1$  erhält, ihr elektrischer Zustand durch  $-2$  ausgedrückt werden, so wie, dass wenn eine Platte eine negative El.  $= -2$  und zugleich eine positive El.  $= +2$  erhält, ihr elektrischer Zustand  $= 0$  seyn muss,

In dem so eben angeführten Fall war die Zahl der Plattenpaare eine gerade. Ist die Zahl der Plattenpaare eine ungerade, und besitzt also die Säule ein mittleres Plattenpaar, so gibt es keine Platte in ihr, deren El.  $= \text{Null}$  ist, sondern von den beiden Platten des mittleren Paares erhält die eine positive El.  $= +1$ , die andere negative El.  $= -1$ ; dieses mittlere Paar befindet sich in demselben elektrischen Zustande, in welchem es sich befinden würde, wenn es gar kein Glied einer Säule ausmache, sondern blos seiner eigenen elektromotorischen Kraft überlassen wäre. Dieses ergibt sich aus folgenden beiden Schemas, wobei ich der bequemeren Uebersicht wegen, diejenige El. neben das Zeichen der Platte unmittelbar stelle, welche die Platte vermöge ihrer eigenen elektromotorischen Kraft erhält, hierauf diejenige El. folgen lasse, welche die Platte von unten herauf, und dann diejenige, welche sie von oben herab mitgetheilt erhält.

## Schema für 3 Plattenpaare.

$$\begin{aligned} \text{III.} & \begin{cases} z_3 = +1 + 1 + 1 = +3 \\ c_3 = -1 + 1 + 1 = +1 \end{cases} \\ \text{II.} & \begin{cases} z_2 = +1 + 1 - 1 = +1 \\ c_2 = -1 + 1 - 1 = -1 \end{cases} \\ \text{I.} & \begin{cases} z_1 = +1 - 1 - 1 = -1 \\ c_1 = -1 - 1 - 1 = -3 \end{cases} \end{aligned}$$

## Schema für 5 Plattenpaare.

$$\begin{aligned} \text{V.} & \begin{cases} z_5 = +1 + 1 + 1 + 1 + 1 = +5 \\ c_5 = -1 + 1 + 1 + 1 + 1 = +3 \end{cases} \\ \text{IV.} & \begin{cases} z_4 = +1 + 1 + 1 + 1 - 1 = +3 \\ c_4 = -1 + 1 + 1 + 1 - 1 = +1 \end{cases} \\ \text{III.} & \begin{cases} z_3 = +1 + 1 + 1 - 1 - 1 = +1 \\ c_3 = -1 + 1 + 1 - 1 - 1 = -1 \end{cases} \\ \text{II.} & \begin{cases} z_2 = +1 + 1 - 1 - 1 - 1 = -1 \\ c_2 = -1 + 1 - 1 - 1 - 1 = -3 \end{cases} \\ \text{I.} & \begin{cases} z_1 = +1 - 1 - 1 - 1 - 1 = -3 \\ c_1 = -1 - 1 - 1 - 1 - 1 = -5 \end{cases} \end{aligned}$$

Vergleichen wir nun den elektrischen Zustand einer voltaschen Säule, die an beiden Polen isolirt ist, mit dem elektrischen Zustand einer an einem Pole nach dem Erdboden abgeleiteten Säule, so ergeben sich folgende Verschiedenheiten:

In der letzteren Säule findet sich ihrer ganzen Länge nach *nur eine Art von El.*, und zwar positive oder negative, je nachdem der mit dem Boden in Verbindung gesetzte Pol der negative (Kupfer) oder der positive (Zink) Pol ist, und diese El. nimmt von unten nach oben (insofern der untere Pol der abgeleitete ist) in einer arithmetischen Progression zu. Die an beiden Polen isolirte Säule dagegen hat *beiderlei Arten von El.*, und zwar an beiden Polen die entge-

gengesetzte, und von der stärksten Intensität. Von beiden Polen gegen die Mitte zu nimmt die El. gleichförmig ab, und ist in dieser Mitte selbst = Null, wenn die Zahl der Plattenpaare eine gerade ist, in welchem Fall dann die beiden mittelsten, zweien verschiedenen Plattenpaaren angehörigen Platten der Säule OE zeigen; ist dagegen die Anzahl der Plattenpaare eine ungerade, so gibt es keine Platte mit OE.: die El. der Platten des mittleren Paares ist =  $+1$  und =  $-1$ , und zwar hat die dem negativen Pol zu gelegene Platte  $-1$ , die dem positiven Pol zu gelegene  $+1$ .

Was die Intensität der El. an den Polen einer isolirten Säule, und an dem isolirten Pol einer Säule, deren anderer Pol mit dem Erdboden in Verbindung steht, betrifft, so könnte es nach der vorhergehenden Darstellung scheinen, als ob diese Intensitäten bei gleicher Anzahl der Plattenpaare gleich gross wären: in der That ist aber die Intensität der El. eines Pols der an beiden Polen isolirten Säule nur halb so gross, als die Intensität der El. des isolirten Pols einer Säule, deren anderer mit dem Erdboden in Verbindung steht. Wir haben nemlich S. 677. gesehen, dass wenn bei einem einzigen Plattenpaar die eine Platte mit dem Erdboden in Verbindung steht, die El. der andern Platte auf das Doppelte steigt: wenn wir daher die negative El. des Kupfers  $c_1$  eines aus Kupfer und Zink bestehenden Plattenpaares =  $-1$  und die positive des Zinks  $z_1 = +1$  setzen, so wird, wenn  $c_1$  mit dem Boden in Verbindung steht, die positive El. von  $z_1$  in der That  $+2$  seyn, und dieses wird für alle Plattenpaare einer Säule gelten, deren Kupferpol abgeleitet ist, weil dann die negative El. eines jeden Plattenpaares durch den feuchten Leiter u. s. f. hindurch gleichfalls nach dem Erdboden abgeleitet wird. Da nun die positive El. des Zinkpols aus der Summirung der positiven Elektricitäten der einzelnen Plattenpaare hervorgeht, so muss die Intensität des Zinkpols einer am Kupferpol abgeleiteten Säule dop-

pelt so gross seyn, als die Intensität derselben Säule, deren Kupferpol gleichfalls isolirt ist. Wenn daher der eine Pol einer zuvor an beiden Polen isolirten Säule mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt wird, so steigt die Intensität des andern Pols auf das Doppelte.

Es lassen sich übrigens diese Resultate der Theorie nicht in allen Fällen gleich gut durch die Erfahrung nachweisen, was jedoch die Theorie selbst voraussagt. Die beiden Endplatten einer Säule können als die zwei Platten eines einzelnen Plattenpaares betrachtet werden, denn sie verhalten sich in der That ganz wie ein einzelnes Plattenpaar. So wie nemlich die El. einer von einer Kupferplatte berührten Zinkplatte z. B. auf das Doppelte steigt, wenn die Kupferplatte mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt wird, so steigt auch die El. des Zinkpols einer Säule auf das Doppelte, wenn die El. des Kupferpols durch den Erdboden abgeleitet wird: bei dem einzelnen Plattenpaar, wie bei den Polen der Säule bleibt sich die *Summe* der El. (wenn man von dem + und - Zeichen absieht) gleich, die eine Platte des einzelnen Paares oder der eine Pol der Säule mag isolirt seyn oder nicht. Ueberhaupt aber stehen die Intensitäten der El. der beiden Platten eines einzelnen Paares so wie der Endplatten einer Säule im umgekehrten Verhältniss ihrer Ableitungsgrössen, d. h. der Oberflächen, über welche sich die El. von der Berührungsfläche aus verbreiten kann: ist daher die eine Platte eines einzelnen Paares, oder der eine Pol einer Säule mit dem Erdboden in leitender Verbindung, so wird hier die Ableitungsgrösse unendlich gross und mithin die El. = 0, während sie an der andern Platte oder Pol aufs Doppelte steigt, weil die Summe der El. gleich bleibt. Sind beide Platten oder beide Pole einer Säule mit dem Erdboden *in gleich guter* leitender Verbindung, so zeigen beide am Condensator El., weil, der unendlich grossen Ableitung bei beiden ungeachtet, diese

Ableitung doch für beide sich gleich verhält. Ist dagegen die eine Platte oder der eine Pol mit dem Boden in besserer leitender Verbindung als die andere Platte oder der andere Pol, so zeigen sich die ersteren, am Condensator geprüft, stets schwächer elektrisch als die letzteren, und dieses kann so weit gehen, dass die ersteren gar keine merkbare EL. zu erkennen geben.

Prüft man daher die Spannung der EL. eines Pols einer *isolirten* Säule mittelst des Condensators, so erhält dieser Pol durch den Condensator, der eine grosse Capacität für EL. hat, eine sehr bedeutende Ableitung, während dem andern Pol keine solche gegeben wird; es kann daher, zumal bei kleineren Säulen, der Fall eintreten, dass man mittelst des Condensators, seiner condensirenden Wirkung ungeachtet, doch eine schwächere EL. erhält als ohne denselben, und dass es daher von Nachtheil ist, an den Pol einer solchen isolirten Säule einen Condensator anzubringen. Besteht aber eine Säule aus einer sehr grossen Anzahl von Plattenpaaren, so kann der Condensator allerdings verstärkend wirken, weil, während dann die Ableitung durch den Condensator relativ nicht sehr verstärkt wird, (insofern, während der Condensator für die Platten, die nach dem mit ihm in Berührung befindlichen Pol zu liegen, eine Ableitung darbietet, die entgegengesetzten Platten nach dem andern Pol zu durch die Menge der Platten selbst immer noch eine relativ nicht viel geringere ableitende Oberfläche finden) die condensirende Wirkung des Condensators über die Schwächung, welche durch die mit ihm gegebene grössere Ableitung herbeigeführt wird, die Oberhand behält.

Ist aber der eine Pol einer Säule *nicht* isolirt, so übt ein am andern Ende angebrachter Condensator seine condensirende Wirkung vollständig aus, insofern gegen die unendlich grosse Ableitung an dem nicht isolirten Pol, die durch den Condensator bewirkte Ableitung verschwindet. Wenn daher bei kleinen, an beiden Polen isolirten Säulen der Con-

densator gar keine Wirkung wahrnehmbar macht, so bringt er dagegen bei denselben, aber an einem Pol nicht isolirten Säulen, eine sehr starke Wirkung hervor. — Mittelst eines kräftigen Condensators kann man sogar bei Säulen von geringer Anzahl von Plattenpaaren hinlänglich starke Zeichen von El. erhalten, um sie bei Tage in sichtlichen Funken hervorbrechen zu sehen.

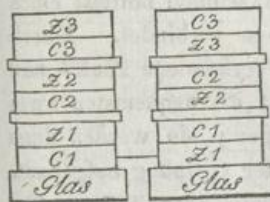
Auf gleiche Weise wie ein Condensator, lässt sich auch eine Leidner Flasche oder Batterie durch einen Pol der voltaschen Säule laden, und zwar bis zu einer solchen Stärke, dass die Intensität der freien El., welche die mit dem Pol der Säule in Verbindung gesetzte Belegung der Flasche oder Batterie annimmt, gleich ist der el. Intensität dieses Pols. Ebenso lassen sich die elektrischen Anziehungen und Abstossungen an einer voltaschen Säule nachweisen, wenn man die einen Enden zweier Metalldrähte, an deren anderen Enden Goldblättchen parallel neben einander aufgehängt sind, mit den beiden entgegengesetzten Polen einer Säule in Verbindung setzt.

---

Von der zweckmässigen Construction voltascher Säulen wird erst später ausführlicher die Rede seyn können; ich will übrigens schon hier einige Bemerkungen in dieser Beziehung machen. Man errichtet sie gewöhnlich aus Kupfer- und Zink-Platten, die am besten zusammengelöthet und abwechselnd mit einem feuchten Leiter (Scheiben von Tuch oder Pappe, die man mit verschiedenen Flüssigkeiten befeuchtet) aufgeschichtet werden. Da jedoch, wie wir gesehen haben, die bei der Berührung sich entwickelnde und während dieser Berührung gebundene El. bei der Wirkung einer solchen Säule nicht in Betracht kommt, so ist es auch nicht nöthig, dass sich die Kupfer- und Zink-Platten an vielen Punkten berühren. Da ferner das Kupfer im Allge-

meinen von den feuchten Leitern wenig angegriffen wird, so brauchen die Kupferplatten nicht bedeutend dick zu seyn. Das Zink wird zwar viel stärker angegriffen und verliert daher durch das häufig nöthig werdende Scheuren bald viel von seiner Masse; demungeachtet dürfen auch die Zinkplatten nicht allzu dick genommen werden, weil bei so grossem Gewicht der Metalle die Flüssigkeit aus den feuchten Leitern in demselben Verhältniss stärker herausgepresst wird, und dadurch die Säule an Wirksamkeit verliert. Aus demselben Grunde ist es auch nicht zweckmässig, eine, zumal aus sehr vielen Plattenpaaren bestehende, Säule zu Einer verticalen Säule aufzuthürmen, wenn man sie gleich durch ein passendes Gestell aus etwa 3 hölzernen Stäben gegen das Umfallen sichern könnte; vielmehr thut man besser, aus vielen Plattenpaaren *mehrere* Säulen aufzubauen, und diese dann auf eine solche Weise mit einander in Verbindung zu setzen, dass Alle mit einander gleichsam eine einzige Säule darstellen. Dieses geschieht auf die Weise, dass man den isolirten negativen Pol einer Säule mit dem isolirten positiven Pol einer andern durch einen Metallstreifen oder einen Metalldraht in Verbindung setzt: die beiden Säulen sind dann, wie sich aus der Betrachtung der Folge der Metallplatten ergibt, als Eine zu betrachten, deren einen, positiven Pol die erste, den andern, negativen Pol die zweite Säule bildet.

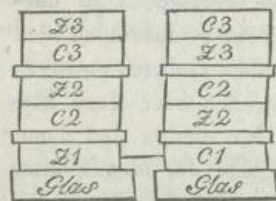
Beide Säulen werden z. B. auf einer Unterlage von Glas aufgeschichtet: die erste mit ihrem negativen (Kupfer) Pol nach unten, die zweite mit ihrem positiven (Zink) Pol nach unten. Bei dieser Vorrichtung hat dann die erste Säule ihren positiven



(Zink) Pol nach oben, die zweite ihren negativen (Kupfer) Pol ebenfalls nach oben, und die beiden oberen in die Luft eingetauchten Pole dieser Säulen sind durch diese isolirt,

während die beiden unteren durch Glas isolirten Pole mittelst eines Metallstreifens in Verbindung gesetzt werden, so dass beide Säulen jetzt nur Eine Säule darstellen, deren beide Pole durch die Luft isolirt sind, und von welcher die erste Säule den einen, positiven, die zweite den andern, negativen Pol bildet.

Es ist klar, dass man bei dieser Anordnung die Wirkung von einem Plattenpaar verliert; denn da die Kupferplatte des untersten Plattenpaares der ersten Säule mit der Zinkplatte des untersten Plattenpaares der zweiten Säule in metallischer Verbindung steht, so ist (vergl. S. 689.) die Wirkung gerade so, als wenn die unterste Kupferplatte der ersten und die unterste Zinkplatte der zweiten Säule gar nicht vorhanden wären, und die Zinkplatte des untersten Plattenpaares der ersten Säule, die Kupferplatte des untersten Plattenpaares der zweiten Säule unmittelbar berührte. Man kann



jedoch die Wirkung dieses einen Plattenpaares, welche bei dieser Anordnung verloren gehen müsste, dadurch gewinnen, dass man eine blosse Zinkscheibe (nicht ein ganzes Plattenpaar) zum untersten Glied der ersten, und eine blosse

Kupferscheibe zum untersten Glied der zweiten Säule macht, und diese Kupferscheibe mit jener Zinkscheibe mittelst eines an beiden angelötheten Metallstreifens verbindet. Durch solche mittelst eines Metallstreifens verbundene Zink- und Kupfer-Platten lassen sich überhaupt am bequemsten zwei oder mehrere Säulen zu Einer verbinden; sie werden dann abwechselungsweise in entgegengesetzter Ordnung aufgebaut. Die Säulen ruhen auf möglichst gut isolirenden Trägern \*).

\*) Eine gute Isolation wird übrigens blos dann erfordert, wenn es sich von den sogenannten elektroskopischen Wirkungen



Wenn man umgekehrt zwei Säulen, deren beide Pole isolirt sind, nicht durch zwei ungleichnamige, sondern durch zwei gleichnamige Pole mit einander in Verbindung setzt, so ist es, da ihre Schichtungen nun in umgekehrter Ordnung auf einander folgen, klar, dass die Spannung an den beiden nicht verbundenen Polen nur so gross seyn kann, wie sie eine Säule geben würde, deren Plattenzahl der Differenz der Plattenzahlen beider Säulen gleich wäre, dass daher diese Spannung = Null würde, wenn die Zahl der Platten beider Säulen gleich wäre. Hieraus ergibt sich auch, dass wenn man einige Plattenpaare beim Aufbauen einer Säule in verkehrter Ordnung legt, dadurch nicht die ganze Wirkung der Säule aufgehoben wird, sondern dass ein verkehrt gelegtes Plattenpaar blos die Wirkung eines recht gelegten aufhebt, so dass z. B., wenn bei einer Säule von 12 Plattenpaaren ein Paar verkehrt gelegt wird, die Säule die Wirkung einer 10 paarigen hat, in welcher alle 10 Paare recht liegen.

Wenn man dagegen von zwei neben einander stehenden gleich hohen Säulen, nicht blos, wie vorhin, zwei der gleichnamigen Pole, sondern zugleich auch die beiden andern mit einander in Verbindung setzt, und wenn man nun eine jede dieser Polcombinationen als Einen Pol betrachtet, so ist es klar, dass man eine Säule von der doppelten Plat-

---

der Säule, von der *Spannung ihrer Pole* handelt, also von Wirkungen, die, wie wir später sehen werden, die minder wichtigen sind. Wird dagegen die Säule zur Zersetzung chemischer Verbindungen, oder zur Hervorbringung von Hitze u. s. f. angewendet, zu welchem Zwecke ihre Pole in leitende Verbindung mit einander gesetzt werden, so hat man, wie aus dem Folgenden erhellen wird, für eine genaue Isolirung ihrer metallischen Glieder, nicht ängstlich Sorge zu tragen.

*tengrösse* aber von derselben *Plattenzahl*, wie jede der einzelnen Säulen erhält. Wenn nemlich z. B. die unterste Platte einer jeden Säule Kupfer ist, so empfängt diese die negativen EE. von allen über ihr befindlichen Kupferplatten; auf gleiche Weise empfangen die obersten (Zink) Platten die positiven EE. von den unter ihnen gelegenen Zinkplatten. Werden daher die beiden untersten Kupfer- und die beiden obersten Zinkplatten zu Einer Platte verbunden, so erhalten diese doppelten Kupfer- und Zinkplatten auch doppelt so viel El., deren Spannung aber, da die El. auf einer doppelten Oberfläche verbreitet ist, dieselbe bleibt, wie bei der einfachen Säule; wie denn überhaupt die Spannung an den Polen einer Säule durch Vergrösserung der Oberfläche der einzelnen Platten nicht vergrössert wird, und nur mit der *Anzahl* der Platten wächst.

Wenn nun aber gleich durch Combination von zwei oder mehreren Säulen zu Einer auf die angeführte Weise die Spannung an den Polen nicht verstärkt wird, so werden dagegen, wie wir bald sehen werden, gewisse Wirkungen der Säule, die von der *Grösse* der Platten abhängen, in hohem Grade verstärkt, und eine solche Combination kann daher in gewissen Fällen sehr nützlich seyn.

Wenn aber die mit einander in Verbindung gesetzten gleichnamigen oder ungleichnamigen Pole der Säule zugleich mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt werden, so ist es gerade so, als ob die Pole mit einander selbst gar nicht in Verbindung gesetzt wären; die gegenseitige Beziehung der Säulen zu einander hört mit Aufhebung der Isolirung der Pole ganz auf: jede Säule ist als eine an dem einen ihrer Pole *nicht isolirte* Säule zu betrachten und wirkt als solche, indem von dem nicht isolirten Pol an, die El. nach der oben erwähnten arithmetischen Progression zunimmt. Hieraus folgt auch, dass wenn man irgendwo an einer, an beiden Polen isolirten Säule, zwischen diesen Polen eine Ablei-

Ableitung nach dem Erdboden anbringt, die Säule in zwei Säulen getheilt wird, die an dem abgeleiteten Punkt zusammenstossen, sonst aber in keiner Beziehung zu einander stehen, indem sich eine jede Säule so verhält, als ob die jenseits des abgeleiteten Punkts liegenden Plattenpaare nicht vorhanden wären. Von diesem Punkt, dessen El. Null ist, abwärts und aufwärts, nehmen die Elektricitäten nach der erwähnten arithmetischen Progression zu, und es ist klar, dass derjenige Pol der stärkere ist, welcher von dem abgeleiteten Punkt am weitesten entfernt liegt, weil er einer Säule von einer grösseren Anzahl von Plattenpaaren angehört.

Alle elektroskopische Verhältnisse der Säule hängen, wie schon bemerkt wurde, von der freien El. ab, die sich auf den Oberflächen der einander berührenden Metallplatten verbreitet, indem die an den Berührungsflächen gebundene El. dabei gar nicht in Betracht kommt. Fechner hat das Verhältniss der freien zu der gebundenen El. mittelst der Säule selbst auf eine sehr einfache Weise erörtert. Er errichtete eine Säule aus 20 Plattenpaaren von Kupfer und Zink, und bediente sich des Wassers als feuchten Leiters; die oberste Zinkplatte war glatt abgeschliffen. Wurde nun diese oberste Zinkplatte *mit der Ecke* einer eben so grossen isolirt gehaltenen Kupferplatte wiederholt berührt und die von der Kupferplatte erlangte El. jedesmal an den Condensator übertragen, so gab dieser + E. zu erkennen. Wegen der kleinen Berührungsfläche des Kupfers mit dem Zink ist nemlich die - El., welche das Kupfer *vermöge seiner Berührung mit Zink* annimmt, höchst unbedeutend und ausser Acht zu lassen, und die von dem positiv elektrischen Zink dem Kupfer *mitgetheilte* + El. bestimmt den Erfolg. Berührt man nun aber die oberste Zinkplatte der Säule nicht blos mit einer Ecke, sondern mit der *ganzen Fläche* der Kupferplatte, so gibt nach einigemal wiederholter Uebertragung der

Condensator starke *negative* El. zu erkennen, weil jetzt der Erfolg von der während der Berührung des Kupfers mit dem Zink gebundenen, nach der Entfernung beider von einander aber in Freiheit gesetzten negativen El. des Kupfers abhängt, welche, da die Berührungsflächen gross sind, über die von dem Zink dem Kupfer *mitgetheilte* + E. das Uebergewicht gewinnt. Es muss daher — und dieses bestätigt die Erfahrung — einen mittleren Grad der Berührungsgrösse geben, bei welchem die dem Kupfer von dem Zink mitgetheilte + El. und die von dem Kupfer vermöge seiner Berührung mit dem Zink erhaltene — El. einander ausgleichen und mithin der Condensator nicht geladen wird. Bei viel *grösseren* Säulen würde die Intensität des Pols so stark werden, dass die während der Berührung der Kupferplatte mit dem Zinkpol gebundene, und nach Abhebung der ersteren in Freiheit gesetzte — E. unter keinerlei Umständen über die von dem Zinkpol der Kupferplatte *mitgetheilte* + E. das Uebergewicht erhalten könnte.

#### Geschlossene Kette; geschlossene Säule.

Die bisher betrachteten Wirkungen der Säule waren Wirkungen einer *offenen Säule*, d. h. einer solchen, deren Pole nicht in leitende Verbindung mit einander gesetzt sind. Es waren bloss *elektroskopische* Wirkungen, die insofern kein besonderes Interesse darbieten, als sie die Contact-Elektricität, worauf sie sich gründen, nicht eigentlich charakterisiren, indem die gleichen Wirkungen auch durch jede andere Art von El.-Erregung hervorgebracht werden. Nur die Umstände, unter welchen diese Wirkungen sich äussern, haben etwas Eigenthümliches: ein Condensator, eine Leidner Flasche, die mit dem Pol einer Säule in Berührung gebracht wird, ladet sich gleichsam *augenblicklich*, während z. B. mehrere Umdrehungen einer Elektrisirmaschine erfordert werden, um eine Leidner Flasche zu laden. Dieses

rührt von der ausserordentlichen Schnelligkeit her, mit welcher die einem Pol der Säule entzogene EL. sich wieder ersetzt, insofern der feuchte Leiter die EL. hinreichend gut leitet.

Bei weitem die wichtigsten Wirkungen äussert die Säule erst dann, wenn ihre Pole in leitende Verbindung mit einander gesetzt werden: chemische, durch andere Mittel miteinander äusserst schwierig zersetzbare Verbindungen lassen sich dann durch die Einwirkung der Säule zersetzen, wenn sie einen Theil dieses Schliessungsbogens der Pole ausmachen; verschiedene Körper lassen sich bis zum Glühen erhitzen, schmelzen, und sofern die Luft Zutritt hat, verbrennen. So erst wird also die Säule für den Chemiker und Physiker zu einem höchst wichtigen Instrument.

Indem wir nun die Verhältnisse der *geschlossenen Säule* oder *Kette* betrachten, nehmen wir auch hier wieder vorerst an, dass die feuchten Leiter blos als *Leiter* der EL. von einem Plattenpaar zum andern wirken, und dass ihre eigene elektromotorische Kraft als Null betrachtet werden könne.

Den einfachsten Fall einer geschlossenen *Kette* bietet ein *einziges* Plattenpaar dar, dessen heterogene Metalle an einem oder mehreren Punkten einander berühren, während sie an andern Punkten mit einem flüssigen Leiter in Verbindung gesetzt werden. Eine solche geschlossene galvanische *Kette* nennt man eine *einfache Kette*. Man erhält eine solche *Kette* z. B., indem man zwischen eine Zink- und Kupferplatte ein feuchtes Papier einschleibt, jedoch so, dass sich die Platten noch an ihrem Rande berühren; oder indem man einen Zink- und Kupfer-Draht, oder solche Platten, in eine Flüssigkeit eintaucht, und ihre ausserhalb der Flüssigkeit befindlichen Theile sich berühren lässt; oder endlich sogar, indem man einer Zink- und Kupferplatte, die man an einem oder mehrerer Punkten zusammengelöthet

hat, ganz in die Flüssigkeit eintaucht. Durch die Berührung der heterogenen Metalle wird jetzt eben so gut El. entwickelt, als wenn die Kette offen, d. h. nicht durch eine Flüssigkeit geschlossen wäre. Indem nun, von der Berührungsstelle aus, + El. über das Zink hin durch den feuchten Leiter nach dem Kupfer, und - E. über das Kupfer durch den feuchten Leiter, nach dem Zink in *entgegengesetzter* Richtung sich ausbreitet, so finden diese entgegengesetzten Elektricitäten Gelegenheit, einander gegenseitig zu neutralisiren, und sie würden den Elektromotor im natürlichen Zustand zurücklassen, wenn dieser nicht, vermöge der beständig fortwirkenden elektromotorischen Kraft, von neuem El. entwickelte, in dem Maasse, als sich die früher entwickelten entgegengesetzten EE. neutralisirt haben. Diese neu entwickelten Elektricitäten bewegen sich in derselben Richtung wie zuvor: die positive nimmt ihren Weg über das Zink durch den feuchten Leiter nach dem Kupfer zu, die negative den entgegengesetzten über das Kupfer durch den feuchten Leiter nach dem Zink zu. Vermöge dieser immer sich erneuernden El. - Entwicklung findet eine *continuirliche Strömung entgegengesetzter Elektricitäten* von der Berührungsoberfläche aus nach entgegengesetzten Richtungen durch die Kette hindurch statt. Da man nicht bestimmt angeben kann, an welchen Stellen der Kette die Neutralisation der positiven und negativen El. vor sich geht, so stellt man die Sache so dar, als ob jeder einzelne Strom von der Berührungsstelle der Metalle aus einen vollkommenen Kreis durchlief, so dass der positive Strom von dieser Berührungsstelle aus durch das Zink, den feuchten Leiter und das Kupfer bis an die Berührungsstelle, wo er jedenfalls durch die entgegengesetzte negative El. vollständig neutralisirt worden seyn muss, zurück, und den entgegengesetzten negativen Strom von der Berührungsstelle der Metalle durch das Kupfer, den feuchten Leiter und das Zink bis an dieselbe

Berührungsstelle zurück, die er ebenfalls nicht überschreiten kann, seinen Weg nimmt. Man ist übereingekommen, immer blos die Richtung des *positiven* Stroms anzudeuten, so dass, wenn von dem Strom in der Kette die Rede ist, immer darunter die Richtung zu verstehen ist, in welcher sich die positive El. bewegt, wobei es sich dann von selbst versteht, dass die negative El. in der entgegengesetzten Richtung die Kette durchläuft \*).

In Beziehung auf *Umstände, die auf den Strom in der Kette Einfluss haben könnten*, ist Folgendes zu bemerken:

1) Da die Quantität der El., welche sich von der Berührungsoberfläche zweier heterogener Metalle aus gleichförmig verbreitet, nicht abhängig ist von der *Grösse* dieser Berührungsoberfläche (S. 680.), so ist es auch bei der einfachen Kette gleichgültig, ob sich die Metalle in vielen oder wenigen Punkten metallisch berühren.

2) Da die freie El. der Endglieder einer Reihe aus beliebigen Metallen sich immer so verhält, als ob sich diese Endglieder direct berührten und die Zwischenglieder gar nicht vorhanden wären, so muss dieses auch für die geschlossene Kette gelten, d. h., wenn die Endglieder durch einen feuchten Leiter verbunden werden, so erhält man denselben Strom, den man erhalten würde, wenn die Zwischenglieder gar nicht vorhanden wären. Wenn wir z. B. die Reihe haben:

---

\*) In der *dualistischen Theorie* der El., welche wir zu Grunde legen, ist es etwas rein conventionelles, wenn man unter dem *Strom in der Kette* diejenige Richtung verstanden wissen will, in welcher sich die positive El. bewegt. In der *Franklinschen Theorie* dagegen, welche nur Eine Art von El. annimmt, und die Erscheinungen der  $+$  El. von einem relativen Ueberschuss, die Erscheinungen der  $-$  El. aber von einem relativen Mangel dieser El. ableitet, liegt dieser Annahme etwas Reelles zu Grunde, insofern dieser

Zink }  
 Silber }  
 Eisen }  
 Kupfer }

in welcher alle Metalle auf einander liegen, ohne durch feuchte Leiter von einander getrennt zu seyn, so zeigt das Zink und Kupfer dieselbe El., wie wenn sie sich unmittelbar, ohne Dazwischenkunft von Silber und Eisen, berührten. Verbindet man daher das Zink und das Kupfer mittelst eines feuchten (durch die Klammer vorgestellten) Leiters, so wird man dieselbe Wirkung erhalten, wie wenn Zink unmittelbar auf Kupfer läge, und der Strom wird daher von Oben nach Unten, d. h. vom Zink durch den feuchten Leiter zum Kupfer gehen.

3) Da die entgegengesetzten Elektricitäten, wenn sie einander gegenseitig zu neutralisiren streben, immer vorzugsweise dem kürzesten und besten Leiter folgen, so wird es keinen merklichen Einfluss auf die Wirkung der geschlossenen Kette haben, wenn man z. B. ein metallisches Glied derselben mit dem Finger berührt; überhaupt hat man für die Isolation derselben nicht ängstlich Sorge zu tragen (vergl. S. 704. Anmerk.).

Hierdurch werden nun die verschiedenen Einrichtungen, die man einer Kette geben kann, ohne ihre Wirksamkeit zu ändern, verständlich.

Man kann z. B. eine Zink- und Kupferplatte an die Enden eines Drahts von beliebiger Natur und Länge befestigen und dann die Platten in ein mit leitender Flüssigkeit gefülltes Gefäß eintauchen: die Wirkung ist (n<sup>o</sup>. 1 und 2)

---

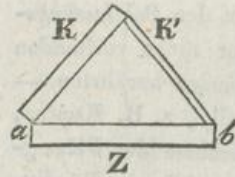
Theorie zufolge in der That an der Berührungsstelle des Kupfers und Zinks El. vom Kupfer in das Zink einströmt, und also nur Ein Strom, und zwar ein positiver, von der Berührungsstelle der Metalle aus durch das Zink, und den feuchten Leiter nach dem Kupfer zu die Kette durchläuft.



dieselbe, wie wenn dieser Draht, den man den *Schliessungsdraht* oder *Schliessungsbogen* nennt, gar nicht vorhanden wäre, und Zink und Kupfer direct einander berührten. — Man kann auch aus dem einen der Metalle, z. B. Kupfer, das Gefäss verfertigen, welches zur Aufnahme [der Flüssigkeit bestimmt ist, das andere (Zink) hierauf in die Flüssigkeit so eintauchen, dass es die Wandungen des Gefässes nicht berührt, und endlich die Verbindung beider Metalle (des kupfernen Gefässes und des Zinks) durch einen Draht herstellen.

Die elektroskopischen Anzeigen der einfachen (geschlossenen) Kette verhalten sich übrigens ganz so, wie die eines einfachen ungeschlossenen Elektromotors; d. h. ein Condensator wird durch die einfache geschlossene Kette eben so geladen, wenn man die eine Platte derselben mit dem Condensator berührt, während die andere mit dem Erdboden in Verbindung steht. Die Ursache hievon ist ohne Zweifel die, weil die Elektricitäten sich in den Metallen ohne Vergleich schneller entwickeln und über dieselben verbreiten, als sie sich durch den feuchten Leiter hindurch gegenseitig zu neutralisiren vermögen. — Von einer Platte einer geschlossenen einfachen Kette, deren andere Platte isolirt ist, erhält ein Condensator ebenso wenig merkliche El. mitgetheilt, als dieses bei dem ungeschlossenen Elektromotor der Fall ist.

Man könnte glauben, eine einfache Kette würde sich auch, anstatt durch eine Flüssigkeit, durch ein Metall schliessen lassen, und man würde auch so eine geschlossene Kette mit continuirlicher Strömung erhalten. Dass dieses aber unmöglich ist, zeigt eine einfache Betrachtung.



Wenn K und Z zwei sich bei a berührende Platten von Kupfer und Zink sind, und man bringt, statt eines schliessenden feuchten Leiters, einen kupfernen Verbindungsdraht K' an, der die Platten K, Z von einer andern Seite verbindet, so strömt der negative El., die sich von a über K und K' bewegt, eine gleich starke negative El. entgegen, die ihren Weg von b über K' und K nimmt; es kann also keine elektrische Strömung von a aus entstehen, denn weil die negative El., die von a über KK' sich bewegt, nicht durch eine in entgegengesetzter Richtung strömende positive El. neutralisirt wird, so hört alsbald die El. Entwicklung in a auf: es stellt sich, statt einer Strömung, vielmehr ein Gleichgewichtszustand in KK' her, vermöge dessen das ganze System KK' einen gleichförmigen fixen Zustand von negativer El. behaupten muss. Aus demselben Grunde muss auch Z einen fixen positiv-elektrischen Zustand annehmen. Dieser Schluss ergibt sich übrigens für diesen Fall schon ganz einfach daraus, dass KK' als eine einzige Kupferplatte zu betrachten ist, welche Z in a und b berührt, da wir wissen, dass es in Beziehung auf die gleichförmig sich ausbreitende El. gleichgültig ist, ob zwei heterogene Metalle in einem oder in mehreren Punkten einander berühren. Gesetzt aber auch, K' wäre nicht Kupfer oder Zink, sondern irgend ein anderes beliebiges Metall, so würde dennoch der gleiche Schluss gelten, da, wie wir wissen, es gleichgültig ist, ob die Platte Z von der Platte K unmittelbar, oder durch Vermittlung des Metalls K' berührt wird. Nur desswegen, weil die elektromotorische Wirkung der Flüssigkeiten auf die Metalle als Null betrachtet werden kann, können wir mit Hülfe solcher Flüssigkeiten wirksame geschlossene Ketten bilden. Sollte eine elektromotorische Wirkung der Flüssigkeiten auf

die Metalle wirklich statt finden, so müsste nothwendig die bisher aufgestellte Theorie modificirt werden, da die Wirksamkeit solcher mit Flüssigkeiten gebildeter geschlossener Ketten eine Thatsache ist.

Auf gleiche Weise, wie sich ein einfacher Elektromotor durch eine Flüssigkeit zur Kette schliessen lässt, kann auch eine Säule dadurch zur Kette geschlossen werden, dass man ihre Pole durch einen feuchten Leiter mit einander verbindet. Die Elemente der Säule bilden dann *eine in sich selbst zurücklaufende Reihe*. Der einfachste Fall einer solchen geschlossenen Säule wäre der, wenn man die Säule kreisförmig biegen würde, so dass sich ihre Pole berührten, und nun zwischen beide den feuchten Leiter einbrächte. Dieselbe Wirkung wird aber, da ein solches Biegen der Säule nicht wohl ausführbar wäre, dadurch hervorgebracht, dass man den Zinkpol der Säule in einen Zinkdraht, den Kupferpol in einen Kupferdraht sich endigen lässt und nun beide Drähte in ein gemeinschaftliches Gefäss mit Flüssigkeit, in welcher sie sich nicht berühren, leitet. Hier geht dann, wie vorhin, der Zinkpol der Säule in den Kupferpol derselben mittelst eines feuchten Leiters über; denn man hat:

Kupferplatte, Zinkplatte und Zinkdraht } Flüssigkeit;  
Zinkpol

Kupferdraht und Kupferplatte, } Zinkplatte, feuchter Leiter  
Kupferpol

u. s. f. Man hat selbst nicht einmal nöthig, den Zinkpol mit einem Zinkdraht, den Kupferpol mit einem Kupferdraht in Verbindung zu setzen, sondern man kann, wie dieses auch gewöhnlich geschieht, beide Polplatten mit Drähten von irgend einem Metall in Verbindung setzen und dann diese Drähte in die Flüssigkeit leiten. Sind z. B. diese Drähte Kupfer, so wird, wenn der Zinkpol der obere, der Kupferpol der untere Pol der Säule ist, das oberste Plattenpaar der Säule unwirksam werden, denn es wird jetzt:

Kupfer, Zink, Kupferdraht; seine El. wird daher = Null, da es in demselben Fall ist, als wenn Kupfer Kupfer berührte. Der unter dem obersten Plattenpaar befindliche feuchte Leiter leitet mithin die von den unteren Plattenpaaren mitgetheilte El. durch das oberste Plattenpaar und den Kupferdraht, welche beide selbst jetzt als *blosse Leiter* wirken, der Flüssigkeit zu, in welche der Draht eintaucht. Der mit der Kupferplatte des Kupferpols in Verbindung gesetzte Kupferdraht ist als eine Verlängerung der Kupferplatte zu betrachten, und hat keine besondere Wirkung. — Ist das Metall weder aus Kupfer, noch aus Zink, so fragt es sich, welche Art von El. dasselbe durch seine Berührung mit Kupfer und Zink entwickelt. Wird es z. B. durch seine Berührung mit Kupfer + elektrisch, so wird das oberste Plattenpaar der Säule wirksam bleiben, weil der Metalldraht dann gerade wie Zink selbst wirkt: wird es aber in Berührung mit Kupfer — elektrisch, so wird die dem positiven Pol von unten herauf zugeführte + El. durch die von dem Metall entwickelte — El. geschwächt werden u. s. f. Man sieht aber leicht ein, dass wenn eine Säule aus einer *grossen* Anzahl von Plattenpaaren besteht, die durch die besondere Beschaffenheit der Drähte herbeigeführte Schwächung des Stroms ganz bei Seite gesetzt werden kann. —

Sofern man die Säule auf die angeführte Weise durch Drähte schliesst, welche man in eine gemeinschaftliche Flüssigkeit leitet, nennt man diese Drähte *Leitungs- oder Schliessungs-Drähte*.

Man kann sogar — und es geschieht dieses häufig — die Säule auf die Weise schliessen, dass man ihre Pole mittelst eines zusammenhängenden metallischen Schliessungsdrahtes verbindet, ohne zwischen dieselben einen feuchten Leiter einzuschieben. Hierdurch wird dann die Wirkung Eines Plattenpaares vernichtet; denn wenn das oberste Plattenpaar in Zink, mithin das unterste in Kupfer sich endigt, so hat

man von oben nach unten: Kupfer, Zink, Draht, Kupfer, Zink; es ist also gerade so, als ob das Kupfer des obersten Plattenpaares das Zink des untersten unmittelbar berührte. Die Wirkung würde in diesem Fall ganz die gleiche seyn, wenn man hätte: Kupfer, Draht, Zink, und man könnte daher die Zinkplatte des obersten, und die Kupferplatte des untersten Plattenpaares, als überflüssig, ganz weglassen.

Eine bequeme Vorrichtung für die geschlossene Säule ist der sogenannte *Becherapparat*.

Man stellt eine Reihe mit leitender Flüssigkeit gefüllter Becher in einem Kreis auf, und taucht in jeden einzelnen Becher eine Zink- und eine Kupferplatte, die sich innerhalb desselben nicht berühren; die Zinkplatte eines Bechers wird mit der Kupferplatte des ihr am nächsten stehenden, und die Kupferplatte mit der Zinkplatte des auf der entgegengesetzten Seite ihr am nächsten stehenden Bechers metallisch, z. B. durch Drähte in Verbindung gesetzt. So enthält also jedes Gefäß die entgegengesetzten Hälften zweier verschiedenen Elektromotore, und zwischen je zwei Elektromotoren findet sich leitende Flüssigkeit. Diese Vorrichtung repräsentirt daher in der That die zu einem Kreis umgebogene und durch ihre Pole mittelst eines feuchten Zwischenleiters geschlossene Säule. Man kann sich auch statt der mit Drähten in Verbindung gesetzten Platten, bogenförmig gekrümmter Streifen bedienen, deren eine Hälfte aus Zink, die andere aus Kupfer besteht, und deren heterogene Schenkel jedesmal in zwei auf einander folgende Becher, immer in derselben Ordnung, eingesetzt werden.

Es ist klar, dass eine geschlossene *Säule* nichts anderes als eine *Vervielfachung* des Stroms bewirkt, denn für jedes einzelne Element derselben, d. h. für jeden einfachen, aus zwei heterogenen Metallen bestehenden Elektromotor wirkt die Gesamtheit der übrigen Elemente als schliessen-

der Leiter, und indem jedes Element für sich einen Strom nach derselben Richtung, wie jedes andere, hervorbringt, setzen sich diese Ströme zu einem einzigen zusammen, der je nach der Anzahl der Plattenpaare der Säule, welche den geschlossenen Kreis bilden, der doppelte, dreifache u. s. f. an Stärke von demjenigen werden kann, den eine einfache geschlossene Säule hervorgebracht haben würde, *wobei jedoch nicht als ausgemacht anzunehmen ist, dass die Stärke des Stroms wirklich in geradem Verhältniss mit der Anzahl der Plattenpaare zunehme, indem es möglich wäre, dass der verlängerte Weg, den der Strom jedes einfachen Plattenpaars in der zusammengesetzten voltaschen Säule zu durchlaufen hat, seine Intensität so schwächte, dass der Strom einer geschlossenen Säule aus  $n$  Plattenpaaren in der That nicht auch die  $n$  fache Stärke von dem Strom einer einfachen Kette hätte.* Hierauf kommen wir später zurück.

*Elektroskopische Wirkungen der geschlossenen Säule.*

So wie ein Condensator, der an den Pol einer an beiden Polen isolirten *ungeschlossenen* Säule angebracht wird, sich, zumal wenn die Anzahl der Plattenpaare der Säule gering ist, unwirksam zeigt (vergl. S. 701.), so kann um so viel weniger der an einen Pol einer an beiden Polen isolirten *geschlossenen* Säule angebrachte sich wirksam zeigen, weil in einer solchen die in entgegengesetzter Richtung strömenden ungleichnamigen Elektricitäten beständig gegenseitig sich auszugleichen streben.

Setzt man dagegen irgend eine Platte einer geschlossenen Säule mit dem Erdboden in Verbindung, und irgend eine andere beliebige Platte derselben mit dem Condensator, so ladet jede solche Platte den Condensator mit der ihr zukommenden El.; aber die Intensität, welche eine Platte dem Condensator mittheilt, bleibt immer dieselbe, wie die, welche jede andere demselben mittheilt, und sie ist nicht grö-

ser, als die Intensität, welche der Condensator von einem einzelnen Plattenpaare, dessen beide Platten mit dem Erdboden in Verbindung sind, ebenfalls erhalten würde. Durch die Schliessung verschwindet nemlich ein sehr grosser Theil der nach aussen wirksamen Elektricitäten der Säule vermöge der in den entgegengesetzten Strömungen erfolgenden Ausgleichung.

Wenn man eine gewisse Anzahl Glieder in der Mitte einer Säule durch einen Metalldraht schliesst, so verhält sich die Spannung an den Polen einer solchen Säule gerade so, als wenn diese durch den Draht geschlossenen Glieder gar nicht vorhanden wären.

Eine besondere Betrachtung verdienen noch die elektroskopischen Erscheinungen an einer Säule, deren Pole durch einen *unvollkommenen* Leiter, namentlich eine Flüssigkeit, mit einander in Verbindung gesetzt werden. — Leitet entweder die die Pole verbindende Flüssigkeit an sich schlechter, als die Flüssigkeiten zwischen den übrigen Plattenpaaren, oder leistet überhaupt der die Pole verbindende feuchte Leiter, sey es nun wegen der schlechteren Leitung der Flüssigkeit, oder vermöge anderer Verhältnisse, z. B. seiner grösseren Längenausdehnung u. s. f., dem Durchgang der El. einen grösseren Widerstand, so werden sich die Elektricitäten an den Polen der Säule anhäufen, die Pole werden daher freie El. zeigen, und eine solche durch einen feuchten Leiter geschlossene Säule wird sich, was die elektroskopischen Erscheinungen betrifft, in demselben Maasse der nicht geschlossenen mehr nähern, je grösser der Widerstand in dem schliessenden feuchten Leiter ist. Gerade dieser Fall aber hat für den Chemiker ein besonders grosses Interesse, denn da, wo die Säule zur Zersetzung chemischer Verbindungen angewendet wird, bringt man diese Verbindungen zwischen die Pole derselben ein, und sie stellen den unvollkommen schliessenden Leiter dar, in welchem

der Durchgang der Elektricitäten in der Regel einen grösseren Widerstand erfährt, als an den übrigen Stellen der Säule.

In allen diesen Fällen, wo, vermöge der unvollkommenen Schliessung, die Säule freie El. an ihren Polen zeigt, erstreckt sich diese freie El. (die mit der freien El. der Pole einer ungeschlossenen Säule gleichen Ursprung hat und nicht mit der strömenden El. zu verwechseln ist, welche letztere, wegen ihrer in jedem Augenblick durch die in entgegengesetzter Richtung strömende El. erfolgenden Neutralisation, auf das Elektrometer keine Einwirkung zeigt) bis auf eine gewisse Strecke weit mit abnehmender Stärke in den schliessenden feuchten Leiter selbst hinein, der daher in seiner Mitte einen Indifferenzzustand zeigt. Volta und Ermann haben dieses Verhalten durch Versuche nachgewiesen. Die Pole einer isolirten mit Salzwasser geschichteten Säule wurden durch einen langen, mit reinem Wasser (welches viel schlechter, als Salzwasser leitet) getränkten Papierstreifen, oder durch eine befeuchtete hanfene Schnur in Verbindung gesetzt. Die mit dem + Pol in Verbindung stehende Hälfte des Papierstreifens oder der Schnur, zeigte mit dem condensirenden Elektroskop geprüft, + El., deren Intensität von dem Pol an gegen die Mitte des Streifens oder der Schnur abnahm; eben so zeigte die mit dem - Pol in Verbindung stehende Hälfte, von diesem Pol gegen die Mitte des Streifens oder der Schnur abnehmende - El.; die Mitte selbst befand sich in neutralem Zustand. Wird aber das Ausströmen der El. an der einen Hälfte des Streifens dadurch erleichtert, dass man diese Hälfte, vorzugsweise vor der andern, in einen bessern Leiter verwandelt, indem man auf erstere z. B. einige Tropfen einer Salzauflösung bringt, die besser als blosses Wasser leitet, so wird auch die elektrische Ladung dieser Hälfte in gleichen Abständen von den Polen stärker als die der andern, und der neutrale Punkt nä-



hert sich mehr dem entgegengesetzten Pol. Wird die Säule, anstatt an ihren beiden Polen isolirt zu seyn, mit dem einen ihrer Pole mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, so fällt der neutrale Punkt an diesen Pol selbst, und der ganze übrige Theil des Streifens zeigt die Elektrizität des isolirt bleibenden Pols mit einer nach diesem Pol hin von dem neutralen abgeleiteten Pol an progressiv zunehmenden Stärke der Ladung.

*Uebrigere Wirkungen der geschlossenen Kette und Säule.*

Ausser den elektroskopischen Wirkungen, welche hauptsächlich die *unvollkommen* geschlossene Säule noch zeigt, kommen der geschlossenen Säule überhaupt folgende Wirkungen zu:

- 1) *Elektromagnetische*, d. h. Wirkungen auf Magnetnadeln, die sich ausserhalb des Schliessungskreises der Kette befinden. — Von diesen wird blos in so weit die Rede seyn, als wir mit denselben bekannt seyn müssen, um andere Wirkungen gehörig würdigen zu können.
- 2) *Elektrodynamische*, d. h. Wirkungen, die sich auf Bewegungen beziehen, in welche die verschiedenen Theile der festen und flüssigen Leiter, welche die Kette schliessen, gerathen, wenn sie in gewisse Verhältnisse zu einander gesetzt werden. — Von diesen Wirkungen wird, weil sie unserem Gegenstand zu entfernt liegen, nicht die Rede seyn.
- 3) *Physiologische*, d. h. Wirkungen auf lebende oder kurz vorher getödtete Thiere, Wirkungen die sich z. B. in einer Empfindung von Schlägen äussern, wenn man die beiden Pole einer etwas starken Säule mit gut befeuchteten Händen berührt, so dass nun die Säule durch die Organe des Körpers geschlossen wird. — Auch diese Wirkungen werden hier nicht specieller betrachtet werden.
- 4) Wirkungen, die sich auf *Glühungs-* und *Verbrennungs-Erscheinungen* beziehen, Wirkungen, die sich z. B.

zeigen, wenn ein einziges *grosses* Plattenpaar, oder eine Säule aus grossen Platten durch einen dünnen, nicht zu langen Metalldraht geschlossen wird, wobei dieser ins Glühen kommt, und sofern er mit dem Sauerstoff unter diesen Umständen verbindbar ist, wirklich verbrennt. — Diese Wirkungen werden wir hier betrachten.

5) *Chemische*, d. h. solche Wirkungen, welche sich hauptsächlich auf die Zersetzung chemisch verbundener Körper, jedoch auch auf chemische Verbindungen von Körpern beziehen. — Diesen *chemischen* Wirkungen der geschlossenen Kette werden wir ganz besonders unsere Aufmerksamkeit widmen.

Bevor wir jedoch zu einer Betrachtung der genannten Wirkungen der geschlossenen Kette übergehen können, ist es nöthig, die Umstände kennen zu lernen, von welchen die Wirksamkeit galvanischer Ketten überhaupt abhängt. Um aber den Einfluss gewisser Umstände auf die Wirksamkeit der Säule bestimmen zu können, brauchen wir vor Allem ein Mittel, durch welches die relative Stärke des Stroms, oder vielmehr die Kraft, die der Strom hinsichtlich der einen oder der andern der angeführten Wirkungen äussert, in einer geschlossenen Kette sich erkennen lässt. Haben wir dann ein *Maass* für die Kraft gefunden, welche der Strom hinsichtlich irgend einer seiner Wirkungen äussert, so bleibt noch übrig zu untersuchen, ob die hinsichtlich *einer* Wirkung des Stroms erhaltenen Resultate sich auch auf die übrigen Wirkungen desselben übertragen lassen?

*Maasse für die Stärke des Stroms.*

Fast alle Arten von Wirkung des Stroms hat man versucht als *Maasse* für die Stärke desselben anzuwenden:

1) *Physiologische*, und unter diesen namentlich die relative Heftigkeit der Zuckungen, welche organische Individuen erfahren, durch welche man den Strom hindurchgehen

hen lässt. Es ist klar, dass diese Wirkungen schon wegen der Veränderlichkeit der Reizbarkeit viel zu unbestimmt sind, um als Maasse für die Stärke des Stroms gebraucht werden zu können. Ueberdiss würde diese relative Heftigkeit der Zuckungen selbst ihrer Grösse nach nicht mit einiger Genauigkeit bestimmt werden können.

2) *Glühungserscheinungen.* Man beobachtet die verschiedenen Drahtlängen, welche eine und dieselbe Kette ins Glühen zu versetzen oder zu verbrennen vermag, indem man mit Sicherheit schliessen kann, dass der Strom derjenigen Kette der stärkere ist, bei welcher eine grössere Länge Draht von demselben Metall und derselben Dicke, wenn die Kette damit geschlossen wird, diese Wirkung in gleichem Grade erfährt. — Diese Methode lässt sich jedoch a) nur bei starken Ketten anwenden, da schwache gar keine Glühungserscheinungen hervorzubringen vermögen, b) gibt sie keine genau vergleichbaren Resultate, weil, wie wir später sehen werden, mit der Länge des Drahts auch der Widerstand wächst, welcher der Bewegung des Stroms sich entgegensetzt. Wenn daher z. B. eine Kette eine doppelt so grosse Drahtlänge (von der gleichen Beschaffenheit und Dicke) ins Glühen bringt, als eine andere, so ist die Stärke des Stroms der ersteren doch nicht doppelt so gross, sondern mehr als doppelt so gross, weil der Strom der ersteren vermöge der grösseren Drahtlänge einen stärkeren Widerstand zu überwinden hat, als der Strom der letzteren.

3) *Chemische Wirkungen.* Man vergleicht entweder die Mengen von Gas, welche verschiedene Ketten in derselben Zeit durch Wasserersetzung entwickeln, oder man vergleicht die Zeiten, welche erforderlich sind, um die gleiche Menge von Gas zu entwickeln. — In einigen Fällen ist diese Methode anwendbar, in den meisten jedoch gibt auch sie keine vergleichbaren Resultate. Fürs erste findet sie bei der einfachen Kette keine Anwendung, weil hier die Gas-

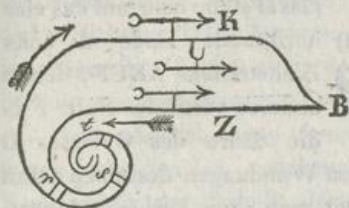
entwicklung gar zu langsam von statten geht; aber auch bei Säulen ist sie wenig anwendbar, weil, wie wir bald sehen werden, die Wirksamkeit geschlossener Säulen in einem fortwährenden Abnehmen begriffen ist. Nur dann, wenn dieses Verfahren in solchen Fällen angewandt wird, wo die Wirksamkeit der Säule *eine etwas längere Zeit hindurch* sich nicht merkbar ändert, wie dieses in den spätern Perioden der Wirksamkeit galvanischer Ketten der Fall ist, kann sie einigermaassen brauchbar seyn.

4) *Elektromagnetische Wirkungen.* Wir werden bald sehen, dass nur diese allein ein sicheres Maass für die Stärke des Stromes abgeben, und wollen uns daher vor Allem mit der Erörterung dieser Wirkungen selbst beschäftigen.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass eine Magnetnadel, wenn sie, auf einem Stifte schwebend, oder an einem feinen Faden aufgehängt, sich selbst überlassen wird, stets eine fixe Richtung annimmt, welche ziemlich von Süden nach Norden geht, und die man *die Richtung des magnetischen Meridians* nennt. Wird eine solche Nadel aus dieser ihrer Richtung abgelenkt, so kehrt sie durch eine Reihe von Oscillationen von selbst wieder darein zurück, woraus erhellt, dass sie durch eine gewisse Kraft, welche die Richtung des magnetischen Meridians hat, in dieser Richtung erhalten zu werden strebt. Dieser Kraft legt man den Namen *der magnetischen Erdkraft* bei.

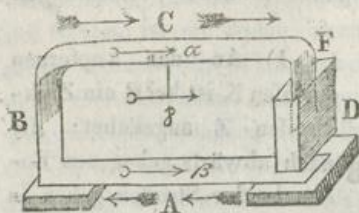
Spannt man nun über oder unter eine solche Nadel, die durch die Wirkung der magnetischen Erdkraft die Richtung des magnetischen Meridians angenommen hat, den Schliessungsdraht oder irgend einen andern Theil einer einfachen oder zusammengesetzten, hinlänglich wirksamen geschlossenen Kette aus, so wird man sehen, dass die Nadel ihre Richtung verlässt, und nach einigen Oscillationen unter einem gewissen Winkel gegen den magnetischen Meridian stehen bleibt.

Dieses lässt sich durch folgende einfache Vorrichtungen nachweisen.



1) An den kupfernen Streifen K ist bei B ein Zinkstreifen Z angelöthet; die nach abwärts gebogenen Enden beider Streifen gehen in Spiralen aus, die in einander greifen, jedoch durch

dazwischen gelegtes Holz oder Siegellack (durch r, s, t in der Figur angedeutet) an metallischer Communication verhindert werden. Sowohl über dem Kupferstreifen als über dem Zinkstreifen befinden sich Spitzen, auf welchen sich Magnetnadeln schwebend anbringen lassen, auch ist am obern Streifen ein Häkchen angebracht, um *unter* demselben eine Magnetnadel an einem seidenen Faden schwebend zu erhalten. Wird dieser Apparat so auf einen Untersatz gesetzt, dass die spiralförmige Endigung zur Seite herabreicht, und lässt man diese Endigung in ein Gefäss mit verdünnter Säure (welche viel besser, als reines Wasser, die El. leitet) tauchen, so hat man die Anordnung einer geschlossenen einfachen Kette, indem die in B entwickelte + El. des Zinks über den Zinkstreifen hin, durch die verdünnte Säure hindurch, in den Kupferstreifen (nach der in der Figur angedeuteten Richtung der Pfeile) strömt, und bei ihrer Wiederankunft in B ihren Kreis vollendet. Dieser positiven El. entgegen, strömt - El.; die der Kupferstreifen in B entwickelt, über den Kupferstreifen durch die verdünnte Säure in den Zinkstreifen ein und vollendet ihren Kreis ebenfalls in B. Man bezeichnet aber, wie schon oben angeführt wurde, *blos* den Strom der *positiven* El., welcher vorzugsweise den Namen *Strom* führt, und sieht vom Strom der negativen El. ganz ab.



2) Ein kupfernes mit verdünnter Säure gefülltes Gefäss D stelle man auf das eine horizontale Ende A eines Zinkstreifens ABCF, dessen anderes verticales Ende F in die Säure des Gefässes D eintaucht, ohne die metallischen Wandungen desselben selbst zu berühren. Bei  $\alpha, \beta, \gamma$ , bringt man, wie vorhin, Magnetnadeln an. Es ist zweckmässig, den Zinkstreifen breiter als die Länge der Magnetnadeln zu nehmen, so dass diese, auch bei ihrer grössten Abweichung, nicht über den Zinkstreifen hinausreichen. — Hier ist das kupferne Gefäss D der eine, der Zinkstreifen der andere Elektromotor; die Elektrizitäts-Erregung geschieht an der Stelle, wo das kupferne Gefäss D mit dem Zinkstreifen in metallischer Berührung ist, d. h. wo es auf dem Zinkstreifen aufruht; der Strom bewegt sich von da über A, B, C, F durch die verdünnte Säure hindurch nach dem Metall des Gefässes D.

Wird nun der eine oder andere dieser Apparate in die Richtung des magnetischen Meridians, d. h. so gestellt, dass die Streifen, auf denen die Nadeln angebracht sind, mit der Richtung dieser Nadeln parallel sind, so erfolgt im Augenblick, wo der Kreis geschlossen wird, d. h. im Augenblick, wo man Säure in das Gefäss D giesst, eine mehr oder weniger starke Ablenkung der Magnetnadel.

Diese Ablenkung wird durch eine vom Schliessungsbogen ausgehende Kraft bewirkt, welche die Magnetnadel senkrecht auf die Richtung dieses Schliessungsbogens oder des denselben durchlaufenden Stroms zu drehen strebt und in diese Richtung wirklich drehen würde, wenn nicht die magnetische Erdkraft, welche die Nadel im magnetischen Meridian zu erhalten strebt, ihr entgegenwirkte, so dass die Magnetnadel stets, vermöge des zusammengesetzten Ein-

flusses beider Kräfte auf sie, in einer Lage stehen bleibt, welche zwischen den magnetischen Meridian (in welchem wir den Strom laufend annehmen) und die auf demselben senkrechte Richtung fällt, letzterer aber sich um so mehr nähert, je grösser die Wirksamkeit des elektrischen Stroms im Verhältniss zur magnetischen Erdkraft ist.

Dass wirklich diese Annahme einer vom Schliessungsbogen ausgehenden, senkrecht auf denselben wirkenden Kraft richtig sey, erhellt daraus, dass wenn man einen der angeführten Apparate so stellt, dass seine Längenrichtung, mithin die Richtung des Stroms, *gleich Anfangs* senkrecht ist auf der des magnetischen Meridians, und dass mithin die Pole der Nadeln nach den Seiten des Drahts liegen, nach welchen sie der Strom selbst zu drehen streben würde, der Strom keine ablenkende Wirkung mehr auf dieselben äussert, welches nur unter der Bedingung möglich ist, dass diese sich schon in der Richtung, in welcher die Kraft wirkt, selbst befinden.

Hinsichtlich der *Seite*, nach welcher die Nadel abgelenkt wird, gilt, der Erfahrung zufolge, folgende durchaus allgemein gültige Regel. *Denkt man sich einen Beobachter in der Richtung des Stroms so liegend, dass der (positive) Strom zu seinen Füssen ein, und zu seinem Kopfe austritt, und dass sein Gesicht der Magnetonadel zugekehrt ist, so wird der Nordpol der Nadel, d. h. dasjenige ihrer Enden, welches sie, sich selbst überlassen, nach Norden kehrt, jedesmal nach seiner linken Hand abweichen.*

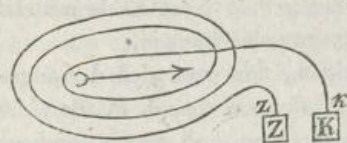
Zufolge dieser Regel wird daher, bei der unter n<sup>o</sup>. 2. so eben beschriebenen Vorrichtung, der Strom, welcher den Theil A, und der Strom, welcher den Theil C des Schliessungsbogens durchläuft, die bei *a* angebrachte Nadel nach *entgegengesetzten* Richtungen abzulenken streben, weil die Nadel *a* über den beiden Theilen C und A des Schliessungsdrahts sich befindet, und diese beiden Theile C und A von dem

Strom nach *entgegengesetzten* Richtungen durchlaufen werden; nur wird der Strom, welcher den Theil C durchläuft, weil er der Nadel bei  $\alpha$  näher ist, als der Strom, welcher den Theil A durchläuft, das Uebergewicht über den letzteren erhalten, und mithin die Nadel bei  $\alpha$  doch nach der Richtung abgelenkt werden, nach welcher sie der den Theil C durchlaufende Strom abzulenken strebt. Es ergibt sich aber ferner aus derselben Regel, dass wenn man *zwischen* C und A, bei  $\gamma$ , eine Magnetaadel aufhängt, die sich mithin *über* dem Theil A und *unter* dem Theil C befindet, diese von dem Strom, welcher A, und von dem Strom, welcher C durchläuft, nach der *gleichen* Richtung abgelenkt wird. Die Nadeln bei  $\beta$  und  $\alpha$  nemlich werden, die erstere durch den Strom in A, die letztere durch den Strom in C nach *entgegengesetzten* Richtungen abgelenkt, da die erstere über B, und die letztere über C sich befindet, der Strom in A aber die entgegengesetzte Richtung hat von dem Strom in C; die Nadel bei  $\gamma$  dagegen wird durch den Strom in C nach einer Richtung abgelenkt, welche derjenigen ebenfalls *entgegengesetzt* ist, nach welcher die Nadel bei  $\alpha$  abgelenkt wird, weil die Nadel  $\gamma$  *unter*, die Nadel  $\alpha$  dagegen *über* C sich befindet; mithin wird die Nadel bei  $\gamma$  durch den Strom in A nach derselben Richtung abgelenkt, wie durch den Strom in C. — Dieses folgt übrigens aus der oben angeführten Regel ganz unmittelbar. Wenn nemlich untersucht werden soll, welche Abweichungsrichtung die Magnetaadel in  $\gamma$  durch den Strom in A erhält, so muss nach obiger Regel der Beobachter sich auf den Streifen A so legen, dass sein Bauch und Gesicht nach oben, nemlich der Nadel  $\gamma$  zugewendet wird, seine Füße aber gegen D zu, (an welcher Seite der Strom einströmt), sein Kopf nach der Seite B hin zu liegen kommt; dann weicht der Nordpol der Nadel nach seiner *Linken* ab. Soll dagegen die Abweichungsrichtung, welche die Magnetaadel in  $\gamma$  durch den Strom in C erhält, untersucht werden, so muss sich der Beobachter, Bauch und Gesicht nach unten, (nemlich nach der Magnetaadel in  $\gamma$



zu, die Füsse gegen B, den Kopf nach F zugekehrt, auf den Streifen C legen, und der Nordpol der Magnetnadel wird dann wieder nach seiner Linken abweichen, und es ist klar, dass die Abweichungs-Richtung in beiden Fällen dieselbe ist.

Dieses letztere Resultat ist von sehr grosser Wichtigkeit, denn es gibt uns ein Mittel an die Hand, die Wirkung eines und desselben Stroms auf die Nadel fast ins Unbestimmte zu vervielfachen. Anstatt nemlich einen Schliessungsbogen bloß Einmal um die Nadel herum zu führen, wie es bei der zuletzt beschriebenen Vorrichtung der Fall ist, ist es bloß nöthig, diese Windungen öfters zu wiederholen, jedoch auf eine solche Weise, dass zwischen den einzelnen Windungen keine leitende Gemeinschaft sey; in die Mitte dieser Windungen eine Magnetnadel schwebend anzubringen, an das eine Ende k des Schliessungsdrahtes eine Kupferplatte K, an



das andere Ende z aber eine Zinkplatte Z zu befestigen, und beide Platten durch ein Gefäß mit leitendem Wasser oder verdünnter Säure oder durch

eine feuchte Scheibe in Verbindung zu setzen. Wir wissen (vergl. S. 689.), dass, von welcher Natur auch der gewundene Schliessungsdraht seyn mag, doch die von den Platten ausströmende El. von derselben Beschaffenheit ist, als wenn sich die Platten direct berührten. In Beziehung auf die Platte Z kann man sich daher vorstellen, als ob der ganze Schliessungsdraht eine blosse Fortsetzung der Platte K, d. h. als ob er von Kupfer sey, und als ob mithin die Kupferplatte K die Zinkplatte Z in z berühre; dann wird mithin der positive Strom von der Platte Z aus seinen Weg durch den feuchten Leiter nach der Kupferplatte K hin und durch diese und den Schliessungsdraht zurück nach z durchlaufen. In Beziehung auf die Platte K aber können wir uns vorstellen, als wäre der ganze Schliessungsdraht eine blosse Verlängerung

der Zinkplatte Z, mithin selbst von Zink, und als würde die Kupferplatte K von der Zinkplatte Z in k berührt. Der negative Strom geht mithin von der Kupferplatte K aus durch den feuchten Leiter nach Z, durch den Schliessungsdraht hindurch, und vollendet seinen Weg bei seiner Ankunft in k. Da wir jedoch blos den positiven Strom berücksichtigen und diesen vorzugsweise *Strom* nennen, so bewegt sich in diesem Fall der Strom von der Zinkplatte Z aus durch den feuchten Leiter, die Kupferplatte und den Schliessungsdraht zurück nach z, und wird mithin so oft an der Nadel vorbeigehen müssen, als der Schliessungsdraht Windungen hat, und seine Wirkung auf die Nadel wird sich mithin in entsprechendem Maasse vervielfältigen. Es versteht sich übrigens von selbst, dass so wie man durch den Schliessungsdraht die beiden Platten eines einfachen Elektromotors mit einander verbinden kann, ebenso die beiden Pole einer Säule mittelst desselben in Verbindung gesetzt werden können.

Es erhellt aus dem Bisherigen, dass man sich der angegebenen Vorrichtung als eines *Galvanoskops*, d. h. als eines Mittels bedienen kann, zu erforschen, ob zwei gegebene Substanzen durch ihre Berührung El. erregen. Man darf zu dem Ende blos jede einzelne Substanz an einer Stelle, die eine mit dem einen, die andere mit dem andern Ende des gewundenen Drahts, innerhalb dessen eine Magnetonadel aufgehängt ist, in Verbindung setzen, und beide zugleich an einer andern Stelle durch einen feuchten Leiter mit einander verbinden: erregen sie wirklich durch ihre wechselseitige Berührung Elektrizität, so wird diese den geschlossenen Kreis durchlaufen, und im Vorbeigehen bei der Magnetonadel auf diese ihre ablenkende Wirkung äussern, auch wenn die erregte El. nur sehr schwach ist. Die Richtung, nach welcher der Nordpol der Nadel abgelenkt wird, gibt dann zugleich mit Hülfe der oben angeführten Regel zu erkennen, welche der beiden Substanzen positiv und welche negativ

elektrisch wird. — Um mittelst dieser Vorrichtung, welche nach ihrem Erfinder Schweigger's *elektromagnetischer Multiplicator* genannt wird, lässt sich daher die strömende El. bei solchen Graden der Schwäche wahrnehmbar machen, bei welchen sie nur durch sehr empfindliche Froschpräparate hätte entdeckt werden können, vor denen sie übrigens aus leicht einleuchtenden Gründen den Vorzug verdient.

Hinsichtlich der Einrichtung des Multiplicators selbst beschränke ich mich hier auf wenige Bemerkungen. Um die Windungen des Drahts von einander zu isoliren, damit nemlich die Elektrizität nicht von einer Windung zur andern der Queere nach übergehen könne, wodurch ein wiederholtes Vorbeigehen des Stroms bei der Nadel verhindert würde, ist es bei den schwachen El.-Graden, die hier in Betracht kommen, hinreichend, den Draht seiner ganzen Länge nach mit Seide dicht zu überspinnen, worauf dann die Windungen einander unmittelbar decken können, ohne dass eine el. Communication zwischen ihnen statt fände. Die Enden des Multiplicatordrahts, die mit den Elektromotorplatten in Verbindung gesetzt werden, sind nicht mit Seide umspinnen. Die Zahl der Windungen betreffend, so hat die im Allgemeinen vortheilhafte Vervielfältigung derselben doch auch ihre Grenzen. Theils würden nemlich, bei einer ins Unbestimmte gehenden Vervielfältigung der Windungen, die letzten Windungen zu entfernt von der Nadel zu liegen kommen, um noch eine merkliche Wirkung auf dieselbe zu äussern, theils wird, wie wir später sehen werden, der Widerstand, den der Strom in seiner Bewegung erfährt, um so grösser, je grösser die Länge des Leiters ist, so dass die mit der Zahl der Windungen zunehmende Länge des Drahts die Vortheile der vermehrten Anzahl der Windungen compensiren kann. Dieses kann in manchen Fällen so weit gehen, dass die Anwendung des Multiplicators nicht nur keinen Vortheil, sondern selbst Nachtheil mit sich führt. — Für die gewöhn-

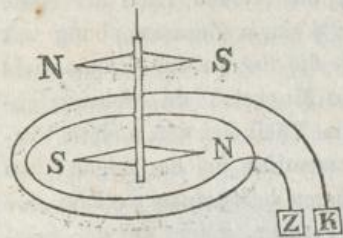
lichen Anwendungen windet man den Draht 60 bis 80 mal um die Nadel. — Es ist vortheilhaft, die Windungen nicht alle in einer Vertical-Ebene über und unter der Nadel aufzuwickeln, sondern in einer gewissen Breite rechts und links von derselben zu winden, damit nicht die Wirkung des Drahts in dem Maasse, als die Nadel abgelenkt wird, wegen Entfernung der Enden der Nadel sich schwäche. Am besten bedient man sich eines kupfernen oder übersilberten Drahts, weil dieser die El. am besten leitet, ungefähr von der Dicke des Klaviersaitendrahts. Uebrigens ist es an sich ganz gleichgültig, von welcher Beschaffenheit der Multiplikatordraht seyn mag, und die Wirkung der Elektromotorplatten bleibt ungeändert, was man auch für Metalle als Zwischenglieder zwischen dieselben einbringen mag, denn die Wirkung wird einzig und allein durch die an die Enden des Drahts gefügten, mit der Flüssigkeit in Berührung gesetzten Endplatten bestimmt.

Nobili hat durch eine sehr sinnreiche Vorrichtung diesem Instrument eine noch weit grössere Empfindlichkeit gegeben. Da der Wirkung des Stroms im Schliessungsdraht, welche die Nadel aus dem magnetischen Meridian abzulenken strebt, die magnetische Erdkraft, welche sie in denselben zurückzuführen strebt, entgegenwirkt, so ist es klar, dass man durch Schwächung dieser letzteren Kraft viel stärkere Ablenkungen der Nadel durch den Multiplicator erhalten würde. Dieses lässt sich sehr einfach dadurch bewerkstelligen, dass man *zwei* Magnetnadeln, einander parallel, an dem nämlichen Stift, so dass sich also die eine nicht ohne die andere bewegen kann, befestigt, und die gleichartigen Pole derselben nach entgegengesetzten Richtungen zu liegen lässt \*). Sind beide Nadeln vollkom-

---

\*) Die in der Mitte durchbohrten Magnetnadeln werden auf einen Strohhalm geschoben, durch welchen ein Faden

men gleich stark magnetisirt, so wird dieses System, wenn es frei aufgehängt ist, von der magnetischen Erdkraft so gut als gar keine Einwirkung erfahren, weil diese den Südpol der einen Nadel nach der entgegengesetzten Richtung zu drehen strebt, als den Nordpol der andern, eine aber ohne die andere sich nicht bewegen kann, mithin die Wirkungen sich gegenseitig aufheben müssen. Zwar ist es nicht wohl möglich, zwei vollkommen gleich stark magnetisirte Nadeln zu erhalten, und die Wirkung der Erdkraft auf die stärker magnetisirte wird dann das Uebergewicht haben: aber sie wird sich auf das Gesamtsystem beider Nadeln nur mit der Differenz der Stärke äussern können, in der sie auf jede einzelne wirksam gewesen wäre, so dass die Wirkung derselben auf dieses System der Nadeln jedenfalls sehr gering ist. Beiden Nadeln kann man aber leicht eine solche Anordnung



in Beziehung auf die Windungen des Multipliers geben, dass sich die Wirkungen dieser Windungen auf beide Nadeln wechselseitig unterstützen; es reicht zu diesem Zweck hin, die eine Nadel über, die andere innerhalb der Windungen

anzubringen, wie in beifolgendem Schema. Die obere Nadel würde durch den Einfluss der Windungen nach entgegengesetzter Richtung abgelenkt werden, wie die untere, wenn die Pole beider Nadeln gleich gelegen wären: da aber diese Pole entgegengesetzt liegen, so müssen beide Nadeln nach derselben Richtung abgelenkt werden. — Die Empfindlichkeit eines solchen Instruments ist so ausserordentlich, dass man dasselbe nur mit einem sehr kleinen

gezogen wird, der an seinem untern Ende mit einem Knoten versehen ist.

Plattenpaare Kupfer und Zink, unter Zwischenwirkung sauren Wassers, in Verbindung zu setzen braucht, um die Nadeln bei der Schliessung mehrmals einen ganzen Kreis durchlaufen zu sehen.

Die elektromagnetischen Wirkungen der geschlossenen Kette empfehlen sich als Mittel, die Stärke des Stroms zu messen, vor den übrigen, oben S. 722, 723. angeführten Mitteln in folgenden Beziehungen. a) Man erhält durch sie ein Resultat *in kurzer Zeit*, so dass selbst in den früheren Perioden der Wirksamkeit der Kette, wo die Veränderlichkeit des Stroms noch sehr bedeutend ist, diese Veränderlichkeit während der Zeit der Beobachtung vernachlässigt werden kann. b) Sie sind für die stärksten wie für die schwächsten Grade der Stärke des Stroms zu einer vergleichbaren Messung brauchbar. c) Da die Magnetnadeln, auf welche sich die Wirkungen der Kette äussern, nicht einen Theil der Kette selbst bilden, sondern in gar keinem Zusammenhang mit derselben stehen, so wird auch die Stärke des Stroms nicht durch die Wirkungen, die die Magnetnadeln hierbei erfahren, modificirt, wie dieses zum Theil bei den andern Verfahrensarten der Fall ist, namentlich bei derjenigen, wo man die verschiedenen Drahtlängen beobachtet, welche eine Kette ins Glühen zu versetzen vermag, indem mit der grösseren Drahtlänge der Widerstand, den der Strom in seiner Bewegung erfährt, vermehrt wird. d) Aus den Wirkungen, welche die Magnetnadeln erfahren, kann man mit Sicherheit auf die Grösse der Kraft schliessen, von welcher diese Wirkungen abhängen, was hinsichtlich der andern Wirkungen, mittelst deren man die Stärke des Stroms hat messen wollen, nicht so der Fall ist.

Es fragt sich nun, wie man sich der elektromagnetischen Wirkungen als eines Maasses für die Stärke des Stroms bedienen könne?

1) *Man beobachtet die Ablenkung, die ein Strom auf*

*eine vollkommen frei bewegliche Magnetnadel äusseri. —*  
 Man könnte zu diesem Zwecke am Multiplicator eine Kreis-  
 eintheilung anbringen; es ist jedoch zu bemerken, dass die Ab-  
 lenkungen der Nadel der Stärke des Stroms nicht proportio-  
 nal sind, und daher nicht zu seinem genauen Maasse die-  
 nen, wenn gleich aus einer grösseren Ablenkung auf eine  
 grössere Stärke des Stroms mit Sicherheit geschlossen wer-  
 den kann. Würde man übrigens keinen Multiplicator an-  
 wenden, und sich als Schliessungsbogens nicht eines wie eine  
 Linie wirkenden Drahts, sondern eines metallischen, hori-  
 zontal ausgespannten Streifens bedienen, dessen Breite die  
 Länge der Nadel so weit überträfe, dass auch bei der gröss-  
 ten Ablenkung der Nadel ihre Pole noch in hinlänglicher  
 Entfernung von seinen Rändern blieben, so dass sich der  
 Streifen als von unbegrenzter Breite im Verhältniss zur  
 Länge der Nadel ansehen liesse, so würde die Grösse der  
 auf die Nadel wirkenden Kraft der Tangente des Ablen-  
 kungswinkels proportional, und gänzlich unabhängig von der  
 Entfernung seyn, in der sich die Nadel vom Streifen befin-  
 det, wofern nur diese bei den aufeinander folgenden Versu-  
 chen sich gleich bliebe. Selbst dem Multiplicator liesse sich  
 eine solche Einrichtung geben: man müsste denselben so gleich-  
 förmig aufwinden, dass alle seine Windungen in Einer Horizon-  
 talebene lägen; dann würden sie einen Streifen von einer sol-  
 chen Breite bilden, dass die Pole der Nadel immer in hinreichen-  
 der Entfernung von den Rändern des Streifens blieben. — Die-  
 ses lässt sich aber theils wegen der federnden Eigenschaft des  
 Drahts, vermöge welcher die Windungen immer eine gewisse  
 Convexität annehmen, nicht wohl ausführen, theils würde man,  
 um einen Streifen von bedeutender Breite zu erhalten, dem Mul-  
 tiplicatordraht eine grosse Länge geben müssen, wodurch in  
 vielen Fällen die Wirkung desselben sehr geschwächt wür-  
 de. — Jedenfalls müsste, wenn der Ablenkungswinkel als  
 Maass der Stärke des Stroms dienen sollte, die Nadel an

einem so feinen Faden aufgehängen seyn, oder auf einer so feinen Spitze schweben, dass der Widerstand, welchen die Drehung des Fadens oder die Reibung auf dem Stifte der Bewegung der Nadel entgegengesetzt, als unmerklich ausser Acht gelassen werden könnte.

2) *Man hängt die Magnetnadel, oder das System aus zwei Magnetnadeln nach Nobili's Vorrichtung, genau am Mittelpunkt der Drehung, an einem feinen Metalldraht auf, der stark genug ist, dass ihm die Nadel bei der Drehung folgt.* — Die Anzahl der Grade des Drehungswinkels ist der Stärke der Kraft, welche auf die Nadel gewirkt hat, direct proportional, und dient daher als ein Maass derselben.

3) *Man schätzt die Kraft des Stroms durch die Anzahl der Schwingungen, welche eine Magnetnadel unter seinem Einfluss vollbringt.* — Es mag hier genügen, eine Idee von dieser sinnreichen Methode zu geben, ohne die vielen Vorsichtsmaassregeln zu erörtern, die man bei der wirklichen Anwendung derselben zu beobachten hat.

Wenn eine horizontale, frei aufgehängene Magnetnadel, die sich in der Richtung des magnetischen Meridians im Gleichgewicht befindet, aus dieser Richtung auf irgend eine Weise abgelenkt, und dann der Wirkung der Kräfte, die sie in ihre ursprüngliche Richtung zurückzuführen streben, wieder überlassen wird, so kehrt sie der Erfahrung zufolge durch eine Reihe von Oscillationen darein zurück. Es lässt sich aber zeigen, dass die Kraft, welche die Nadel in die Lage ihres Gleichgewichts zurückzuführen strebt, proportional ist dem Quadrat der Geschwindigkeit dieser Schwingungen, d. h. dem Quadrat der Anzahl von Schwingungen, welche von derselben Nadel in derselben Zeit vollbracht werden, oder, was wieder dasselbe ist, umgekehrt proportional dem Quadrat der Zeittheile, welche zur Vollbringung derselben Zahl von Schwingungen erforderlich sind.

Lässt man nun die im Multiplikator befindliche Nadel



zuerst allein unter dem Einfluss der magnetischen Erdkraft oscilliren (zu welchem Endzweck man sie nicht durch Anstoss, sondern durch ein Eisenstäbchen oder ein schwaches Magnetstäbchen aus ihrer Richtung ablenkt), und zählt nach dem Schlag einer genauen Uhr oder eines Pendels die Anzahl Zeittheile, die sie braucht, um eine gewisse bestimmte Anzahl Oscillationen zu vollbringen, so erhält man durch diese erste Zählung das Maass der Kraft, mit welcher der *Erdmagnetismus* auf die Nadel wirkt. — Diese Schwingungen darf man nur in kleinen Bogen erfolgen lassen, weil nur für diese ein merklicher Isochronismus statt findet.

Der Schliessungsdraht oder die Windungen des Multiplicators werden hierauf so gerichtet, dass sie senkrecht stehen auf der Richtung der Nadel, oder, was sicherer ist, man mittelt durch Versuche eine Lage aus, wo die Nadel keine merkliche Ablenkung mehr erfährt, wenn man einen Strom durch den Draht hindurchgehen lässt. So ist man sicher, dass sich die Nadel zugleich in der Richtung der magnetischen Erdkraft und in der Richtung der vom Draht ausgehenden Kraft befindet, oder dass beide Richtungen in Eine zusammenfallen.

Man lässt jetzt durch den Multiplicator einen Strom durchfahren, lenkt die Nadel durch ein Eisenstäbchen oder schwaches Magnetstäbchen ab, und zählt nun, wie vorhin, die Anzahl Zeittheile, welche die Nadel braucht, um unter der vereinigten Einwirkung der magnetischen Erdkraft und der Kraft des Stroms dieselbe Zahl Schwingungen zu vollbringen, als vorher unter dem Einfluss der Erdkraft allein. So wird man das Maass für die Summe der Kräfte erhalten, mit welchen die Erde und der Strom auf die Nadel wirken, und zieht man von dieser Summe die durch den vorhergegangenen Versuch gefundene Kraft der Erde ab, so erhält man dadurch das Maass der Kraft, mit welcher der Strom allein auf die Nadel wirkt.

Die Magnetnadel brauche z. B. zur Vollendung von 20

Oscillationen unter dem Einfluss der Erdkraft allein, 100 Halbsecunden, so ist nach Obigem die Zahl  $\frac{1}{100^2} = \frac{1}{10000} = 0.0001$  das Maass der Erdkraft. — Gesetzt nun, dieselbe Nadel brauche unter dem vereinigten Einfluss des Stroms irgend einer Kette und der Erdkraft, bei oben getroffener Anordnung, bloß 50 Halbsecunden, ebenfalls zu 20 Oscillationen, so ist die Zahl  $\frac{1}{50^2} = \frac{1}{2500} = 0.0004$  das Maass für die Summe beider Kräfte; die Zahl  $0.0004 - 0.0001 = 0.0003$  ist mithin das Maass der Kraft des Stroms. Folglich verhält sich in diesem Fall die Kraft, mit welcher der Strom allein, nach Abzug der Erdkraft, auf die Nadel wirkt, zu der Kraft, mit der die Erde auf die Nadel wirkt, = 3 : 1. Gesetzt jetzt, die Nadel brauche, unter dem Einfluss eines andern Stroms, nur 30 Halbsecunden zu 20 Oscillationen, so ist die Zahl  $\frac{1}{30^2} - \frac{1}{100^2}$ , d. i. 0.0010 das Maass für die Kraft des Stroms allein; mithin verhält sich die Kraft dieses zweiten Stroms zur Kraft des ersten = 10 : 3.

Es ist am bequemsten, die Kraft der Erde immer als Einheit zu Grunde zu legen, und alle verschiedenen Stromkräfte mit dieser der Einheit gleich gesetzten Erdkraft zu vergleichen, und folgende allgemeine Formel erleichtert die Berechnung. Wenn die Anzahl Zeittheile, welche die Nadel zur Vollbringung einer gewissen Anzahl Schwingungen unter dem blossen Einfluss der Erdkraft braucht, N, (die Zahl der Zeittheile aber, welche sie unter dem vereinigten Einfluss der Erdkraft und des Stroms zur Vollbringung derselben Anzahl Schwingungen braucht, N' heisst, so erhält man für das Maass der Kraft des Stroms  $\frac{1}{N'^2} - \frac{1}{N^2} = \frac{N^2 - N'^2}{N^2 N'^2}$ , oder, wenn man die Kraft der Erde = 1 setzt, (wo dann N = 1, mithin auch N^2 = 1) =  $\frac{1 - N'^2}{N'^2}$ .

Bei

Bei dieser Berechnung der Kraft des Stroms wird vorausgesetzt, dass die Kraft der Erde und die Kraft des Stroms die Pole der Nadel nach *derselben Seite* des Schliessungsdrahts zu drehen und in dieser Lage zu erhalten streben. Bei einer entgegengesetzten Richtung des Stroms würde die Zahl Zeittheile, die man unter dem vereinigten Einfluss der Erdkraft und der Kraft des Stroms erforderlich findet, um die bestimmte Anzahl Schwingungen zu vollenden, nicht mehr der Summe, sondern der Differenz beider Kräfte, d. h. der Kraft des Stroms weniger der Erdkraft (indem jetzt die Erdkraft der Kraft des Stroms entgegenwirkte) entsprechen; man müsste daher bei einer solchen Einrichtung der Nadel die durch den ersten Versuch gefundene Kraft der Erde zu der durch den zweiten Versuch gefundenen Kraft *addiren*, um das Maass für die Kraft des Stroms allein zu erhalten. Man hat es übrigens in seiner Macht, die Anordnung immer nach der ersten Weise zu treffen.

Die Anzahl der Oscillationen, welche bei der Beobachtung zu Grunde gelegt wird, ist an sich gleichgültig, nur muss natürlich bei allen zusammengehörigen Beobachtungen immer die gleiche Anzahl zu Grunde gelegt werden. Grössere Genauigkeit in den Bestimmungen wird allerdings möglich, wenn man die Anzahl der Oscillationen grösser nimmt, weil dann Unsicherheiten hinsichtlich der genauen Schätzung von Bruchtheilen der Zeittheile am Anfang und am Ende der Zählung um so mehr ihren Einfluss auf das Resultat verlieren. Auf der andern Seite darf die Anzahl von Oscillationen auch nicht zu gross genommen werden, weil dann die Nadel um grössere Bogen aus der Lage ihres Gleichgewichts abgelenkt werden müsste, wodurch der Isochronismus ihrer Schwingungen verloren gieng. Auch muss man in der Regel, wenn man die Kraft einer Kette im Anfang ihrer Wirksamkeit messen will, eine geringere Anzahl von Oscillationen desswegen wählen, weil hier, oft schon in-

nerhalb weniger Secunden, eine sehr bedeutende Abnahme der Wirkung statt findet, zufolge welcher, bei zu Grundlegung einer grösseren Anzahl von Oscillationen, ein schwächeres Resultat für die anfängliche Wirksamkeit der Kette erhalten werden würde, als man in der That eines erhalten sollte und wirklich erhält, wenn man dasselbe aus einer geringeren Anzahl von Oscillationen ableitet.

Das so eben beschriebene Verfahren lässt sich auch auf ein System zweier entgegengesetzt gerichteter Nadeln, wie es die S. 732. 733. beschriebene Doppelnadel Nobili's darstellt, anwenden. Die Berechnung wird ganz auf dieselbe Weise geführt, nur liegt hier als Einheit der Kraft, mit welcher alle verschiedenen Stromkräfte verglichen werden, nicht mehr die Kraft, mit der die Erde auf jede einzelne Nadel für sich, sondern mit welcher sie auf das System beider Nadeln wirkt, d. h. die Differenz ihrer Kräfte auf beide Nadeln, zu Grunde. Würden daher diese Kräfte ganz gleich seyn, so wäre die Einheit der Kraft = Null. Da man somit, um das Maass der Stromkraft zu erhalten, von der Summe der Kräfte, mit welchen einerseits die Erde und andererseits der Strom auf die Nadel wirkt, entweder gar nichts, oder jedenfalls viel weniger als bei der Vorrichtung mit Einer Nadel, abzuziehen hat, so erhält man für die Grössen des Stroms bei Anwendung der Doppelnadel absolut grössere Werthe, als man bei einer einfachen Nadel erhalten haben würde, aber diese Grössen behalten dieselben *Verhältnisse* zu einander, wofern man sich nur immer derselben Doppelnadel bedient. Der Multiplicator mit einer Doppelnadel bietet daher ein Mittel zur Messung dar, welches mit der grössten Empfindlichkeit die grösste Zuverlässigkeit und Leichtigkeit der Anwendung verbindet.

*Umstände, welche die Kraft des Stroms in der geschlossenen Kette bestimmen.*

Nachdem wir uns mit einem sicheren Maass für die Stärke des Stroms bekannt gemacht haben, wird es nun im Allgemeinen keine grosse Schwierigkeit haben können, die Umstände auszumitteln, von welchen die Stärke des Stroms abhängt. Dieses Maass bezieht sich aber blos auf die Stärke des Stroms hinsichtlich seiner elektromagnetischen Wirkungen, und es ist daher vor Allem nöthig zu wissen, ob *alle* Wirkungen der geschlossenen Kette durch die gleichen Einflüsse verstärkt oder geschwächt werden, so dass man zum Voraus schliessen kann, dass, wenn eine besondere Art der Wirkung durch einen gewissen Umstand vergrössert oder verkleinert wird, auch alle übrigen Wirkungen der Kette einen gleichen Einfluss hievon erleiden würden. Es wäre z. B. denkbar, dass der Strom einer Kette stärkere elektromagnetische Wirkungen hervorbrächte, als der Strom einer anderen Kette, und dass dennoch der erstere Strom hinsichtlich seiner chemischen Wirkungen z. B. sich schwächer zeigte als der letztere; dann würde natürlich unser Maass für die Stärke des Stroms, welches sich blos auf die elektromagnetischen Wirkungen bezieht, nicht auch auf die übrigen Wirkungen der geschlossenen Kette übertragen werden können. Dieses scheint in der That auf den ersten Anblick der Fall zu seyn, denn eine Säule aus kleinen Platten z. B. ertheilt eben so starke Schläge, wenn ihre Pole mit befeuchteten Fingern berührt werden, wie eine Säule aus grossen Platten, wofern nur die Anzahl der Plattenpaare in beiden Säulen die gleiche ist, und auch alle übrigen Umstände gleich sind. Wenn aber solche zwei Säulen in Beziehung auf die Stärke der Schläge, die sie ertheilen, d. h. in Beziehung auf ihre physiologischen Wirkungen keine merkliche Verschiedenheit zeigen, so zeigen sie sich dagegen hinsichtlich anderer Wirkungen höchst verschieden, nament-

lich bringt die Säule mit grösseren Platten die Glühungserscheinungen in einem viel ausgezeichneteren Grade hervor, als die Säule mit kleinen Platten, so dass sogar in dieser Beziehung durch eine vergrösserte Oberfläche der einzelnen Platten mehr ausgerichtet wird, als durch eine vermehrte Zahl der Plattenpaare. — Diesem nach würde die Stärke der physiologischen Wirkungen von andern Umständen abzuhängen scheinen, als die der übrigen Wirkungen.

Dieser Unterschied erklärt sich jedoch sehr wohl, ohne dass man nöthig hat, eine Abhängigkeit der verschiedenen Wirkungen der Kette von *verschiedenen* Umständen anzunehmen. Die Stärke des Stroms ist nemlich um so grösser, je grösser die elektromotorische Kraft der ganzen Kette (welche von der elektromotorischen Kraft der einzelnen Paare und von der Zahl der Paare abhängt) und je geringer der Widerstand ist, welchen der Strom in seiner Bewegung erfährt. Dieser Widerstand ist, wie wir später sehen werden, um so geringer, je grösser die Oberfläche ist, mit welcher die Metalle den feuchten Leiter berühren. Aus diesem Grunde sollte allerdings, um in dieser Beziehung nur Ein Beispiel anzuführen, bei gleicher Zahl der Plattenpaare, eine Säule aus grossen Platten stärkere Schläge geben, als eine Säule aus kleinen Platten. Aber diese Schläge werden erhalten, indem man durch den *menschlichen Körper* die Säule schliesst. Der Widerstand nun, den der Strom bei seinem Durchgang durch den menschlichen Körper erfährt, ist in Vergleichung mit dem Widerstand, den derselbe bei seinem Durchgang durch die Plattenpaare und feuchten Leiter der Säule erleidet, so ausserordentlich gross, dass letzterer fast ganz gegen den ersteren verschwindet, mithin der geringere Widerstand, den der Strom in einer Säule von grösseren Platten, verglichen mit einer Säule von kleineren Platten, erfährt, auf die Stärke der Schläge keinen bemerkbaren Einfluss ausüben kann. — Ganz anders verhält es sich, wenn die Säule zur

Hervorbringung von Glühungs-Erscheinungen angewendet wird. In diesem Fall wird sie durch Metalldrähte, also durch gute Leiter geschlossen, die dem Strom keinen bedeutenden Widerstand entgegensetzen; die Säule mit grossen Platten wird daher jetzt dem Strom einen bedeutend geringeren Widerstand leisten, als die Säule mit kleinen Platten u. s. f. —

Man ist daher, so weit wenigstens die bisherigen Erfahrungen reichen, berechtigt, eine Abhängigkeit der verschiedenen Wirkungen der Kette von gleichen Umständen anzunehmen, und in dieser Beziehung ist der Multiplicator ein so wichtiges Instrument, weil mittelst desselben auf eine sehr einfache Weise ganz sichere Resultate erhalten werden, die nicht blos für die elektromagnetischen, sondern auch für die übrigen Wirkungen der geschlossenen Kette gelten.

Die einfachste physische Vorstellung, die man sich von der Natur des Stroms machen kann, ist die, dass man annimmt, eine Magnethadel z. B. werde stets eine gleiche Wirkung von der Kette aus erfahren, wenn in gleicher Zeit gleich viel Elektrizität in derselben Entfernung bei der Nadel vorbeigeht; ebenso: die in die Kette selbst gebrachten Leiter werden einen gleichen Einfluss erfahren, wenn durch einen gleichen Durchschnitt derselben in gleicher Zeit gleich viel El. hindurchgeht. Die Wirksamkeit der Kette überhaupt würde demnach im zusammengesetzten Verhältniss der Menge und der Geschwindigkeit der El., die durch jeden Durchschnitt derselben läuft, stehen.

So erklärt sich z. B. in Beziehung auf diese Vorstellung sehr wohl der Umstand, dass die Stärke des Stroms in einer geschlossenen Kette im Allgemeinen in keinem directen Verhältniss zur Stärke der elektroskopischen Wirkungen (Spannung an den Polen) steht, welche die Kette geöffnet äussert. Wir wissen, dass Säulen aus gleich viel Platten-

paaren und denselben Metallen aufgebaut, im Allgemeinen an ihren Polen dieselbe Spannung zeigen, so verschiedenartig auch die Flüssigkeiten seyn mögen, mit welchen sie geschichtet sind (vergl. S. 695, 696.). Wir wissen aber auch, dass in Säulen mit schlecht leitender Flüssigkeit sich die El. nur viel langsamer bewegen kann als in Säulen mit besserer Leitung: daher muss auch nach obiger Vorstellung die Wirksamkeit des Stroms in den ersteren im Verhältniss geringer seyn als in den letzteren; bei der *offenen* Säule dagegen kommt der Unterschied der Leitung bloß insofern in Betracht, als die Erreichung des Maximums der el. Intensität an den Polen, bei welchem die El. ins Gleichgewicht kommt, durch schlechte Leitung verzögert wird. Am auffallendsten sieht man dieses bei den trockenen (Zambonischen) Säulen, von welchen später die Rede seyn wird.

Früher schien die Bestimmung über die Abhängigkeit der Wirksamkeit der geschlossenen Ketten von den einzelnen Umständen so verwickelt, die Resultate, welche aus den Beobachtungen verschiedener Physiker hervorgingen, so widersprechend zu seyn, dass man nicht wusste, woran man sich zu halten habe; jetzt sind wenigstens bei weitem die meisten Punkte auf das Genügendste aufgeklärt.— Man muss vor Allem die Totalwirkung der Umstände festhalten, von welchen die Wirksamkeit der Ketten abhängt; der eine Theil dieser Umstände wirkt auf Vermehrung, der andere auf Verminderung der Stärke des Stroms hin. Wir können demnach die Totalwirkung dieser Umstände durch eine Bruchzahl darstellen, in deren Zähler die Umstände, welche die Stärke des Stroms vermehren, und in deren Nenner die Umstände aufgenommen sind, welche die Stärke des Stroms vermindern. Mit der Summe der elektromotorischen Kräfte (welche um so grösser ist, je grösser die elektrische Spannung ist, welche die beiden heterogenen Metalle durch ihre gegenseitige Berührung annehmen, und je grösser die



Zahl der Platten ist) *wächst* die Kraft des Stroms; mit der Summe der Widerstände, welche der Strom theils in der Kette selbst, theils in dem Schliessungsbogen erfährt, *nimmt* die Stärke des Stroms *ab*; erstere kommt mithin in den Zähler, letztere in den Nenner. Je kleiner der Nenner eines Bruchs verglichen mit dem Zähler desselben ist, desto mehr wird der Werth des Bruchs durch eine absolut kleine Zahl, die dem Nenner zugefügt wird, verhältnissmässig vermindert; und umgekehrt: je grösser der Nenner in Vergleichung mit dem Zähler ist, desto weniger wird der Werth des Bruchs durch eine solche kleine Zahl, die man dem Nenner zufügt, vermindert. Wenn also der Leitungswiderstand in der Kette ganz unbedeutend ist, so wird die Stärke des Stroms auch durch eine kleine Vermehrung dieses Widerstandes merklich geschwächt; wenn dagegen dieser Leitungswiderstand sehr gross ist, so wird die Stärke des Stroms durch eine weitere Vermehrung desselben, die in Vergleichung mit dem zuvor statt gehabten Widerstand nur unbedeutend ist, auch nicht merkbar vermindert.

Wenn nun wirklich die Stärke des Stroms von der angeführten Totalwirkung der diese Stärke vermehrenden und vermindernden Umstände abhängt, (was wir noch zu beweisen haben), so werden wir hierdurch, in Verbindung mit einigen von der Theorie vorausgesehenen und durch die Erfahrung bewährten Gesetzen, alle Einzelheiten, die hierbei in Betracht kommen, zu übersehen in den Stand gesetzt werden. Diese Gesetze sind folgende:

1) *Wenn die Wirksamkeit irgend eines Theils der Kette zunimmt oder abnimmt dadurch, dass man die elektromotorische Kraft oder das Leitungsvermögen an irgend einer Stelle vermehrt oder vermindert, so nimmt die Wirksamkeit aller übrigen Theile der Kette in entsprechendem Grade zu oder ab.*

Durch die Erfahrung wird dieses Gesetz wenigstens im

Allgemeinen bewährt. Wenn man nemlich in einer Kette, in welcher an einer Stelle ein Wasserzersetzungsapparat angebracht ist, und die an einer andern Stelle auf eine Magnetnadel wirkt, das Leitungsvermögen irgend eines festen oder flüssigen Theils der Kette erhöht oder vermindert, so wird man immer auch sowohl die wasserzersetzende Wirkung an der einen, als die elektromagnetische an der andern Stelle *zugleich* sich vermehren oder vermindern sehen, wenn gleich die Veränderung im Leitungsvermögen an ganz andern Stellen der Kette vorgenommen wurde. Dass aber diese Vermehrung oder Verminderung der Kraft wirklich *al* *theile* immer in *genau* gleichem Verhältniss betreffe, ist zwar durch directe Versuche noch nicht erwiesen, lässt sich jedoch, da auch keine Erfahrungen vorhanden sind, die das Gegentheil beweisen, vorläufig voraussetzen.

Diese Verminderung der Stärke des Stroms bei vermindertem Leitungsvermögen, das man irgend einem Theil der Kette gibt, scheint dadurch hervorgebracht zu werden, dass der Ueberschuss der El., den die besseren Leiter in der Kette mehr als die schlechteren fortzuführen vermögen würden, anstatt in die Strömung überzugehen, sich in freiem Gleichgewichtszustande an der Gränze der besseren und schlechteren Leiter ausscheidet, und mithin für die Strömung verloren geht. Diese freie El. wird zugleich, in dem Grade, als sie sich anhäuft, durch ihre Repulsivkraft die Entwicklung der El. von der Erregungsstelle aus schwächen und auch aus diesem Grunde zur Verminderung der Stärke des Stroms beitragen. In der That sieht man immer da, wo ein Theil der Kette schlechter leitet, als die übrigen Glieder derselben, eine gewisse Quantität freier El. auftreten, und hiedurch, so wie durch die in Folge der Repulsivkraft dieser freien El. herbeigeführte Schwächung der Entwicklung der El. von der Erregungsstelle aus scheint eine *allgemeine* Ausgleichung des elektrischen Stromes in den verschieden-

artigsten Theilen der Kette hervorgebracht zu werden, die zwar durch die Erfahrung noch nicht hinreichend erwiesen, aber doch durch mehrere Thatsachen wahrscheinlich gemacht ist. Eine solche allgemeine Ausgleichung würde in folgendem Gesetz, welches zugleich das vorige in sich begreift, ausgesprochen werden können.

2) *Die Gesamtquantität von Elektricität, welche durch jeden Querschnitt der Kette, der senkrecht auf die Richtung des Stroms gemacht wird, in derselben Zeit hindurch geht, ist in der ganzen Länge der Kette gleich gross und unabhängig von der besonderen Beschaffenheit und Grösse jedes Querschnitts. Die Intensitäten des Stroms in jedem Theil der Kette verhalten sich demnach umgekehrt, wie die senkrecht auf die Richtung des Stroms genommenen Querschnitte dieser Theile.* — Dieses Gesetz spricht die vorhin erwähnte allgemeine Ausgleichung des elektrischen Stroms aus; denn es ist klar, dass wenn die Gesamtquantität von El., welche durch jeden senkrecht auf die Richtung des Stroms gemachten Querschnitt der Kette in derselben Zeit hindurchgeht, in der ganzen Länge der Kette (bei einer jeden geschlossenen Kette) gleich ist, jene Ausgleichung sogleich erfolgen muss, wenn eine geschlossene Kette dadurch, dass man die elektromotorische Kraft oder das Leitungsvermögen an irgend einer Stelle vermehrt oder vermindert, in eine andere geschlossene Kette von stärkerer oder schwächerer Wirkung verwandelt wird.

Für dieses Gesetz sprechen folgende Thatsachen:

a) Seebeck schloss ein Plattenpaar von  $5\frac{1}{2}$  Quadratfuss bald mit einem Metallstab, bald mit einem Metallstreifen, bald mit einer Metallplatte. (Es scheint, dass immer das gleiche Metall und von gleichen Längen angewandt wurde), und erhielt an einer über dem schliessenden Metall angebrachten Magnetnadel folgende Ablenkungen:

Schliessende Körper	Ablenkung der Nadel	
Metallstab von $3\frac{1}{2}$ Lin. Durchmesser	—	16°
Metallstreifen, $3\frac{3}{4}$ Zoll breit	—	9°
Metallstreifen, $12\frac{7}{8}$ Zoll breit	—	$2\frac{1}{2}$ °
Metallplatte, 2 Fuss breit	—	0°

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass je breiter der Streifen war, desto mehr auch die Wirkung auf die Nadel abnahm. Da nun, wie wir später sehen werden, die Vergrösserung des Querschnitts die allgemeine Stärke des Stroms vielmehr vergrössert als vermindert, so kann die schwächende Wirkung der Breite in den erwähnten Versuchen nur davon herrühren, dass dasselbe (oder vielmehr ein etwas grösseres) Quantum von El. sich in dem breiten Streifen weit mehr ausbreiten musste, als in dem schmälern, und wenn daher selbst etwas mehr El. durch jeden Querschnitt des breiten Streifens in derselben Zeit gieng, als durch jeden Querschnitt des schmälern, so konnte doch jene nicht aus einer so grossen gemeinsamen Nähe auf die Nadel wirken, wie diese, deren ganze Intensität mehr zusammen gedrängt war. So erklärt sich auch, warum ein *Metallstab*, selbst wenn sein Querschnitt viel kleiner seyn sollte, als der Querschnitt eines Metallstreifens, doch eine viel stärkere Wirkung auf die Nadel hervorbringt, als ein *Metallstreifen*.

b) Wenn man die Pole einer Säule mit befeuchteten Händen berührt, so erhält man einen Schlag. Die Stärke dieses Schlags nun wird grösser seyn an der Hand, welche mit einer kleineren Oberfläche den Pol berührt, geringer aber an derjenigen, welche dem Pol eine grössere Berührungsoberfläche darbietet. Wenn nemlich gleich die Stärke des Stroms im Allgemeinen durch Vergrösserung der Berührungsoberfläche der feuchten mit den festen Leitern zunimmt, so nimmt die Zertheilung des Stroms bei der vergrösserten Berührungsoberfläche doch in einem grösseren Verhältniss ab.

c) Eine Kette vermag einen Draht nur dann ins Glühen zu bringen, wenn dieser dünn genug genommen wird, ungeachtet, wie wir bald sehen werden, die *allgemeine* Wirksamkeit der Kette stets mit der Dicke des schliessenden Drahts abnimmt. Man kann daher selbst mit sehr schwachen Ketten (wie in Wollaston's Fingerhutapparat, auf den wir später zurückkommen werden) Drähte zum Glühen bringen, wenn man sie, entsprechend der Schwäche der Kette, dünn genug nimmt. — Die allgemeine Wirksamkeit der Kette nimmt nemlich bei verminderter Dicke des Drahts in einem kleineren Verhältniss ab, als die Concentrirung des Stroms zunimmt.

d) Wenn man nach Barlow eines sehr langen Schliessungsdrahts (von 838 Fuss) sich bedient, so zeigt eine Magnetnadel gerade unter die Mitte des Drahts gestellt, ganz die gleiche Ablenkung, wie zwei nahe an das positive und negative Ende des Elektromotors, oder an irgend eine andere Stelle des Drahts (immer in gleicher Entfernung von demselben) gestellte Magnetnadeln. — Dieses ist eine nothwendige Folge des unter n<sup>o</sup>. 2. aufgeführten Gesetzes.

Ueber die Gleichheit der Stromgrösse in *allen* Querschnitten der Kette, namentlich über ihre Gleichheit in den Querschnitten flüssiger wie fester Leiter fehlt es noch an Erfahrungen; man hat blos eine einzige Erfahrung von Grotthuss, zufolge welcher auch die flüssigen Leiter eine Ablenkung der Magnetnadel hervorbringen, indem er eine solche durch einen genässten, in der Kette befindlichen Bindfaden bewirkte. Diese Gleichheit der Stromgrösse in *jedem* auf die Richtung des Stroms senkrechten Durchschnitt der Kette, wornach die Dichtigkeit des Stroms der Grösse dieser Querschnitte umgekehrt proportional wäre, kann daher vorderhand blos als *wahrscheinlich* angenommen werden.

Wir wollen nun die einzelnen Umstände, welche den

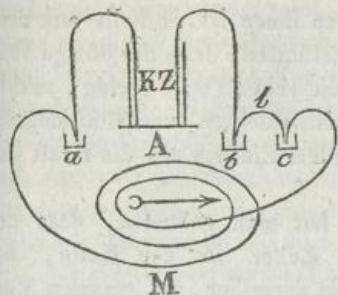
Gesamtleitungswiderstand der Kette bedingen, specieller betrachten.

a) Von dem Widerstand, den die festen Leiter dem Strom entgegensetzen.

a) Von dem Widerstand der festen Leiter, insofern derselbe von ihren Dimensionen abhängt.

Da man bemerkt, dass bei Anwendung derselben erregenden Metalle zur Kette, die Stärke des Stroms doch sehr verschieden ausfällt, so muss angenommen werden, dass ausser der elektromotorischen Kraft auch die *Beschaffenheit der Leitung* in der Kette die Kraft der Strömung modificire. Da man nun ferner (wie später bewiesen werden wird) immer findet, dass eine *Verlängerung* der Strecke der vom Strom zu durchlaufenden flüssigen oder festen Leiter *nie* eine Verstärkung, sondern stets nur eine mehr oder weniger bedeutende *Schwächung* in der Kraft des Stroms hervorzubringen vermag, so erhellt hieraus, dass die Leiter nicht sowohl ein positives Vermögen besitzen, den Strom fortzuleiten, sondern dass sie vielmehr dem Strom einen *Widerstand* entgegensetzen, der die Kraft des Stroms schwächt, einen Widerstand, der bei verschiedenen Körpern verschieden ist. Es leuchtet demnach ein, dass das Wort: *Leitungsvermögen* auf einer unrichtigen Vorstellung beruht, und von denjenigen Körpern, welche man *bessere Leiter* nennt als andere, werden wir daher richtiger sagen: sie setzen dem Strom einen *geringeren Widerstand* entgegen, als diese anderen Körper.

Der Widerstand, den die *festen* Leiter dem Strom entgegensetzen, lässt sich leicht durch folgende Vorrichtung nachweisen. In dem Troge A sind die beiden Elektromotorplatten K und Z enthalten. Von ihnen gehen angelöthete Drähte in die mit Quecksilber gefüllten Gefässe a und b



M

über. Das Gefäss b wird durch einen Draht l mit einem dritten, ebenfalls mit Quecksilber gefüllten Gefässe c verbunden, und andererseits stehen die Gefässe a und c unter sich durch den Multiplicatordraht M in Verbindung. Der Strom wird dann, wenn Z

die Zinkplatte ist (vergl. S. 729. 730.), von ihr durch die Flüssigkeit des Gefässes zur Kupferplatte K, von dieser in das Gefäss a, von da durch den Multiplicator M, durch c und b nach Z zurückgelangen und so den Kreis vollenden. Hat man nun die Kette auf einen gleichmässigen Zustand ihrer Wirksamkeit kommen lassen und die Kraft ihres Stroms gemessen, und vertauscht dann den kurzen Draht l, durch den die Gefässe b und c verbunden werden, mit einem viel längeren Draht, z. B. einem überspannenen Multiplicatordraht, dessen freie Enden man in die Gefässe eintaucht, so wird die grössere Langsamkeit der Oscillationen der Magnetnadel sogleich eine Abnahme der Kraft des Stroms zu erkennen geben, und umgekehrt eine Zunahme, wenn man statt eines längeren Zwischendrahts einen kürzeren einbringt. Ebenso wird man die Wirkung mit der Dicke der Drähte, die der Strom zu durchlaufen hat, zunehmen, mit ihrer Dünne abnehmen sehen; endlich werden Drähte von *verschiedenen* Metallen ebenfalls Unterschiede in dieser Hinsicht hervorbringen, indem, bei gleichen Dimensionen der Länge und Dicke, die Kraft des Stroms z. B. bei silbernen und kupfernen Leitungsdrähten stärker seyn wird, als bei eisernen. — Dass die durch die Verschiedenheit in den Dimensionen und der Materie der Zwischendrahte hervorgebrachten Unterschiede in der Kraft des Stroms um so merklicher ausfallen müssen, je grösser die Elektromotorplatten und je besser

leitend die Flüssigkeit zwischen ihnen ist, erhellt aus dem schon oben (S. 742, 744.) Angeführten; denn der übrige Widerstand in der Kette wird in diesem Fall sehr gering, mithin der Widerstand in den Zwischenleitern verhältnissmässig gross und daher von bedeutendem Einfluss auf die Kraft des Stroms.

Durch genaue Versuche hat man gefunden, dass der Widerstand der metallischen Leiter in der Kette, bei vorausgesetzter gleicher Materie derselben, im *geraden* Verhältniss ihrer Länge und im *umgekehrten* ihres Querschnitts zunimmt, so dass also z. B. bei zwei, im Uebrigen vollkommen gleich construirten, Ketten die Kraft des Stroms in derjenigen Kette, deren Schliessungsbogen ein *kürzerer* und *dickerer* Draht ist, grösser ist, als in derjenigen, deren Schliessungsbogen ein *längerer* und *dünnerer* Draht ist.

Dieses Gesetz lässt sich z. B. auf folgende Art nachweisen:

Man beobachte die Kraft einer auf einen gleichförmigen Zustand gekommenen Kette, wenn sie blos durch den Multiplicatordraht geschlossen ist, bringe nun irgend eine beliebige Drahtlänge, deren Verhältniss zum Multiplicatordraht man nicht zu kennen braucht, in die Kette, und beobachte, um wie viel die Kraft hierdurch sinkt. Man erfährt auf diese Weise, um wie viel der Gesamtleitungswiderstand der Kette durch Hinzufügung der Drahtlänge zugenommen hat: denn bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft kann das Sinken der Kraft des Stroms blos der Vermehrung des Leitungswiderstandes zugeschrieben werden. Man merke die Grösse an, welche den Zuwachs des Leitungswiderstandes ausdrückt, und bringe jetzt eine Drahtlänge (von gleicher Dicke) in die Kette, deren Verhältniss zur ersten man kennt, z. B. eine doppelte, dreifache u. s. f. Man beobachte wieder das hierdurch erfolgte Sinken der Kraft des Stroms und sehe zu, welcher neue Zuwachs des Gesamtleitungswiderstan-



des hierdurch angedeutet wird. Da man nun wirklich findet, dass sich dieser neue Zuwachs zu ersterem wie die hinzugebrachten Drahtlängen selbst verhält, so schliesst man hieraus, dass der Widerstand der Leitungsdrähte im geraden Verhältniss ihrer Länge zunimmt. Auf gleiche Art lässt sich auch das von der verschiedenen *Dicke* der Drähte abhängige Gesetz des Leitungswiderstandes nachweisen.

Es sey die constant bleibende elektromotorische Kraft =  $a$ , der Gesamtleitungswiderstand in der blos durch den Multiplikatordraht geschlossenen Kette =  $1$ , so ist die Kraft dieser Kette =  $\frac{a}{1} = a$ . Bringt man nun eine Drahtlänge =  $1$  in die Kette, so wird dadurch der Gesamtleitungswiderstand vermehrt und die Kraft des Stroms geschwächt werden; letztere wird sich z. B. durch  $\frac{a}{1+p}$  ausdrücken lassen. Das Maass beider Stromkräfte, nemlich der Stromkraft  $\frac{a}{1}$  und der Stromkraft  $\frac{a}{1+p}$  ist bekannt, z. B. durch die Methode der Oscillationen bestimmt. Dividirt man nun  $\frac{a}{1}$  durch  $\frac{a}{1+p}$ , so erhält man als Quotienten  $1+p$ , d. h. den Gesamtleitungswiderstand in der Kette, in welche der Draht  $1$  eingebracht wurde. Man findet also auch  $p$  (indem man von der gefundenen Zahl  $1$  abzieht), d. h. den Zuwachs, den der Gesamtleitungswiderstand durch das Einbringen der Drahtlänge  $1$  in die Kette erhalten hat. Man bringe nun einen andern Draht  $1'$  von derselben Dicke und Materie wie  $1$  in die Kette, so wird die Kraft des Stroms, die man wiederum mittelst der Methode der Oscillationen bestimmt, durch  $\frac{a}{1+p'}$  ausgedrückt werden können, und  $p'$  wird sich eben so, wie vorhin  $p$ , bestimmen lassen, und man wird dann finden, dass sich  $1 : 1' = p : p'$  verhält. \*)

---

\*) Wenn man die Wirkung der in die Kette eingebrachten Drähte auf die Stromkraft, durch den *Widerstand* ausdrückt, den die Drähte der Stromkraft entgegensetzen, so wird

Man hat ferner gefunden, dass die *Form* der Drähte in dieser Hinsicht ganz gleichgültig ist, d. h. dass es gleichgültig ist, ob der Draht ein wirklicher (runder) Draht ist, oder ob derselbe eine andere z. B. 4eckige Gestalt hat; die Wirkung ist in beiden Fällen die gleiche, wenn nur die Länge des Drahts und die Grösse seines Querschnitts (Kreis oder Parallelogramm) die gleiche ist.

β) Von dem Widerstand der festen Leiter, insofern er von der verschiedenen Materie und der Temperatur der Leiter abhängt.

Zur Bestimmung des *eigenthümlichen Leitungsvermögens der Metalle* (oder vielmehr des Widerstandes, den verschiedene Metalle bei gleichem Querschnitt und gleicher Länge dem Strom entgegensetzen) hat man sich verschiedener Methoden bedient.

1) Da man beobachtet, dass sich Drähte, durch welche sich eine Leidner Batterie oder eine galvanische Kette entladet, um so stärker erhitzen, je schlechter ihr Leitungsvermögen ist, so verglich man z. B., wie viel Zolle gleichdicken Drahts durch dieselbe Grösse der Ladung einer Leidner Batterie ins Glühen gebracht oder geschmolzen zu werden vermögen. — Gegen diese Methode lässt sich die Einwendung machen, dass die verschiedenen Metalle eine ver-

---

man sagen müssen, dieser Widerstand verhalte sich *umgekehrt* wie die *Dicke*, und *direct* wie die *Länge* des Drahts, weil der Widerstand um so geringer ist, je grösser die Dicke, und um so grösser, je grösser die Länge des Drahts ist. Drückt man dagegen diese Beziehung der Dimensionen der Drähte zur Stromkraft durch das Wort „*Leitungsvermögen*“ aus, so wird man sagen müssen: das Leitungsvermögen der Drähte verhalte sich *direct* wie die *Dicke*, und *umgekehrt* wie die *Länge* der Drähte.

verschiedene Menge von Wärme zum Glühen und Schmelzen erfordern, und dass daher aus der Erscheinung des Glühens und Schmelzens nicht mit Sicherheit auf die Quantität von Wärme geschlossen werden kann, welche der Strom bei seinem Durchgang durch die Drähte entwickelt. Demungeachtet stimmen mehrere nach dieser Methode angestellte Versuche ziemlich gut mit den Resultaten, welche mittelst anderer sichererer Methoden erhalten wurden.

2) Eine zuverlässigere Methode ist die, bei welcher die Erhitzung der Drähte selbst genauer bestimmt wird, indem man die Drähte in einem mit Luft erfüllten Ballon einschliesst, und die relative Erhitzung derselben durch die Ausdehnung der Luft misst.

3) Die directeste und desswegen sicherste Methode, das Leitungsvermögen der Metalle zu bestimmen, gründet sich jedoch darauf, dass man nach einander *gleich dicke* Drähte von *verschiedenen* Metallen zur Schliessung einer Kette anwendet, und die relativen Längen vergleicht, welche diese Drähte haben müssen, damit die (durch die Ablenkung der Magnetnadel oder eine andere Wirkung zu messende) Kraft des Stroms sich stets gleich bleibe. Das Leitungsvermögen wird sich dann direct wie die Länge dieser Drähte verhalten, d. h. ein doppelt so langer Draht, wird nur dann den Strom nicht mehr schwächen als ein Draht von der einfachen Länge (die Dicke beider Drähte als gleich vorausgesetzt), wenn zugleich das Leitungsvermögen seiner Materie doppelt so gross, oder, was eben so viel heisst, (sein Leitungswiderstand halb so gross ist.

Die Kraft des Stroms lässt sich nemlich durch die elektromotorische Kraft dividirt durch den Gesamtwiderstand ausdrücken. Nennen wir erstere A und letzteren a, so ist die Kraft des Stroms einer solchen Kette  $= \frac{A}{a}$ . Man schiebe nun in diese Kette das einema einen Draht l, dessen Leitungswiderstand  $\lambda$ , das anderemal einen gleich dicken Draht l' von einem andern Metall ein, dessen Leitungs-

widerstand  $= \lambda$  sey. Im ersten Fall wird die Kraft des Stroms  $= \frac{A}{a+\lambda}$ ,  
 im letzten  $= \frac{A}{a+\lambda'}$  seyn. Da wir nun aber den Draht  $l'$  von  
 einer solchen Länge genommen haben, dass die Kraft des Stroms  
 die gleiche blieb wie in dem Fall, wo wir den Draht  $l$  in die  
 Kette gebracht hatten, so wird  $\frac{A}{a+\lambda} = \frac{A}{a+\lambda'}$ , mithin  $\lambda = \lambda'$ ,  
 d. h. der Leitungswiderstand (oder das Leistungsvermögen) des  
 Drahts  $l$  gleich dem Leitungswiderstand (oder Leistungsvermögen)  
 des Drahts  $l'$  seyn. Wenn daher die Länge des Drahts  $l'$  das  
 $n$  fache ist von der Länge des Drahts  $l$ , so ist (da das Leistungs-  
 vermögen von  $l' = \lambda'$ ) das Leistungsvermögen von  $\frac{1}{n} l'$ , (d. h. von  
 einem Draht, dessen Länge  $=$  ist der Länge des Drahts  $l$ )  $=$   
 $n\lambda = n\lambda$ , weil nemlich ein Draht von der  $n$  fachen Länge (bei  
 gleicher Materie und Dicke)  $n$  mal schlechter leitet als ein Draht  
 von der einfachen Länge.

Am zuverlässigsten wird das Leistungsvermögen der  
 Metalle durch die Ablenkung der Magnetonadel bestimmt.  
 Man bringt zuerst einen Draht in die Kette und misst die  
 Kraft des Stroms mittelst der Magnetonadel. Man bringt jetzt  
 statt dieses ersten Drahts einen andern von gleicher Dicke  
 aber verschiedener Materie in die Kette und versucht, wie  
 lang man denselben zu nehmen brauche, damit die Kraft  
 des Stroms unverändert bleibe. Das Leistungsvermögen der  
 Metalle, aus welchen die Drähte gemacht sind, verhält sich  
 dann wie die Länge derselben.

Es wird sich nun auch voraussehen lassen, in welchem  
 Verhältniss sich der Strom einer Kette zertheilt, wenn sich  
 dieselbe irgendwo in mehrere, nachher wieder zusammen-  
 aufende Zweige spaltet, z. B. wenn die Pole einer Säule  
 gleichzeitig durch mehrere parallele Drähte, die eine ver-  
 schiedene Länge und Dicke haben und von verschiedener  
 Materie seyn können, verbunden werden. Das Gesetz, nach  
 welchem sich in diesem Fall der Strom zwischen den ein-

zelen Zweigen theilt, welches übrigens aus dem Vorhergehenden als unmittelbare Folge sich ergibt, lässt sich so ausdrücken: *Die Grösse des Stroms in den verschiedenen Zweigen der Kette ist respectiv proportional ihrem Leitungsvermögen, so dass z. B. ein Draht, der vermöge seiner Kürze, Dicke und Materie doppelt so gut leitet, als ein anderer, auch die doppelte Quantität El. in gleicher Zeit durch jeden seiner Querschnitte hindurch lassen wird, als ein anderer, der nur halb so gut, wie dieser leitet, wenn beide neben einander die Kette schliessen.* — Da nemlich durch einen Draht, mit welchem die Kette geschlossen wird, nur  $\frac{1}{6}$  von El. hindurch geht, welche in der gleichen Zeit durch einen andern gleich langen aber 6 mal so dicken Draht von derselben Materie hindurch geht, so wird auch durch 6 neben einander liegende mit dem ersten gleichlange und gleich dicke Drähte von derselben Materie 6 mal so viel El. hindurchgehen, weil man sich einen 6 mal dickern Draht als aus 6 gleich langen Drähten von einfacher Dicke bestehend vorstellen kann. Ueberhaupt wird ein Draht dieselbe Wirkung äussern, wie eine beliebige Anzahl gleich langer Drähte von derselben Materie zusammengenommen, bei welchen die Summe der Querschnitte gleich ist dem Querschnitt des einen Drahts. Statt irgend eines solchen Drahts können wir dann einen andern gleich dicken Draht von einem andern Metall substituiren, dessen Länge wir seinem relativen Leitungsvermögen entsprechend genommen haben, nemlich so, dass er bei dieser Länge dieselbe Wirkung auf den Strom äussern würde, wie der andere Draht.

Aus dem Vorhergehenden wird die Methode, deren sich Davy zur Bestimmung des Leitungsvermögens verschiedener Metalle bedient hat, verständlich. — Eine Säule aus einer gewissen Anzahl von Plattenpaaren ward gleichzeitig durch zwei verschiedene Bogen geschlossen, deren einer einen Wasserzersetzungsapparat enthielt, während der ande-

re aus dem Draht, dessen Leitungsvermögen geprüft werden sollte, bestand. Nun theilt sich die El. nach dem Verhältniss des Leitungsvermögens dieser Bogen zwischen beide, und es wird daher bei immer grösserer Verbesserung des Leitungsvermögens des schliessenden Drahts ein Punkt erreicht werden, wo der Verhältnisstheil von El., welcher durch den andern, den Wasserzersetzungsgapparat enthaltenden, Bogen hindurchgeht, so gering wird, dass die Wasserzersetzung merklich zu seyn aufhört. Davy verglich nun, wie kurz Drähte von verschiedener Materie aber gleicher Dicke genommen werden mussten, um diesen Punkt zu erreichen, und bestimmte hier nach ihr Leitungsvermögen, indem dieses in demselben Verhältniss grösser seyn muss, als die Länge des Drahts unter der angegebenen Bedingung grösser ist.

Diese Methode Davy's steht zwar in Absicht auf Genauigkeit unstreitig derjenigen nach, welche das Leitungsvermögen der Metalle mittelst Ablenkung durch die Magnetenadel bestimmt, sie verdiente jedoch insofern schon einer besonderen Erwähnung, als Davy es war, welcher mittelst dieser Methode zuerst den entscheidenden Beweis lieferte, dass sich die Leitungsfähigkeit der Metalle für den elektrischen Strom (bei gleichbleibender Länge und Materie) nach der Dicke d. h. nach der Masse richte. Dieses Resultat musste befremden, da man weiss, dass sich die gewöhnliche El. immer nur auf der Oberfläche der Körper verbreitet, und dass das Innere der Körper dabei gar nicht in Betracht kommt. Bei der Vertheilung der gewöhnlichen El. aber handelt es sich von einer ins Gleichgewicht gekommenen El., und auf eine solche ist allerdings blos die *Oberfläche* von Einfluss: hier dagegen handelt es sich von einer *strömenden*, von einer in Bewegung befindlichen E., und die Kraft dieser Strömung hängt von den schon erörterten Umständen ab.

Endlich hat auch die *Temperatur* auf das Leitungsver-

mögen der festen Leiter einen Einfluss, und zwar wird dasselbe mit Erhöhung der Temperatur bedeutend geschwächt. Davy fand, mittelst seines so eben beschriebenen Apparats, dass wenn der verbindende Draht (ein  $\frac{1}{225}$  Zoll dicker Platindraht) unter Oel kalt gehalten wurde, kein Wasser mehr zersetzt wurde, mithin ein sehr geringer Verhältnissheil von El. durch den andern, den Wasserzersetzungssapparat enthaltenden Bogen hindurchgehen konnte, dagegen eine Wasserzersetzung sich einstellte, wenn jener Draht sich in der Luft befand, wo die Entladung denselben erhitze, und daher weniger El. durch ihn, aber mehr durch den den Wasserzersetzungssapparat enthaltenden Bogen hindurchgieng. — Diesen schwächenden Einfluss der Temperaturerhöhung der Leiter auf die Kraft des Stroms hat Davy noch weiter durch folgenden interessanten Versuch, der keiner Erörterung bedarf, nachgewiesen. Man bringt in einer Kette einen 4—5 Zoll langen und so dünnen Platindraht an, dass die durchströmende El. ihn seiner ganzen Länge nach rothglühend macht; versetzt man nun irgend einen Theil desselben durch die Flamme einer Weingeistlampe ins Weissglühen, so erkaltet augenblicklich der Ueberrest des Drahts bis unter die Temperatur des sichtbaren Glühens. Umgekehrt werden, wenn man an eine Stelle eines rothglühenden Drahts ein Stück Eis hält, oder einen Strom kalter Luft auf sie treibt, alle anderen Theile des Drahts viel heisser und kommen vom Rothglühen ins Weissglühen. — In welchem Verhältniss übrigens das Leitungsvermögen der Metalle mit der Temperatur abnehme, ist bis jetzt nicht ausgemittelt: merkwürdig aber ist es, dass das Leitungsvermögen der Metalle genau das umgekehrte ihrer Fähigkeit zu seyn scheint, sich durch die Entladung von selbst zu erhitzen. Bildet man z. B. einen Schliessungsbogen einer kräftigen galvanischen Kette aus aneinander gelötheten abwechselnden Gliedern Platindraht und 4 bis 5 mal dickerem Silberdraht, so werden

die Glieder von Silber nicht merklich warm, alle Glieder von Platin aber kommen heftig und gleichmässig zum Glühen; wirklich leitet auch Silber die El. weit besser als Platin.

Die Metalle sind, wie schon S. 35. erwähnt wurde, die besten Leiter der El.; unter den nicht metallischen Elementen ist nur allein die Kohle ein Leiter, jedoch ein schlechterer, als der schlechteste El.-Leiter unter den Metallen. Silber scheint die El. am besten zu leiten; nach ihm scheint Kupfer, dann Gold, Zink, Eisen, Platin, Zinn, Blei zu folgen. Die Verschiedenheit in den Angaben verschiedener Physiker in dieser Beziehung erklärt sich, wenigstens zum Theil, daraus, dass, bestimmten Erfahrungen zu Folge, das Leitungsvermögen eines Metalls oft durch kleine Beimengungen fremder Metalle bedeutend modificirt wird. — Was die Kohle betrifft, so ist schon S. 32. angeführt worden, dass der Diamant ein Nichtleiter ist. Aber auch die verschiedenen Arten der gemeinen Kohle zeigen sich hinsichtlich ihres Leitungsvermögens höchst verschieden, indem z. B. die Kohle um so besser leitet, je stärker sie geglüht ist, so dass nicht gehörig ausgeglühte Kohle sogar ein Nichtleiter ist. Wie gering übrigens das Leitungsvermögen der Kohle verglichen mit dem der Metalle ist, ergibt sich aus einem Versuch Davy's, wornach ein Stück gut verkohlte Buchsbaumholzkohle von  $\frac{3}{10}$  Zoll Breite,  $\frac{1}{10}$  Zoll Dicke und 1.2 Zoll Länge, in den Schliessungskreis einer voltaschen Säule gebracht, eben so gut leitete als ein 6 Zoll langer Platindraht von  $\frac{1}{220}$  Zoll im Durchmesser, mithin Platin, eines der am schlechtesten leitenden Metalle, dennoch 584.5 mal so gut leiten würde, als eine solche Kohle.

b) Von dem Widerstande, den der Strom in der Flüssigkeit erleidet.

So wie der Strom einen Widerstand bei seinem Durchgang durch metallische Körper erleidet, so erfährt er auch



einen, und zwar ohne alle Vergleichung grösseren, Widerstand bei seinem Durchgang durch Flüssigkeiten. Dieser letztere Widerstand ist aber, wie wir bald sehen werden, von zweierlei Art: man hat nemlich den Widerstand, den der Strom *bei seinem Uebergang von einem Metall in eine Flüssigkeit* erfährt, wesentlich von demjenigen Widerstand zu unterscheiden, den der Strom, *bereits in der Flüssigkeit angelangt, auf seinem Wege durch die Flüssigkeit hindurch erleidet*. Die erstere Art von Widerstand können wir durch die Benennung: *Widerstand des Uebergangs*, die letztere, die man früher allein angenommen hatte, durch die Benennung: *eigenthümlicher Widerstand der Flüssigkeit* bezeichnen. Wir werden sehen, dass in den meisten Fällen der Widerstand des Uebergangs über den eigenthümlichen Widerstand der Flüssigkeit das Uebergewicht hat. Will man beide Arten von Widerstand zusammen bezeichnen, so kann dieses durch den Ausdruck: *Widerstand in der Flüssigkeit* geschehen, unter welchem man also sowohl den Uebergangswiderstand, als den eigenthümlichen Widerstand der Flüssigkeit begreift.

Dass überhaupt der Widerstand in der Flüssigkeit (ohne vorerst diese beiden Arten des Widerstands von einander zu unterscheiden) ein sehr beträchtlicher sey, ergibt sich schon aus einer oberflächlichen Betrachtung. Man findet leicht, dass er theils von den Dimensionen, theils von der Materie und Temperatur des flüssigen Leiters abhängig ist. In erster Hinsicht hat man blos nöthig, die Kette bei verschiedenen Abständen der Elektromotorplatten von einander in der Flüssigkeit zu schliessen, um zu finden, dass je grösser die vom Strom zu durchlaufende Strecke der Flüssigkeit wird, um so mehr die Wirksamkeit derselben geschwächt wird, dass dagegen diese Wirksamkeit um so mehr zunimmt, als man die Berührungspunkte der Flüssigkeit mit den Elektromotorplatten, z. B. durch tieferes Ein-

tauchen dieser letzteren, vermehrt, so dass die Dicke der Flüssigkeit vergrößert wird, indem die vom Strom zu durchlaufende Strecke derselben einen grösseren Querschnitt erhält. — In Beziehung auf die Verschiedenheit der Materie der Flüssigkeit findet man, dass die Wirkung des Stroms schwach ist bei destillirtem Wasser, selbst bei Brunnenwasser, aber in eben dem Maasse zunimmt, als man Säuren, Alkalien, oder überhaupt Substanzen, welche den chemischen Process zwischen Metall und Flüssigkeit verstärken, zu letzterer hinzufügt; endlich, dass die Wirkung sich mit Erwärmung der Flüssigkeit verstärkt.

Dass man wirklich die genannten zweierlei Arten des Widerstands in der Flüssigkeit zu unterscheiden habe, ergibt sich aus folgenden Betrachtungen.

1) Wenn man eine Kette das einermal durch einen zusammenhängenden feuchten Leiter, das anderemal durch einen eben solchen Leiter, der aber durch eine oder mehrere homogene Zwischenplatten unterbrochen ist, schliesst, so wird die Wirkung der Kette in letzterem Fall geringer ausfallen, als in ersterem. Man verfährt hiebei gewöhnlich auf die Weise, dass man mehrere Kupferplatten abwechselnd mit frischen Scheiben schichtet, und diese Abwechslungen in den Kreis einer Säule oder Kette bringt; sie werden die Wirkung derselben mehr schwächen, als wenn man dieselben Kupferplatten und dieselben feuchten Scheiben in die Kette bringt, aber so, dass alle Kupferplatten für sich und alle feuchten Scheiben für sich über einander liegen, mithin ein oft wiederholter Uebergang der Flüssigkeit zwischen Metall und feuchtem Leiter vermieden wird. — Da jedoch, wie wir später sehen werden, jede anfangs homogene Zwischenplatte in einer wirksamen Kette allmählig selbst gleichsam ein wirksames Plattenpaar wird, indem sie durch gewisse an ihr vorgehende Veränderungen sich in eine positive und negative Hälfte theilt, welche den Erregern der ursprünglichen Kette

gerade entgegengesetzt angeordnet sind und wodurch mithin auf dieselbe Weise eine Schwächung des Stroms hervorgebracht werden muss, wie wenn in einer Säule ein oder einige Plattenpaare verkehrt gelegt werden, so würde es scheinen können, als ob die beobachtete Schwächung des Stroms auf Rechnung dieses Umstandes allein und gar nicht auf Rechnung eines vermehrten Uebergangswiderstandes geschrieben werden müsse, wenn man nicht schon *im ersten Augenblicke* der Schliessung, wo die homogenen Zwischenplatten die genannte elektrische Polarität noch nicht angenommen haben, eine solche Schwächung in der That beobachtete. — Eine ganz befriedigende Beweiskraft für die Existenz eines solchen Uebergangswiderstandes besitzt jedoch diese Thatsache nicht.

2) Einen entscheidenden Beweis aber liefert folgende Thatsache. In Ketten von schlechter Leitungsflüssigkeit und nicht sehr grossen Platten, in welchen mithin der Leitungswiderstand in der Flüssigkeit sehr beträchtlich ist, beträgt der Leitungswiderstand des Schliessungsdrahts nur einen sehr geringen Theil von dem Gesamtwiderstand, weil dieser aus dem Widerstand in der Flüssigkeit und dem Widerstand des Schliessungsdrahts besteht. Gäbe es daher *blos* einen *eigenthümlichen Widerstand* der Flüssigkeit und *keinen Widerstand des Uebergangs*, so müsste, wenn man in solchen Ketten die Platten in den doppelten oder dreifachen Abstand von einander versetzte, auch die Kraft der Kette merklich auf die Hälfte oder den dritten Theil sinken, da, wie wir bald sehen werden, der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit im geraden Verhältniss des Abstandes, in welchem die Metallplatten in der Flüssigkeit von einander stehen, zunimmt. Man findet aber bei vielen solchen Ketten, dass selbst eine viel stärkere Vergrösserung des Abstandes der Platten die Wirkung nur sehr wenig schwächt, so dass also sowohl der Leitungswiderstand des Drahts als

der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit gegen einen dritten Widerstand verschwinden, der in der Kette vorhanden seyn muss, und nichts anders seyn kann, als der Widerstand des Uebergangs. Dieser letztere Widerstand kann sich nemlich in dem so eben angeführten Fall nicht ändern, und wenn er an sich sehr gross in Vergleich mit dem eigenthümlichen Widerstand der Flüssigkeit ist, so hängt der Gesamtwiderstand *hauptsächlich* von ihm ab, und es wird daher durch Vermehrung des eigenthümlichen Widerstandes die Kraft der Kette nicht merklich geschwächt werden können.

Diese Ergebnisse erhält man nicht blos in den späteren Wirkungsperioden der Kette, sondern auch dann, wenn man ihre Kraft *sogleich* nach ihrer Schliessung untersucht und wenn man Sorge getragen hat, die Platten vor jedem neuen Versuch frisch zu scheuern. Allerdings aber findet man, dass dieser Widerstand des Uebergangs vom Anfang des Geschlossenseyns der Kette immer mehr zunimmt, so dass er in späteren Perioden ein sehr grosses Vielfache seines anfänglichen Werthes betragen kann, und dass dann sowohl der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit als des Schliessungsdrahts gegen ihn merklich verschwinden können, wenn dieses auch im Anfange der Schliessung nicht der Fall war. Im Anfange der Schliessung nemlich wird die Kraft einer Kette grösser seyn können, als die Kraft einer andern, wenn in der erstern die Elektromotorplatten weniger weit von einander entfernt sind als in der letzten, wenn daher der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit in der ersten Kette geringer ist als in der letzten, indem der Strom einen kürzeren Weg durch die Flüssigkeit zu durchlaufen hat, im Uebrigen aber beide Ketten auf ganz gleiche Weise construirt sind; in spätern Perioden wird aber die Kraft des Stroms in beiden Ketten merklich gleich gefunden werden können, weil der Widerstand des Uebergangs, der in beiden Ketten

von Anfang an gleich gross ist, und in beiden gleichmässig wächst, allmählig so gross wird, dass die übrigen Widerstände gegen ihn verschwinden. Da der Widerstand des Uebergangs so schnell zunimmt, so wäre es denkbar, dass er im allerersten Moment der Schliessung noch gar nicht vorhanden wäre: aber schon in wenigen Sekunden ist er jedenfalls sehr merkbar.

Die Umstände, von welchen dieser Widerstand abhängt, sind folgende:

a) Er steht genau im umgekehrten Verhältniss der mit der Leitungsflüssigkeit in Berührung befindlichen Oberfläche der Elektromotorplatten;

b) Er ist in allen spätern Wirkungsperioden der Kette grösser;

c) Er ist geringer für das positive als für das negative Metall der Kette;

d) Er ist um so geringer, je kräftiger die Flüssigkeit chemisch auf die Platten einzuwirken vermag.

Der Gesamtleitungswiderstand der Kette ist mithin aus folgenden partiellen Widerständen zusammengesetzt:

1) *Dem Widerstand der metallischen Theile* der Kette, welcher direct proportional ist der Länge derselben, umgekehrt proportional ihrem auf die Richtung des Stroms senkrechten Querschnitt, und ausserdem noch abhängig von ihrer Materie und Temperatur.

2) *Dem eigenthümlichen Widerstand des flüssigen Leiters* in der Kette, welcher direct proportional ist dem Abstände der Elektromotorplatten von einander in der Flüssigkeit, umgekehrt proportional der mit der Flüssigkeit in Berührung befindlichen Oberfläche der Platten, wofern der Querschnitt der Flüssigkeit und jene Oberfläche in gleichen Graden wachsen.

3) *Dem Leitungswiderstande des Ueberganges*, welcher unabhängig ist von den Dimensionen der schliessenden Leiter,

aber in geradem Verhältniss der chemischen Einwirkung, welche die Elektromotorplatten erfahren, abzunehmen scheint, daher geringer wird durch stärkere Leitungsflüssigkeit, geringer ist im Anfang der Schliessung, wo die Platten die stärkste Einwirkung erfahren, geringer ist für die positiven Platten, die immer stärker von der Flüssigkeit angegriffen werden, als die negativen, endlich im geraden Verhältniss der mit der Flüssigkeit in Berührung befindlichen Oberfläche abnimmt, insofern die Summe der chemischen Einwirkung auf die Platten im Verhältniss dieser Oberfläche zunimmt.

Durch den ausserordentlich grossen Einfluss, den die Grösse der Oberfläche, in welcher die Flüssigkeit mit den Elektromotorplatten in Berührung kommt, auf die Stärke des Stroms hat, so wie durch die Thatsache, dass die chemische Einwirkung der Platten auf die Flüssigkeit eine wesentliche Bedingung des Leitungsvermögens in der Flüssigkeit ist, fanden sich mehrere Physiker bewogen, den eigentlichen Sitz der *Erregung* der Elektrizität in der Kette, nicht sowohl in der Berührung der Metalle unter einander, als vielmehr in ihrer Berührung mit der Flüssigkeit zu suchen. Man hat aus diesem Grunde den Theil der Elektromotorplatten, welcher mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, die *erregende Oberfläche* genannt, und pflegt sich dieser kurzen Benennung auch dann zu bedienen, wenn man der so eben erwähnten Ansicht nicht huldigt.

Bei den Versuchen, welche man angestellt hat, um das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten zu bestimmen, hat man die oben genannten beiden Arten des Widerstandes nicht von einander unterschieden; wir werden daher auch dieses Leitungsvermögen, *Leitungsvermögen in der Flüssigkeit* nennen, indem wir beide Arten von Widerstand zusammen nehmen. Da dieses Leitungsvermögen um so grösser ist, je grösser die chemische Einwirkung der Flüssigkeit auf die Metalle ist, so ist klar, dass es nicht möglich ist, die Flüssigkeiten

ihrem Leitungsvermögen nach in einer allgemeinen Reihenfolge aufzustellen, indem dieselbe Flüssigkeit bald schlechter bald besser zu leiten scheinen kann als eine andere, wenn sie einmal mit Metallen combinirt wird, die weniger, ein andermal mit Metallen, die mehr von ihr angegriffen werden, als von der andern Flüssigkeit. Als Belege hiefür, so wie dafür, dass die chemische Einwirkung der Platten auf die Flüssigkeit eine wesentliche Bedingung des Leitungsvermögens in der Flüssigkeit ist, dienen folgende Thatsachen:

1) Wird Zink in Berührung mit irgend einem andern Metall, das einmal durch destillirtes Wasser, das andermal durch rauchendes Vitriolöl zur Kette geschlossen, so erhält man in beiden Fällen nur eine sehr geringe Ablenkung der Magnetnadel, weil weder Wasser noch rauchendes Vitriolöl die Metalle merkbar angreifen. Wird aber das Wasser und Vitriolöl zusammengemischt, und die Kette nun durch die so *verdünnte* Schwefelsäure geschlossen, so erfolgt eine sehr starke Ablenkung der Nadel, weil das Zink von verdünnter Schwefelsäure angegriffen und unter Entwicklung von Wasserstoffgas oxydirt wird. Wasser sowohl als Vitriolöl sind daher in Beziehung auf Zink, welches als Elektromotor in die Kette eingeht, sehr schlechte, wässrige Schwefelsäure dagegen ein sehr guter Leiter.

2) Concentrirte Salzsäure und Salpetersäure wirken für die Combinationen aller leicht oxydirbaren Metalle, selbst wenn sie sehr nahe in der elektrischen Reihenfolge bei einander stehen, wenn daher die elektromotorische Kraft gering ist, als sehr kräftige Leiter, dagegen wirken beide, jede einzeln für sich, sehr schwach, wenn man eine Combination von Gold und Platin darinn prüft, sofern diese beiden Metalle von jeder der genannten einzelnen Säuren nicht angegriffen werden. Mischt man aber Salzsäure und Salpetersäure zusammen, so dass Königswasser entsteht, welches vermöge seines Chlorgehalts beide Metalle angreift

und sich mit ihnen verbindet, so erfolgt eine lebhaftere Wirkung auf die Nadel.

3) Eine Combination von Silber und Gold durch Salzsäure geschlossen wirkt schwach, viel stärker aber, wenn sie durch Salpetersäure geschlossen wird, weil Salzsäure weder Gold noch Silber merkbar angreift, während Salpetersäure das eine dieser beiden Metalle wenigstens, das Silber, sehr leicht angreift. In anderen Fällen dagegen scheint die Salpetersäure nicht bedeutend stärker als die Salzsäure zu wirken, da nemlich, wo auch die Salzsäure die Metalle oder ein Metall leicht angreift.

4) Ein Metall, das von einem andern in der galvanischen Spannungsreihe weiter absteht, als von einem dritten, kann dennoch, mit dem ersteren combinirt, in einer Flüssigkeit schwächer wirken, als wenn es mit dem letzteren combinirt wird, wenn nemlich diese Flüssigkeit stärker auf das letztere Metall einwirkt als auf das erstere. — So wirkt eine Combination von Zink und Platin in Salmiakauflösung und andern Flüssigkeiten schwächer, als eine Combination von Zink und Kupfer, weil das Platin von den Flüssigkeiten im Allgemeinen viel weniger angegriffen wird als das Kupfer, ungeachtet Zink von Platin in der galvanischen Spannungsreihe viel weiter absteht, als von Kupfer.

5) Flüssigkeiten, welche gar keine chemische Einwirkung auf die Metalle äussern, wie z. B. Alkohol und Oele, unterbrechen die Strömung der Kette, wenn sie zur Schliessung derselben angewandt werden.

6) Auch dann, wenn bei anscheinend gänzlich mangelnder chemischer Einwirkung, dennoch eine Strömung, d. h. eine Ablenkung der Magnetaedel erfolgt, zeigen die Metalle, wenn sie sich eine Zeit lang in der geschlossenen Kette befunden haben, doch in mancher Beziehung so veränderte Eigenschaften, dass man auf eine, für das Auge nur nicht sichtbare, durch die Flüssigkeit hervorgebrachte Aen-



derung des Zustandes ihrer Oberfläche schliessen kann. So erhält man allerdings selbst durch Gold und Silber in Salzsäure, durch Gold und Platin in Salzsäure oder Salpetersäure, durch beliebige Metalle in Vitriolöl, eine Ablenkung der Nadel, die wenigstens bei Anwendung der sehr empfindlichen Vorrichtung Nobili's oft sehr bedeutend ist. Die Metalle erleiden in diesen Fällen gar keine sichtbaren Veränderungen. Dass sie aber doch verändert werden, wird später sich ergeben, wenn wir auf die merkwürdigen Erscheinungen der sogenannten *Ladung* zu sprechen kommen werden.

7) Zink und Eisen vermögen bei gewöhnlicher Temperatur nicht das Wasser zu zersetzen, sofern dieses zuvor ausgekocht ist und mithin von dem aus der atmosphärischen Luft aufgenommenen Sauerstoffgas nichts mehr enthält. Daher kann aus Zink und Kupfer mit luftfreiem Wasser keine wirksame Säule aufgebaut werden, wofern die atmosphärische Luft von derselben dadurch abgehalten wird, dass man sie in einen luftleeren oder in einen mit Wasserstoffgas oder Stickgas u. s. f. erfüllten Raum einschliesst. Wird aber in einem solchen Raum die Säule mit lufthaltigem Wasser aufgeschichtet, so zeigt sie sich so lange wirksam, bis der Sauerstoff der im Wasser enthaltenen Luft verzehrt ist; dann hört ihre Wirksamkeit auf und beginnt von Neuem wieder, wenn man atmosphärische Luft hinzutreten lässt. — Auch dann, wenn eine solche Säule mit lufthaltigem Wasser in einem mit atmosphärischer Luft gefüllten aber eingeschlossenen Raum aufgebaut wird, bemerkt man, dass ihre Wirksamkeit bald aufhört, und dass die Luft dann ihres ganzen Sauerstoffgehalts beraubt sich zeigt. — Man errichtet, um dieses zu zeigen, eine solche Säule auf einem mit Wasser umgebenen Untersatz und stürzt eine Glasglocke so über dieselbe um, dass die die Säule umgebende Luft durch Wasser gesperrt wird. In wenigen Augenblicken sieht man das Wasser im Innern der Glocke in die Höhe treten, nach einiger Zeit ist die Absorp-

tion beendigt, und die rückständige Luft zeigt keine Spur von Sauerstoff mehr. — Man sieht aus diesen Erscheinungen, dass die Luft zunächst ihren Sauerstoff an das Wasser abtritt, und dass ihn das Zink dem Wasser entzieht, und auf diese Weise durch Vermittlung des Wassers die Luft ihres Sauerstoffs beraubt wird.

Die *Temperatur* hat auf den Leitungswiderstand in der Flüssigkeit in der Art einen Einfluss, dass eine Erhöhung der Temperatur der Flüssigkeit den Leitungswiderstand vermindert, während umgekehrt Erhöhung der Temperatur der festen Leiter den Leitungswiderstand derselben vermehrt. Dieses rührt offenbar davon her, weil mit der Temperaturerhöhung die chemische Wirksamkeit der Flüssigkeiten im Allgemeinen zunimmt, daher man es zuträglich findet, die Papp- oder Tuch-Scheiben, die mit Flüssigkeit getränkt die feuchten Leiter der Säule darstellen, mit *wärmer* Flüssigkeit zu netzen. Je grösser übrigens das Leitungsvermögen in der Flüssigkeit schon an sich ist, desto weniger wird die Wirksamkeit der Kette durch Temperaturerhöhung der Flüssigkeit verhältnissmässig verstärkt.

Von den in Anwendung gebrachten Methoden, den Leitungswiderstand der Flüssigkeiten zu bestimmen, will ich hier nur einige andeuten.

1) Man bringt in die Kette einer Säule, die auf einen gleichförmigen Zustand der Wirksamkeit herabgekommen ist, einen Wasserzersetzungsapparat und zugleich eine Röhre ein, die successiv mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt wird. Je mehr Wasser in der gleichen Zeit zersetzt wird, oder je kleiner die Zeit ist, welche erfordert wird, um die gleiche Menge von Gas durch Wasserzersetzung zu erhalten, desto geringer ist der Leitungswiderstand der in der Röhre eingeschlossenen und in den Kreis der Kette gebrachten Flüssigkeit.

Bei solchen Versuchen befand sich die Flüssigkeit in der

der Röhre zwischen Platindrähten, und da das Platin von keiner der dem Versuch unterworfenen Flüssigkeiten angegriffen wird, so würde man glauben können, dass die erhaltenen Resultate, insofern sie von einer chemischen Action unabhängig sind, absolute Gültigkeit besitzen, wenn nicht, wie schon erwähnt wurde, die Metalle auch in diesen Fällen eine, wenn gleich nicht sichtbare, Aenderung erlitten, und daher der Fall denkbar wäre, dass der Leitungswiderstand der Flüssigkeiten, wenn diese durch Vermittlung anderer Metalle in den Kreis der Kette gebracht würden, dennoch anders sich verhalten könnte, selbst dann, wenn diese anderen Metalle, wie z. B. Gold, ebenfalls keine sichtbare chemische Einwirkung von den Flüssigkeiten erleiden.

2) Man taucht zwei Platinplatten nach einander in ein mit den Flüssigkeiten, deren Leitungswiderstand geprüft werden soll, gefülltes Gefäss und bringt diese Platten in den Kreis einer Säule, in der sich zugleich ein Multiplicator befindet. — Je grösser die Ablenkung der Nadel ist, desto geringer ist der Leitungswiderstand der Flüssigkeit.

De la Rive hat mittelst dieser letzteren Methode das Resultat erhalten, dass Salpetersäure zwischen Platin den geringsten Leitungswiderstand äussert, dann folgt Salzsäure, dann Schwefelsäure. Sehr verdünnte Salpetersäure bringt einen stärkeren Leitungswiderstand hervor, als concentrirte, dagegen Schwefelsäure, selbst sehr verdünnte, einen geringeren, als concentrirte. Nach den genannten Säuren folgen die Salzaufösungen, dann Kalilauge und Ammoniak-Flüssigkeit, die sich fast gleich verhalten.

Es ist übrigens kaum nöthig zu bemerken, dass die bei solchen Versuchen entwickelten Gasmengen oder Ablenkungsgrössen der Nadel für kein wirkliches *Maass* des Leitungswiderstandes der Flüssigkeiten zu nehmen seyen, denn in diesem Fall müsste die in die Kette gebrachte Flüssig-

keit, deren Leitungswiderstand untersucht wird, den Gesamtwiderstand der Kette ausmachen, von dem ihr eigener Widerstand doch in der That nur einen kleinen Theil ausmacht; es folgt hieraus, dass die Differenzen zwischen dem Leitungsvermögen jener Flüssigkeiten wirklich viel grösser sind, als die durch die erwähnten Versuche gefundenen Zahlenwerthe sie ausdrücken. Man sieht dieses leicht an der ausserordentlichen Zunahme der Wirksamkeit einer Kette, deren Gesamtwiderstand gering ist (wie namentlich bei einer einfachen Kette), wenn man zuerst ihre Kraft untersucht, nachdem man sie durch destillirtes Wasser geschlossen hat, und hierauf, nachdem man dem Wasser einige Tropfen einer Säure oder ein wenig Salz zugesetzt hat.

Dass das Leitungsvermögen der Metalle ohne alle Vergleichung grösser sey als das der Flüssigkeiten, ist schon erwähnt worden. Cavendish gibt an, dass Eisendraht 400 Millionmal besser als destillirtes Wasser leite, und Pfaff fand, dass eine zwischen vergoldeten Messingplatten befindliche concentrirte Salmiakauflösung, die doch zu den besten flüssigen Leitern gehört, einen Querschnitt von 6 Quadratzoll haben musste, um, anstatt eines Eisendrahts von  $\frac{1}{41236}$  Quadratzoll in die Kette substituirt (bei gleichen Längendimensionen), dieselbe Ablenkung der Magnethadel hervorzurufen. Da, bei gleicher Länge, sich das Leitungsvermögen der Körper umgekehrt wie die Grösse ihres Querschnitts verhält, so würde hieraus folgen, dass das Leitungsvermögen des Eisens sich zu dem der Salmiakauflösung  $= 6 : \frac{1}{41236} = 247416 : 1$  verhält, mithin ersteres 247416 mal grösser als letzteres ist.

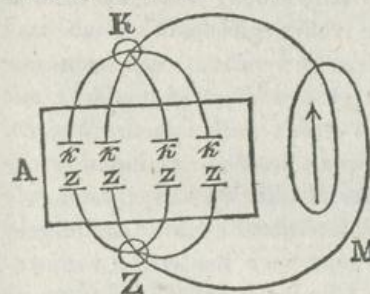
Wir haben S. 765. die Umstände kennen gelernt, von welchen sowohl der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit als der Widerstand des Uebergangs abhängt. Es muss nun noch gezeigt werden, wie eine Kette eingerichtet

werden muss, wenn der Querschnitt der Flüssigkeit in gleichem Grade mit der sogenannten erregenden Oberfläche wachsen soll, in welchem Fall mithin auch der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit und der Widerstand des Uebergangs gleichzeitig abnehmen müssen; wie dagegen eine Kette, beschaffen seyn muss, wenn *blos* die erregende Oberfläche vergrößert werden soll, während die Dimension der Flüssigkeit ungeändert bleibt.

Um der zuerst genannten Forderung zu genügen, gibt man der Kette folgende Einrichtung.

Man setzt die Platten in einen Trog ein, dessen Querschnitt gerade von denselben ausgefüllt wird. Giesst man nun allmählig Flüssigkeit in den Trog, so ist es klar, dass die erregende Oberfläche und der Querschnitt der Flüssigkeit in gleichem Verhältniss wachsen müssen.

Der zweiten Forderung wird z. B. durch folgende Einrichtung der Kette entsprochen.



In einem mit Oelfirniss ausgegossenen Trog von Eichenholz sind in dem Boden, oder in Leisten, die auf dem Boden befestigt werden, in genau abgemessenen Entfernungen enge Einschnitte angebracht, so dass Platten, die in dieselben

eingesetzt werden, aufrecht stehen. In diese Einschnitte nun werden auf einer Seite eine gewisse Anzahl Zinkplatten z, z, z, z, ihnen gegenüber eine eben so grosse Anzahl Kupferplatten k, k, k, k, eingesetzt, und sowohl die Zink- als die Kupfer-Platten zu Einer erregenden Oberfläche dadurch vereinigt, dass man Drähte von ihnen aus in die mit Quecksilber gefüllten Gefässe Z und K (oder statt eines Gefässes Z und eines Gefässes K, in mehrere, die durch Drähte mit einander verbunden sind) leitet, in

welche zugleich die Enddrähte des Multiplicators M tauchen. Durch Einsenken und Herausziehen der einzelnen Drähte aus den Quecksilbergefässen kann man dann eine beliebige Anzahl Platten in die erregende Oberfläche aufnehmen oder aus ihr weglassen. Die Drähte müssen kurz und dick seyn, damit ihr Widerstand gegen den Widerstand des Multiplicatordrahts vernachlässigt werden kann.

In Beziehung auf die Wirkungsverstärkung durch die erregende Oberfläche ist Folgendes zu berücksichtigen.

1) Diese Verstärkung beruht einzig und allein auf Vergrößerung der mit der Flüssigkeit in Berührung kommenden Fläche; daher wirkt das grösste Plattenpaar dem kleinsten *ganz gleich*, wenn beide (bei gleicher Breite) zu gleicher Tiefe in dieselbe Flüssigkeit eingetaucht werden; daher wird man auch durch Ansatz metallischer Platten an die Erregerplatten *ausserhalb* der Flüssigkeit ihre Wirkung weder merklich verstärken noch schwächen; daher ist es auch bei dem Aufbau einer Säule völlig gleichgültig, ob man grosse oder kleine Platten dazu anwendet, *wenn man nur den grossen Platten keine grössere Berührungsfläche mit den feuchten Zwischenleitern geben will, als den kleinen*. Je inniger übrigens die Berührung der Platten mit den feuchten Scheiben ist, desto grösser ist die Wirkung; denn jede trocken bleibende oder nicht hinreichend genässte Stelle geht für die erregende Oberfläche ganz oder theilweise verloren. Daher befördert ein mässiger Druck auf die Säule, wenn er nur nicht so stark ist, dass er die Flüssigkeit zum Auslaufen und Herabfliessen bringt, ihre Wirkung, wovon man sich sehr leicht mittelst des Multiplicators überzeugen kann.

2) Diese Verstärkung der Wirkung durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche wird *nicht* erhalten, wenn man eine Kupfer- oder Zink-Platte (wir wollen annehmen, es sey eine Kupferplatte) in ein gesondertes Gefäss voll Flüssigkeit taucht, und sie dann metallisch mit der entspre-

chenden (Kupfer) Platte einer Kette verbindet, die sich in einem *andern* Gefäss angeordnet findet; es ist dann gerade so, als wenn man die Platte schlechthin in der Luft angefügt hatte; diese Verstärkung tritt aber ein, wenn man in dem ersteren, gesonderten Gefäss neben die Kupferplatte eine Zinkplatte eintaucht und auch diese mit einer Zinkplatte in dem andern Gefäss verbindet. Jedes Gefäss für sich enthält dann eine Kette, die aber durch die verbindenden Drähte zu einer einzigen verbunden ist.

3) Man findet, dass es für die Wirkung vollkommen gleichgültig ist, ob man dieselbe Grösse der erregenden Oberfläche in Einer Zelle anwendet, oder sie in zwei verschiedene Zellen vertheilt, (indem man einmal ein einziges Plattenpaar in einer *ganz* gefüllten Zelle, ein anderesmal zwei metallisch verbundene Plattenpaare in zwei dergleichen *halb* gefüllten Zellen anwendet. Resultate, die an Ketten gefunden werden, welche auf letztere Art zusammengesetzt sind, lassen sich daher auf einfache Plattenpaare, von gleicher erregender Oberfläche, als die Summe jener beträgt, übertragen.

Diese Wirkungsverstärkung, welche die Säule durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche erfährt, scheint blos darauf zu beruhen, dass der Leitungswiderstand vermindert wird, indem der Strom einen leichteren Weg durch eine grosse als durch eine kleine Berührungsfläche des Metalls mit der Flüssigkeit findet.

Ich habe schon oben (S. 766.) die gegentheilige Ansicht angeführt, nach welcher die Flüssigkeiten nicht durch ihren verschiedenen grossen Leitungswiderstand einen Einfluss auf die Stärke des Stroms ausüben, sondern durch ihre Berührung mit den Metallen die El. selbst erregen sollen. Es ist hierüber schon lange ein interessanter Streit geführt worden, und die zuletzt erwähnte Ansicht hat noch in neuester Zeit an De la Rive einen gewichtigen Verfechter gefunden. Ich werde diesen Streit später ausführlicher erör-

tern und führe hier nur einen Versuch von Fechner an, der einen entscheidenden Beweis gegen die Richtigkeit der so eben angeführten Ansicht zu liefern scheint. Wenn man in einem mit Wasser gefüllten Trogapparat eine paare Anzahl (durchaus homogener) Zink - Kupferplattenpaare zu einer Kette so anordnet, dass die eine Hälfte der Elemente einen entgegengesetzten Strom hervorzubringen strebt, als die andere, so ist die Wirkung dieser Kette Null, weil sich ihre gleichen und entgegengesetzten Ströme wechselseitig compensiren. Diese Wirkung ist aber auch dann noch Null, wenn man die erregende Oberfläche der Elemente in den Zellen einer Seite beliebig grösser macht, als bei den entgegengesetzt disponirten, indem man die ersteren Zellen viel höher mit Wasser anfüllt; ja die Wirkung ist, wenigstens im ersten Augenblicke, selbst dann noch Null, wenn man in die Zellen, worinn die grösseren erregenden Oberflächen enthalten sind, eine beliebige Menge Salzsäure hinzufügt. In letzterem Falle besteht das Gleichgewicht zwar nur im ersten Augenblick, denn allmählig tritt eine Ablenkung der Magnethadel ein, aber, was wohl zu bemerken ist, diese Ablenkung zeigt ein wachsendes Uebergewicht gerade derjenigen Paare an, welche in den Zellen mit unverändert schwach gebliebener Flüssigkeit sich befinden, und die kleinere erregende Oberfläche besitzen; kurz der Effect ist so beschaffen, als wenn die Säule blos aus diesen letzteren Plattenpaaren construirt, und die andern entgegengesetzt angeordneten Plattenpaare von grösserer erregender Oberfläche mit einer besseren leitenden Flüssigkeit in Berührung, gar nicht vorhanden wären. Dieser Erfolg erklärt sich nach der Contacttheorie sehr leicht. Die Salzsäure wirkt blos durch Verminderung des Leitungswiderstandes; *diese Verminderung kommt aber der Elektrizität der Plattenpaare in den Zellen ohne Säure eben so gut auf ihrem Kreislauf durch die ganze Kette zu statten, als der Elektrizität der*



*Plattenpaare, die sich unmittelbar in der sauren Flüssigkeit befinden.* Dagegen greift die Salzsäure die letzteren Platten allmählig an, vermindert so ihren elektromotorischen Gegensatz und gibt gerade dadurch denjenigen Platten das Uebergewicht, welche in der Flüssigkeit sich befinden, die eine ganz schwache chemische Einwirkung auf sie ausübt.

Die *Quantität* der erzeugten El. ist daher zunächst weder von der Grösse der erregenden Oberfläche noch von der Beschaffenheit der Leitungsflüssigkeit abhängig: eine grössere erregende Oberfläche und eine bessere Leitungsflüssigkeit bewirken blos, dass sich die erzeugte El. schneller bewegt, dass also allerdings, insofern augenblicklich wieder neue El. erzeugt wird, in einer gegebenen Zeit mehr El. durch einen gegebenen Raum hindurch sich bewegt. In dem so eben erwähnten Versuch kann aber diese vermehrte Schnelligkeit der Bewegung der El. keinen Einfluss auf das Resultat haben, weil sie beiden entgegengesetzten Strömen auf gleiche Weise zu gut kommt, und der Erfolg hängt daher allein von der durch die Säure bewirkten Verminderung der elektromotorischen Kraft ab, welche die in die saure Flüssigkeit getauchten Plattenpaare erfahren.

Da nun also die Wirkungsverstärkung durch die erregende Oberfläche blos von Verminderung des Leitungswiderstandes abhängig ist, so werden sich (bei Voraussetzung solcher Ketten, in denen der Querschnitt der Flüssigkeit in gleichem Grade mit der erregenden Oberfläche wächst, mithin der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit und der Widerstand des Uebergangs gleichzeitig abnehmen) mit Rücksicht auf die oben S. 733. erörterte Formel, welche die Kraft der Säule repräsentirt, folgende Bestimmungen für die erregende Oberfläche ergeben:

1) Die Kraft des Stroms nimmt im Allgemeinen in einem geringeren Verhältniss, als die erregende Oberfläche zu, in merklich gleichem Verhältniss jedoch dann, wenn der Wi-

derstand der festen Leiter gegen den Widerstand in der Flüssigkeit verschwindet, wenn also der letztere Widerstand nahe den Totalwiderstand der Kette repräsentirt. — Dieses ist bei vielplattigen Säulen der Fall, welche durch *nicht gar zu lange metallische Leiter* geschlossen werden; es ist aber nicht mehr der Fall, wenn solche Säulen durch schlechtere Leiter, z. B. durch Flüssigkeiten oder den menschlichen Körper geschlossen werden.

2) Je weiter man die Vergrößerung der erregenden Oberfläche treibt, desto geringer wird verhältnissmässig die entsprechende Zunahme von Kraft, und zuletzt kommt man auf eine Grenze, über welche hinaus weitere Vergrößerung der erregenden Oberfläche nichts *Merkliches* mehr zur Wirkungsverstärkung beiträgt. — Die Wirkung einer Säule von einer gegebenen Anzahl Plattenpaare, deren, von der *Grösse* dieser Plattenpaare unabhängige, elektromotorische Kraft mithin constant ist, wird zwar mit Vergrößerung der erregenden Oberfläche beständig zunehmen; wenn aber dadurch der Widerstand in der Flüssigkeit einmal so weit vermindert ist, dass er gegen den Widerstand des festen Leiters nahe verschwindet, so wird eine weitere Vergrößerung der erregenden Oberfläche keine durch unsere Beobachtungsmittel erkennbare Verstärkung der Kraft mehr hervorbringen können.

3) Das so erreichbare Maximum der Wirkung wird um so früher erreicht werden, je geringer der Leitungswiderstand in der Flüssigkeit im Verhältniss zum Leitungswiderstand der festen Leiter ist, und um so später, je mehr das umgekehrte Verhältniss statt findet. Die *Grösse* dieses Maximums ist unabhängig von der Stärke der Leitungsflüssigkeit, ist aber um so geringer, je grösser der Leitungswiderstand des Drahts ist. — Je geringer nemlich der Leitungswiderstand in der Flüssigkeit *an sich* im Verhältniss zu dem der festen Leiter ist, um so früher wird er mit Vergrößerung

der erregenden Oberfläche gegen den letzteren verschwinden, d. h. das Maximum der Wirkung erreicht werden und umgekehrt. Die Stärke der Leitungsflüssigkeit hat auf die Grösse des Maximums keinen Einfluss; eine bessere Leitungsflüssigkeit bewirkt blos, dass der Leitungswiderstand in der Flüssigkeit gegen den des festen Leiters *früher*, d. h. bei geringerer Vergrößerung der erregenden Oberfläche, verschwindet. Dagegen ist die Grösse des Maximums um so geringer, je grösser der Leitungswiderstand des Drahts ist, denn dieses Maximum würde dann erreicht, wenn der Leitungswiderstand in der Flüssigkeit  $= 0$ , mithin die Kraft der Kette der elektromotorischen Kraft dividirt durch den Leitungswiderstand des Drahts gleich würde.

Ausserdem kommen hier noch einige später zu erörternde Umstände in Betracht, die sich auf die Perioden der Wirksamkeit der Kette und die relativen Dimensionen der negativen und positiven Platten beziehen.

In dieser letzteren Beziehung ist es eine sehr merkwürdige Thatsache, dass die Wirkung der Kette unverhältnissmässig schneller abnimmt, wenn man eine grosse positive Platte einer kleinen negativen entgegensetzt, als im umgekehrten Fall. Dieses Uebergewicht der Wirkung, welches die Vergrößerung der negativen vor der der positiven Fläche voraus hat, ist übrigens nur eine Erscheinung der späteren Perioden der Ketten, indem für die erste Zeit nach der Schliessung, die Wirkung *fast* die gleiche ist, man mag z. B. eine Zinkplatte einer 10mal grösseren Kupferplatte, oder eine 10mal grössere Zinkplatte als zuvor, einer Kupferplatte entgegensetzen. Der Nutzen einer, im Vergleich mit der positiven, viel grösseren negativen Platte scheint darin begründet zu seyn, dass der Leitungswiderstand des Uebergangs auf dem negativen Metall viel schneller zunimmt, als auf dem positiven, während er in dem ersten Augenblick der Schliessung sich für beide gleich zu verhalten scheint.

Dieser Leitungswiderstand nun wird durch Vergrößerung der negativen erregenden Oberfläche geschwächt und somit die Wirkung verstärkt. — Bei der Construction voltascher Ketten wird häufig auf diesen Umstand Rücksicht genommen, indem man einer jeden der beiden Flächen einer Zinkplatte eine Kupferplatte gegenüber stellt.

#### Ladungs-Erscheinungen.

Eine andere gleichfalls höchst interessante Thatsache, welche einen Einfluss auf die Wirksamkeit der Säule in den verschiedenen Perioden vom Augenblick der Schliessung an ausübt, ist diejenige, welche man mit dem Namen der *Ladung* bezeichnet. Sie ist folgende. Wenn ein Metall eine Zeit lang als negatives Glied in einer geschlossenen einfachen oder zusammengesetzten Kette sich befunden hat, so zeigt es nach Wiedereröffnung der Kette ein verändertes elektromotorisches Verhältniss; es wird sich nemlich jetzt, gegen ein anderes ihm vorher gleichartiges Metall geprüft, mit welchem es vorher keine El. zu erkennen gab, deutlich *positiv* verhalten.

Man hatte früher angenommen, diese Erscheinung rühre davon her, dass das Metall einen Theil der El., von welcher es in der Kette durchströmt wurde, hartnäckig zurückhalte, und bezeichnete dieses Phänomen eben desswegen mit dem Namen der *Ladung*. Die Unrichtigkeit dieser Annahme ergibt sich jedoch einfach daraus, dass ein solches Metall nie Zeichen freier El. am Elektroskop zu erkennen gibt, und dass sich der Einfluss der Ladung blos durch die Aenderung des elektromotorischen Verhältnisses nachweisen lässt.

Man kann die Erscheinung der Ladung sehr leicht auf folgende Art nachweisen. Man schliesse eine Zinkplatte und Kupferplatte, die in Säure- oder Salz- haltiges Wasser eingetaucht werden, durch den Multiplicator zur Kette. Nach einigen Minuten ziehe man die Zinkplatte heraus und

substituire ihr eine, der ersten Kupferplatte homogene, Kupferplatte, so wird man jetzt einen ziemlich starken Strom von einer solchen Beschaffenheit erhalten, dass sich das zuerst eingetauchte Kupfer als positiv gegen das frische verhält. Der Strom wird jedoch allmählig an Stärke abnehmen und nach einiger Zeit ganz verschwinden. — Man könnte auch die *Kupferscheibe* heraus nehmen, abtrocknen und gegen eine frische Kupferplatte in einer andern Flüssigkeit prüfen: da jedoch die Berührung mit der Luft den positiven Ladungszustand der Metalle zu zerstören strebt, so ist die vorhin genannte Methode vorzuziehen. —

Man sollte erwarten, dass, während das negative Glied der Kette eine positive Ladung annimmt, das positive Glied derselben umgekehrt eine negative Ladung annehmen werde. Dieses ist jedoch entweder gar nicht oder jedenfalls nur in einem geringen Grade der Fall, selbst wenn die Kette sehr lange Zeit hindurch geschlossen blieb. Wenn auch die ganze Oberfläche des positiven Metalls, Zink oder Zinn, unter dem Einfluss der Kette geschwärzt wird, so tritt doch keine merkbare Ladung ein, während eine sehr starke Ladung des negativen Metalls, namentlich bei den edlen Metallen, oft von keiner für das Auge sichtbaren Veränderung der Oberfläche begleitet ist. — Die positive Ladung eines Metalls lässt sich wieder aufheben, wenn man es zum positiven Glied einer Kette macht, wenn man z. B. das durch Schliessung mit Zink positiver gewordene Kupfer mit Graphit oder Platin (die negativer als Kupfer sind) zur Kette schliesst. Auch durch Erhitzung oder durch längeres Aussetzen an die Luft verliert sich die Ladung wieder, soll sich dagegen erhalten, wenn man das Metall im Verschlussenen aufbewahrt.

Ob der Mangel an Ladung des positiven Metalls darinn seinen Grund habe, dass, dem Wesen der Kette zufolge, eine negative Ladung überhaupt schwerer erfolgt, als eine

positive, oder ob die negativen Metalle der galvanischen Spannungsreihe überhaupt geschickter sind, eine Ladung, positive oder negative, anzunehmen, eine positive Ladung aber deswegen leichter annehmen als eine negative, weil man durch ihre Anwendung als negative Glieder überhaupt wirksamere Säulen construiren kann, als wenn man sie mit noch negativeren Substanzen verbindet, ist noch nicht mit Bestimmtheit entschieden, letzteres jedoch wahrscheinlicher.

Der Ladungszustand der festen Leiter lässt sich auch auf die Weise hervorbringen, dass man zwei Drähte oder Streifen von demselben festen Leiter (Metalle, Kohle, Graubraunstein-erz) in eine durch den Strom zersetzbare Flüssigkeit (z. B. in eine mit Wasser gefüllte Röhre) taucht, und nun durch die andern Enden derselben die beiden Pole einer Säule schliesst. Nimmt man diese Drähte oder Streifen nach einiger Zeit aus der Flüssigkeit heraus, während man zugleich ihre Verbindung mit den Polen der Säule aufhebt, so werden sie, wenn man sie nun selbst durch einen Multiplicator und eine Flüssigkeit zur Kette schliesst, einen Strom hervorbringen, und derjenige Draht, welcher mit dem negativen Pol in Verbindung gestanden hatte, wird sich positiv gegen den andern verhalten, der mit dem positiven Pol in Verbindung war. — Auch hier geht die Ladung von selbst wieder mit der Zeit verloren, und zwar um so früher, je schwächer sie war. —

Um das Maximum der Ladung zu erhalten, wird eine gewisse Zeit erfordert, auch ist dieses Maximum unter verschiedenen Umständen verschieden und ist namentlich grösser, je lebhafter der chemische Process in der Gaszersetzungs-röhre ist. So bringt blosses Wasser, in welches man die Drähte leitet, keine merkliche Ladung hervor, Kochsalzauf-lösung schon eine merkliche und Salmiakauflösung eine noch stärkere. Je stärker ferner der Strom und ein je besserer Leiter die Flüssigkeit in der Röhre ist, eine um so kürzere

Zeit wird erfordert, das Maximum der Ladung hervorzu-  
bringen. Dieses Maximum der Ladung nimmt dann all-  
mählig mit Abnahme der Wirksamkeit der Säule wieder ab,  
auch wenn die Drähte mit der Säule in Verbindung blei-  
ben; bei einem kräftigen Strom sind schon 6—8 Minuten  
zur Hervorbringung des Maximums der Ladung hinreichend:  
bei geschwächter Wirksamkeit der Säule wird eine halbe  
bis ganze Stunde erfordert. Reiben oder Waschen der ge-  
ladenen Drähte hebt die Ladung nicht auf, sondern vermin-  
dert sie bloß bis auf einen gewissen Grad.

Pfaff fand die festen Leiter ganz in demselben Ver-  
hältniss geeigneter zur Annahme der Ladung, als sie dem  
negativen Ende der galvanischen Spannungsreihe näher stan-  
den, und die angenommene Ladung verlor sich auch in dem-  
selben Verhältniss um so schneller, je mehr die Leiter von  
diesem negativen Ende entfernt waren, so dass z. B. Zink,  
welches überhaupt eine sehr schwache Ladung annahm,  
dieselbe fast augenblicklich wieder verlor. Bei diesen Ver-  
suchen wurde jedoch nicht untersucht, ob nicht auch der  
mit dem positiven Pol in Verbindung stehende Draht eine  
eben so starke negative Ladung annahm, wie der negative  
Draht eine positive, ob also nicht ersterer auch mit einem  
*frischen* Draht geprüft, sich eben so stark negativ verhielt,  
wie sich letzterer gegen einen solchen frischen Draht positiv  
verhält.

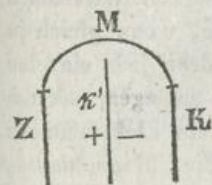
Die Ursache der Ladungserscheinungen ist zur Zeit noch  
unbekannt. Man vermuthete, die Metalle, welche sich  
laden, verbinden sich mit einer kleinen Menge eines durch  
die Zersetzung der Flüssigkeit entstandenen Körpers; so  
dass sich also die negativen Elektromotorplatten oder die mit  
dem negativen Pol in Verbindung stehenden Drähte mit ei-  
nem elektropositiven Körper, namentlich dem Wasserstoff  
verbinden würden. Es liesse sich wohl denken, dass  
eine solche Verbindung des Metalls mit Wasserstoff keine

sichtliche Veränderung seiner Oberfläche hervorbrächte, dass aber dennoch eine auch sehr kleine Menge des mit dem Metall sich verbindenden Körpers das elektromotorische Verhältniss des Metalls bedeutend ändern könnte. Das Verschwinden der Ladung an der Luft u. s. f. würde sich durch Zersetzung der nur unter dem Einfluss des Stroms möglich gemachten Verbindung mittelst einer desoxydirenden Wirkung der Luft u. s. f. erklären. — Der Umstand jedoch, dass gerade die positiven Metalle, welche stärker als die negativen von Flüssigkeiten angegriffen werden, weit weniger geneigt sind einen Ladungszustand anzunehmen, als die negativen, widerspricht dieser Erklärungsweise. Zwar könnte man vermuthen, die Ladung sey hauptsächlich durch die Verbindung der Metalle mit einem positiven Körper, namentlich mit Wasserstoff bedingt: aber dann würde sich ein negatives Metall, welches mit dem positiven Pol einer Säule in Verbindung gesetzt wird, nicht laden können, während es sich doch aller Wahrscheinlichkeit nach eben so stark negativ ladet, als der mit dem negativen Pol verbundene Draht positiv geladen wird. Auch will man beobachtet haben, dass nicht bloß die innerhalb der Flüssigkeit befindlichen Theile der Drähte, sondern selbst die ausserhalb derselben hervorragenden, welche mit der Flüssigkeit gar nicht in Berührung kommen, Zeichen von Ladung, wenn gleich einer viel schwächeren, darbieten, als die mit der Flüssigkeit in Berührung gewesenen. Auch dieser Umstand ist der so eben angeführten Erklärung der Ladung ungünstig.

Mehrere haben daher die Ursache der Ladung in einer Veränderung der Molecularanordnung in den geladenen Metallen gesucht, eine Ansicht, die weder bewiesen noch widerlegt ist. Doch sieht man, wenn die Ladung von einer chemischen Aenderung unabhängig gemacht wird, nicht ein, warum sie vorzugsweise nur in Berührung mit der Flüssigkeit erscheint.



Die Erscheinungen der Ladung zeigen sich nicht blos an den Elektromotoren selbst und an den Polardrähten der Säulen, sondern auch an homogenen Metallen, die man ir-



gendwo in den flüssigen Leiter einer Kette einschleibt. Schiebt man z. B. in die Flüssigkeit einer einfachen Zinkkupferkette, die durch den Draht M geschlossen ist, eine Kupferplatte K' ein, so nimmt ihre der Kupferplatte des Elek-

tromotors zugekehrte Fläche eine negative und die der Zinkplatte zugekehrte eine positive Ladung an. Ebenso, wenn man eine Kupferplatte zwischen zwei feuchte Pappscheiben einer zusammengesetzten geschlossenen Zinkkupferkette einschleibt, so nimmt diejenige Fläche der Platte, welche der Kupferplatte des nächsten Elektromotorpaars zugekehrt ist, eine negative, und die andere, der Zinkplatte des nächsten Elektromotorpaars zugekehrte eine positive Ladung an. Wenn z. B. das Zinkende einer vertikalen Säule auf dem Boden ruht, und die Säule in folgender Ordnung aufgebaut ist: Zink, Kupfer, feuchter Leiter; Zink, Kupfer, feuchter Leiter; Kupferplatte; feuchter Leiter; Zink, Kupfer, feuchter Leiter u. s. f., so nimmt die *untere* Fläche der eingeschlossenen Kupferplatte eine negative, die *obere* eine positive Ladung an. Wenn man daher die Pole einer solchen zusammengesetzten Kette durch zwei feuchte Pappscheiben, zwischen welche eine homogene Kupferplatte eingeschoben ist, schliesst, so wird die dem Zinkpol zugekehrte Fläche der Kupferplatte eine positive, die dem Kupferpol zugekehrte eine negative Ladung annehmen. Man kann auf solche Weise, wenn man eine Säule als Kette zur Bewirkung der Ladung anwendet, auch mehrere homogene Zwischenplatten auf einmal laden, indem man sie abwechselnd mit feuchten Scheiben schichtet, und diese, aus Abwechslungen blos Eines Metalls und Einer Flüssigkeit bestehende Säule in den Kreis

der wirksamen Säule aus heterogenen Metallen bringt, d. h. sie mit deren Polen in Verbindung setzt. Nimmt man, nachdem die Schliessung einige Zeit gedauert hat, diese secundäre Säule aus dem Kreise der ursprünglich wirksamen Säule heraus, so stellt sie nun selbst eine, wenn gleich in schwächerem Grade wirksame Säule dar, denn jede einzelne homogene Platte derselben ist vermöge der entgegengesetzten Ladung ihrer entgegengesetzten Flächen ein Elektromotor: sie wirkt auf das Elektroskop und die Magnetnadel, zersetzt Wasser, ertheilt Schläge; ihre Wirkung aber nimmt allmählig ab und verschwindet von selbst, wie die Ladungsphänomene überhaupt; will man sie wieder herstellen, so muss sie von Neuem in den Kreis einer wirksamen Säule gebracht werden. Eine solche aus bloß Einem Metall und Einer Flüssigkeit gebildete, durch Ladung wirksam gewordene Säule hat man *secundäre Säule* oder *Ladungssäule* genannt. — Dass eine solche Ladungssäule die Kraft der ursprünglichen Säule in dem Maasse, als sie sich geladen hat und als die Anzahl der Zwischenplatten im Verhältniss zur Anzahl der Platten in der ursprünglichen Säule grösser ist, schwächen müsse, folgt schon nothwendig daraus, dass die Platten der Ladungssäule wirkliche Elektromotoren darstellen, die den Elektromotoren der ursprünglichen Säule entgegengesetzt angeordnet sind, mithin einen analogen Effect auf die Kraft der Säule ausüben müssen, wie wenn in dieser Plattenpaare verkehrt aufgeschichtet werden. Die Schwächung der Kraft der ursprünglichen Säule rührt allerdings nicht allein von der erlangten Ladung der Ladungssäule, sondern auch von dem vermehrten Widerstand des Uebergangs her, der durch die in die Kette gebrachten Zwischenplatten hervorgebracht wird. Dass jedoch dieser Widerstand seinerseits auch nicht allein die Schwächung der Kraft der ursprünglichen Säule bewirke, wird noch weiter auf das Bestimmteste dadurch bewiesen, dass die Wirk-

sam-

samkeit zunimmt, wenn man die Pole der secundären Säule, nachdem sie eine Zeitlang im Kreise der ursprünglichen Säule gewesen sind, in verwechselte Verbindung mit den Polen der letzteren bringt, so dass dann der Strom der secundären Säule und der ursprünglichen Säule nach derselben Richtung laufen, und dass im Anfang der Wirksamkeit die Schwächung einer Zinkkupferkette durch homogene Zwischenplatten ganz in gleichem Grade erfolgt, diese mögen von Kupfer oder von Zink seyn, in späteren Wirkungsperioden der Kette aber die Schwächung durch Zink kaum merklich, dagegen um so stärker ist, je weiter das Metall der Zwischenplatten nach dem negativen Ende der galvanischen Spannungsreihe zu liegt, je fähiger es mithin zur Annahme einer Ladung ist.

Wirkungsverstärkung des Stroms durch Combinirung der Plattenpaare zu einer zusammengesetzten Kette (Säule).

Es wurde oben (S. 718.) angegeben, dass die Wirkungsverstärkung durch Combinirung mehrerer einfachen Plattenpaare zu einer Säule auf der Zusammensetzung der partiellen Ströme, welche jedes einzelne Plattenpaar für sich hervorbringen würde, zu einem gemeinsamen, nach derselben Richtung fortlaufenden Strom beruhe, dass man aber nicht im Voraus behaupten könne, die Verstärkung des Stroms werde mit der Anzahl der einzelnen partiellen Ströme in gleichem Verhältniss wachsen, weil möglicherweise der verlängerte Weg, den der Strom jedes einzelnen Plattenpaars durch den Zusatz der anderen Plattenpaare zu durchlaufen erhält, die Wirkung desselben schwächen könnte. In der That werden wir sowohl durch die Theorie als durch die Erfahrung auf das dem ersten Anschein nach sehr paradoxe Resultat geführt, dass eine *durch sich selbst geschlossene Säule keinen stärkern Strom hervorbringt, als ein ein-*

zernes Plattenpaar derselben, dass also eine nach dem Schema des Becherapparats angeordnete Säule (vergl. S. 717.), die wirklich durch sich selbst geschlossen ist, keinen stärkeren Strom hervorbringt, als ein einfaches Plattenpaar derselben. Dieses Resultat ergibt sich als unmittelbare Folge aus dem oben erörterten Grundgesetz, von welchem die Wirksamkeit des Stroms abhängt. Dieses Grundgesetz heisst: *Die Kraft der geschlossenen Kette ist gleich der Summe der elektromotorischen Kräfte dividirt durch die Summe der Leitungswiderstände.* Nun wird aber in einer durch sich selbst geschlossenen Kette die elektromotorische Kraft eines einzelnen Plattenpaars in demselben Verhältniss vervielfacht, wie der Widerstand in diesem Paare, weil der vom Strom jedes einzelnen Plattenpaars und mithin vom Gesamtstrom zu durchlaufende Weg ganz in demselben Verhältniss zunimmt, wie die Zahl der Plattenpaare oder wie die dieser Zahl entsprechend wachsende Summe der elektromotorischen Kräfte; Zähler und Nenner multipliciren sich daher durch die gleiche Zahl, und die Kraft eines einzelnen Plattenpaars ist mithin eben so gross, als die Kraft der ganzen Säule.

Eine Säule wird jedoch nie auf diese Weise, d. h. durch sich selbst geschlossen, angewendet, sondern man schiebt immer irgendwo einen Leiter ein, d. h. man erhöht den Widerstand eines Elements über den Widerstand der andern Elemente, und dann ist auch der Fall ein ganz anderer: mit der Anzahl der Elemente der Säule wird nemlich jetzt der Gesamtleitungswiderstand derselben nicht mehr in gleichem Verhältniss vervielfältigt, und die elektromotorische Kraft wächst dann in einem überwiegenden Verhältniss. Setzen wir z. B. die elektromotorische Kraft eines einfachen Plattenpaars = 1, und den Widerstand, den die Theile eines einfachen Plattenpaares selbst äussern, ebenfalls = 1; nehmen wir ferner an, dass dieses Plattenpaar durch einen Leiter zur Kette geschlossen werde, dessen

Widerstand sich zu dem Widerstand = 1 der Theile des einzelnen Plattenpaars selbst = 100 : 1 verhalte, so wird die Kraft der Kette durch  $\frac{1}{1+100} = \frac{1}{101}$  ausgedrückt werden. Schliesst man nun *mit demselben Leiter* zwei solcher Plattenpaare, so wird sich die Kraft dieser zweipaarigen Kette durch  $\frac{2}{2+100} = \frac{2}{102}$  ausdrücken lassen, weil die elektromotorische Kraft verdoppelt wird, nicht aber der Gesamtwiderstand, sondern blos der = 1 gesetzte Widerstand, den die Theile eines einzelnen Plattenpaares selbst äussern, sich verdoppelt, indem der schliessende Leiter, dessen Widerstand = 100 ist, für das eine Paar und für die zwei Paare der gleiche ist.  $\frac{2}{102}$  ist aber nahe das Doppelte von  $\frac{1}{101}$ . Wäre dagegen der Widerstand des schliessenden Leiters = 0, so würde die Kraft der ersten Kette durch  $\frac{1}{1}$ , die der zweiten durch  $\frac{2}{2}$  ausgedrückt werden können, d. h. beide Kräfte würden einander gleich seyn.

Für die Umstände, von welchen die Wirksamkeit der Säule abhängt, ergeben sich nun folgende allgemeine Regeln, die uns den Schlüssel dazu geben, welche Anordnung man einer Säule zu geben habe, wenn man diese oder jene Wirkung durch sie hervorzubringen beabsichtigt.

1) In durch sich selbst geschlossenen Säulen von gleich beschaffenen Elementen ist die Wirkung von der Zahl der Elemente unabhängig.

2) Wird in eine solche Säule ein Zwischenleiter eingeschoben, so nimmt die Stärke des Stroms mit Vervielfältigung der Plattenpaare zu. Diese Zunahme erfolgt im Allgemeinen in einem geringeren Verhältniss, als die Zahl der Plattenpaare, in merklich gleichem Verhältniss jedoch dann, wenn der Widerstand des Zwischenleiters sehr gross ist. Ueberhaupt, je grösser der Widerstand des eingeschobenen Zwischenleiters ist im Verhältniss zum Widerstande, den

die Elemente der Säule selbst äussern, desto mehr trägt Vervielfältigung der Plattenpaare zur Wirkungsverstärkung bei, denn dann kommt bloß die Zunahme der elektromotorischen Kraft in Betracht, während der vermög der Vervielfältigung der Plattenpaare vermehrte Widerstand gegen den grossen Widerstand des Zwischenleiters bis zu einer gewissen Grenze verschwindet.

3) Bei fortgesetzter Vervielfältigung der Plattenpaare kommt man jedoch jedenfalls auf eine Grenze, über welche hinaus weitere Vervielfältigung nichts Merkliches mehr zur Verstärkung des Stroms beiträgt. Diese Grenze ist dann erreicht, wenn durch die Summirung des Leitungswiderstandes der einzelnen Plattenpaare der Gesamtwiderstand so gross geworden ist, dass der Widerstand des Zwischenleiters nur noch einen verschwindenden Theil davon ausmacht.

Wenn nemlich die elektromotorische Kraft einer einfachen Kette =  $A$ , der Widerstand des Zwischenleiters =  $b$ , der Widerstand der Theile der Kette selbst =  $c$  ist, so ist die Kraft dieser Kette =  $\frac{A}{b+c}$ . Wird nun eine Kette aus  $n$  mal solchen Plattenpaaren durch denselben Zwischenleiter  $b$  geschlossen, so ist die Kraft dieser Kette =  $\frac{nA}{b+nc}$ . So lange nun noch die Grösse von  $nc$  als gegen  $b$  verschwindend betrachtet werden kann, so wird die Kraft einer solchen Kette nahe =  $\frac{nA}{b}$  seyn, mithin nahe in demselben Verhältniss wie die Anzahl der Plattenpaare wachsen; sobald aber einmal die Anzahl der Plattenpaare in dem Maasse vervielfacht ist, dass umgekehrt  $b$  gegen  $nc$  verschwindet, so wird die Kraft der Kette nahe =  $\frac{nA}{nc} = \frac{A}{c}$  werden, und eine weitere Vervielfältigung der Plattenpaare wird keine merkbare Verstärkung mehr hervorbringen können.

4) Da, bei constant bleibender Grösse  $c$ , die Zahl  $n$  um so grösser seyn muss, je grösser die Grösse  $b$  ist, wenn

$b$  gegen  $nc$  verschwinden soll, so wird diese Grenze oder das Maximum der zu erlangenden Wirkung um so später erreicht, d. h. es wird eine um so grössere Anzahl Plattenpaare erfordert werden, je grösser der Widerstand  $b$  des schliessenden Leiters ist; und da auf der andern Seite, bei constant bleibender Grösse  $b$ , die Zahl  $n$  um so grösser seyn muss, je kleiner die Grösse  $c$  ist, wenn  $b$  gegen  $nc$  verschwinden soll, so wird jene Grenze oder das Maximum der zu erlangenden Wirkung wiederum um so später erreicht werden, d. h. es wird eine um so grössere Anzahl von Plattenpaaren erfordert werden, je grösser die erregende Oberfläche der Platten ist und je besser die Leitungsflüssigkeit derselben leitet, denn dann wird die Grösse  $c$  um so kleiner. Fasst man diese beiden Bedingungen zusammen, so erhält man folgende Regel. Die Grenze wird um so später erreicht, je grösser der Widerstand des schliessenden Leiters im Verhältniss zum Widerstand der Elemente der Säule selbst ist; der Widerstand des schliessenden Leiters ist aber um so grösser, je länger und dünner derselbe ist, und der Widerstand der Elemente der Säule ist um so geringer, je grösser die erregende Oberfläche und je besser die Leitungsflüssigkeit derselben ist.

5) Dieses Maximum ist, wie wir gesehen haben,  $\frac{A}{c}$ , oder, was dasselbe ist,  $\frac{nA}{nc}$ ; es ist mithin

a) für einen guten oder schlechten Zwischenleiter  $b$  gleich gross, nur wird es bei letzterem später erreicht, weil  $nc$ , mithin  $n$ , d. h. die Zahl der Plattenpaare um so grösser seyn muss, je grösser  $b$  ist, wenn  $b$  gegen  $nc$  verschwinden soll.

b) Dieses Maximum ist nicht grösser, als die Grösse desjenigen Stroms, den schon ein einzelnes Plattenpaar der Säule, wenn es ohne den Zwischenleiter geschlossen wäre, hervor-

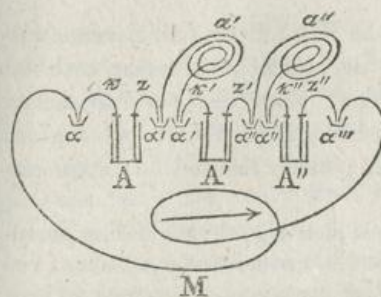
gebracht haben würde; es ist nemlich  $= \frac{A}{c}$ , d. h. gleich der Kraft des Stroms eines solchen einzelnen Plattenpaars.

c) Dieses Maximum selbst ist aber um so grösser, je kleiner  $c$ , d. h. der Leitungswiderstand der Elemente der Säule ist, je grösser also die erregende Oberfläche und je besser leitend die Flüssigkeit ist.

d) Bei gleich guter Leitungsflüssigkeit und erregender Oberfläche würde dieses Maximum auch um so grösser seyn, je grösser  $A$ , d. h. die elektromotorische Kraft der Metalle ist. — Dieses Moment kommt jedoch insofern nicht leicht in Betracht, als eine grössere elektromotorische Kraft zweier Metalle keine Wirkungsverstärkung hervorbringen kann, wenn es nicht auch für diese Metalle eine sehr gute Leitungsflüssigkeit gibt; Zink und Platin z. B. werden, ungeachtet sie in der galvanischen Spannungsreihe weiter von einander entfernt sind, als Zink und Kupfer, dennoch bei weitem keinen so kräftigen Strom hervorbringen können als Zink und Kupfer, weil es für die Combination Zink und Platin keine so gute Leitungsflüssigkeit gibt, als für eine Combination von Zink und Kupfer, mithin bei einer Zinkkupfer-Säule zwar  $A$  grösser ist als bei einer Zinkplatin-säule, bei ersterer dagegen auch  $c$  in einem viel grösseren Verhältniss grösser ist als bei letzterer.

Das unter n<sup>o</sup>. 1 angeführte Ergebniss ist, ungeachtet es aus der sehr einfachen Theorie als unmittelbare Folge sich ergibt, doch so auffallend, dass ich es nicht für überflüssig halte, zu zeigen, wie sich dasselbe auch durch die Erfahrung bewähren lässt. Fechner hat sich hierzu folgender Vorrichtung bedient:





In die Seitenfugen der drei Zellen A, A', A'' sind die Plattenpaare Zinkkupfer, kz, k'z', k''z'' eingesetzt, von welchen aus Drähte in die kleinen Gefässe voll Quecksilber,  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\alpha'$ ,  $\alpha''$ ,  $\alpha''$  übergehen. Die äussersten dieser

Gefässe sind durch den Multiplikator M, und die mittleren  $\alpha'a'$ , so wie  $\alpha''a''$ , durch überspannene, dem Multiplikatordraht an Länge, Dicke und Materie genau gleiche Drähte verbunden. Das Ganze stellt mithin eine geschlossene Säule von 3 Elementen dar, deren eines aus der Kupferplatte k und der Zinkplatte z'' besteht, welche durch den Multiplikatordraht, die beiden Gefässe  $\alpha$ ,  $\alpha''$  und die beiden Drähte  $\alpha k$ ,  $\alpha''z''$  in metallischer Verbindung stehen, während die andern Elemente k'z, und k''z' sind, bei denen der Draht k'a', das Gefäss  $\alpha'$ , der Draht  $\alpha'$ , das zweite Gefäss  $\alpha'$  und der Draht  $\alpha'z$ , so wie der Draht k''a'', das Gefäss  $\alpha''$ , der Draht  $\alpha''$ , das zweite Gefäss  $\alpha''$  und der Draht  $\alpha''z'$ , dasselbe leisten, was bei dem ersten Element der Draht k $\alpha$ , das Gefäss  $\alpha$ , der Multiplikatordraht M, das Gefäss  $\alpha''$  und der Draht  $\alpha''z''$  leistet. Wenn daher nicht blos die Drähte M,  $\alpha'$ ,  $\alpha''$ , sondern auch die Drähte  $\alpha k$ ,  $z\alpha'$ ,  $\alpha'k'$ ,  $z'a''$ ,  $\alpha'k''$ ,  $z''a''$  so wie die mit Quecksilber gefüllten Gefässe ganz gleich beschaffen sind, wie es hier wirklich der Fall ist, so stellt dieser Apparat eine durch sich selbst geschlossene Kette dar, in welcher alle drei Elemente einander vollkommen gleich und kein Zwischenleiter vorhanden ist, welcher einen andern Widerstand als denjenigen, den die Summe der Elemente mit sich bringt, in die Kette brächte, denn die Verbindungsdrähte können, weil sie allen Elementen gemeinschaftlich sind, als Theile dieser Elemente betrachtet werden.

Misst man nun zuerst die Kraft dieses mit Brunnenwasser gefüllten Apparats mit der Nadel unmittelbar nach der Schliessung, hierauf die Kraft eines einzigen Plattenpaares desselben, so erhält man für gleiche Zeiten ganz genau dieselben Schwingungszahlen; beide Kräfte sind mithin einander gleich.

Dieser letztere Versuch lässt sich auf folgende Weise anstellen. Man zieht die Kupferplatte *k* aus der Zelle *A* heraus, und lässt sie ganz kurze Zeit der Luft ausgesetzt. Man entfernt hierauf die Zellen *A* und *A'*, zieht auch die Kupferplatte *k''* aus der Zelle *A''* heraus, und bringt nun dafür die Kupferplatte *k* in die Zelle *A'*. So erhält man dann ein einfaches Plattenpaar, dessen Platten *k*, *z''* durch die gleiche Drahtlänge, wie vorhin bei einem einfachen Plattenpaar des aus drei Plattenpaaren zusammengesetzten Apparats, nemlich durch *k* *z* *z''* und wiederum wie vorhin durch zwei mit Quecksilber gefüllte Gefässe metallisch verbunden sind. Die Erfahrung zeigt aber, dass wenn man, bei Versuchen in Brunnenwasser, gleich nach den 4 oder 8 ersten Oscillationen der Nadel, die Kette wieder öffnet, und die Kupferplatte aus der Flüssigkeit herauszieht, um sie ungefähr eine noch einmal so lange Zeit in Berührung mit der Luft zu lassen, als die Kette geschlossen war, bei nachheriger Wiederschliessung die Kraft öftere Wiederholungen hindurch völlig die ursprüngliche bleibt, indem durch die Berührung mit der Luft die schwächende Wirkung der Ladung wieder aufgehoben wird. In der That findet man, dass die Wirkung des einzelnen Paares auf die Nadel der Wirkung der aus drei Paaren bestehenden Kette gleich ist.

Auch die übrigen unter den weitem Numern angeführten Ergebnisse lassen sich leicht durch die Erfahrung bewähren, sie folgen aber so unmittelbar aus dem Ergebniss n<sup>o</sup>. 1, dass ich die Erörterung ihrer experimentellen Bewährung übergehen zu können glaube.

Das Räthselhafte, was diese Ergebnisse auf den ersten Blick zu haben scheinen, klärt sich nun durch diese von der Theorie angedeutete und durch die Erfahrung erwiesene

Thatsache, dass die Wirkung einer durch sich selbst geschlossenen zusammengesetzten Kette der Wirkung eines einzelnen Paares derselben gleich ist, vollkommen auf.

Aus dieser Thatsache nemlich ergeben sich alle vorhin angeführten Wirkungsgesetze der Säule als unmittelbare Folgerungen. Die wichtigste Folgerung, die wir an die Spitze stellen wollen, ist die: *dass die Kraft einer geschlossenen einfachen Kette an sich durch die Vervielfältigung der Plattenpaare nie vermehrt werden kann,*

weil  $\frac{A}{c} = \text{ist } \frac{nA}{nc}$ , wenn A die elektromotorische Kraft eines einzelnen Plattenpaares, c den Widerstand der Theile dieses Plattenpaares bezeichnet. Würde man in eine solche einfache Kette einen weiteren Widerstand (Draht, Flüssigkeit) einbringen, so würde dadurch ihre Kraft geschwächt werden, und würde man diese einfache Kette in eine Kette von mehreren Plattenpaaren verwandeln, *aber jedes hinzugefügte Plattenpaar mit demselben Widerstand versehen*, und so eine durch sich selbst geschlossene *vielplattige* Kette bilden, so würde nichts gewonnen werden: die Wirkung einer solchen Kette würde gleich seyn der einer einfachen, aus einem einzelnen solchen Plattenpaar bestehenden und mit demselben Widerstand versehenen Kette, mithin ebenfalls geringer seyn, als die Wirkung einer einfachen Kette, in welche kein solcher weiterer Widerstand eingebracht ist. Wenn man dagegen die Anzahl der Plattenpaare vermehrt, *ohne die neuen Paare mit dem weiteren Widerstand zu versehen, den man dem einzelnen Plattenpaar zugefügt hat*, so wird die Kraft einer solchen zusammengesetzten Kette grösser seyn, als die Kraft dieses einzelnen Plattenpaares, und wird so lange mit der Vervielfältigung der Plattenpaare vermehrt werden, bis sie der Kraft des einzelnen, mit dem neuen Widerstand nicht versehenen Plattenpaares, welcher sie nie *vollkommen* gleich werden kann, sondern sich nur, als

einer nie erreichbaren Grenze, mit Vervielfältigung der Paare immer mehr nähert, *nahe* gleich wird.

In obiger Bezeichnung ist die Kraft einer solchen einfachen Kette  $\frac{A}{c}$ , die Kraft der mit dem neuen Widerstand versehenen Kette  $\frac{A}{b+c}$ , die Kraft einer mehrplattigen Kette  $\frac{nA}{b+nc}$ . Diese letztere Kraft wird *dann* nahe  $= \frac{A}{c}$  seyn, wenn  $n$  so gross genommen wird, dass  $b$  gegen  $nc$  verschwindet. Die Vervielfältigung der Plattenpaare trägt also *blos* insofern zur Verstärkung des Stroms bei, als sie die schwächende Wirkung des neuen in die Kette gebrachten Widerstandes gegen den ursprünglichen mit der Vervielfältigung der Paare vervielfältigten Widerstand (welcher letztere aber desswegen, weil mit seiner Vervielfältigung auch die elektromotorische Kraft in gleichem Verhältniss vervielfältigt wird, die Kraft der Kette nicht zu schwächen vermag) verschwinden macht. —

Wenn man z. B. kaustisches Kali durch die Einwirkung des Stroms zersetzen will, so würde die Kraft des Stroms einer *einfachen* Kette *an sich* hinreichend seyn, diese Zersetzung zu bewirken, wenn nur der Widerstand in dieser Kette nicht sehr bedeutend, d. h. die erregende Oberfläche der Platten hinreichend gross und die Flüssigkeit eine gut leitende seyn, d. h. wenn die Kraft der einfachen Kette *an sich* hinreichend gross seyn würde. Eine solche Zersetzung kann jedoch nicht erfolgen, wenn nicht das Kali selbst in den Kreis der geschlossenen Kette gebracht wird: dadurch wird aber die Kraft des Stroms so ausserordentlich geschwächt, dass die Kraft auch einer *an sich* sehr wirksamen einfachen Kette unmöglich mehr hinreichen kann, das Kali zu zersetzen. Wird nun aber die Anzahl der Plattenpaare so weit vervielfacht, dass der Widerstand, den das Kali dem Strom leistet, gegen den übrigen Widerstand verschwindet, so wird eine Zersetzung des Kalis erfolgen können, und zwar dann, wenn der ursprüngliche Strom der einfachen

Kette, in deren Kreis das Kali nicht gebracht wird, *an sich*, stark genug wäre, dasselbe zu zersetzen. Würde man nemlich so kleine Elektromotorplatten und eine so schlecht leitende Flüssigkeit zur einfachen Kette anwenden, dass wegen des bedeutenden Widerstandes in derselben der Strom nur eine geringe Kraft bekäme, eine Kraft, die an sich nicht hinreichen würde, das Kali zu zersetzen, so würde auch eine Kette, hervorgebracht durch jede noch so grosse Vervielfachung der gleichen Plattenpaare, bei Anwendung der gleichen Leitungsflüssigkeit, nicht vermögen diese Zersetzung zu bewirken, wenn Kali in den Kreis derselben gebracht würde; denn man kann durch eine solche Vervielfachung bloß einen Strom hervorbringen, dessen Stärke sich der Stärke des Stroms der ursprünglichen einfachen Kette, in welche kein Kali als Zwischenleiter eingebracht ist, als einer nicht einmal je völlig erreichbaren Grenze nähert. Zu kleine Platten und eine zu schlechte Leitungsflüssigkeit werden daher nicht angewendet werden dürfen, wenn die Zersetzung des Kalis durch eine Säule erfolgen soll, denn auch eine noch so grosse Vervielfachung der Paare würde dann nicht zum Ziele führen.

Die erschütternde Wirkung einer Säule, welche dann erhalten wird, wenn man die beiden Pole derselben mit feuchten Fingern berührt, mithin den ganzen Körper, der einen ungeheuren Widerstand leistet, in die Kette bringt, nimmt ebenfalls, wie die Erfahrung zeigt, zu, wenn die selbst schon sehr weit getriebene Vervielfachung der Paare *noch weiter* getrieben wird, und eine einfache Kette, auch von der grössten erregenden Oberfläche und mit der besten Leitungsflüssigkeit, kann nie eine Erschütterung hervorbringen, weil ihre Kraft durch die Einbringung des menschlichen Körpers als Zwischenleiters in dieselbe so ausserordentlich geschwächt wird, dass sie beinahe = 0 wird.

Wird dagegen in die Kette als Zwischenleiter ein Körper eingebracht, der einen sehr geringen Widerstand leistet, so wird eine Vervielfachung der Plattenpaare nicht viel zur Vermehrung ihrer Stärke beitragen können, weil der Widerstand dieses Körpers schon gegen den Widerstand in der Flüssigkeit einer einfachen Kette beinahe verschwindet. Daher findet man auch, dass bei Anwendung eines nicht gar zu langen Multipli-

cators als Schliessungsdraht, die Wirkung auf die Magnetonadel mit der Vervielfachung der Paare nicht merkbar zunimmt, und dass jedenfalls das Maximum bald erreicht ist, weil der Multiplicatordraht als ein guter Leiter keinen bedeutenden Widerstand in die Kette bringt. Ebenso findet man, dass bei den Glühungsversuchen, zu denen man die Kette anwendet, und wobei in der Regel ein zwar ziemlich dünner, doch nicht sehr langer Draht, immerhin also ein Körper, der verhältnissmässig einen geringen Widerstand äussert, in dieselbe gebracht wird, die Wirkung mit Vervielfältigung der Plattenpaare nicht merkbar zunimmt, dagegen Alles darauf ankommt, eine grosse erregende Oberfläche und eine gut leitende Flüssigkeit anzuwenden, um die Wirkung des einzelnen Plattenpaars, die an sich durch Vervielfältigung der Paare nie verstärkt werden kann, und die andererseits durch den eingebrachten Draht nicht merkbar geschwächt wird, möglichst zu verstärken.

Hier verdienen nun auch die interessanten Versuche erwähnt zu werden, welche den Beweis liefern, dass sich die galvanische El. auf sehr grosse Weiten in fast ungeschwächtem Zustande fortpflanzen lässt, und zwar selbst dann, wenn der Schliessungsdraht durch weite Flüssigkeitsstrecken unterbrochen ist. Solche Versuche lassen sich mit Bequemlichkeit bei einem zugefrorenen Flusse anstellen. Man errichtet auf demselben eine vielplattige Säule, bohrt neben ihr durch das Eis ein Loch durch, und lässt nun von dem einen Pol einen Draht durch das Loch in das Wasser herunterhängen, während man in den andern Pol einen sehr langen Draht befestigt, der oberhalb der Oberfläche des Eises, ohne dasselbe zu berühren, hinläuft. Hält man jetzt das von der Säule abgewendete Ende dieses Drahts mit der einen Hand, während man mit der andern das Wasser in dem auch an dieser Stelle gebohrten Loch berührt, so empfindet man eine fast eben so starke Erschütterung, als wenn man die Pole unmittelbar durch gleichzeitige Berührung mit beiden Händen entladen hätte. — Verbindet man den langen Draht mit dem Pol der Säule durch einen Wasserzersetzungsapparat,

so findet, so lange das Ende desselben mit dem Wasser nicht in leitende Verbindung gesetzt ist, keine Wasserzer-  
setzung statt, welche aber augenblicklich eintritt, sobald  
man von demselben einen Draht durch das in das Eis ge-  
bohrte Loch in das Wasser herunter führt, während nemlich  
von dem andern Pol aus ebenfalls ein Draht durch das Eis  
hindurch in das Wasser des Flusses geleitet ist.

Man hat diese Wirkungen wahrgenommen, wenn der  
lange Draht 4000 Fuss lang war; die Schliessung der Kette  
ward also durch eine ungeheure Wassermasse bewirkt, und  
sie ist so *vollkommen*, dass sich keine elektroskopische Er-  
scheinungen, die immer ein Zeichen eines in die geschlosse-  
ne Kette gebrachten *merklichen* Widerstandes sind, an den  
Polen wahrnehmen lassen, während solche bei viel kürzeren  
Strecken von Flüssigkeit, *sobald diese in Röhren eingeschlos-  
sen ist*, immer zum Vorschein kommen. Die gleichen Er-  
folge wurden sogar erhalten, wenn man auf einem feuchten  
Wiesenland eine Säule errichtete, von dem einen Pol der-  
selben einen Draht auf die Wiese heruntergehen liess, den  
an dem andern befestigten langen Draht über dieselbe hinführte,  
und das andere Ende desselben in die eine Hand nahm, wäh-  
rend man mit der andern die feuchte Wiese berührte. So zeig-  
ten sich die Wirkungen, wenn die Säule durch eine 2000  
Fuss lange Strecke feuchten Wiesenlands geschlossen wurde.

Diese Thatsachen scheinen auf den ersten Blick mit unsern  
bisherigen Erfahrungen im Widerspruch zu stehen, insofern  
Wassermassen von grosser Länge den Strom ausserordentlich  
schwächen müssen, und insofern zur Hervorbringung dieser  
Wirkungen nicht einmal Säulen von *sehr vielen* Plattenpaa-  
ren erfordert werden, und man also nicht zu der Annahme  
berechtigt ist, der grosse in die Kette gebrachte Widerstand  
werde durch die Anzahl der Plattenpaare compensirt. Es  
kommt aber in Betracht, dass die freie und zu beiden Sei-  
ten in den feuchten Erdboden sich fortsetzende Wassermasse

des Flusses als ein Leiter von *unbegrenzter Dicke* angesehen werden kann, der eben durch diese Dicke den Leitungswiderstand seiner Länge compensirt und merklich zum Verschwinden bringt. Eine ohne alle Vergleichung kürzere, aber in einer gläsernen Röhre eingeschlossene Wassermasse würde, wenn man sie in den Kreis einer solchen Säule brächte, die Wirkung derselben gänzlich aufheben.

---

Von der allmäligen Abnahme der Kraft in der geschlossenen Kette und der Wiederherstellung dieser Kraft.

Die Erfahrung lehrt, dass bei allen geschlossenen hydroelektrischen (mit feuchten Zwischenleitern errichteten) Ketten die Kraft in der ersten Zeit nach der Schliessung am stärksten ist, und von da an abnimmt, dass sie aber durch eine längere Wiederöffnung wieder auf den ersten oder doch einen dem ersten nahen Grad der Kraft zurückgeführt werden kann. Diese und ähnliche, auf Zunahme oder Abnahme der Kraft einer geschlossenen Kette sich beziehende Thatsachen hat man mit dem Ausdruck: *Wogen der Kraft in der Kette* bezeichnet.

Man kann sich von diesem Wogen mittelst aller verschiedenen Wirkungsarten der geschlossenen Kette überzeugen; die Methode der Oscillationen gibt jedoch über den Gang dieses Wogens vom ersten Augenblick der Schliessung an bis zu den spätesten Perioden der Wirksamkeit die genauesten Aufschlüsse.

Dass die Ursache der Erscheinungen des Wogens von einem durch den Strom bedingten Wechselverhältniss der *Flüssigkeit* und der Metalle in der Kette abhängt, lässt sich mit Sicherheit daraus schliessen, dass in der thermoelektrischen Kette, die blos aus Metallen zusammengesetzt ist, keine Spur dieses Wogens sich zeigt, indem eine solche Kette vom An-



fange bis zu Ende der Schliessung auf einem ganz gleichförmigen Zustand der Wirksamkeit beharrt, wenn nur die Temperaturdifferenz der Berührungsstellen der heterogenen Metalle, aus welchen sie besteht, von welcher Differenz ihre Wirksamkeit abhängt, die nemliche bleibt. Welche Veränderung aber entweder der Metallplatten, oder der Flüssigkeit, oder beider zugleich, die Erscheinungen des Wogens in der hydroelektrischen Kette hervorbringe, ist bis jetzt noch im Dunklen.

Diejenigen, welche die Entstehung der Strömung in der Kette von einer chemischen Action, nemlich von der chemischen Einwirkung der Flüssigkeit auf die Metalle abhängig machen, nehmen an 1) dass das Maximum der Wirksamkeit einer Kette erst eine gewisse Zeit nach der Schliessung eintreten könne, weil die Flüssigkeit eine gewisse Zeit brauche, um ihren Angriff auf das Metall gehörig ausüben zu können. In der That sollte man dieses auch erwarten, wenn die erwähnte Ansicht die richtige wäre. Die Erfahrung lehrt aber gerade das Gegentheil, indem ohne alle Ausnahme die Kraft des Stroms *im ersten Augenblick* der Schliessung die allerstärkste ist, und *sogleich* abzunehmen anfängt. 2) Nehmen sie an, dass die Abnahme der Wirkung hauptsächlich von Veränderungen in der Beschaffenheit des flüssigen Leiters, bedingt durch seine chemische Einwirkung auf die Erregerplatten, herrühre. — Wenn nun aber auf der einen Seite zwar nicht in Abrede gestellt werden kann, dass diese und andere Umstände, wie z. B. das Austrocknen der Tuch- oder Pappscheiben (wenn man keine Tröge anwendet), vielleicht sogar eine eigenthümliche Vertheilung der Bestandtheile unter dem Einfluss der Kette, zur Wirkungsabnahme beitragen können, so lässt sich doch auf der andern Seite leicht zeigen, dass *diesen* Umständen der Hauptantheil an der Wirkungsabnahme nicht beigemessen werden könne.

Schon der Umstand, dass eine geschlossene Kette, de-

ren Kraft bedeutend abgenommen hat, nahe ihre ursprüngliche Kraft wieder erhält, wenn man sie während einer gewissen Zeit geöffnet lässt, und dann wieder schliesst, *ohne dabei die Flüssigkeit zu ändern*, beweist, dass die Ursache der Wirkungsabnahme ihrem Haupttheil nach nicht einer Aenderung in der Beschaffenheit der Flüssigkeit zugeschrieben werden könne. Dasselbe wird dadurch bewiesen, dass die ursprüngliche Kraft einer Kette, die ausserordentlich abgenommen hatte, wieder hergestellt werden kann, wenn man die *negativen* Platten herauszieht und frische einsetzt, dass mithin die Wirkungsabnahme und Wiederherstellung der Wirkung, gerade wie es bei den Erscheinungen der Ladung der Fall ist, immer nur deutlich auf die *negativen* Platten sich bezieht. Diese Wirkungsabnahme kann daher nicht von einer Aenderung der Flüssigkeit, sondern muss von einer Aenderung in der Beschaffenheit der *Platten* abhängen. Diese Aenderung ist von einer sehr merkwürdigen Art. Fechner hat beobachtet, dass wenn man in einem weiten Troge, worinn die Platten in einem grossen Abstand von einander geschlossen sind, die Flüssigkeit in der Mitte, oder nahe an der *positiven* Platte umrührt, und dabei sorgfältig vermeidet, *dass nicht ein Anwogen der Flüssigkeit gegen die negative Platte statt finde*, die Kraft ganz unverändert bleibt, d. h. keine Zunahme der geschwächten Kraft erfolgt, dass man sogar die Zinkplatten, unter dieser Vorsicht, in der Flüssigkeit bewegen, selbst zum Theil aus ihr herausziehen kann, ohne dass eine Schwankung in der Kraft der Kette beobachtet wird, dass dagegen eine solche Schwankung sogleich eintritt, und eine Verstärkung der durch die längere Zeit angedauerte Schliessung geschwächten Kraft der Kette erfolgt, wenn man die Flüssigkeit gegen die *negativen* Platten anwogen lässt, oder sie selbst in der Flüssigkeit bewegt, oder sie sogar in der Flüssigkeit nur mit einem Federbart abwischt, so dass es scheint, als wäre die an der Kupferplatte vorgegangene  
 Modi-

Modification, welche, worinn sie nun auch immer bestehen mag, als die Ursache der Schwächung der Kraft der Kette zu betrachten ist, durch diese mechanische Einwirkung abgespühlt worden.

Dass die Ladung zur Wirkungsabnahme der Kette beitragen müsse, ist klar, denn sie vermindert die elektromotorische Differenz, vermindert mithin die elektromotorische Kraft; dass sie aber nicht die Hauptursache der Wirkungsabnahme der Kette seyn könne, ergibt sich daraus, dass sie, zumal bei kräftigen Ketten, in *wenigen Minuten* schon ihr Maximum erreicht, während die Wirkungsabnahme einer solchen Säule *viel länger* fortdauert.

Möglich bleibt es immerhin, dass, da die Wirkungsabnahme jedenfalls von einer Aenderung der Metallplatten und zwar der negativen abhängt, diese Aenderung eine chemische ist, aber sie würde dann nur eine *von dem Strom abhängige* chemische Wirkung seyn können. Man beobachtet nemlich in allen Flüssigkeiten, in welchen die geschlossene Kette überhaupt Wirksamkeit erhält, auch die Wirkungsabnahme derselben; aber in den Flüssigkeiten wenigstens, welche keine sehr stark eingreifende Wirksamkeit äussern, ist es für die Erstwirkung gleichgültig, ob man die Platten längere oder kürzere Zeit vor der Schliessung der Kette darin lässt; hier muss zwar eine chemische Einwirkung statt finden, sie findet jedoch nicht unter dem Einfluss eines Stroms statt und bringt daher keine Wirkungsabnahme hervor. In Uebereinstimmung hiermit fand ferner *F e c h n e r*, dass wenn man zwei ganz gleiche Plattenpaare zur Kette zwar schliesst, aber so, dass ihre Ströme entgegengesetzt gerichtet sind, mithin sich compensiren, gleichfalls keine Wirkungsabnahme statt findet, sondern dass jedes Plattenpaar, wenn es nachher für sich geschlossen wird, denselben Verlauf der Wirkung macht, als wenn es gar nicht, gemeinschaftlich mit dem andern, geschlossen worden wäre. —

Einen interessanten Versuch führt noch Fechner an, aus welchem ersichtlich ist, dass an der Oberfläche der negativen Platten allerdings eine chemische Aenderung unter dem Einfluss des Stroms vor sich geht, welche die Wirkung schwächt, dass aber diese Aenderung sofort wieder verschwindet, wenn man die Platten dem Einfluss des Stroms entzieht; und dass nachher, wenn man sie von Neuem in den Strom bringt, eine Wirkungsvermehrung wieder erfolgt.

In einem weiten, mit salzsaurem Wasser gefüllten Troge werden mehrere Zinkplatten mehreren Kupferplatten gegenüber gestellt. Von sämtlichen Kupferplatten werden Drähte in ein gemeinschaftliches, mit Quecksilber gefülltes Gefäss, und ebenso in ein anderes Drähte von sämtlichen Zinkplatten geleitet. Man erhält auf diese Weise eine einfache Kette, indem alle Kupferplatten und alle Zinkplatten zu Einer Platte verbunden sind. Man schliesst nun diese Kette durch einen Multiplikator, dessen beide Enddrähte in die Quecksilbergefässe geleitet werden, und lässt die Kette einen Tag lang geschlossen. Man sieht die Kupferplatten unter fortgehender Wirkungsabnahme allmählig sich *schwärzen*. Lässt man nun aber eine oder einige Kupferplatten aus der Kette weg, indem man sie zwar in der Flüssigkeit lässt, aber die mit ihnen verbundenen Drähte aus dem gemeinschaftlichen Quecksilbergefässe herauszieht, so sieht man die Schwärzung an diesen Platten allmählig verschwinden, indem nun das saure Wasser die Bestandtheile, die sich unter dem Einfluss des Stroms auf den Platten abgesetzt hatten, auflöst; sie stehen mit rein rother Farbe unter den übrigen geschwärzt bleibenden Platten da, und schliesst man sie jetzt wieder zu den übrigen Platten hinzu, indem man die mit ihnen verbundenen Drähte wieder in das gemeinschaftliche, mit Quecksilber gefüllte Gefäss taucht, so findet man, dass die Wirkung der Kette auf einen viel stärkeren, jedoch sofort wieder abnehmenden Grad steigt, als

der war, bei welchem man die Platten aus der Kette weggelassen hatte.

Nach allen bisher angeführten Thatsachen lässt sich demnach mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die Schwächung des Stroms einer geschlossenen Kette *hauptsächlich* von einer unter dem Einfluss des Stroms hervorgebrachten Aenderung an der Oberfläche der negativen Platten und einer hierdurch bedingten Vermehrung des Widerstands des Uebergangs abhängt, dass aber ausserdem noch andere Umstände, namentlich die Ladung, welche die elektromotorische Kraft vermindert, ferner Aenderung in der Beschaffenheit der *Leitungsflüssigkeit*, Austrocknen der Pappscheiben u. s. f. einigen Einfluss auf diese Schwächung ausüben.

Ob die Wirkungsabnahme einer Kette ins *Unbestimmte* fortgehe, oder ob zuletzt ein *constanter* Zustand erreicht werde, ist bis jetzt nicht mit Sicherheit entschieden. Man bemerkt allerdings, fast Tage lang hindurch, einen solchen merklich constanten Zustand, aber immer nur dann, wenn die Kraft der Kette um ein grosses Vielfache ihrer ursprünglichen Kraft schon abgenommen hatte, und nachdem die vorhergehenden Differenzen der Abnahme immer kleiner für gleiche Zeiten geworden waren, so dass es sich denken liesse, die nachfolgenden Differenzen seyen nur zu klein gewesen, um beobachtet werden zu können. Die Sache ist um so schwieriger zu entscheiden, als, wenn einmal ein solcher merklich constanter Zustand eingetreten ist, öfters kleine Schwankungen in der Kraft der Kette eintreten, vermöge deren sie bald ein wenig sinkt, bald ein wenig steigt, Schwankungen, die von äusseren, veränderlichen und nicht näher bekannten Einflüssen abzuhängen scheinen.

### Verschiedene Einrichtungen galvanischer Apparate.

Aus dem Bisherigen ergibt sich von selbst, welche Einrichtung die galvanischen Apparate erhalten müssen, je nachdem man diese oder jene Wirkung durch dieselben beabsichtigt; dass namentlich im Allgemeinen *grossplattige* Apparate zweckmässiger sind da, wo eine Wirkung auf *gute* Zwischenleiter, dagegen *vielplattige* da, wo eine Wirkung auf *schlechte* Zwischenleiter erfolgen soll.

Die äussere Einrichtung ist eine zweifache: 1) *Säulenapparate*, 2) *Trogapparate*.

Die *Säulenapparate* sind diejenigen, deren man sich zur Hervorbringung der chemischen und physiologischen Wirkungen häufiger als der Trogapparate bedient, weil für diese Zwecke eine grosse Anzahl von Plattenpaaren erfordert wird, und die Trogapparate daher einen sehr grossen Raum einnehmen würden. Von der Einrichtung der Säulenapparate war schon oben (S. 703. ff.) ausführlich die Rede, und ich beschränke mich hier nur auf wenige nachträgliche Bemerkungen. — Zink und Kupfer werden jetzt fast immer angewendet; früher hatte man statt des Kupfers, Silber gebraucht. Man wendet die Platten von der Grösse eines Species Thalers oder grösser an; eine Zinkplatte wird jedesmal, um das Aufbauen der Säule zu erleichtern und das Eindringen der Flüssigkeit zwischen den Metallplatten zu verhüten, mit einer Kupferplatte zusammengelöthet. Immer wendet man eine gute Leitungsflüssigkeit an: entweder eine Auflösung von Kochsalz in Essig, oder von Salmiak in Wasser, oder endlich eine verdünnte Säure. Die Flüssigkeit, auch wohl die Platten selbst, werden erwärmt, und die Tuch- oder Papp-Scheiben mit der Flüssigkeit gut durchtränkt und dann so weit ausgedrückt, dass der Druck der obern Scheiben auf die unteren keine Flüssigkeit aus ihnen zum Ausfliessen und Herabfliessen bringe. Aus diesem

Grunde schichtet man auch die Säule, wie schon oben bemerkt wurde, nicht zu einer einzigen Säule auf, sondern vertheilt sie in mehrere, wobei man auf eine Isolirung nicht Rücksicht zu nehmen hat, insofern die Säule als eine *geschlossene* angewendet wird. — Wenn die Versuche mit der Säule beendigt sind oder ihre Wirksamkeit aufgehört hat, so nimmt man sie auseinander und reinigt die Metallplatten von der Oxydhaut und andern chemischen Ansätzen, die sich auf ihrer Oberfläche gebildet haben, mittelst eines in nassen Sand getauchten Lappens.

Zu den *Trogapparaten* werden Porzellan-Tröge angewandt, die durch porzellanene Querwände in eine gewisse (z. B. 10) Anzahl von Abtheilungen getheilt sind. Häufiger bedient man sich jetzt gläserner cylindrischer Gefässe von dickem Glas. Die Tröge oder die Gefässe werden so weit mit der Leitungsflüssigkeit gefüllt, dass diese, wenn die Metallplatten hineingestellt werden, nicht überläuft. Sämmtliche Platten sind an ein Stück trockenes und gefirnissstes Holz befestigt, so dass man alle Plattenpaare auf einmal in die Flüssigkeit hineinbringen und aus derselben herausheben kann. Die Platten sind nach dem Schema der Säule angeordnet, nemlich so, dass wenn in der ersten Zelle oder dem ersten Glas eine Zinkplatte sich befindet, die ihr zugehörige, und mit ihr durch einen Metallstreifen verbundene Kupferplatte, in der zweiten Zelle steht. In dieser zweiten Zelle folgt dann wieder eine Zinkplatte auf die Kupferplatte, welche aber mit dieser Kupferplatte *nur durch die Flüssigkeit* in leitender Verbindung steht, dagegen mit der Kupferplatte der dritten Zelle metallisch verbunden ist u. s. f. So erhält man, indem die zwei Platten eines jeden einzelnen Elektromotors immer in zwei verschiedenen, an einander angrenzenden Zellen oder Gläsern sich befinden, das Schema der Säule: Zink, Kupfer, Flüssigkeit; Zink, Kupfer, Flüssigkeit. Brächte man die beiden Platten der einzelnen Elektromotore in eine und dieselbe Zelle

ein, so würden die Wirkungen der Säule nicht erhalten werden, denn jeder Elektromotor würde von dem an ihn grenzenden durch einen Nichtleiter, nemlich die porzellanene Zwischenwand oder das Glas getrennt.

Es wurde schon oben (S. 779.) bemerkt, dass durch Vergrößerung der negativen Fläche gegen die positive die Wirkung bedeutend verstärkt wird. Bei Glühungsversuchen wendet man gewöhnlich ein einzelnes Elektromotorpaar, bestehend aus einer doppelten Kupferplatte und einer einfachen Zinkplatte, an. Um die Zinkplatte wird die Kupferplatte herumgeschlagen, so dass beide einander nirgends berühren, was man z. B. dadurch bewirkt, dass beide durch Wülste von Harz auseinandergehalten werden. An der Zink- und Kupferplatte sind Drähte befestigt, deren Enden durch einen dünnen Platindraht mit einander in Verbindung gesetzt werden.

Taucht man den Apparat in eine stark leitende Flüssigkeit, z. B. eine Mischung von 1 Theil Schwefelsäure, 1 Theil Salpetersäure und 50—60 Theilen Wasser (alles dem Volumen nach genommen), so kommt der Platindraht (der natürlich ausserhalb der Flüssigkeit sich befindet) ins Glühen. Es versteht sich, dass, bei gleich bleibender Leitungsflüssigkeit, die Platten des Apparats um so grösser seyn müssen, je dicker und länger der Draht ist, der ins Glühen gebracht werden soll. Wollaston hat mittelst seines *Fingerhutapparats*, der einen solchen, so eben beschriebenen einfachen Elektromotor vorstellt und aus einem silbernen Fingerhut mit entsprechender Zinkplatte besteht, einen Platindraht ins Glühen gebracht, der dann freilich auch in entsprechendem Grade dünn seyn musste: ein solcher Draht hat ungefähr  $\frac{1}{1200}$  Millimeter im Durchmesser. — Eine solche ausserordentliche Feinheit der Platindrähte kann durch die gewöhnlichen Mittel nicht erhalten werden; Wollaston bedient sich hierzu folgenden Verfahrens. Er befestigt einen dicken



Platindraht in die Axe einer hohlen cylindrischen Form, und füllt diese vollends mit Silber aus, das geschmolzen um den Platindraht herum gegossen wird und an ihm erstarrt. Das Ganze wird nun durch einen Drahtzug gezogen, und so ein sehr dünner Silberdraht mit dem ausserordentlich dünnen Platindraht in der Mitte, erhalten. Durch heisse Salpetersäure wird das Silber aufgelöst: der Platindraht bleibt unversehrt zurück, weil Platin von Salpetersäure nicht angegriffen wird.

Die sogenannten *Calorimotoren* oder *Deflagratoren* sind nichts Anderes, als Wollastonsche Fingerhutapparate nach einem ungeheuren Maasstab, von welchen mehrere in Trögen, entweder nach dem Princip der Säule, oder so mit einander combinirt werden, dass sie wie ein einziges Plattenpaar wirken. Ein grosses, spiralförmig zusammengerolltes Zinkblatt wird von beiden Seiten mit einem spiralförmig zusammengerollten Kupferblatte umgeben, von demselben aber durch isolirende Leisten durchaus getrennt erhalten; an dem Zinkblatt und Kupferblatt können kupferne Arme angebracht werden, welche man mit dem ins Glühen zu versetzenden Draht verbindet. Das Ganze stellt mithin einen Cylinder dar: wird dieser in stark gesäuerte Flüssigkeit getaucht, so kommt jener Draht ins Glühen. Taucht man mehrere solcher Cylinder in neben einander stehende, mit saurer Flüssigkeit gefüllte Gefässe, und verbindet das Kupfer des ersten Cylinders mit dem Zink des zweiten Cylinders, das Kupfer des zweiten Cylinders mit dem Zink des dritten u. s. f. durch Metallstreifen, so erhält man einen nach dem Princip der Säule zusammengesetzten Apparat; verbindet man dagegen durch Metallstreifen das Kupferblatt des einen Cylinders mit den Kupferblättern aller übrigen, und ebenso das Zinkblatt des einen mit den Zinkblättern aller übrigen, so erhält man einen Apparat, der wie ein einziges Plattenpaar wirkt.

### Wärmeerscheinungen in der geschlossenen Kette.

Die Wärmeerscheinungen in der geschlossenen Kette sind darin begründet, dass die Ströme entgegengesetzter Elektricitäten, welche die Kette nach entgegengesetzten Richtungen durchlaufen, auf ihrem Wege einander gegenseitig, unter Entwicklung von Wärme oder von Wärme und Licht, ausgleichen und Elektricum bilden. Diese Wirkung erfolgt nach der Erfahrung vorzüglich dann, wenn die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten durch weniger vollkommene Leiter hindurch geschieht. Die Kraft, mit welcher ein in die Kette gebrachter Körper, ein Draht z. B., ins Glühen versetzt zu werden strebt, scheint in der That, der Erfahrung zufolge, dem Leitungsvermögen des Körpers umgekehrt proportional zu seyn, und da man auf der andern Seite alle Ursache zu haben scheint anzunehmen, dass sie der Intensität des den Körper durchlaufenden Stroms direct proportional sey, diese Intensität aber grösser ist, wenn der Widerstand geringer ist, den der Körper in die Kette bringt, oder, was dasselbe ist, wenn der Körper ein besserer Leiter ist, so muss in einer Beziehung das schlechte Leitungsvermögen des Körpers einen günstigen, in anderer Beziehung einen ungünstigen Einfluss auf seine Fähigkeit, erhitzt zu werden oder ins Glühen zu kommen, ausüben. Da ferner ein dünnerer Draht schlechter leitet, als ein dickerer, so wird der erstere, bei gleicher Länge und Materie, die Intensität des Stroms mehr schwächen, als der letztere; die Schwächung wird aber nicht bedeutend seyn können, da der Widerstand dieses Drahts überhaupt in Vergleichung mit dem Totalwiderstand in der Regel unbedeutend ist. Dagegen concentrirt sich der Strom genau im Verhältniss der Dünne des Drahts, und aus diesem Grunde wird ein dünnerer Draht leichter ins Glühen kommen, als ein dickerer;

nur der besondere Umstand, dass die Luft dünnen Drähten verhältnissmässig mehr Wärme entzieht als dicken, macht, dass man, namentlich bei sehr guter Leitungsflüssigkeit und sehr grosser erregender Oberfläche, in der That beobachtet, dass der dickere Draht sogar eine stärkere Glühwirkung erfährt, als der dünnere.

Aus der allgemeinen Theorie folgt, dass je dicker, kürzer, und je besser leitend die Drähte sind, welche ins Glühen gebracht werden sollen, um so mehr grossplattige Apparate mit starker Leitungsflüssigkeit anzuwenden sind; je dünner und länger dagegen solche Drähte sind, je schlechter sie leiten, um so mehr vielplattige Apparate von Nutzen seyn werden. Die Drahtlängen von einerlei Metall und Dicke, die durch eine Kette auf denselben Grad des Glühens gebracht werden können, stehen nach der Theorie in demselben Verhältniss als die Anzahl der Plattenpaare, aus denen die Kette zusammengesetzt ist, vorausgesetzt, dass alle Plattenpaare sich unter einander gleich verhalten. Die Kräfte beider Ketten sind nemlich in Beziehung auf die durch sie hervorgebrachten Glühungserscheinungen gleich gross, und wenn  $m$  die Zahl der Plattenpaare einer Kette ist, die den Draht  $\lambda$  zum Glühen bringt, so ist, nach obiger Bezeichnung, die Kraft dieser Kette  $= \frac{mA}{mC + \lambda}$ ; ist ferner  $n$  die Zahl der Plattenpaare, die den Draht  $\lambda'$  zum gleich starken Glühen bringt, so ist die Kraft dieser Kette  $= \frac{nA}{nC + \lambda'}$ . Es ist mithin  $\frac{mA}{mC + \lambda} = \frac{nA}{nC + \lambda'}$ ; daher  $m\lambda' = n\lambda$  und  $m : n = \lambda : \lambda'$ . Dieses Resultat der Theorie hat die Erfahrung bestätigt.

Wie mittelst der geschlossenen Kette Drähte ins Glühen gebracht werden u. s. f., ist schon erwähnt worden; ich füge hier nur noch einige Bemerkungen über die Entstehung der *Funken* bei.

Zur Hervorbringung der *Funkenerscheinungen* kann man sich einer Säule aus 30 oder noch viel weniger Plattenpaaren von 1 Quadratfuss Oberfläche, oder von 100 Plattenpaaren von 3–4 Quadratzoll Oberfläche bedienen; man muss aber dann eine gut leitende Flüssigkeit anwenden, Salmiakauflösung oder Säuren. Man erhält den Funken im Augenblick, in welchem ein mit dem einen Pol in Verbindung gesetzter Leiter den andern Pol berührt, und so die Schliessung der Säule bewirkt. Es ist dabei gleichgültig, ob die Säule von dem positiven nach dem negativen Pol, oder umgekehrt, geschlossen wird. Ein an das Ende des Drahts befestigtes feines Metallblättchen glüht oder verbrennt bei Berührung des Pols. Der Funken zeigt sich am auffallendsten, wenn der Draht fein oder zugespitzt ist. Sehr ausgezeichnet ist die Erscheinung, wenn man mit einem feinen Eisendraht, welcher von dem einen Pol einer starken Säule ausgeht, die Oberfläche einer kleinen Quantität Quecksilber, in welches ein Draht vom andern Pol taucht, berührt. Gut ausgebrannte Lindenkohle wirkt ebenfalls sehr günstig zur Hervorbringung von Funken: man bedeckt entweder den einen Pol mit einer Kohlenscheibe und schliesst vom andern Pol aus mit einem Metalldraht oder Metallblättchen, oder man bringt auch Kohlenspitzen an beiden entgegengesetzten Polardrähten an, um sie dann mit einander in Berührung zu setzen.

Es lassen sich sogar mittelst Kohlenspitzen Funken unter Wasser, Alkohol, Aether, Oelen, concentrirten Säuren erhalten, wenn gleich mit verminderter Stärke; auch lassen sich mittelst des galvanischen Funkens nicht bloß Metalle, sondern auch andere brennbare Körper, wie Phosphor, Schwefel, Aether, Schiesspulver u. s. f. entzünden. — Die Schlagweite des galvanischen Funkens ist übrigens sehr gering.

In dem Draht, welcher die erhitzende Wirkung der Kette erlährt, scheint die Hitze von der Mitte nach den Enden

hin abzunehmen, vielleicht weil die Enden des Drahts, wegen ihrer Berührung mit den metallischen Elementen der Säule ihre Wärme leichter verlieren als die Mitte desselben. Hievon könnte auch der Umstand abhängen, dass die Wärmeerzeugung am Zinkpol stärker erscheint, als am Kupferpol, insofern Kupfer ein viel besserer Wärmeleiter ist als Zink.

Auch *flüssige* Leiter erfahren in dem Kreise einer hinreichend wirksamen Kette eine Erhitzung, die nicht von einer Wärmemittheilung von den erhitzten Drähten aus abgeleitet werden kann, insofern die Wärme der Flüssigkeit in der Mitte zwischen den Drähten sogar stärker ist, als an den Drähten selbst.

Wird die Flüssigkeit durch thierische Blase in mehrere Zellen getheilt, und dann in den Kreis der Kette gebracht, so erhitzt sie sich mehr, als wenn sie ein Continuum bildet. Leitet man einen und denselben Strom das einermal durch eine Flüssigkeit, die in einem Glasrohr von gewisser Weite und Länge enthalten ist, das anderemal durch einen mit derselben Flüssigkeit benetzten Baumwollendocht von gleicher Länge und Dicke mit dem Rohr, so bleibt die Temperatur bei der in dem Rohre enthaltenen Flüssigkeit unverändert, während sie bei der in dem Dochte befindlichen Flüssigkeit beträchtlich steigt. Noch besser bedient man sich zu diesem Versuch statt eines Baumwollendochtes des Stengels einer fetten, etwas saftreichen Pflanze, welcher als ein durch eine Menge kleiner Zellen geschiedener feuchter Leiter anzusehen ist. Bringt man einen solchen in den Kreis der Kette, indem man die an beiden Polen befestigten Platindrähte in die Enden desselben hineinsteckt, so kommt das Wasser des Stengels in der Nähe der eingesteckten Drähte ins Sieden.

---

### Chemische Wirkungen der geschlossenen Kette.

Wenn von den chemischen Wirkungen der geschlossenen Kette die Rede ist, so versteht man darunter gewöhnlich solche Wirkungen, welche *besondere*, flüssige oder befeuchtete Leiter erfahren, die in den Kreis der Kette, zwischen die Pole derselben, eingebracht werden. Aber auch in dem feuchten Leiter zwischen je zwei Elementen der Kette finden ganz analoge Wirkungen statt, und eine zwischen die beiden Pole eingebrachte Flüssigkeit steht zu der geschlossenen Kette als Ganzem in der gleichen Beziehung, wie jeder andere zwischen zwei Plattenpaaren befindliche feuchte Leiter. Die Pole einer *geschlossenen* Säule haben als Pole keine besondere Bedeutung mehr; man kann jede zwei beliebige, durch einen feuchten Leiter getrennte Plattenpaare als die Polarplattenpaare betrachten, und nur der Umstand, dass man zwischen die Pole der Säule in der Regel eine Flüssigkeit einbringt, welche *verschieden* ist von derjenigen, mit welcher man die feuchten Leiter befeuchtet, und dass man die durch die Einwirkung des elektrischen Stroms auf jene Flüssigkeit erfolgende Zersetzung der Flüssigkeit als Zweck, die übrige Säule selbst aber als Mittel zum Zweck betrachtet, macht, dass man leicht die Analogie aus den Augen verlieren könnte, welche zwischen der an den Polen eingebrachten Flüssigkeit und der Flüssigkeit eines jeden feuchten Leiters der Kette in ihren Beziehungen zur ganzen Kette, statt findet.

Die allgemeine Wirkung der geschlossenen Kette ist folgende. Wenn man einen zusammengesetzten Körper in den Kreis derselben bringt, und die metallischen Enden der Kette, zwischen welchen der Körper die Schliessung bewerkstelligt, die Pole der Kette genannt werden, so erfolgt *bei der gewöhnlichen Art, den Versuch anzustellen*, die

Zersetzung, wenn eine solche überhaupt möglich ist, in der Art, dass der eine Bestandtheil des zusammengesetzten Körpers sich nach dem negativen, der andere nach dem positiven Pol hin bewegt, und mit der Substanz des Pols entweder in chemische Verbindung tritt, oder zunächst in der Nähe desselben sich ansammelt, oder endlich sich gasförmig von demselben aus entwickelt.

Wir werden später sehen, dass wenn ohne allen Einfluss einer Kette, zwei Körper sich chemisch verbinden, dieses nach der Ansicht, zufolge welcher die chemische Verwandtschaft nichts anderes ist, als eine elektrische Anziehung zwischen den entgegengesetzt elektrischen Atomen der Körper, dadurch geschieht, dass der eine dieser Körper positiv, der andere negativ elektrisch wird. Unter Voraussetzung der Richtigkeit dieser Ansicht, glaubte man die durch den Einfluss der Kette erfolgende Zersetzung eines zusammengesetzten Körpers auf folgende Weise erklären zu müssen. Die elektrische Anziehung, welche die Bestandtheile des Körpers von den entgegengesetzten Polen der Kette aus erfahren, ist stärker als die elektrische Anziehung, vermöge deren sie unter einander selbst zusammenhalten. Man wird daher denjenigen Bestandtheil, welcher sich zum positiven Pol hin bewegt, für den *elektronegativen*, umgekehrt den, welcher sich zum negativen Pol hin bewegt, für den *elektropositiven* Bestandtheil des zusammengesetzten Körpers erklären müssen, eben weil mit entgegengesetzten Elektricitäten beladene Körper einander anziehen. — Der zusammengesetzte Körper kann dabei entweder in Elemente (Wasser, welches in Wasserstoff und Sauerstoff zersetzt wird), oder zunächst in Bestandtheile, die selbst noch zusammengesetzt sind (schwefelsaures Kali, welches in Schwefelsäure und Kali zersetzt wird), zersetzt werden.

Die Zersetzung eines zusammengesetzten Körpers glaubte man könne nur dann erfolgen, 1) wenn die Elektricität

der Kette stärker ist, als die Elektricität, welche die Bestandtheile des Körpers zusammenhält, d. h. als die Affinität, durch welche die Bestandtheile des Körpers mit einander verbunden sind, und wenn sie 2) auch noch überdiss stark genug ist, die Cohäsion zu überwinden. Dieses sey der Grund, warum überhaupt eine schwache Elektricität keine Wirkung hervorbringe, warum ferner die Zersetzung nur dann erfolge, wenn der Körper in flüssigem Zustand, wo die Cohäsionskraft kaum mehr in Betracht kommt, sey es nun, dass man ihn in diesen Zustand durch Auflösen in Wasser oder durch die Wärme versetze, in den Kreis der Kette gebracht wird. — Es ist jedoch, wie wir bald sehen werden, sehr wahrscheinlich, dass nicht die grössere Cohäsion eines festen Körpers an sich es ist, was der Zersetzung desselben im Wege steht, sondern dass vielmehr feste Körper desswegen nicht zersetzt werden, weil sie die El. nicht leiten, während sie, in den flüssigen Zustand versetzt, die El. leiten, und dann auch in der Regel zersetzt werden. Als weitere Bedingung der Zersetzung fügt man gewöhnlich die hinzu, dass der zu zersetzende Körper die Strömung der Kette nicht unterbrechen dürfe, mithin ein hinreichendes Leitungsvermögen für den Strom besitzen müsse. Sollte übrigens die Strömung selbst von der chemischen Zersetzbarkeit abhängen, — eine Ansicht, welche später aufgestellt werden wird — so würde diese Bedingung wegfallen, denn dann würde jede Flüssigkeit, die nicht zersetzt werden kann, eben weil sie nicht zersetzt werden kann, als ein Nichtleiter für den Strom auftreten müssen. Sehr auffallend ist es jedoch in dieser Beziehung, dass Substanzen, von denen man eine leichte Zersetzbarkeit erwarten sollte, wie Zinnchlorid, Arsenikchlorür, Operment, Realgar u. s. f. nicht leiten und nicht zersetzt werden, während Quecksilberiodid in starrem Zustand isolirend wirkt, und in flüssigem Zustand zwar leitet, aber nicht zersetzt wird.



Wir betrachten nun die einzelnen Zersetzungen zusammengesetzter Körper.

Die Art, wie man die Zersetzung des Wassers mittelst der Säule bewerkstelligen kann, ist oben S. 77. angeführt worden. Der wichtigste Umstand, der auf diese Zersetzung von Einfluss ist, ist die Entfernung der Spitzen der Leitungs-Drähte von einander, welche in die Flüssigkeit eintauchen. Bei zu grosser Entfernung findet keine Zersetzung mehr statt, wenn die Säule schwach ist; bei hinlänglich starken Säulen kann jedoch die Entfernung der Leitungsdrähte sehr gross werden, ohne dass die Gasentbindung unterbrochen wird. — Auch mittelst der einfachen geschlossenen Kette lässt sich das Wasser zersetzen, und dieser einfache Versuch ist sehr belehrend und interessant. Man stelle einen Zinkstreifen in Salzsäure, die so weit mit Wasser verdünnt ist, dass das Metall nicht angegriffen wird und keine Gasentwicklung erfolgt. Stellt man nun neben den Zinkstreifen einen Silber-Platin- oder Goldstreifen in die Flüssigkeit, so dass der Zinkstreifen und der Streifen des andern Metalls einander nicht berühren, so erfolgt wieder nichts, namentlich keine Gasentwicklung. So wie man jetzt aber die beiden Metalle, sey es innerhalb oder ausserhalb der Flüssigkeit, einander berühren lässt, so wird die lebhafteste Gasentwicklung (Wasserstoffgas) von dem negativen Metall (Silber, Platin, Gold) aus beginnen, während das Zink sich mit dem Sauerstoff des Wassers verbindet, und als Oxyd sich in der Säure auflöst. Mit der Berührung beider heterogener Metalle ist nemlich die Bildung einer einfachen durch verdünnte Salzsäure geschlossenen Kette gegeben.

Man hat sich durch Versuche überzeugt, dass die Zersetzung des Wassers wirklich an beiden Polen der Säule vor sich geht, und dass als Product der Zersetzung nichts als Sauerstoffgas und Wasserstoffgas in dem zur Wasser-

bildung erforderlichen quantitativen Verhältniss erhalten wird. Dieses letztere Resultat erhält man übrigens bloß dann, wenn man bei dem Versuch eine ganz besondere Sorgfalt anwendet, denn alles Wasser, welches mit der Luft in Berührung gestanden hatte, enthält Sauerstoffgas und Stickgas, und diese Gase entwickeln sich zum Theil aus dem Wasser bei der Zersetzung desselben und verunreinigen die gasförmigen Producte der Zersetzung, geben auch ausserdem zur Bildung von Ammoniak und von Salpetersäure Veranlassung.

Ein wichtiger Umstand bei dieser Zersetzung ist der, dass immer nur unmittelbar von den Polardrähten der Säule aus, und zwar so weit sie in die Flüssigkeit tauchen, nie in einiger Entfernung von ihnen, aus der Flüssigkeit selbst, Gasblasen sich erheben. Ist das Metall des positiven Leitungsdrahts ein oxydirbares, so wird gar kein Sauerstoffgas entbunden, indem *aller* Sauerstoff mit dem Metall in Verbindung tritt.

Wenn ein im Wasser gelöstes Salz in den Kreis der Kette gebracht wird, so sammelt sich die Säure um den positiven, die Basis um den negativen Pol an; die Säure ist mithin der elektronegative, die Basis der elektropositive Bestandtheil des Salzes. Dieser Versuch, auf verschiedene Weise modificirt, wie es durch Berzelius und Hisinger, so wie durch Davy und besonders auch durch Faraday geschehen ist, hat zu sehr bemerkenswerthen Resultaten geführt, namentlich zu den sogenannten *überführenden Wirkungen*, welche zeigen, dass Stoffe, die aus einer Verbindung frei gemacht werden, von einem Pol zu dem andern, im Allgemeinen unsichtbar und unerkennbar auf ihrem Wege, hinüber wandern können. Auf solche überführende Wirkungen liess sich übrigens schon aus der Zersetzung des Wassers schliessen, wenn sie gleich hier nicht so augenscheinlich seyn konnten; denn da das Wasser an *beiden* Polen zersetzt wird, und an jedem Pol nur der eine seiner Bestandtheile

zum

zum Vorschein kommt, so musste der andere zum andern Pol hinüber wandern, um erst dort sich in Freiheit zu setzen. Ueberhaupt werden wir sehen, dass eine jede scheinbar noch so einfache Art einer elektrochemischen Zersetzung ganz wesentlich in einer Ueberführung der Bestandtheile von dem einen nach dem andern Ende der zersetzt werdenden Flüssigkeitsstrecke besteht.

Zu solchen Versuchen bedient man sich am bequemsten zweier Gefässe, die man mit den zu zersetzenden Flüssigkeiten füllt, und die man einerseits durch mit destillirtem Wasser befeuchtete Asbest- \*) oder Baumwollenfasern, oder durch heberförmige, an ihren Mündungen capillar ausgezogene, mit Wasser gefüllte Glasröhren, andererseits mit den Polen der Säule durch die eingetauchten Polardrähte in Verbindung setzt. In manchen Fällen stellt man zwischen diese beiden Gefässe noch ein drittes, welches man mit irgend einer Flüssigkeit füllt, und mit den beiden andern, mit den Polardrähten der Säule in Verbindung stehenden, Gefässen durch Asbestfasern u. s. f. verbindet, so dass dann alle diese 3 Gefässe in dem Kreis der Kette sich befinden.

Die allgemeinen Resultate, die man auf diese Weise erhalten hat, sind folgende:

1) Wie man auch die Flüssigkeiten in den Gefässen vertheilen mag, immer wird sich ihr elektronegativer Bestandtheil nach einiger Zeit am positiven, ihr elektropositiver Bestandtheil am negativen Pol der Säule angesammelt finden. — Bringt man z. B. in das positive Gefäss eine Lösung von salzsaurem Kali, in das negative Wasser, so findet man nach einiger Zeit freies Kali im negativen, freie Salzsäure im positiven Gefäss. Selbst wenn die Salzauflösung in dem mittle-

---

\*) Der Asbest (Amianth) ist eine weisse, faserige, sehr weiche und elastisch biegsame Mineralsubstanz, der vermöge ihrer Textur Haarröhrchenwirkung zukommt.

ren Gefäss, destillirtes Wasser aber in den beiden äussersten, mit den Polen in Verbindung stehenden Gefässen sich befindet, die durch Amianth mit dem mittleren Gefäss verbunden sind, und deren Wasser höher steht, als die Salzauflösung des mittleren Gefässes, so findet sich nach einiger Zeit die Säure in dem mit dem positiven, die Basis in dem mit dem negativen Pol in Verbindung stehenden äussersten Gefäss, welche beide Gefässe im Anfang des Versuchs blos destillirtes Wasser enthalten hatten.

2) Die Bestandtheile der Flüssigkeiten gehen ganz rein, (die Säure frei von Basis und umgekehrt) zu den Polen über, nach denen sie hingeführt werden.

3) Die Zeit, welche zum Hinüberführen der Bestandtheile erfordert wird, ist bei übrigens gleichen Umständen um so grösser, durch eine je grössere Strecke von Flüssigkeit die Polardrähte getrennt sind.

4) Die übergeführten sauren und alkalischen Bestandtheile wirken *unterweges* nicht auf reagirende Papiere. — Davy brachte in eine Röhre destillirtes Wasser, in eine andere eine wässrige Lösung von schwefelsaurem Kali; in die erstere Röhre ward der positive, in die letztere der negative Platindraht einer voltaschen Säule getaucht. Zwischen beide Röhren wurde ein kleines, mit destillirtem, durch Lacmus gefärbtem Wasser gefülltes Gefäss gebracht, welches mit jedem der beiden genannten Gefässe durch befeuchteten Amianth in Verbindung gesetzt wurde. Ueber und unter diesen Amianthstreifen, welche das mittlere Gefäss mit den beiden äussersten verbanden, wurde feuchtes Lacmuspapier angebracht. Da die Schwefelsäure des schwefelsauren Kalis von dem mit dem negativen Pol verbundenen Gefässe aus, durch den verbindenden ersten Amianthstreifen und die durch Lacmus gefärbte Flüssigkeit hindurch durch den zweiten Amianthstreifen in das mit destillirtem Wasser gefüllte Gefäss wandern musste, so hätte man erwarten sollen, dass das an dem *ersten* Amianthstreifen angebrachte Lacmuspapier auch *zuerst* hätte gefärbt werden sollen: aber gerade hier trat gar keine Farbenänderung ein, vielmehr wurde das an dem entfernteren, dem positiven Pol am nächsten gelegenen Amianthstreifen angebrachte

blaue Lacmuspapier zuerst roth gefärbt und diese Färbung pflanzte sich von da bis in die Mitte des mit durch Lacmus gefärbtem Wasser gefüllten Zwischengefässes fort. — Wurde umgekehrt in die Lösung des schwefelsauren Kalis der positive, in das destillirte Wasser der negative Polardraht getaucht, das Zwischengefäss mit einer Curcumaauflösung gefüllt, und an den Amianthstreifen mit Curcuma gefärbte Papiere angebracht, so trat die braune Färbung des Curcumas am negativen Pol zuerst ein, und die gegen den positiven Pol zu gelegene Curcumaauflösung des Zwischengefässes, so wie die mit Curcuma gefärbten Papiere, welche an dem, dem positiven Pol am nächsten liegenden, Amianthstreifen angebracht waren, erlitten keine Farbenveränderung, ungeachtet in diesem Fall kaustisches Kali zuerst durch sie hindurch wandern musste.

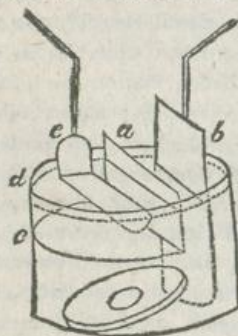
5) Die Ueberführung der Bestandtheile findet auch dann noch statt, wenn sie unterweges einen Stoff treffen, mit dem sie *ausserhalb der Kette* eine *auflöslche* Verbindung geben würden, nicht aber, wenn diese Verbindung *unauflöslch* seyn würde. — Befindet sich z. B. destillirtes Wasser an der negativen, und an der positiven Seite eine Auflösung irgend eines Neutralsalzes, welches Kalk, Natron, Kali, Ammoniak oder Bittererde zur Basis hat, in der Mitte aber verdünnte Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure, so geht das Alkali durch die Säure hindurch nach dem negativen Pol hinüber; die im Wasser unlöslche Bittererde geht ebenso, wie die löslichen Alkalien, über \*). Befand sich dagegen z. B. schwefelsaure Kalilösung an der negativen, destillirtes Wasser an der positiven Seite und gesättigtes Barytwasser in der Mitte, so zeigte sich, bei einer Säule von 150 Lagen, nach 30 Stunden in dem destillirten Wasser noch nicht so viel Säure, dass sie sich hätte wahrnehmen lassen; nach 4 Tagen erschien sie zwar, aber in sehr geringer Menge. In dem Zwischengefäss

\*) Wir werden bald sehen, dass letzteres nicht der Fall ist, wenn der Versuch mit der gehörigen Umsicht angestellt wird.

hatte sich dagegen sehr viel schwefelsaurer Baryt niedergeschlagen. — Dieses Beispiel könnte durch eine Menge anderer vermehrt werden, wenn z. B. Salzsäure durch eine Silberauflösung durchwandern muss u. s. f.

Das allgemeine Resultat der Einwirkung der geschlossenen Säule auf zusammengesetzte Körper ist das, dass sich der negative Bestandtheil um den positiven, der positive um den negativen Pol herum ansammelt.

Faraday hat über diese überführenden Wirkungen Untersuchungen angestellt, aus welchen sich nicht blos ergibt, dass die Pole der Säule als solche, sofern man nemlich die Enden der von den Polen der Säule ausgehenden und in die zu zersetzende Flüssigkeit eintauchenden Metalldrähte Pole nennt, alle Bedeutung verlieren, sondern welche auch für die Theorie der elektrochemischen Zersetzung höchst wichtig sind.



Ein 4 Zoll hoher und eben so viel im Durchmesser haltender Glascylinder wurde durch eine Scheidewand *a* von Glimmer, die von seinem Rande  $1\frac{1}{2}$  Zoll herabhieng und an den Seiten vollkommen wasserdicht schloss, in die Quere getheilt. Ein 3 Zoll breiter Platinspatel *b* ward an der einen Seite der Scheidewand in den Cylinder gestellt, und daselbst durch einen am Boden liegenden Glasklotz festgehalten, so dass von dem Gase, welches im Laufe des Versuchs an ihm erzeugt wurde, nichts jenseits der Glimmerwand aufsteigen und daselbst Ströme in der Flüssigkeit erzeugen konnte. Eine starke Lösung von schwefelsaurer Bittererde wurde mit sorgfältiger Vermeidung alles Spritzens in den Cylinder gegossen, bis sie etwas über den untern Rand der Glimmerwand *a* empor gestiegen war, wobei sorgfältig darauf gesehen wurde, dass

in der linken oder *c* Seite des Cylinders weder das Glas noch der Glimmer oberhalb des Niveaus der Flüssigkeit durch Erschütterungen benässt wurde. Ein dünnes mit destillirtem Wasser durchnässtes Korkstück wurde nun auf der *c* Seite sanft auf die Lösung gesetzt, und auf dasselbe langsam destillirtes Wasser gegossen, bis es auf der Lösung der schwefelsauren Bittererde eine  $\frac{1}{8}$  Zoll dicke Schicht bildete. Jetzt wurde das Ganze einige Minuten stehen gelassen, damit alle am Korke haften gebliebene Lösung herabsänke, oder vom Wasser, das ihn trug, entfernt würde: dann wurde wieder destillirtes Wasser in ähnlicher Weise hinzugefügt, bis es beinahe den Rand des Cylinders erreichte. Auf diese Weise nahm die Lösung des Bittersalzes den ganzen untern Theil des Cylinders und rechts von der Glimmerwand auch den obern Theil desselben ein; aber links von der Scheidewand ruhte auf dieser Lösung eine  $1\frac{1}{2}$  Zoll dicke Wasserschicht *cd*, und zwar in einer sehr scharf abgeschnittenen Berührungsfläche. Ein zweiter Platinpol *e* ward gerade unter der Oberfläche des Wassers angebracht und zwar in einer fast horizontalen Lage, nur so viel geneigt, dass das während der Zersetzung entwickelte Gas entweichen konnte. Der untergetauchte Theil war  $3\frac{1}{2}$  Zoll lang und 1 Zoll breit, und durch eine etwa  $\frac{7}{8}$  Zoll dicke Schicht Wasser von der Bittersalzlösung geschieden.

Dieser letztere Pol *e* wurde nun mit dem *negativen*, der andere Pol *b* mit dem *positiven* Ende einer voltaschen Säule von 40 Paaren vierquadratzölliger Platten verbunden. An beiden Polen fand Wirkung und Gasentwicklung statt; aber durch die Dazwischenkunft des reinen Wassers war die Zersetzung, verglichen mit der, welche die Säule in einer gleichförmigen Lösung hervorgebracht haben würde, sehr schwach. Nach weniger als einer Minute erschien jedoch Bittererde an der *negativen* Seite: *aber sie erschien nicht an der negativen Pol, sondern im Wasser, an der Berührungs-*

fläche zwischen Wasser und Lösung; beim horizontalen Durchsehen durch den Cylinder konnte man wahrnehmen, dass sie auf der Lösung lag, und sich nicht über  $\frac{1}{4}$  Zoll über dieselbe erhob, während das übrige Wasser bis zum Pol hin vollkommen klar war. — Allmählig erregten die vom negativen Pol aufsteigenden Wasserstoffgasblasen einen Wirbel im Wasser, welcher in der Mitte empor und an den Seiten herabstieg und dem gerade unter dem Pol befindlichen Theil der Bittererdewolke das Ansehen gab, wie wenn er von diesem Pol angezogen würde; diese Erscheinung war indess ganz und gar die Wirkung der Ströme und stellte sich erst ein, lange nachdem die erwähnten Erscheinungen hinreichend ausgemittelt worden waren.

Nach einer Weile wurde die Verbindung der Flüssigkeit mit der voltaschen Säule unterbrochen, und die Pole mit möglichst geringer Erschütterung aus dem Wasser und der Lösung gezogen, damit die an ihnen haftende Flüssigkeit untersucht werden konnte. Der Pol *e* zeigte bei Berührung mit Curcumapapier *keine Spur von Alkali*; es konnte nichts als reines Wasser an ihm aufgefunden werden. Der Pol *b* dagegen, wiewohl aus einer grösseren Tiefe und Menge von Flüssigkeit hervorgezogen, wurde so sauer befunden, dass er unzweideutig auf Lacmus, die Zunge u. s. f. reagierte.

Aus diesem Versuch lassen sich einige wichtige Folgerungen ziehen, die vorderhand nur angedeutet, später, bei Gelegenheit der Erörterung der Theorie der elektrochemischen Zersetzung, wie sie Faraday aufgestellt hat, ausführlicher beleuchtet werden sollen.

1) Die Benennung *Pole*, insofern man darunter die *Stellen* versteht, an welchen die Bestandtheile einer unter dem Einfluss der voltaschen Säule zersetzt werdenden Flüssigkeit sich ausscheiden, gebührt den in eine Flüssigkeit eintauchenden Enden der Metalldrähte, welche mit den Enden der

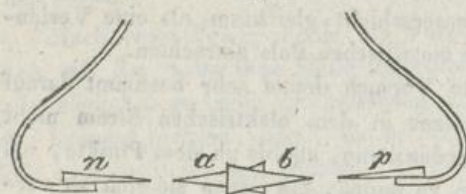


voltaschen Säule verbunden sind, nicht ausschliessend. Bei der gewöhnlichen Art, die Versuche anzustellen, werden allerdings die Bestandtheile der zersetzt werdenden Flüssigkeit um diese Pole herum ausgeschieden; in dem so eben erwähnten Versuch! aber scheidet sich die Bittererde nicht an dem metallischen Draht, sondern an der Berührungsfläche zwischen Wasser und schwefelsaurer Bittererdelösung aus. Will man daher die Stellen, an denen sich die Bestandtheile ausscheiden, und denen man aus diesem Grunde *anziehende Kräfte* beizulegen sich veranlasst finden könnte, *Pole* nennen, so würde die eben genannte Berührungsfläche den Namen *Pol* erhalten, und man müsste in dem erwähnten Versuch die Wasserschicht gleichsam als eine Verlängerung des negativen metallischen Pols betrachten.

2) Der erwähnte Versuch deutet sehr bestimmt darauf hin, dass eine Substanz in dem elektrischen Strom nicht weiter fortgeführt werden kann, als bis zu dem Punkte, wo sie aufhört Theilchen zu finden, mit denen sie sich zu verbinden vermag. So lange die aus der Zersetzung von schwefelsaurer Bittererde hervorgehende Bittererde auf dem mit schwefelsaurer Bittererdelösung angefüllten Weg sich befindet, scheidet sie sich nicht aus, weil sie immer Theilchen von schwefelsaurer Bittererde vorfindet, mit deren Schwefelsäure sie sich verbinden, und deren Bittererde sie vorwärts treiben kann; erst wenn die Reihe an das letzte Theilchen der schwefelsauren Bittererde kommt, scheidet sich die Bittererde desselben aus, weil es nicht vermag, sich mit dem Wasser zu verbinden; daher erfolgt die Ausscheidung der Bittererde an der Berührungsfläche zwischen Wasser und schwefelsaurer Bittererdelösung.

Bei dem so eben angeführten Versuch wurde ein Bestandtheil (Bittererde) der zersetzt werdenden Flüssigkeit *gegen Wasser* ausgeschieden. Faraday hat nun auch weiter bewiesen, dass die Bestandtheile solcher Flüssigkeiten

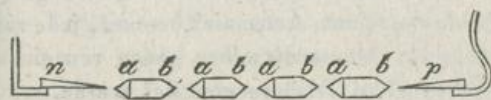
gegen Luft ausgeschieden werden können. Zu Versuchen dieser letzteren Art konnte natürlich die galvanische El. nicht gebraucht werden, weil ihr Strom wegen der sehr schwachen Spannung der auf diese Weise erregten El. durch die nicht leitende Luft gar zu sehr geschwächt wird; dagegen war hierzu die gemeine (Maschinen) El. ganz geeignet, weil diese, vermöge ihrer Spannung, wie gering auch ihre Quantität sey, durch jede Strecke eines auch schlechten Leiters so schnell, als sie entwickelt werden kann, mithin, was die Quantität betrifft, so schnell, als sie weit kürzere Strecken derselben leitenden Substanz durchlaufen haben würde, hindurchgeht.



Ein Stück Curcumapapier *a* und ein Stück Lacmuspapier *b*, beide mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron

(Glaubersalz) getränkt, wurden so zusammengelegt, dass sie einen feuchten Conductor bildeten, und dann mit Wachs zwischen den Spitzen zweier Nadeln befestigt, von denen die eine *p* durch einen Draht mit dem die positive El. zuführenden Conductor der Maschine, und die andere *n* mit der die negative El. des Reibekissens in den Boden fortführenden metallenen Ableitung verbunden war. Der Zwischenraum zwischen der Papier- und Nadelspitze betrug auf jeder Seite  $\frac{1}{2}$  Zoll; die positive Spitze *p* lag dem Lacmuspapier, die negative *n* dem Curcumapapier gegenüber. Nachdem die Maschine eine Zeitlang gedreht worden war, wurde die Lacmusspitze *b* von daselbst entwickelter Säure (Schwefelsäure des Glaubersalzes) geröthet, und ebenso die Curcumaspitze *a* durch die gleichzeitige Freierdung von Alkali (Natron des Glaubersalzes). Als das Papier herumgedreht wurde, so dass die Curcumaspitze *a* dem die positive El.

zuführenden Draht *p*, und die Lacmusspitze *b* dem mit der Ableitung verbundenen Draht *n* zugekehrt war, verschwanden, nach kurze Zeit unterhaltenem Drehen der Maschine, beide rothen Flecken,



Wurden 4 kleine, aus Lacmus und Curcumapapier zusammen-

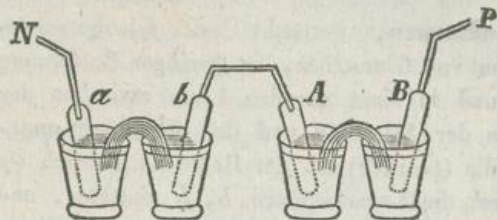
gesetzte Conductoren, getränkt mit Glaubersalzlösung und getragen von Glasstäben, in geringer Entfernung von einander, und in einer geraden Linie zwischen den Spitzen *p* und *n* der Maschine und der Ableitung angebracht, so dass die (positive) El. der Reihe nach durch sie durchgehen, durch die Lacmusspitzen *b, b* eintreten, und durch die Curcumaspitzen *a, a* austreten musste, so zeigten, nachdem die Maschine gedreht worden war, alle Lacmusspitzen freie Säure und alle Curcumaspitzen freies Alkali.

In den angeführten Fällen müsste, wenn man die Stellen, wo sich die Bestandtheile der zersetzt werdenden Substanz (nemlich die Schwefelsäure und das Natron des Glaubersalzes) ausscheiden, Pole nennen wollte, die Berührungsfläche von Luft und befeuchtetem Papier *Pol* genannt werden.

Endlich hat Faraday durch einen höchst sinnreichen Versuch bewiesen, dass die Erscheinungen der Zersetzung zusammengesetzter Körper und der Fortführung ihrer Bestandtheile nicht allein von den von den sogenannten Polen ausgehenden Kräften, sondern auch von den *chemischen Verwandtschaften der anwesenden Substanzen* abhängig sind, so dass solche Ueberführungen gerade bei *kräftigeren Verwandtschaften*, welche die Bestandtheile gegen einander äussern, *unter übrigens gleichen Umständen*, in höherem Maasse statt finden.

Er bereitete verdünnte Schwefelsäure von 1021.2 spec,

Gew., und eine Lösung von schwefelsaurem Natron von einer solchen Stärke, dass ein Maass von derselben genau eben so viel Schwefelsäure enthielt, als ein gleiches Maass von jener verdünnten Säure. Ferner wurde eine Lösung von reinem Natron und eine von reinem Ammoniak bereitet, jede von solcher Stärke, dass ein Maass derselben genau von einem Maasse der verdünnten Schwefelsäure gesättigt wurde.



Nun wurden 4 Glastassen aufgestellt, und 17 Maasse der verdünnten Schwefelsäure in jede der Tassen *a* und *b*, so wie 17 Maasse der Lösung des schwefelsauren Natrons in jede der Tassen *A* und *B* gegossen. Zur Verbindung der Tassen *a* und *b*, so wie der Tassen *A* und *B*, wurde Asbest angewandt, welcher gut mit Säure gewaschen, darauf der voltaschen Säule ausgesetzt (um mittelst dieser zersetzbare Verbindungen, die der Asbest etwa enthalten mochte, zu zersetzen und fortzuschaffen), gut mit Wasser gewaschen und dann durch Ausdrücken getrocknet worden war; die Stücke waren an Gewicht möglichst gleich und so kurz als es thunlich war; *b* und *A* waren durch zwei an die Enden eines Drahts gelöthete Platten oder Pole von Platin verbunden, und die Tassen *a* und *B* standen durch ähnliche Platten in Verbindung mit einer voltaschen Batterie von 40 Paaren vierquadratzölliger Platten, nemlich *a* mit dem negativen und *B* mit dem positiven Pol derselben. Die Batterie, welche nicht stark geladen worden, wurde über  $\frac{1}{2}$  Stunde geschlossen erhalten. Hierdurch wurde die Gewissheit erhalten, dass ein gleicher Strom durch *ab* und durch *AB* gieng, und sowohl dort als hier eine gleiche Menge gleich starker Säure seiner Wirkung

unterworfen ward, nur dass sie dort blos in Wasser gelöst, hier zugleich an ein Alkali gebunden war.

Bei der Oeffnung der geschlossenen Batterie wurden die Asbeststücke ausgehoben und die an ihren Enden hängenden Tropfen in die respectiven Tassen fallen gelassen. Die Säuren in *a* und *b* wurden zuerst verglichen. Zwei Abdampfschaalen wurden tarirt, und die Säure von *a* in die eine, die von *b* in die andere gegossen; da die eine etwas schwerer war, als die andere, wurde ein Tröpfchen aus der schwereren in die leichtere gebracht, um beide an Gewicht gleich zu machen. Beim Neutralisiren mit der Natronlösung erforderte die Säure aus *a*, d. h. der negativen Tasse, 15 Maasse Natronauflösung, und die aus *b*, d. h. der positiven Tasse, 16.3 Maasse. Die Summe der zur Sättigung der Säure in *a* und *b* erforderlichen Natronlösung hätte  $2 \times 17 = 34$  Maasse betragen sollen, da in jede einzelne Tasse 17 Maasse Schwefelsäure gegossen worden waren, die zu ihrer Sättigung 17 Maasse Natronlösung erforderten; sie betrug aber nur  $15 + 16.3 = 31.3$  Maasse. Dass diese Summe weniger als 34 Maasse betrug, rührt hauptsächlich von in den Asbest eingesogener Säure her. Da demnach in den Tassen selbst 31.3 Maasse Säure sich befanden, die, bevor der elektrische Strom auf sie einwirkte, in beiden Tassen gleich vertheilt waren, so dass jede  $\frac{1}{2} \times 31.3 = 15.65$  Maasse Schwefelsäure enthalten haben musste, da aber, nach der Einwirkung des Stroms, die positive Tasse *b* 16.3 Th. Säure enthielt, so erhellt, dass 0.65 Maasse, d. h. etwas über  $\frac{1}{4}$  von der ursprünglich in der Tasse *a* befindlichen Säure durch den Einfluss des elektrischen Stroms (aus *a* in *b* geführt worden war.

Wurde nun auch die Säure in *A* mit der Säure in *B* verglichen, so fand sich, dass eine viel grössere Menge von Säure von *A* nach *B*, als von *a* nach *b* übergeführt worden war. Da beide Tassen *A*, *B* ursprünglich eine neutrale

Salzlösung enthalten hatten, und jetzt alle freie Säure in *B* und alles freie Alkali in *A* seyn musste, so war die Herstellung einer vollkommen genauen Gewichtsgleichheit der Flüssigkeiten in *A* und *B* nicht nöthig. Die Lösung in *A* erforderte zu ihrer Neutralisation 3.2 Maasse der Normal-Schwefelsäure, die Lösung in *B* zu der ihrigen ebenfalls 3.2 Maasse von der Normal-Natronlösung. Es befand sich mithin in *B* so viel freie Säure, in *A* so viel freies Alkali, dass beide einander gegenseitig neutralisirten. Aber nur die Hälfte der freien Säure in *B* wurde von *A* nach *B*, und nur die Hälfte des freien Alkalis in *A* von *B* nach *A* übergeführt: die andere Hälfte der freien Säure in *B* und des freien Alkalis in *A* kam dadurch zum Vorschein, dass im ersten Fall eine entsprechende Menge von Alkali aus der in *B* befindlichen schwefelsauren Natron-Lösung nach *A*, im letzten eine entsprechende Menge von Säure aus der in *A* befindlichen schwefelsauren Natronlösung nach *B* übergeführt wurde. Es kommen daher nur  $\frac{3.2}{2} = 1.6$  Maasse Schwefelsäure in Rechnung, die wirklich von den 17 Maassen Glaubersalzlösung, welche 17 Maasse der Normalschwefelsäure enthalten, von *A* nach *B* übergeführt wurden, was  $\frac{1}{10}$  der in *A* vor der Einwirkung der Kette enthaltenen Säuremenge gleich zu setzen ist, insofern auch hier der Asbest einige Säure und Alkali aus den Tassen weggenommen haben musste.

Bei einem andern Versuch gieng von der an Natron gebundenen Säure  $\frac{7}{10}$  bis  $\frac{7}{11}$  von *A* nach *B*, während von der freien Säure nur  $\frac{1}{33}$  von *a* nach *b* gieng.

Aus diesen Versuchen ergibt sich folgendes wichtige Resultat. Wenn eine gleiche Menge von Schwefelsäure unter der Einwirkung des gleichen Stroms sich befindet, so ist die von einem Pol zum andern fortgeführte Menge von Säure  $2\frac{1}{2}$  bis 3 mal grösser, wenn bei dieser Ueberführung die

starke Verwandtschaft der Schwefelsäure zu Natron, wie bei der mit Natron gesättigten Schwefelsäure, mit im Spiel ist, als wenn blos die schwache Verwandtschaft der Schwefelsäure zu Wasser, wie bei der freien verdünnten Schwefelsäure, wirksam ist.

Die oben (S. 819. ff.) angeführten Ueberführungserscheinungen, wo Säuren unter Einwirkung des Stroms von einem Pol zum andern durch Zwischengefässe, die Alkalien gelöst enthielten, hindurchgingen, ohne in ihrem Weg aufgehalten zu werden, sofern nur keine im Wasser unlösliche Verbindung entstehen kann, und wo auf gleiche Weise Alkalien durch Säuren hindurchgehen, verlieren nun alles Wunderbare, denn es erhellt aus dem so eben angeführten Versuch, dass die Uebertragung einer Säure z. B. von Pol zu Pol gerade um so mehr erleichtert wird, je mehr Alkali in der Bahn dieser Säure vorhanden ist, und es wird, unter übrigens gleichen Umständen, mehr Säure übergeführt werden, wenn das Zwischengefäss, durch welches die Säure ihren Weg nehmen muss, ein wässriges Alkali, gegen welches sie eine bedeutende Verwandtschaft äussert, als wenn es Wasser oder eine wässrige Säure enthält.

Betrachten wir nun die einzelnen Körper selbst, welche unter dem Einfluss des elektrischen Stroms zersetzt werden.

*Elementarstoffe* können keine Zersetzung erleiden; werden sie jedoch in wässriger Lösung oder nur in Berührung mit Wasser in den Kreis der Kette gebracht, so können dadurch, dass das Wasser zersetzt wird, dessen Bestandtheile in ihrem status nascens eine grössere Neigung besitzen, mit andern Körpern sich zu verbinden, Verbindungen entstehen, die ohne den Einfluss der Säule nicht gebildet worden wären.

Wird z. B. eine wässrige Lösung von *Chlor* der Einwirkung der Säule ausgesetzt, so verbindet sich der am negativen Pol frei werdende Wasserstoff mit Chlor zu Salzsäure, die Wasserstoffgasentwicklung hört daher auf oder

wird doch vermindert; der am positiven Pol sich entwickelnde Sauerstoff dagegen scheint, grösstentheils wenigstens, als Sauerstoffgas frei zu werden, da der Sauerstoff überhaupt wenig Neigung hat, sich mit Chlor zu verbinden. — Wenn *Jod* in Berührung mit Wasser in den Kreis der Kette gebracht wird, so scheint sich Jodwasserstoffsäure und Jodsäure zu bilden: werden trocknes Jod oder wasserfreies Brom zwischen die Pole der Säule gebracht, so erfolgt natürlich keine Zersetzung, vielmehr wird die Strömung unterbrochen. Gut ausgeglühte *Kohle* wirkt, wie schon oft erwähnt wurde, wie ein Metall, wenn sie zwischen die Polardrähte einer Säule gebracht wird. Werden aber die mit Kohlenstücken versehenen Enden der Polardrähte in Wasser getaucht, so dass mithin die Kohle selbst die Pole der Säule bildet, welche durch Wasser geschlossen wird, so verbindet sich der Sauerstoff des zersetzten werdenden Wassers mit der Kohle des positiven Pols zu Kohlensäure, welche theils vom Wasser verschluckt wird, theils sich gasförmig entbindet, der Wasserstoff des Wassers aber wird von der Kohle des negativen Pols anfangs verschluckt, entbindet sich aber später gasförmig, ohne jedoch mit Kohle als Gas in Verbindung zu treten. — Wenn Kohle, die sich mit Metallen verbinden kann, den negativen Pol in einer Metalllösung bildet, so verbindet sie sich nicht mit den aus der Lösung auf ihre Oberfläche abgelagerten Stoffen; wenn sie aber in verdünnter Schwefelsäure den positiven Pol bildet, so ist sie fähig, sich mit dem daselbst entwickelten Sauerstoff zu verbinden, und erzeugt daher Kohlensäure und Kohlenoxydgas in Menge.

Wird trockne Kohle zwischen die Pole einer Kette gebracht, welche zur Hervorbringung der Glühungs-Erscheinungen vorzüglich geeignet ist, wo es, wie wir gesehen haben, nicht sowohl auf die Anzahl als vielmehr auf die Grösse der Plattenpaare und eine gut leitende Flüssigkeit



ankommt, wird z. B. Kohle zwischen die Pole eines sogenannten Deflagrators gebracht, so zeigt sich die merkwürdige Erscheinung, dass die am Zinkpol befestigte Kohle eine kegelförmige Höhlung, die am Kupferpol befestigte dagegen eine mehr oder weniger beträchtliche Verlängerung darbietet, so dass also vom Zinkpol zum Kupferpol in der Richtung des Stroms eine Fortführung von Kohlentheilchen statt gefunden haben muss. Man wollte hiebei auch eine theilweise Schmelzung der Kohle, selbst Bildung diamantartiger Produkte beobachtet haben; dieses scheint jedoch eine Täuschung gewesen zu seyn, und die erhaltenen Glaskugeln scheinen bloß von geschmolzener Asche der Kohle hergerührt zu haben.

Bringt man *Sauerstoffsäuren* in den Kreis der Kette, so erscheint im Allgemeinen der Sauerstoff am positiven, das Radical am negativen Pol; werden dagegen *Wasserstoffsäuren* zwischen die Pole gebracht, so geht der elektropositivere Wasserstoff zum negativen, und das elektronegativere Radical zum positiven Pol. Weil aber zugleich das Wasser zersetzt wird, welches der Säure gewöhnlich beigemengt ist, so können in gewissen Fällen die Bestandtheile desselben mit den ausgeschiedenen Bestandtheilen der Säure in Verbindung treten; es scheint sogar der Fall nicht selten vorzukommen, dass die Säure selbst durch den elektrischen Strom gar nicht zersetzt wird, sondern dass bloß das Wasser zersetzt wird, dessen Bestandtheile, indem sie an den entgegengesetzten Polen auftreten, in ihrem status nascens besonders geneigt sind, der eine mit dem einen, der andere mit dem andern Bestandtheil der an diesen Polen befindlichen Säure sich zu verbinden und den andern Bestandtheil derselben in Freiheit zu setzen. In solchen Fällen würde daher die Zersetzung der Säure keine unmittelbare Wirkung des elektrischen Stroms seyn.

Starke *Salpetersäure* liefert nach Faraday am positiven Pol viel Sauerstoff, am negativen aber kein Gas, son-

ßern nur salpetrige Säure; verdünnte Salpetersäure wird nach ihm nicht verändert, indem blos Wasser zersetzt wird. Andere haben die Bildung von Ammoniak am negativen Pol beobachtet. Es ist wahrscheinlich, dass diese Zersetzungserscheinungen der Salpetersäure nicht ursprüngliche, sondern blos secundäre Wirkungen der Kette sind, d. h. dass durch die Kette nicht die Salpetersäure selbst, sondern blos das Wasser derselben zersetzt wird, wobei der am negativen Pol erscheinende Wasserstoff theils dadurch, dass er nur mit einem Theil des Sauerstoffs der an diesem Pol befindlichen Salpetersäure zu Wasser sich verbindet, zur Bildung von salpetriger Säure, theils dadurch, dass er einem Theil Salpetersäure allen Sauerstoff entzieht, und noch ausserdem mit dem freiwerdenden Stickstoff in Verbindung tritt, zur Bildung von Ammoniak Veranlassung geben kann.

Auf analoge Weise wird die *Schwefelsäure* zersetzt. Ihr Sauerstoff sammelt sich am positiven Pol, und am negativen scheidet sich theils Schwefel, theils schweflige Säure aus; zugleich verbindet sich ein Theil Schwefel mit dem Wasserstoff des zugleich zersetzten Wassers, während der übrige Schwefel die Flüssigkeit trübt. Auch auf diese Zersetzung scheint die Verdünnung der Flüssigkeit einen Einfluss auszuüben. — Die *Arseniksäure* und *arsenige Säure* werden in Metall und Sauerstoffgas zersetzt; es soll sich auch Arsenikwasserstoffgas bilden. *Phosphorsäure* und *Borsäure*, in Wasser gelöst oder damit befeuchtet, können nur mittelst sehr kräftiger Apparate zersetzt werden.

*Salzsäure*, *Bromwasserstoffsäure*, *Jodwasserstoffsäure*, *Flusssäure*, *Blausäure* zersetzen sich in Wasserstoffgas, das sich am negativen, und in Chlor, Brom, Jod, Fluor, Cyan, die sich am positiven Pol ausscheiden, und sich, wie namentlich Fluor, Chlor u. s. f., mit dem positiven Polardraht chemisch verbinden.

Von den *Salzbasen* werden sehr viele durch die Säule zer-

zersetzt, bei andern ist dieses jedoch bis jetzt nicht gelungen. Nicht zersetzt werden die *Erden*, und nur bei der Bittererde gelang die Zersetzung mit Hülfe des Quecksilbers (vergl. S. 393.). — Auch die *eigentlichen Metalloxyde*, deren Metalle zu dem Sauerstoff bekanntlich eine geringere Verwandtschaft haben, als die Erdmetalle, werden, *in ganz trockenem Zustand* zwischen die Polardrähte der Säule gebracht, im Allgemeinen nicht zersetzt, und erfahren überhaupt, wegen ihrer isolirenden Eigenschaft, nur bei sehr kräftigen Säulen eine Einwirkung, die dann darinn besteht, dass das Metalloxyd erhitzt oder geschmolzen wird, in welchem letzterem Fall allerdings zugleich eine Reduction des Oxyds erfolgen kann, insofern es im flüssigen Zustand leitend wird. *In Berührung mit Wasser* dagegen in die Kette gebracht erfahren die *eigentlichen Metalloxyde* im Allgemeinen eine reducirende Wirkung, die entweder direct ist, so dass nemlich das Metall des Oxyds nach dem negativen, der Sauerstoff nach dem positiven Pol hingehet, oder indirect, indem die Reduction auch dadurch bewirkt werden konnte, dass der Wasserstoff des zersetzten Wassers mit dem Sauerstoff des Oxyds Wasser bildete, und das Metall in Freiheit setzte.

Von der Zersetzung der *fixen Alkalien* durch die Säule theils für sich, theils mit Beihülfe des Quecksilbers, war schon S. 393, und von der Zersetzung des mit Quecksilber in Berührung befindlichen Ammoniaks S. 394. die Rede. In Beziehung auf die Zersetzung der *fixen eigentlichen Alkalien*, namentlich Kali und Natron, ist schon bei einer andern Gelegenheit bemerkt worden, dass dazu eine vielplattige Säule erfordert wird; eine zu kräftige, aus grosplattigen Metallen zusammengesetzte Säule ist jedoch desswegen nicht gut anwendbar, weil dann wegen der starken Hitze, die sich entwickelt, das ausgeschiedene Metall im Augenblick seiner Entstehung wieder verbrennt. — Dass die alka-

lischen Erden nur mit Beihülfe des Quecksilbers durch die Säule zersetzt werden können, ist S. 394. bemerkt worden.

Das reine concentrirte wässrige Ammoniak leitet die El. sehr schlecht, und wird daher schwierig zersetzt. Wird aber schwefelsaures Ammoniak darinn aufgelöst, so geht nach Faraday die Zersetzung sehr gut von statten; der Stickstoff wird fast, in einigen Fällen ganz rein, am positiven, der Wasserstoff am negativen Pol entwickelt. Aber auch hier ist die Zersetzung keine unmittelbare Wirkung des elektrischen Stroms, sondern ein bloß secundärer Effect. Befindet sich nemlich wässriges Ammoniak am negativen und Wasser am positiven Pol, so erhält man nach Davy kein Stickgas mehr, weil jetzt kein Sauerstoff zum Ammoniak übergeführt werden kann, sondern bloß Wasserstoffgas und Sauerstoffgas in den zur Wasserbildung erforderlichen Verhältnissen.

Von der Zersetzung der Salze durch die Säule war zwar schon bei den überführenden Wirkungen im Allgemeinen die Rede, wo wir gesehen haben, dass sich die Säure zum positiven, die Basis zum negativen Pol hin begibt. Hier will ich noch einige Bemerkungen hinzufügen, die sich auf einzelne Fälle beziehen. Wenn die Basis des Salzes ein Alkali oder eine Erde ist, so wird sie sich unverändert am negativen Pol ausscheiden, und der Wasserstoff des zugleich zersetzten Wassers wird sich an demselben Pol als Wasserstoffgas entwickeln; ist dagegen die Basis ein schweres Metalloxyd, so wird zwar in gewissen Fällen auch dann, namentlich wenn die Verwandtschaft des Metalls zu dem Sauerstoff eine sehr grosse, oder wenn die Wirkung der Säule schwach ist, das Oxyd unzersetzt um den negativen Pol angesammelt bleiben: in der Regel aber wird der Wasserstoff des zersetzten Wassers zur Reduction des daselbst angesammelten Oxyds verwandt werden, man wird eine Ausscheidung von regulinischem Metall, anstatt eines Niederschlags von

Metalloxyd, aber keine oder eine geschwächte Entbindung von Wasserstoffgas erhalten. Die Basis der im Wasser gelösten alkalischen Salze wird nur dann in Metall und Sauerstoff zersetzt, wenn sich am negativen Pol Quecksilber befindet, mit welchem sich das reducirte Metall amalgamiren kann, und durch welches dasselbe gegen Oxydation geschützt wird. Eine aus einem Salz am positiven Pol ausgeschiedene Sauerstoffsäure scheint nur dann eine Zersetzung zu erleiden, wenn es eine metallische Säure z. B. Arseniksäure, Molybdänsäure ist. Die am positiven Pol ausgeschiedene Wasserstoffsäure eines Salzes dagegen wird ganz oder zum Theil von dem an demselben Pol gleichzeitig ausgeschiedenen Sauerstoff zersetzt, und das Radical derselben wird entweder in Freiheit gesetzt oder verbindet sich mit dem Metall des Polardrahts.

Es verdient noch bemerkt zu werden, dass wenn man ein saures Salz der Zersetzung unterwirft, dasselbe *zuerst* in Säure und neutrales Salz zersetzt wird, und *erst nachher* die Zersetzung des neutralen Salzes in Säure und Basis erfolgt, wornach man ein saures Salz nicht schlechtweg als aus Säure und Basis, sondern zunächst als aus Säure und neutralem Salz zusammengesetzt zu betrachten haben würde.

Auch solche Salze, die schwer oder gar nicht im Wasser löslich sind, können bei hinlänglicher Befeuchtung mit Wasser durch die Säule zersetzt werden; ja selbst die Glasröhren, in denen das Wasser eingeschlossen wird, geben hiebei Bestandtheile aus ihrer Substanz her.

Bei den bisher angeführten Zersetzungen der Körper durch die voltasche Säule war entweder Wasser selbst der der Zersetzung unterworfenen Körper, oder wurden in der Regel die zu zersetzenden Körper mittelst Wassers in den flüssigen Zustand versetzt. Da somit immer Wasser mit im Spiel war, so musste dadurch der Erfolg in vielen Fällen complicirt werden, dass sich die Bestandtheile des Wassers mit

den Bestandtheilen des Körpers, dessen Zersetzung beabsichtigt wird, verbunden. Ausserdem konnten solche Sauerstoff-Verbindungen, deren Radical das Wasser zersetzt, unter diesen Umständen keine Zersetzung erleiden. Die im Wasser löslichen Chlor,- Brom,- Jod,- Fluor,- Schwefel-Metalle z. B. können in ihrem im Wasser gelösten Zustand nicht in Radical und Metall zersetzt werden, weil, vermöge der gleichzeitigen Zersetzung des Wassers, Wasserstoffsäuren und Metalloxyde gebildet werden; im Wasser gelöste Alkalien können schon desswegen nicht zersetzt werden, weil die Metalle derselben das Wasser zersetzen. Ausserdem wird die Kraft der Kette grösstentheils durch die Zersetzung des Wassers consumirt und muss auch schon aus dem Grunde bedeutend geschwächt werden, weil das Wasser ein sehr schlechter El. Leiter ist.

Wir haben aber oben S. 629. gesehen, dass die meisten Körper, die in ihrem starren Zustand Nichtleiter der El. sind, zu Leitern werden, wenn sie durch die Wärme in den tropfbar-flüssigen Zustand versetzt werden, und dann werden sie auch *in der Regel* durch die voltasche Säule zersetzt, wenn sie überhaupt einer Zersetzung fähig, d. h. zusammengesetzt sind, und es ist bemerkenswerth, dass gerade die nicht-metallischen Elemente, Schwefel und Phosphor, die mithin keiner Zersetzung fähig sind, und die im starren Zustand die El. nicht leiten, auch im flüssigen Zustand nicht zu Leitern werden.

Diese Thatsache muss zu äusserst wichtigen Resultaten für die Chemie führen, und es lässt sich voraussehen, dass viele Elemente, deren Darstellung bisher sehr umständlich war, mit leichter Mühe auf die Weise werden darstellbar seyn, dass man *durch Wärme schmelzbare* Verbindungen derselben in den Kreis der Kette bringt. Bereits hat Faraday nachgewiesen, dass eine Menge von Oxyden, Chloriden, Jodiden, Fluoriden, Cyaniden, Sulphureten, Salzen, in ihrem

durch Feuer hervorgebrachten tropfbar-flüssigen Zustand zu Leitern werden und dann eine Zersetzung in ihre Bestandtheile erleiden, wenn sie in den Kreis der Kette gebracht werden; namentlich hat er nachgewiesen, dass die Metalle der Alkalien durch Zersetzung ihrer geschmolzenen Chlorverbindungen erhalten werden können, und es wird daher höchst wahrscheinlich eine leichte Methode sich auffinden lassen, die Metalle der Alkalien und Erden mittelst der voltaschen Säule in grösseren Mengen zu erhalten.

Uebrigens werden nicht alle Verbindungen, die im starren Zustand Nichtleiter sind, in tropfbar-flüssigem Zustand zu Leitern, und solche Verbindungen werden dann auch nicht im Kreis der Kette zersetzt. Hieher gehören Jodschwefel, Zinniodid, Operment, Realgar, Eisessig, Zucker, Harz u. s. f.

Auch gibt es eine Substanz (und vielleicht entdeckt man deren mehrere) — das Quecksilberiodid —, die in starrem Zustand ein Nichtleiter, in flüssigem ein Leiter ist, und die in diesem letztern Zustand dennoch keine Zersetzung erleidet.

---

Theorie der durch die voltasche Säule bewirkten Zersetzungen chemisch verbundener Körper.

Ueber die Ursache der elektrochemischen Zersetzung sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden, von denen ich mich hier begnüge die wichtigsten namhaft zu machen.

1) *Theorie von Biot.*

Wenn die isolirten Pole einer Säule durch einen unvollkommenen Leiter, z. B. einen langen mit Wasser befeuchteten Papierstreifen oder eine befeuchtete hanfene Schnur in Verbindung gesetzt werden, so zeigen sie freie El., die sich in den schliessenden feuchten Leiter hinein bis auf eine gewisse Entfernung hin, mit von den Polen an abnehmender Stärke, erstreckt (vergl. S. 720.). So stellt sich nun Biot vor, dass sich die ganze zwischen die beiden Pole eingebrachte Flüssigkeit, die durch die Einwirkung des Stroms zersetzt werden soll, in zwei Portionen theile, die in einem entgegengesetzt elektrischen Zustand sich befinden, nemlich die mit dem positiven Pol in Verbindung stehende Hälfte in dem positiven, die mit dem negativen Pol in Verbindung stehende in dem negativen Zustand. Biot unternimmt es nicht, eine Erklärung davon zu geben, warum überhaupt eine Zersetzung eines zusammengesetzten Körpers unter dem Einfluss des Stroms erfolge: werde aber einmal die Zersetzung eines solchen als wirklich erfolgt angenommen, so lässt sich nach ihm die Erscheinung des Ueberführens aus der ungleichen Vertheilung der beiden Elektricitäten in dem leitenden Mittel vollkommen genügend erklären. Wenn z. B. ein Salztheilchen am negativen Pol zersetzt wird, so nimmt er an, dass das Säuretheilchen desselben einen stärker negativ - elektrischen Zustand erlange, als die umgebenden unzersetzten Theilchen und daher aus ihnen zu der gegen den positiven Pol hin liegenden Portion der Flüssigkeit fort-



gestossen werde, wohin es auch von diesem Pole selbst und von den ihn umgebenden Theilchen der positiven *unzeretzten* Flüssigkeit gezogen werde.

Nach dieser Theorie findet die Zersetzung an beiden Polen bei bestimmten Portionen der Flüssigkeit statt, durchaus aber nicht bei den dazwischen liegenden Theilchen. Die letzteren dienen blos als unvollkommene Leiter, welche, indem sie einen elektrischen Zustand annehmen, die an den Polen stärker elektrisirten Theilchen vermöge einer Reihe gewöhnlicher elektrischer Anziehungen und Abstossungen in entgegengesetzten Richtungen durch sich hintreiben.

Diese Theorie, welche, wie man sieht, die Ursache der Zersetzung selbst nicht erklärt, sondern blos von der Ursache der Ueberführung Rechenschaft zu geben sucht, ist schon desswegen unhaltbar, weil sie diese Ursache von der elektrischen *Spannung* an den Polen abhängig macht, d. h. von derjenigen Elektricität, welche auf das Elektrometer wirkt, ohne dem elektrischen *Strom*, der (in der Hypothese von zweierlei Arten von elektrischen Flüssigkeiten) aus der ununterbrochen erfolgenden Neutralisation der beiden entgegengesetzten Elektricitäten hervorgeht, einen unmittelbaren Antheil an den Wirkungen zuzuerkennen. Es ist aber eine allgemein bekannte Thatsache, dass die Ueberführung, so wie die elektrochemische Zersetzung überhaupt, gerade durch die in Strömung befindliche El. bedingt ist, und dass sie in einem um so stärkeren Grade erfolgt, je besser leitend die zu zersetzende Flüssigkeit ist, d. h. je vollständiger die Neutralisation der von den Polen in die Flüssigkeit eintretenden Elektricitäten in dieser Flüssigkeit vor sich geht, je weniger also freie (Spannungs) Elektricität an den Polen selbst zum Vorschein kommt, je weniger El. durch ein solches freies Auftreten an den Polen für die Strömung verloren geht.

2) *Theorie von De la Rive.*

De la Rive nimmt an, die Zersetzung erfolge vermöge einer Affinität, welche die beiden entgegengesetzten Ströme gegen die beiden Bestandtheile der Verbindung äusern. Nach ihm geht die Zersetzung der Flüssigkeit blos in der Nähe der beiden Pole vor sich, wo die entgegengesetzten elektrischen Ströme in die Flüssigkeit eintreten. Die Zersetzung des Wassers z. B. geschieht auf folgende Weise. Der vom positiven Pol aus in das Wasser eintretende positive Strom hat eine Affinität zu dem Wasserstoff, er entzieht den in der Nähe dieses Pols liegenden Wassertheilchen den Wasserstoff, verbindet sich mit demselben, nimmt ihn, indem er den Sauerstoff in Freiheit setzt, der als Gas sich entwickelt, gleichsam auf seinen Rücken, und führt ihn unsichtbar durch die ganze zwischen beiden Polen gelegene Flüssigkeitsstrecke hindurch bis zu dem negativen Pol hin. Dort angekommen ist der Strom genöthigt, sich seiner ponderablen Bürde zu entledigen, die er in das starre Metall, das nur allein dem imponderablen Strom den Durchgang erlaubt, nicht hineinzuführen vermag. Daher entwickelt sich der Wasserstoff der am positiven Pol zersetzt werdenden Wassertheilchen am negativen Pol, während ihr Sauerstoff am positiven Pol zum Vorschein kommt. Ganz auf gleiche Weise verbindet sich der vom negativen Pol aus eintretende negative Strom mit dem Sauerstoff der in der Nähe dieses Pols befindlichen Wassertheile, und setzt diesen Sauerstoff, indem er den Wasserstoff derselben am negativen Pol in Freiheit setzt, am positiven Pol ab.

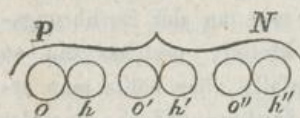
Nach dieser Theorie werden daher blos die in der Nähe der Pole befindlichen Flüssigkeitstheilchen zersetzt; die entfernter liegenden Theilchen bleiben ungeändert, und dienen blos zur Leitung der beiden von den Polen aus in entgegengesetzter Richtung gehenden Ströme von Elektrizität und ponderabler Substanz,

Diese poetische Hypothese ist jedoch mit den S. 822. ff. angeführten Thatsachen unvereinbar. Wenn man zugeben will, dass der elektrische Strom, nicht aber die von ihm fortgeführte Substanz in das Metall eindringen könne, so sollte man erwarten, dass wenn der Strom mit seiner Bürde an der Grenze zwischen Flüssigkeit und Luft anlangt, er durch diese hindurch die Substanz wohl zu führen vermöchte; aber er setzt sie (vergl. S. 826. 823.) eben so gut an der Berührungsfläche zwischen Flüssigkeit und Luft, die ein so schlechter El. Leiter ist, wie an der Berührungsfläche zwischen Flüssigkeit und Metall, welches ein so guter El. Leiter ist, ab. Jedenfalls aber sollte man erwarten, dass der Strom an der Berührungsfläche von der zersetzt werdenden Flüssigkeit und von Wasser die von ihm fortgeführte Substanz *nie* absetzte, weil das Wasser vermöge seines Flüssigkeitszustandes eben so wenig als die zersetzt werdende Flüssigkeit dem Durchgang des mit der Substanz verbundenen Stroms ein Hinderniss in den Weg legen sollte, und in der That demselben *in den gewöhnlichen Fällen* (wie z. B., wenn Wasser selbst, oder ein Salz, dessen Säure und Basis im Wasser löslich ist, zersetzt wird) kein Hinderniss entgegensetzt. In dem S. 822. ff. beschriebenen Versuche gestattet jedoch das Wasser dem Strom nicht, die mit ihm nach dieser Theorie verbundene Bittererde bis zu dem metallischen Pol hin fortzuführen,

### 3) Theorie von Grotthuss.

Grotthuss hat eine Hypothese aufgestellt, die sich des Beifalls der Physiker in hohem Grade zu erfreuen hatte. Er betrachtet die Säule als einen elektrischen Magnet, d. h. als ein *anziehendes* Agens, bei welchem die Pole *anziehende* und *abstossende* Kräfte ausüben. Der Pol, von dem die negative El. ausgeht, zieht Wasserstoff an und stösst Sauerstoff ab, während der, von welchem die posi-

tive El. ausgeht, Sauerstoff anzieht und Wasserstoff abstösst, so dass z. B. jedes der Elemente eines Wassertheilchens einer anziehenden und einer abstossenden Kraft, die in entgegengesetzten Richtungen wirken, ausgesetzt ist. Da der Sauerstoff vom positiven, der Wasserstoff vom negativen Pol angezogen werde, so müsse man schliessen, dass jeder dieser beiden Stoffe im Augenblicke seiner Entstehung einen elektrogalvanischen Zustand annehme, der dem des Pols, durch welchen er angezogen wird, entgegengesetzt ist.



Betrachtet man z. B. einen Wasserfaden, der aus 3 zwischen dem positiven Pol P und dem negativen Pol N befindlichen Wassertheilchen besteht, und bezeichnet den Sauerstoff dieser Wassertheilchen durch  $o, o', o''$ , den Wasserstoff durch  $h, h', h''$ , so wird, wenn der Sauerstoff  $o$  des ersten Wassertheilchens, angezogen durch den positiven Pol, in den Zustand von Sauerstoffgas übergeht, der Wasserstoff  $h$  dieses Theilchens das ähnliche  $h'$  des zweiten Wassertheilchens zurückstossen und sich mit dem Sauerstoff  $o'$  desselben verbinden; zugleich stösst das zurückgestossene  $h'$  das ähnliche  $h''$  des dritten Wassertheilchens zurück und verbindet sich mit dem Sauerstoff  $o''$  dieses Theilchens, dessen Wasserstoff  $h''$ , weil es in unmittelbarer Berührung mit dem negativen Pol sich befindet, den gasförmigen Zustand annehmen muss. Während dieser ganzen Wirkung liefern daher blos die Theilchen des Wassers Gas, die an den Enden der leitenden Wasserfäden liegen, während alle andern, die zwischen ihnen liegen, blos wechselseitig ihre Elemente umtauschen, ohne ihre Natur zu verändern, und zwar wird von dem am positiven Pol liegenden Wassertheilchen blos der Sauerstoff, von dem am negativen Pol liegenden blos der Wasserstoff in Gas verwandelt.

Nach dieser Theorie müssen durch einen nicht weiter

erklärten Einfluss der Säule die Bestandtheile der zersetzenden Körper, z. B. des Wassers, erst entgegengesetzt elektrisch werden, um sich dann von einander heraus zu trennen.

Noch einfacher stellt sich diese Theorie heraus, wenn man die Ursache der chemischen Verwandtschaft in eine elektrische Anziehung der mit entgegengesetzten Elektricitäten beladenen Bestandtheile der Körper setzt, wenn man z. B. annimmt, die Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff zu Wasser beruhe auf einer elektrischen Anziehung des positiv elektrischen Wasserstoffs gegen den negativ elektrischen Sauerstoff. Jeder binär zusammengesetzte Körper besteht dann aus einem positiven und einem negativen Theilchen, und die erste Wirkung der Säulenpole auf die Schichten von Flüssigkeit, auf welche sich ihre Anziehung und Abstossung erstreckt, muss die seyn, dass sie die aus einem positiven und negativen Theilchen zusammengesetzten Theilchen derselben in eine solche gemeinsame Lage kehrt, in welcher ihr negatives Theilchen nach dem positiven, ihr positives nach dem negativen Pol gewendet ist. Die den Säulenpolen zunächst liegenden Schichten der Flüssigkeit erhalten daher eine solche Anordnung ihrer Theilchen, dass sie die Pole selbst gleichsam fortsetzen, indem sie auf die ihnen nun zunächst liegenden Flüssigkeitstheilchen eine Wirkung ganz derselben Art äussern, als sie von den Säulenpolen aus unmittelbar erfahren. Die Wirkung müsste jedoch nach dieser Theorie, welche die Zersetzungen von einer Anziehungskraft der Pole ableitet, von den Polen gegen die Mitte der Flüssigkeit zu abnehmen, und Grotthuss betrachtet wirklich die Pole als Mittelpunkte von anziehenden und abstossenden Kräften, deren Wirkung auf ein in der Bahn des elektrischen Stromes liegendes Theilchen einer binären Verbindung im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung stehe, in welcher sie ausgeübt wird.

Aus den S. 822. 825. beschriebenen Versuchen Faraday's

erhellt aber, dass die elektrochemische Zersetzung nicht von irgend einer directen Anziehung oder Abstossung der Pole (sofern man darunter die metallischen Enden entweder der voltaischen Säule oder des Apparats der gewöhnlichen Elektrisirmaschine versteht) auf die sie berührenden oder ihnen benachbarten Elemente, wie dieses die Theorie von Grotthuss voraussetzt, abhänge, sondern dass sich die Bestandtheile eines Körpers unter gewissen Umständen auch an der Berührungsfläche der zersetzt werdenden Substanz mit *Wasser* oder mit *Luft* ausscheiden. Man könnte freilich sagen, dass in solchen Fällen die Flächen von Luft oder von Wasser, welche die zersetzt werdende Substanz berühren, zu Polen werden, und als solche anziehende Kräfte ausüben: eine solche Behauptung erscheint jedoch bei der grossen Verschiedenheit zwischen Metallen, Wasser und Luft in elektrischer Beziehung (da die Metalle vortreffliche Leiter, aber unzersetzbar sind, das Wasser ein Leiter und zersetzbar, und die Luft ein sehr schlechter Leiter ist, und nicht zersetzt wird) sehr gezwungen.

Nach der Theorie von Grotthuss müsste die elektrische Anziehung der Pole stärker seyn, als sehr starke, wo nicht die stärksten chemischen Anziehungen, wie sie z. B. zwischen Sauerstoff und Wasserstoff, Chlor und Natrium, Säure und Alkali statt findet, was bei dem gegenwärtigen Zustand unseres Wissens sehr unwahrscheinlich scheint.

Die Theorie von Grotthuss erklärt ferner nicht, warum in vielen Fällen die ausgeschiedenen Bestandtheile nicht an den Polen *zurückgehalten* werden. Wenn ein Stück Platin durch irgend ein Mittel so viel Kraft erhält, dass es ein Wasserstofftheilchen von dem unmittelbar zuvor mit ihm verbundenen Sauerstofftheilchen abtrennen und anziehen kann, so sieht man nicht ein, warum dasselbe nicht auch, analog mit allen gewöhnlichen Anziehungskräften, wie die der Schwere, des Magnets, der Cohäsion, chemischen Ver-

wandschaft, das von ihm kurz zuvor aus der Ferne und aus einer Verbindung aufgenommene Theilchen *zurückhalten* sollte. Und doch thut es dieses nicht, sondern lässt es ungehindert entweichen. Diese Erscheinung hängt auch nicht davon ab, dass das Theilchen Gasform annimmt, denn Säuren und Alkalien z. B. behalten gleichfalls die Freiheit, sich in der den Pol umgebenden Flüssigkeit zu verbreiten, und zeigen kein besonderes Bestreben, sich mit dem Pol zu verbinden, oder sich ihm anzuhängen. Wenn in einer Menge von Fällen eine Verbindung mit dem Pole statt findet, so erklären diese die Fälle der Nichtverbindung nicht, und daher auch nicht das allgemeine Princip der Zersetzung.

Wenn endlich die Zersetzung erfolgen sollte vermöge anziehender und abstossender Kräfte, die von den Polen ausgehen, so sollten diese Kräfte, wie dieses Grotthuss auch wirklich annimmt, von den Polen gegen die Mitte der Flüssigkeit zu abnehmen. Dieses ist jedoch nach den Versuchen von Faraday nicht der Fall, vielmehr findet man, wenn der Versuch mit der nöthigen Umsicht angestellt wird, dass die Kraft des Stroms in der ganzen Strecke der zersetzt werdenden Flüssigkeit die gleiche ist. Wenn nemlich die Multiplicatordrähte in Platten endigen, und diese in verdünnte Säure getaucht sind, welche in einem regelmässig geförmten rechteckigen und an beiden Enden durch Pole *von gleichem Querschnitt wie die Flüssigkeit* mit der voltaschen Säule verbundenen Glastrog enthalten ist, so wird ein Theil der Elektrizität durch den Multiplicator gehen und eine gewisse Ablenkung bewirken. Wenn nun die Platten des Multiplicators immer in derselben Entfernung von einander und von den Seiten des Trogs gehalten werden, wenn sie stets einander parallel und gleichförmig in Bezug auf die Flüssigkeit gestellt sind, *so wird der Multiplicator, seine Platten mögen nahe der Mitte der zersetzt werdenden Lösung oder nahe den Enden derselben einge-*

*taucht seyn, doch immer dieselbe Ablenkung, und folglich dieselbe elektrische Wirkung anzeigen.*

Allerdings würde man ein ganz anderes Resultat erhalten, wenn die Weite der zersetzt werdenden Flüssigkeit variirt, wie es immer der Fall ist, wenn blosse Drähte oder Platten als Pole in eine Lösung getaucht oder von dieser rings umgeben sind. Die Kraft des Stroms wird sich dann verändern, je nachdem der Abstand von den Polen sich verändert, je nachdem das Theilchen sich gerade zwischen den Polen, oder mehr oder weniger von der die Pole verbindenden geraden Linie entfernt, jedoch in der Ebene, deren sämtliche Punkte von den Wänden des Gefässes gleich weit abstehen, sich befindet, oder gar je nachdem es den Seiten des Gefässes näher oder ferner liegt, oder die Gestalt des Gefässes selbst sich ändert.

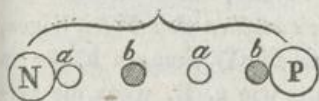
#### 4) *Theorie von Faraday.*

Die bisher aufgestellten Theorien der elektrochemischen Zersetzung sind, wie wir gesehen haben, mit den von Faraday entdeckten Thatsachen mehr oder weniger unvereinbar, folglich zu verwerfen. Die von Faraday aufgestellte Theorie ist eine Modification der Theorie von Grotthuss, welche durch die von Faraday entdeckten Thatsachen nöthig geworden ist. Sie ist, wie man sehen wird, ein reiner Ausdruck der Thatsachen.

Was zuvörderst den elektrischen *Strom* betrifft, so betrachtet Faraday diesen (sofern es wenigstens, blos nach den Thatsachen zu urtheilen, nicht den geringsten Grund gebe, denselben als etwas Zusammengesetztes oder Complicirtes zu betrachten, da er niemals in einfachere oder elementare Wesen zerlegt worden sey) *als die Axe einer Kraft, die nach entgegengesetzten Richtungen genau gleich starke aber entgegengesetzte Wirkungen ausübt.* Die elektrochemische Zersetzung wird nach ihm durch eine in der Richtung des Stroms ausgeübte *innere Corpuscular-Action* hervorgebracht, durch eine Kraft, die entweder der gewöhn-

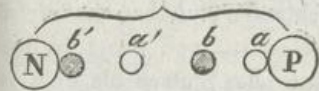


lichen chemischen Affinität der vorhandenen Körper hinzutritt, oder dieser Richtung verleiht. Der sich zersetzende Körper kann betrachtet werden als eine Masse wirkender Theilchen, von denen alle die, welche in dem Laufe des elektrischen Stromes liegen, zu der Endwirkung beitragen. Dadurch, dass die gewöhnliche chemische Affinität durch den Einfluss des elektrischen Stroms, parallel seinem Laufe, in der einen Richtung verringert, oder theilweise neutralisirt, und in der andern verstärkt und unterstützt wird, geschieht es, dass die verbundenen Theilchen eine Neigung haben, entgegengesetzte Wege einzuschlagen. Der Effect hängt nach dieser Ansicht Faraday's wesentlich ab von der entgegengesetzten chemischen Affinität der Theilchen entgegengesetzter Art. Die Theilchen  $a$ ,  $a$



können nicht anders von einem Pol  $N$  zu dem andern Pol  $P$  übergeführt werden, als wenn sie Theilchen  $b$ ,  $b$  der entgegen-

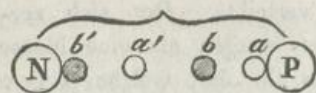
gesetzten Art finden, welche bereit sind, in entgegengesetzter Richtung zu wandern; denn es ist nur ihre gesteigerte Affinität zu solchen Theilchen, verbunden mit der geschwächten Affinität zu den auf ihrem Wege hinter ihnen liegenden, wodurch sie vorwärts getrieben werden; und wenn ein



Theilchen  $a$  an dem Pole anlangt, wird es ausgestossen oder in Freiheit gesetzt, weil das Theilchen  $b$ , mit dem es

einen Augenblick zuvor in Verbindung war, unter der überführenden Wirkung des Stroms eine grössere Verwandtschaft hat zu dem in seinem Wege vor ihm liegenden Theilchen  $a'$  als zu dem Theilchen  $a$ , zu welchem seine Verwandtschaft geschwächt worden ist. So lange man daher nur ein einziges zusammengesetztes Theilchen betrachtet, kann man den Fall einer gewöhnlichen chemischen Zer-

setzung analog betrachten, d. h., man kann sich denken,



$a$  werde durch die überwiegende Verwandtschaft von  $a'$  zu  $b$  aus der Verbindung  $ab$  ausgetrieben, und  $a'$  bekomme die-

se höhere Verwandtschaft durch die relative Lage, welche  $a'b$  und  $a$  in Bezug auf die Richtung der Axe der von dem Strome herbeigeführten elektrischen Kraft einnehmen. Da aber alle zusammengesetzten Theilchen im Laufe des Stroms, mit Ausnahme der die Pole unmittelbar berührenden, gemeinschaftlich wirken und aus elementaren Theilchen bestehen, welche, während sie nach einer Richtung hin austreiben, nach der andern ausgetrieben werden, so wird der Fall verwickelter, jedoch nicht schwieriger zu begreifen.

Diese Theorie setzt nicht Voraus, dass die thätigen Theilchen *in einer geraden Linie zwischen den Polen* liegen, und in der That sieht man, dass die Wirkungen häufig in *schiefen* Richtungen statt finden, wie z. B. wenn die zersetzende Flüssigkeit in zwei durch befeuchtete Amianthstreifen verbundenen Gefässen sich befindet, oder wenn ein Metallgefäss die Lösung enthält und den einen Pol bildet, während eine blossе Spitze oder ein Draht als anderer Pol dient. Die Wirkungslinien, welche man als Repräsentanten der elektrischen Ströme ansehen kann, die eine zersetzende Flüssigkeit durchlaufen, haben in vielen Fällen eine sehr unregelmässige Gestalt, und selbst in dem einfachsten Fall, wo zwei Drähte oder Spitzen als Pole in einen Tropfen oder eine grössere Portion einer Flüssigkeit eingetaucht sind, müssen diese Linien von den Polen aus rasch divergiren, und die Richtung, in welcher die chemische Verwandtschaft zwischen den Theilchen die stärkste Abänderung erleidet, wird sich mit der Richtung dieser Linien verändern und beständig mit ihnen übereinstimmen. Die Theorie nimmt an, dass zwei Theilchen in ihren gewöhnlichen

lichen chemischen Beziehungen zu einander nicht gestört werden, wenn sie gegen das ihnen benachbarte Stück des elektrischen Stroms *in einer senkrechten Linie* liegen, dagegen in ihrer Verwandtschaft erhöht werden, wenn ihre Verbindungslinie nach einer Seite hin gegen den Strom neigt; geschwächt, wenn diese Linie nach der andern Seite hin neigt; und endlich, dass der Effect ein Maximum ist, wenn die Linie dem Strome parallel liegt.

Faraday denkt sich also die Effecte entsprungen aus *inneren*, der in Zersetzung begriffenen Substanz angehörigen Kräften, als eine Folge einer durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Abänderung der chemischen Verwandtschaft der in oder neben der Bahn des Stroms liegenden Theilchen, durch welche diese das Vermögen erlangen, in einer Richtung stärker als in der andern zu wirken, demgemäss durch eine Reihe folgeweiser Zersetzungen und Wiederaussetzungen in entgegengesetzten Richtungen fortgeführt und endlich an den in Richtung des Stromes liegenden Grenzen des in Zersetzung begriffenen Körpers ausgetrieben oder ausgeschlossen werden, und dieses in grösserer oder geringerer Menge, je nachdem der Strom mehr oder weniger stark ist. Die Theorie Faraday's stimmt daher mit der ursprünglich von Grotthuss aufgestellten in dem Hauptpunkte überein, dass nach der einen wie nach der andern die Ueberführungen in Folge von Zersetzungen und Wiederaussetzungen statt findend angenommen werden; sie unterscheidet sich jedoch von letzterer dadurch, dass sie die Effecte nicht sowohl von *äusserlichen* Kräften, nicht von einer Anziehungskraft der Pole abhängig macht, wie die Theorie von Grotthuss, sondern vielmehr von *inneren*, der zersetzt werdenden Substanz selbst inhaerirenden Kräften, so dass es in dieser Faradayschen Theorie angemessener ist, von dem zersetzt werdenden Körper in Bezug auf den durch ihn gehenden Strom zu sprechen, als in Bezug auf die mit

ihm in Berührung stehenden sogenannten Pole, und demgemäss zu sagen, dass, während der Zersetzung, Sauerstoff, Chlor, Säuren u. s. f. zu dem *negativen Ende*, und verbrennliche Stoffe, Metalle, Salzbasen u. s. f. zu dem *positiven Ende* der zersetzenden Substanz übergeführt werden. Das negative Ende der zwischen die sogenannten Pole eingeschobenen, zersetzt werdenden Flüssigkeitsstrecke ist nemlich das an den *positiven* Pol grenzende Ende derselben, und das positive Ende das an den *negativen* Pol grenzende; die Pole sind keine Mittelpunkte der Anziehung und Abstossung, wie in der Theorie von Grotthuss: sie sind blos die Thüre, durch welche die Elektrizität zu der zersetzt werdenden Substanz ein- oder austritt; sie begrenzen die Ausdehnung jener Substanz in dem Laufe des elektrischen Stroms, sind die Enden derselben in dieser Richtung; und desshalb gehen die Elemente bis dahin und nicht weiter. *Metalle* sind vortreffliche Pole, weil sie die El. sehr gut leiten, sich mit den gewöhnlich der Einwirkung des Stroms ausgesetzten Substanzen nicht mischen, starr sind, und die Gelegenheit darbieten, solche zu wählen, auf welche die gewöhnlichen Substanzen keine chemische Action ausüben. *Wasser* ist, (wenige Fälle, wie die Zersetzung der schwefelsauren Bittererde S. 822., ausgenommen) schwierig als Pol anzuwenden, weil es eine geringe Leitungsfähigkeit für den Strom besitzt, sich mit den meisten Substanzen vermischt und hinsichtlich der chemischen Verwandtschaft in Beziehung zu ihnen steht. Es besteht aus Elementen, welche in ihren elektrischen und chemischen Beziehungen einander direct und stark entgegengesetzt sind. Daher gibt es nur wenige Substanzen, welche nicht durch chemische Verwandtschaft in Beziehung kämen zum Wasser oder zu einem seiner Elemente; und desswegen wird die Uebertragung der Unzahl von Körpern, welche sich, in Wasser gelöst, in die Bahn des elektrischen Stromes bringen lassen,

begleitet oder unterstützt durch die Uebertragung des Wassers oder seiner Elemente. Das ist der Grund, warum die abgeschiedenen Substanzen so selten an der Vorderfläche des Wassers liegen bleiben und warum also das Wasser nicht die gewöhnlichen Dienste eines Pols verrichtet. *Luft* und *einige Gase* sind zwar von letzterem Uebelstand frei, können aber, wegen ihrer ausserordentlich schwachen Leitungsfähigkeit bei dem mit so geringer Spannung begabten voltaschen Apparat nicht angewandt werden. Ihr Gebrauch zu Polen ist dadurch sehr beschränkt und findet blos in wenigen Fällen bei der mit einer starken Spannung begabten gemeinen Maschinen-Elektricität, welche vermöge dieser Spannung den Widerstand der schlechten Leitung zu überwinden vermag, statt, denn der voltasche Apparat ist der einzige, welcher eine hinreichende *Menge* von El. liefert, um mit Leichtigkeit eine elektrochemische Zersetzung zu bewirken.

Wo die Pole von der Art sind, dass sie durch die ausgeschiedenen Substanzen entweder blos in Folge ihrer natürlichen oder vermöge der durch den elektrischen Strom erhöhten Beziehung zu ihnen eine chemische Einwirkung erleiden, werden sie angefressen und die aufgelösten Theile derselben sind der Uebertragung unterworfen, ganz wie die Theile des ursprünglich in Zersetzung genommenen Körpers. Platin z. B., als positiver und negativer Pol in eine Lösung von schwefelsaurem Natron getaucht, hat keine Verwandtschaft zu den ausgeschiedenen Körpern, Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefelsäure und Natron, und ermangelt der Eigenschaft, sich mit ihnen zu verbinden oder sie zurückzuhalten. Werden dagegen Platindrähte in geschmolzenes Chlorblei getaucht, so erscheint metallisches Blei am sogenannten negativen Pol; am positiven Pol tritt Chlor auf, welches theils in Freiheit gesetzt, theils mit dem Platin verbunden wird. Das gebildete Platinchlorid, als löslich im Bleichlorid, ist auch der Zersetzung unterworfen, und so

wird das Platin selbst allmählig durch die in Zersetzung begriffene Substanz fortgeführt und neben dem Blei am negativen Pol gefunden. — Schmilzt man auf einem Stücke Glas Chlorsilber und taucht darein zwei Silberdrähte, welche die Pole einer voltaschen Säule bilden, so wird am negativen Pol viel Silber ausgeschieden und am positiven Pol eben so viel Silber aufgelöst, denn es entweicht kein Chlor, es wird daher eben so viel Chlorsilber wieder gebildet, als zersetzt wird. Man kann den negativen Draht aus den geschmolzenen Kügelchen herausziehen, weil das an diesem Draht reducirte Silber als Fortsetzung des Poles dient, und auf diese Weise einen 5—6 Zoll langen Draht oder Faden reducirten Silbers erzeugen. Weil aber gleichzeitig das Silber des positiven Pols von dem sich daselbst hinbegebenden Chlor aufgelöst wird, so muss man den positiven Draht fortwährend einsenken, wie er wegschmilzt.

Dass die Ueberführung in den Fällen nicht statt findet, wo eine unauflösliche Verbindung gebildet wird (vergl. S. 821.) erklärt sich aus dem oben S. 629. angeführten Gesetz, nach welchem der flüssige Zustand so allgemein zur Leitung der El. erfordert wird. Schwefelsäure z. B. kann vom negativen zum positiven Pol durch in einem Zwischengefäss befindlichen Baryt desswegen nicht geführt werden, weil der starre schwefelsaure Baryt für eine El. von so schwacher Spannung, wie sie die voltasche Säule liefert, ein Nichtleiter ist. Die Beispiele, wo unlösliche Körper, wie Glas, Basalt u. s. f. eine zersetzende Einwirkung von dem Strom erlitten, bilden keine Ausnahme, denn die auf sie gegossenen Flüssigkeiten standen hinsichtlich ihrer chemischen Verwandtschaft in directer Beziehung zu ihnen.

Die oben S. 821. erwähnten Ueberführungen endlich von Säuren durch Alkalien und von Alkalien durch Säuren hindurch finden in dieser Theorie die befriedigendste Erklärung, denn die Ueberführung eines Körpers von einem Pol

zum andern wird ja gerade um so mehr erleichtert, eine je grössere Menge dieser Körper auf seiner Bahn von einem andern Körper vorfindet, zudem er eine bedeutende Verwandtschaft hat, vorausgesetzt, dass die Verbindung, welche beide Körper mit einander bilden, nicht im Wasser unlöslich ist, und dadurch die Ueberführung sistirt wird. Der oben S. 827. ff. angeführte Versuch liefert hiefür einen ganz entscheidenden Beleg.

Ueber die Ursache der chemischen Verwandtschaft selbst hat sich Faraday nicht ausgesprochen. Seine Theorie lässt sich übrigens mit der Hypothese sehr wohl vereinigen, dass die chemische Verwandtschaft auf der Anziehung entgegengesetzt elektrischer Körper beruhe.

#### Metallfällungen.

Die Erscheinung, dass wenn in eine Metallauflösung ein anderes regulinisches Metall gebracht wird, bisweilen Reduction des aufgelösten Metalloxyds und dagegen Oxydation und Auflösung des hineingestellten Metalles an der Stelle des reducirten erfolgt, wurde schon oben S. 300 und 306. erwähnt, und einem Theil nach als eine galvanische Erscheinung in Anspruch genommen. Diese Reduction des aufgelösten Metalls und die Auflösung des hineingebrachten an der Stelle des reducirten erfolgt in der Regel dann, wenn das hineingebrachte Metall dem aufgelösten in Absicht auf Elektropositivität voransteht, nicht aber dann, wenn das in die Auflösung eines andern gebrachte Metall diesem in Absicht auf Elektronegativität voransteht. Nicht immer jedoch werden die elektronegativen Metalle durch die elektropositiven aus ihren Auflösungen niedergeschlagen, und das Eisen namentlich zeigt in dieser Beziehung bedeutende Anomalien, indem seine Oberfläche gegen gewisse Metallaufösungen, die ein viel negativeres Metall, als es selbst ist, enthalten, sich an verschiedenen Stellen ver-

schieden verhält, an einigen Stellen nemlich Reduction zu bewirken vermag, an andern nicht, oder wenigstens nicht bei gewöhnlicher Temperatur, was auf einen elektrisch differenten Zustand seiner Oberfläche hinweist. Andere dergleichen Metallauflösungen werden sogar unter den gewöhnlichen Umständen gar nicht durch Eisen zersetzt, und es scheint hiebei vorzüglich mit auf die Beschaffenheit der Säure in der zu fällenden Auflösung anzukommen. — So wird z. B. salpetersaures Kupferoxyd leicht von Eisen zersetzt, nicht aber salpetersaures Silberoxyd, ungeachtet das Kupfer dem Silber in der Elektronegativität nachsteht, und ungeachtet das *schwefelsaure* Silberoxyd leicht vom Eisen reducirt wird; so werden ferner einzelne Tropfen einer mässig concentrirten Auflösung von salpetersaurem Kupferoxyd, die man auf metallisches Eisen bringt, durch das Eisen zersetzt und dasselbe überkuppert, während dieses bei andern nicht der Fall ist.

Der erste Niederschlag, der sich an einem elektropositiven, in die Auflösung eines elektronegativen gebrachten Metall bildet, muss nothwendig, wie schon oben bemerkt wurde, auf einer grösseren Verwandtschaft des elektropositiven Metalls zum Sauerstoff beruhen: das positive Metall äussert vermöge seiner grösseren Positivität eine stärkere Anziehung auf den Sauerstoff des aufgelösten Metalls, als das aufgelöste negative Metall, und scheidet daher letzteres aus, um an seine Stelle zu treten. Ist aber einmal dieser erste Niederschlag des gefällten Metalls am fällenden erfolgt, so ist damit zugleich die Bildung einer einfachen Kette gegeben, von welcher das fällende Metall den positiven, das gefällte den negativen Pol bildet, und dieser Umstand bringt eine neue Bedingung zum Fällen mit sich. Die Säure des aufgelösten Salzes und der Sauerstoff des zugleich zersetzt werdenden Wassers begeben sich als die elektronegativen Bestandtheile der Flüssigkeit zum fällenden Metall als dem elektropositiven Pol der Kette und lösen die-



ses auf; das Metalloxyd und der Wasserstoff des Wassers aber zum negativen Pol, und hier schlägt sich das Metall regulinisch nieder, indem das Oxyd durch den Wasserstoff unter Wasserbildung reducirt wird.

Wenn gleich bei diesen Versuchen die Bildung einer einfachen Kette gegeben ist, so ist damit doch nicht bewiesen, dass die Reduction wirklich auch vermöge dieser Bildung erfolge, da es immerhin möglich wäre, dass die grössere Affinität des elektropositiveren Metalls zum Sauerstoff, welche jedenfalls im Anfang die Reduction allein bewirkt, auch im Verlauf des Processes die alleinige Ursache der Reduction seyn könnte. Dass jedoch die Bildung einer einfachen Kette auch ihren Antheil an der erfolgenden Reduction habe, wird dann ersichtlich, wenn man das fällende Metall gleich anfangs mit einem negativeren zur einfachen Kette combinirt, ihm also ursprünglich einen negativen Pol gibt, indem man z. B. ein Silber-, Platin-, oder Goldstück in eine Kupfervitriolaufösung legt, und dann ein Eisenstäbchen hineinführt. So lange das Eisenstäbchen nicht in Berührung mit der negativen Platte kommt, bleibt diese unverändert und nur das Eisenstäbchen überkupfert sich: so wie sie aber von dem Eisenstäbchen berührt wird und sich mithin zur einfachen Kette mit demselben combinirt, sieht man auch sie von der berührten Stelle aus sich überkupfern, wobei jedoch auch das Eisenstäbchen selbst fortfährt, Kupfer an sich niederzuschlagen, was man erkennt, wenn man es so in die Flüssigkeit neigt, dass eine noch blanke Seite damit in Berührung kommt, zum Beweis, dass auch in den spätern Perioden des Processes das Eisen vermöge seiner grösseren Affinität zum Sauerstoff die Reduction mit bewirken hilft.

Der Zusammenhang der Hülle, mit welcher das gefällte Metall das fällende überzieht, ist sehr locker, oft gleichsam schwammartig, sonst würde es sich auch in der That

nicht begreifen lassen, dass ein Metall, auch nachdem es sich schon ganz mit reducirtem Metall überzogen hat, noch fortfährt die Fällung zu bewirken, weil eine solche Fällung nothwendig voraussetzt, dass ein entsprechender Antheil vom fällenden Metall aufgelöst wird, die Säure aber zu dem fällenden Metall nicht gelangen könnte, wenn die dasselbe umgebende Hülle des gefällten *innig* mit ihm zusammenhängen würde.

*Nobili's elektrochemische Figuren.*

Wenn man den einen Pol einer Säule in eine Platte, den andern in eine Spitze ausgehen lässt und diese Enden der Pole in der die Säule schliessenden Flüssigkeit nahe einander gegenüberstellt, so erfolgt der Absatz der Bestandtheile aus der Flüssigkeit auf eigenthümliche Weise; es bilden sich verschiedene Figuren, die man, weil Nobili viele Untersuchungen darüber angestellt hat, Nobili's elektrochemische Figuren genannt hat. Ich übergehe die speciellen Thatfachen, da dieser Gegenstand bis jetzt wenigstens kein bedeutendes Resultat für die Theorie geliefert hat.

*Elektrochemische Bewegungen.*

Weit interessanter sind die Bewegungen von Flüssigkeiten, welche sich unter verschiedenen Umständen einstellen, wenn eine Säule durch eine alkalische, saure oder salzige Flüssigkeit geschlossen wird, die sich in einem Schälchen befindet und zugleich Quecksilber an die Pole gebracht wird, in welches entweder beide Polardrähte getaucht werden, oder bloß einer, indem der andere in die Flüssigkeit geleitet wird, oder welches als Zwischenleiter gebraucht wird, indem man beide Polardrähte in die Flüssigkeit, keinen in das Quecksilber leitet. Weil jedoch diese sogenannten *elektrochemischen Bewegungen* theils die Chemie als solche weniger interessiren, theils ihrem Wesen nach

nicht hinlänglich erkannt sind, so glaube ich die Einheiten hier ganz übergehen zu können.

*Polaritäts-Umkehrungen in der Kette.*

Die Erscheinungen der Ladung haben uns gezeigt, dass ein elektronegatives Metall in der geschlossenen Kette, ohne eine in die Augen fallende Aenderung zu erleiden, an Elektronegativität verliert, so dass es, wenn man es nach einiger Zeit mit einem frischen ihm gleichartigen Metall combinirt, mit demselben eine wirksame Kette bildet, und in dieser als elektropositives Metall auftritt. Die Kraft einer Kette muss durch die Ladung, welche die elektrische Differenz der beiden heterogenen Metalle vermindert, geschwächt werden; nie aber hat man die Ladung eine Umkehrung der Pole hervorbringen sehen, indem das durch die Ladung positiver gewordene negative Metall doch immer noch negativ gegen das andere Metall bleibt, mit welchem es zur Kette ursprünglich combinirt war. In einigen Fällen nun aber hat man bei geschlossenen Ketten eine Umkehrung der Pole beobachtet, wenn nemlich die Metalle mit verschiedenen Flüssigkeiten zur Säule geschichtet wurden. Wird z. B. eine Säule aus Eisen und Kupfer mit gewöhnlichen Salz- oder Säure-Auflösungen auf die gewöhnliche Art geschichtet, so bildet das Eisen den positiven, das Kupfer den negativen Pol, wie denn auch bei der Berührung von Eisen und Kupfer ersteres positiv, letzteres negativ elektrisch wird. Schichtet man dagegen eine solche Säule, statt mit einer der genannten Auflösungen, mit concentrirter Schwefelleberlösung, so bildet umgekehrt das Kupfer den positiven, das Eisen den negativen Pol. Einfacher kann man dieses durch ein einzelnes Elektromotorpaar aus Kupfer und Zink nachweisen, welche beide Metalle mit den Enden des Multiplicators verbunden und zuerst in eine saure oder salzige Auflösung, dann, nach vorhergegangener Reinigung, in eine concentrirte Schwefelleberlösung getaucht werden.

Man hat diese Polaritätsumkehrungen durch die Annah-

ne zu erklären gesucht, dass die Electricität, welche die *Flüssigkeit* durch Berührung mit dem Metall erregt, die Oberhand über diejenige gewinne, welche die Metalle durch ihre gegenseitige Berührung erregen. Diese Erklärung ist jedoch durchaus falsch; vielmehr werden die Metalle, da sie durch verschiedene Flüssigkeiten verschiedene chemische Einwirkungen erleiden, in *neue* Körper verwandelt, deren elektromotorisches Verhältniss ein verschiedenes seyn kann von dem der unveränderten Metalle, woraus sich dann die in gewissen Fällen erfolgende Umkehrung der Polarität von selbst erklärt. Schon der Umstand, dass manche Ketten aus zwei festen und einem flüssigen Leiter während des Geschlossenseyns der Kette selbst die Pole umkehren, wie dieses z. B. bei mehreren Metall-Combinationen der Fall ist, die durch *concentrirte* Salpetersäure zur Kette geschlossen werden, während eine solche Umkehrung durch *verdünnte* Salpetersäure nicht hervorgebracht wird, ferner der Umstand, dass der Effect *im ersten Augenblick* des Eintauchens in *concentrirte* Säure derselbe ist, wie derjenige, den man *bleibend* in verdünnter Säure beobachtet, weist sehr bestimmt darauf hin, dass diese Polaritätsumkehrungen nicht in einem elektromotorischen Verhältniss der Flüssigkeit und der Metalle, sondern in einer durch die Flüssigkeit bewirkten chemischen Aenderung der letzteren begründet sind. Fechner hat dieses in Beziehung auf die zuerst angeführte Polaritäts-Umkehrung bei Anwendung einer Schwefelleberlösung durch ganz entscheidende Versuche bewiesen. Er hat gezeigt:

1) dass während beim Eintauchen einer Combination von Eisen und Kupfer (welche beiden Metalle an die Enden des Multiplicatordrahts befestigt wurden) in *concentrirte* Schwefelleberlösung, das Kupfer sogleich und daurend den *positiven* Pol bildet, es dagegen in einer *sehr stark verdünnten* Lösung daurend den *negativen* Pol, gerade wie in sauren und sal-

zigen Lösungen darstellt, und dass es zwischen dem höchsten Concentrationsgrade und der sehr starken Verdünnung, sehr ausgedehnte Verdünnungsgrade der Schwefelleberlösung gibt, bei welchen in den ersten Momenten nach dem Eintauchen die Ablenkung des Kupfers (d. h. der durch die Ablenkung der Magnetnadel angezeigte el. Zustand des Kupfers) negativ ist, aber allmählig oder durch einen plötzlichen Uebersprung in die entgegengesetzte positive übergeht, während sich zugleich die Oberfläche des Kupfers immer mehr (durch Bildung von Schwefelkupfer) schwärzt.

2) Dass die Umkehrung in diesen Fällen nicht von einer Veränderung der Flüssigkeit abhängt, weil a) sie gleich gut erfolgt, man mag das Eintauchen der Platten in kleinen oder in grossen Massen von Flüssigkeit vornehmen, auf welche letztere eine chemische Aenderung, welche die Metalle von Seiten der Flüssigkeit erleiden würden, von keinem bemerklichen Einfluss seyn könnte; weil b), wenn man in dieselbe Flüssigkeit, in welcher die Umkehrung erfolgt war, zwei frische Platten von Eisen und Kupfer taucht, wiederum zuerst die primäre negative Ablenkung des Kupfers erscheint, um erst nach einiger Zeit in die secundäre positive überzugehen.

3) Dass die Metalle wirklich dabei so verändert werden, dass sie auch bei nachheriger Anwendung einer Flüssigkeit, in der sie sonst die gewöhnliche Polarität gezeigt haben würden, wenn sie mit frischer Oberfläche hineingebracht worden wären, noch das umgekehrte Verhältniss behaupten. Wenn man eine Eisen- und Kupfer-Platte, an den Platinenden des Multiplicatordrahts befestigt, auf den flachen Boden eines Gefässes legt, so dass die Platten einander nicht berühren, und sie nun mit concentrirter Schwefelleberlösung übergiesst, so dass sie ganz davon bedeckt werden, so wird sogleich die secundäre positive Ablenkung des Kupfers erscheinen. Giesst man nun so viel Wasser

hinzu, dass wenn man in diese Flüssigkeit eine frische Eisen- und Kupferplatte taucht, die primäre negative Ablenkung des Kupfers nicht nur anfangs, sondern daurend erfolgt, so wird dessenungeachtet die positive Ablenkung des Kupfers sich nach wie vor erhalten, wenn gleich dem Grade nach geschwächt erscheinen, denn das Kupfer behält die durch die concentrirte Schwefelleberlösung erhaltene chemische Aenderung, wodurch es in Schwefelkupfer verwandelt und sein elektromotorisches Verhältniss gegen Eisen umgekehrt worden ist, auch in der nun verdünnten Schwefelleberlösung bei.

Da die Bildung von Schwefelkupfer auf der Oberfläche der Kupferplatte die Ursache der Polaritätsumkehrung ist, so erklärt sich, warum die ursprüngliche Ablenkung durch Eintauchen in Säuren, welche das Schwefelkupfer zersetzen, wieder hergestellt wird, warum diese Herstellung nicht augenblicklich erfolgt, wenn die Rinde von gebildetem Schwefelkupfer dick ist, warum schon die Berührung mit der Luft, welche das Schwefelkupfer oxydirt, das ursprüngliche Verhalten wieder herstellt, warum eine längere Berührung mit der Luft hierzu erfordert wird, wenn eine dickere Rinde von Schwefelkupfer sich gebildet hatte u. s. f. — Das Eisen wird durch eine Schwefelleberlösung viel weniger verändert als das Kupfer, auch hat Fechner durch Versuche nachgewiesen, dass in dem angeführten Fall die Umänderung der Metalle, insoweit sie die Umkehrung veranlasst, sich entweder allein, oder fast allein auf das Kupfer bezieht.

---

*Chemische Wirkungen an metallischen Zwischenbogen.*

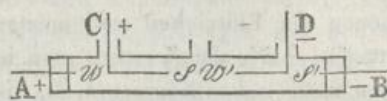
Wir haben noch die chemischen Wirkungen zu betrachten, welche sich an metallischen Zwischenbogen und Zwischenplatten zeigen, die man in eine im Kreis einer volta-

sehen Kette befindliche Flüssigkeit hineinbringt. Solche Wirkungen zeigen sich nicht blos dann, wenn man durch solche Metalle zwei Portionen der Flüssigkeit vollkommen von einander scheidet, sondern auch dann, wenn man in die Flüssigkeit einen solchen metallischen Körper, z. B. einen Draht, blos hineinlegt. *An demjenigen Ende des Zwischenmetalls (oder, bei Platten, an derjenigen Fläche), welches dem positiven Pol zugekehrt ist, sieht man solche chemische Wirkungen vor sich gehen, als wenn es selbst einen negativen Pol darstellte; dagegen umgekehrt dasjenige Ende, welches dem negativen Pol zugekehrt ist, einen positiven Pol darzustellen scheint.* Legt man z. B. in eine horizontale mit Flüssigkeit gefüllte Röhre, in deren beide Enden die Polardrähte einer Säule tauchen, einen Eisendraht, so wird sich das dem negativen Polardraht zugekehrte Ende desselben oxydiren; an dem andern, dem positiven Polardraht zugekehrten Ende wird sich Wasserstoffgas entwickeln; die Mitte des Drahts aber wird sich indifferent verhalten.

Diese Erscheinungen zeigen sich nicht blos dann, wenn man ein einziges Zwischenmetall anwendet, sondern bei einer beliebigen Anzahl von Scheidewänden, Zwischenbogen oder Drähten, die man in der Flüssigkeit anbringt, und zwar immer mit dem gleichen Erfolg: jedes Ende oder jede Fläche des Metalls nemlich, worein der positive Strom eintritt, wird sich als der negative, jedes entgegengesetzte Ende als der positive Pol *hinsichtlich der daran beobachteten chemischen Erscheinungen* verhalten. Bei Anwendung mehrerer Zwischenmetalle muss aber, wenn diese Erscheinungen bemerklich werden sollen, die Plattenanzahl der ursprünglichen Säule verhältnissmässig vermehrt werden.

Diese Erscheinungen liefern zugleich den Beweis, dass die chemischen Zersetzungen der voltaschen Kette von der *elektroskopischen* Elektrizität unabhängig sind. Wenn man

in eine mit Flüssigkeit gefüllte Röhre, in deren Enden die



Polardrähte einer Säule  
A und B tauchen, durch  
2 oben an der Röhre an-  
gebrachte Oeffnungen 2

Drähte Cws, Ds'w' einbringt, so zeigt der ganze Draht Cws, der dem positiven Polardraht A zugekehrt ist, positive, und der ganze Polardraht Ds'w', der dem negativen Polardraht B zugekehrt ist, negative elektroskopische Elektrizität: dennoch aber entwickelt sich an der Stelle w des Drahts Cws, Wasserstoffgas, und an der Stelle s' des Drahts Ds'w' Sauerstoffgas, während bei s des Drahts C Sauerstoffgas, bei w' des Drahts D Wasserstoffgas sich entwickelt. (Ist das Metall des Drahts ein leicht oxydirbares, so verbindet sich der Sauerstoff mit demselben).

Die Erklärung dieser chemischen Wirkungen der Zwischenplatten ergibt sich ganz einfach aus der Erklärung der chemischen Wirkungen der Säule nach der Theorie von Faraday.

In Folge der Reaction der Bestandtheile einer jeden Portion der zersetzbaren Substanz, afficirt, wie sie es sind, durch die Dazwischenkunft des elektrischen Stromes, schreiten Portionen der näheren und entfernteren Bestandtheile in der Richtung des Stromes so weit fort, als sie Stoffe entgegengesetzter Art finden, die im Stande sind, ihre Uebertragung zu bewirken, und die eine gleiche Einwirkung von ihnen erfahren; und da, wo sie keine solche Substanz mehr finden, werden sie in freiem Zustand abgeschieden, nemlich auf der Oberfläche des Metalls, welches die Ausdehnung der zersetzbaren Substanz in der Richtung der Ströme begrenzt.

Durch Quecksilber, welches man in die Schenkel einer V förmig gebogenen Röhre hineinbringt und dann zu beiden Seiten mit Flüssigkeit übergießt, in welche man die Polardrähte der Säule taucht, lassen sich diese Erscheinungen



ebenfalls hervorbringen, auch durch Luft (vergl. S. 827.), ja selbst durch nicht metallische flüssige Körper, wenn ihren Theilchen die freie Beweglichkeit abgeht. Dieses letztere scheint wenigstens aus folgender Erfahrung von Grotthuss sich zu ergeben. Eine mit Flüssigkeit gefüllte Glasröhre, in welcher sich ein sehr feiner Riss befand, stand in einem mit Flüssigkeit gefüllten Becher; in die Flüssigkeiten wurden die Polardrähte der Säule geleitet. An den entgegengesetzten Seiten dieses Risses nun, durch welchen allein beide Flüssigkeiten mit einander communicirten, giengen die erwähnten chemischen Wirkungen vor sich.

---

#### Ketten von anderer Construction, als die bisher betrachteten.

Wir haben bisher blos die gewöhnliche Kette betrachtet, die aus zwei festen (metallischen) und einem flüssigen (nicht - metallischen) Leiter besteht, und entweder eine einfache Kette ist, wenn sie nur ein einziges Elektromotorpaar enthält, oder eine zusammengesetzte Kette (Säule), wenn sie deren mehrere enthält.

Es gibt nun noch verschiedene anders construirte Ketten oder Säulen, die einen Strom hervorzubringen fähig sind, und die, ob sie gleich für die Chemie insofern weniger wichtig sind, als sie im Allgemeinen keine oder jedenfalls schwache chemische Wirkungen hervorbringen, doch gerade wegen ihrer Wirksamkeit oder Unwirksamkeit in gewissen Beziehungen, sehr geeignet sind, mehreres die Theorie der gewöhnlichen Kette Betreffende zu erläutern. Diese Ketten oder Säulen sind folgende:

- 1) Die sogenannten *trockenen* oder *zambonischen Säulen*;
- 2) Die *zweigliedrigen Säulen*, welche blos aus Einem Metall und Einer Flüssigkeit, oder einem wenig Feuchtig-

keit enthaltenden Halbleiter zusammengesetzt sind;

3) Ketten aus *Einem festen*, und *zwei oder mehreren flüssigen Leitern*;

4) *Thermoelektrische Ketten*, die aus einer Combination von *blos zwei Metallen*, ohne irgend eine Flüssigkeit, bestehen.

#### 1) Trockene (zambonische) Säulen.

Die trockenen Säulen reihen sich am nächsten an die gewöhnliche (hydroelektrische) Säule an. Sie unterscheiden sich von der letzteren dadurch, dass in ihnen die Stelle des feuchten Zwischenleiters der hydroelektrischen Kette, von einem nur wenig Feuchtigkeit darbietenden Halbleiter, wie z. B. Papier in lufttrockenem Zustand, oder einem andern hygroskopischen Körper, vertreten wird.

Die gewöhnliche Construction solcher Säulen ist folgende. Man schneidet Scheiben aus unächtem Gold- und Silberpapier, und schichtet diese so übereinander, dass immer eine Silberfläche einer Goldfläche gegenüber liegt; die Scheiben werden dann durch einen geringen Druck, gewöhnlich, indem man sie mittelst überfirnisster Seidenfäden zusammenschnürt, in innige Berührung mit einander gebracht. Um recht merkliche Wirkungen zu erhalten, muss man wenigstens 800 bis 1000 Scheibenpaare anwenden, die übrigens nicht gross zu seyn brauchen \*).

In

---

\*) Kämtz hat gezeigt, dass sich wirksame trockene Säulen auch aus organischen Substanzen, ohne alle Mitwirkung metallischer Körper, errichten lassen. Man überstreicht Conceptpapier mit den Lösungen verschiedener organischer Stoffe, lässt es trocknen, und zerschneidet es dann in gleich grosse Vierecke, von denen je zwei, die mit ungleichen Stoffen, z. B. mit Ochsenblut und Stärke bestrichen sind, mit der reinen Papierseite gegen einander gelegt werden,

In Beziehung auf die elektroskopischen Wirkungen verhalten sich die trockenen Säulen der Hauptsache nach ganz wie die hydroelektrischen, namentlich hat auch bei ihnen die Grösse der Scheiben auf die Grösse der endlichen Ladung, welche eine, an einem Pole mit dem Boden in Verbindung stehende Säule dem Elektrometer ertheilt, keinen Einfluss; es findet jedoch die bemerkenswerthe Verschiedenheit statt, dass die Zeit, in welcher das Elektrometer seine volle Ladung dadurch erhält, oder in welcher eine Leidner Flasche dadurch bis zum Maximum geladen wird, sehr abhängig von der Grösse der Scheiben ist, indem die Ladung immer um so schneller vollendet ist, je grösser die Scheiben sind. Dieses beruht höchst wahrscheinlich darauf, dass je grösser die Oberfläche des Elektrometers oder die Capacität der Leidner Flasche im Verhältniss zu der Oberfläche der Scheiben ist, um so mehr auch die Intensität der Polscheiben im ersten Augenblicke, in welchem die genannten Apparate an denselben angebracht werden, geschwächt werden muss, daher auch eine um so längere Zeit erfordert wird, um diesen Verlust durch Zuleitung aus den übrigen Gliedern der Säule wieder so weit zu ersetzen, dass nun die Polscheibe und der daran angebrachte Apparat die Intensität erhalten, welche ihnen im Zustand des Gleichgewichts unter den gegebenen Umständen zukommen muss. — Etwas ähnliches beobachtet man bei der voltaschen Säule nicht, ungeachtet eine solche Schwächung unter den genannten Umständen auch bei ihr wahrscheinlich statt findet,

---

so dass zwei ungleichartige Schichten durch eine doppelte Papierdicke von einander getrennt sind. Man erhält so elektrische Paare, die in dem angeführten Fall aus Ochsenblut, Papier und Stärke bestehen und zu Säulen von einigen 100 Paaren zusammengelegt werden. Ochsenblut stellt den positiven, Stärke den negativen Körper dar.

und nur nicht, wegen der ausserordentlich schnell sich wiederherstellenden Ladung, in die Beobachtung fällt.

Man beobachtet bei den zambonischen Säulen eine zweifache Art von Wirksamkeit, die offenbar auf zweierlei durchaus verschiedenen Principien beruht.

Fürs erste bemerkt man, dass wenn eine solche Säule gänzlich oder nur mässig durch Wärme ausgetrocknet wird, sie dann, wenn sie auf die gewöhnliche Temperatur herabgekommen ist, so lange keine Elektrizität am Elektrometer zu erkennen gibt, bis sie wieder Zeit gefunden hat, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Die Wirksamkeit der Säule wird durch Alles befördert, was die Leitungsgüte des Papiers erhöht; Veränderungen in der Temperatur und dem Feuchtigkeitszustand der Luft äussern daher einen sehr bedeutenden Einfluss, und die Wirksamkeit ändert sich mit der Witterung, wobei zu bemerken ist, dass die Feuchtigkeit der Luft insofern begünstigend wirkt, als sie von den hygroskopischen Zwischenleitern angezogen wird, schwächend dagegen insofern, als sie die Elektrizität in dem Maasse, als diese in der Säule frei wird, von Aussen derselben zu entziehen strebt.

Auf der andern Seite aber erhält eine solche vollkommen ausgetrocknete Säule, in dem Maasse, als sie *weiter erwärmt* wird, ihre Wirksamkeit wieder, so dass sie bei  $70^{\circ}$  bis  $75^{\circ}$  sogar stärker auf das Elektrometer wirkt, als die nicht ausgetrocknete Säule bei gewöhnlicher Temperatur. Da nun das Papier durch das Austrocknen zum Nichtleiter wird, so kann die Wirksamkeit einer solchen Säule nicht mehr auf dieselbe Weise erklärt werden, wie die Wirksamkeit der gewöhnlichen zambonischen Säule, die nach demselben Princip, wie die Wirksamkeit der voltaischen Säule sich erklären lässt. Man hat auch andere auf das Elektrometer wirksame Säulen errichtet, bei welchen die Zwischenlagen zwischen den Elektromotoren aus er-

wärmten oder nicht erwärmt, vollkommenen Nichtleitern bestanden, deren Wirksamkeit daher gleichfalls nach einem andern Princip, als die der gewöhnlichen voltaschen Säule erklärt werden muss.

Die Wirksamkeit solcher Säulen scheint am genügendsten durch eine *Vertheilung*, die durch den Nichtleiter hindurch statt finden würde, erklärt werden zu können; eine Erklärungsart, die Viele sogar auch auf die gewöhnliche voltasche Säule übertragen wissen wollen, indem sie annehmen, dass auch die besten flüssigen Leiter für die schwachen Grade von Elektrizität, welche durch die Berührung heterogener Metalle erregt werden, als Nichtleiter wirken. Man kann sich nemlich vorstellen, dass die zwischen zwei Elektromotoren der Säule (Gold- und Silberpapier) entwickelte Elektrizität, welche durch den dünnen Nichtleiter hindurch nicht mehr direct von einer Platte zur andern übergehen kann, vertheilend auf das Electricum des nächsten Plattenpaares durch die nichtleitende Papierschicht hindurch wirke, dass die gleichnamige El. in den entfernteren Elektromotor dieses Paares zurückgedrängt, die ungleichnamige in dem zunächst liegenden angehäuft werde.

Hat man z. B. Zink, Kupfer, Papier; Zink, Kupfer, Papier, so wird die negative El. der Kupferscheibe des ersten Paares bewirken, dass durch Vertheilung die Zinkscheibe des zweiten Paares positiv, die Kupferscheibe desselben Paares negativ elektrisch wird: beide Metalle werden aber noch ausserdem, vermöge ihrer gegenseitigen Berührung, das Zink positiv, das Kupfer negativ elektrisch werden, und auf diese Weise werden die Elektrizitäten dieses zweiten Paares nahe verdoppelt werden, mithin mit verstärkter Kraft vertheilend auf die darauf folgenden Plattenpaare wirken; durch Vervielfältigung solcher Schichtungen wird mithin die El. verstärkt werden.

Zur Hervorbringung der chemischen Wirkungen sind

die zambonischen Säulen wenig geeignet, wovon die Ursache in der schlechten Leitungsfähigkeit, vermöge welcher die entzogene Elektrizität sich sehr langsam wieder ersetzt und daher die Strömung unterbrochen wird, zu liegen scheint; doch ermangeln sie dieses Vermögens nicht ganz, nur werden dazu sehr starke Apparate erfordert. Mit einer zambonischen Säule von 1800 Doppelblättern von 6 Zoll Länge und 6 Zoll Breite erhielt Bohnenberger eine eben so starke Gasentbindung, wie mit einer gewöhnlichen voltaschen Säule von 60 bis 100 zweizölligen Doppelscheiben. Diese Säule gab auch Schläge. Da man bei der gewöhnlichen voltaschen Säule findet, dass je schlechter die Leitungsfähigkeit ist, um so mehr Vergrößerung der Oberfläche zu der Wirkung der geschlossenen Kette beiträgt, um so weniger dagegen Vervielfältigung der Plattenpaare ihre Wirkung zu verstärken vermag, so lässt sich nach der Meinung von Fechner erwarten, dass die Wirkungen der *geschlossenen* Kette, wie chemische Wirkungen, Glühungserscheinungen, Schläge u. s. f., mittelst zambonischer Säulen in einem ausgezeichneteren Grade dann erhalten werden würden, wenn man statt vieler Paare vielmehr *grosse Oberflächen* anwenden würde.

Die wichtigste Anwendung, die man bis jetzt von den zambonischen Säulen gemacht hat, ist die zur Construction eines höchst empfindlichen Elektroskops, welches im Wesentlichen folgende Einrichtung hat. Von den Polen einer horizontal liegenden, aus 800—1000 Plattenpaaren zusammengesetzten zambonischen Säule, gehen Metalldrähte aus, die über der Säule gegen einander nach einwärts gebogen werden, so dass die Enden der Drähte in nur geringer Entfernung von einander sich befinden und beide gleich weit von einer Vertikal-Linie, die man sich in der Mitte der Säule errichtet denkt, entfernt sind. Beide Drähte endigen sich in Metallplättchen (Polplatten), zwischen welchen in

der Mitte ein Goldblatt herabhängt. So lange dieses im natürlichen Zustand sich befindet, wird es, wenn es genau in der Mitte zwischen beiden Polplatten schwebt, im Gleichgewicht zwischen beiden bleiben: führt man aber dem Goldblatt eine gewisse Art von El. zu, oder erregt sie durch Vertheilung in ihm, so wird es von demjenigen Pol angezogen werden, der mit ihm die ungleichartige El. hat, und sich zu diesem Pol hinbewegen, während zugleich die Abstossung der gleichartigen El. des andern Pols diese Wirkung unterstützt. Auf solche Art erkennt man mit dem Vorhandenseyn zugleich die Art der zugeführten Elektrizität. — Häufig bedient man sich auch zweier, gleich grosser, in vertikaler Stellung neben einander befestigter Säulen, deren gleichnamige Pole in verkehrter Richtung sich befinden, und zwischen welchen in der Mitte ein Goldblättchen herabhängt. Die eine Säule (die wir die erste nennen wollen) hat ihren + Pol oben, den — Pol unten; die zweite den — Pol oben, den + Pol unten. Das in der Mitte von beiden herabhängende Goldblättchen wird keine Bewegungen zeigen, so lange es sich im natürlichen Zustand befindet: theilt man ihm aber z. B. — El. mit, so wird sein oberer Theil vom + Pol der ersten Säule, sein unterer vom + Pol der zweiten Säule angezogen werden, es wird oben eine gegen die erste Säule convexe Biegung machen und sich unten gegen den untern Pol der zweiten Säule zu hinbewegen, und diese Wirkung wird durch die Abstossungen des oberen — Pols der zweiten Säule und des untern — Pols der ersten Säule unterstützt werden. Aus leicht begreiflichen Gründen kann übrigens dieses höchst empfindliche Elektroskop, welches Behrens zuerst angegeben, und Bohnenberger verbessert hat, noch weniger als das voltasche Strohhalmelektrometer, Anspruch auf den Namen eines *Elektrometers* machen.

---

## 2) Zweigliedrige Säulen.

Die zweigliedrigen Säulen schliessen sich einerseits an die trockenen zambonischen, andererseits an die gewöhnlichen voltaschen Säulen an, denn sie können sowohl mittelst Zwischenleiter, die entweder nur wenig Feuchtigkeit darbietende Halbleiter, oder wirkliche Flüssigkeiten, jedoch immerhin schlecht leitende Flüssigkeiten sind, dargestellt werden. Von beiden genannten Arten von Säulen unterscheiden sie sich dadurch, dass sie nur aus einem einzigen Elektromotor bestehen, und ihre Wirksamkeit beruht darauf, dass *ungleich grosse Oberflächen der entgegengesetzten Seiten dieses Elektromotors* mit dem wenig feuchten oder wirklich flüssigen Zwischenleiter in Berührung gesetzt werden.

a) Zamboni setzte ~~eine~~ Säule aus 20 kleinen Vierecken von blossen Silberpapier zusammen, so dass die Metallflächen alle nach Unten gekehrt waren und berührte das obere Ende der Säule mit der Collectorplatte eines Condensators, während das untere Ende derselben mit dem Fussboden in Verbindung war. Nach etwa  $\frac{1}{2}$  Minute Zeit zeigte sich am Elektrometer eine Divergenz von positiver Elektrizität, und diese nahm zu, je mehr Scheiben hinzugefügt wurden. Er glaubte aus seinen vielfach abgeänderten Versuchen den allgemeinen Schluss ziehen zu können, dass der positive Pol der Säule immer nach derjenigen Seite hinfällt, wo das Metall in einer grösseren Anzahl Punkten von Feuchtigkeit berührt wird, so dass, je nachdem sich mehr Feuchtigkeit an der mit Metall belegten Fläche des Papiers oder an der andern Fläche befindet, der positive Pol nach der einen oder nach der andern Seite fallen könne. Diese Ansicht scheint durch folgende Construction der zweigliedrigen Säule bestätigt zu werden.

b) Zamboni schnitt aus Stanniol, der auf beiden Sei-



ten ganz glatt polirt war, Vierecke von  $\frac{1}{2}$  Zoll Seite, deren jedes in einen höchst feinen, 2 bis 3 Zoll langen Schwanz auslief. Auf einer isolirten Fläche wurden in einem Kreise 30 kleine runde Uhrgläser gestellt und alle bis zu einer gewissen Höhe mit destillirtem Wasser gefüllt. Darauf legte er in das erste Uhrglas einen dieser Stanniolstreifen so hinein, dass das Viereck sich ganz darin befand, der Schwanz aber über den Rand dieses und des nächstfolgenden Uhrglases hinüberhieng und mit seiner feinen Spitze das Wasser des zweiten Glases berührte. In diesem lag auf dieselbe Weise das zweite viereckige Blättchen, dessen Schwanz eben so in das dritte hinüberreichte, und so fort bis zum 30sten Glase. — Wurde nun der Collector eines condensirenden Elektroskops  $\frac{1}{3}$  Minute lang mit dem Wasser des ersten Glases, in welches ein Viereck tauchte, in Berührung erhalten, während das Wasser des letzten Glases, in welches eine feine Spitze tauchte, mit dem Boden in Verbindung gesetzt ward, so zeigte sich eine *positive* Ladung, während umgekehrt, wenn das Wasser des letzten Glases mit dem Condensator, und das des ersten Glases mit dem Boden verbunden wurde, der Condensator eine *negative* Ladung erhielt.

Wurde dagegen ein ganz ähnlicher Apparat aus 30 Gläsern mit Stanniolblättchen und destillirtem Wasser zusammengesetzt, nur mit dem einzigen Unterschiede, dass die Stanniolstücke längliche Vierecke bildeten, welche auf den Rändern zweier neben einander stehenden Gläser gleichsam reitend, mit den beiden gleich geformten Enden gleich tief in das Wasser beider Gläser eintauchten, so konnte nie das geringste Zeichen von El. entdeckt werden.

Die zweigliedrigen Säulen geben überhaupt nur schwache Zeichen von El., und ihre Wirksamkeit ist sehr wandelbar. Sie verlieren nach längerer oder kürzerer Zeit

alle elektrische Spannung, welche jedoch wieder hervortritt, wenn man den Grössen-Unterschied zwischen ihren Spitzen und ihren breiten Oberflächen vermehrt, z. B. auf die breiten Flächen unter Wasser neue Flächen von demselben Metall legt, ohne an den Spitzen des Metalls etwas zu ändern. — Uebrigens haben diese Säulen blos ein theoretisches Interesse.

### 3) Ketten aus Einem festen, und zwei oder mehreren flüssigen Leitern.

Die Existenz solcher Ketten lässt sich sehr leicht auf eine der folgenden Arten mittelst des Multipliers nachweisen: —

a) Man tränke eine Tuch- oder Pappscheibe mit Kalilösung, eine andere mit Schwefelsäure; beide, Kali und Schwefelsäure, müssen, um nicht zu schnell zerfressend einzuwirken, etwas verdünnt seyn. Diese Scheiben lege man auf zwei Platinbleche, welche mit den Enden des Multipliers in Verbindung sind, setze hierauf die feuchten Scheiben selbst untereinander in Berührung, indem man die Platinbleche mit ihren feuchten Belegungen auf einander drückt. Augenblicklich wird ein lebhafter Strom entstehen, welcher die Richtung: Kali, Säure, Platin, Multiplier, Platin, Kali hat.

b) Man kann auch eine mit thierischer Blase zugebundene Glasröhre in ein Gefäss stellen, in die Röhre Kalilösung, in das Gefäss Schwefelsäure, oder umgekehrt, giessen, und hierauf das eine Ende des Multipliers in die eine, das andere in die andere Flüssigkeit tauchen. Die Blase verhindert die Communication beider Flüssigkeiten nicht, sondern bewirkt blos, dass sie sich nicht schnell mit einander mischen.

c) Endlich kann man auch beide Flüssigkeiten in zwei abgesonderte Gefässe giessen, welche man durch Asbest oder Baumwolle u. s. f. mit einander in Verbindung setzt, und in die man die Platinenden des Multipliers taucht. — In

beiden zuletzt genannten Fällen ist der Erfolg derselbe, wie in dem ersten.

Da der Multiplicator ein gleichgültiges Zwischenglied ausmacht, so ist es ganz so, als ob die beiden Platinbleche einander unmittelbar berührten. Statt Kali kann man auch irgend ein anderes Alkali, statt der Schwefelsäure irgend eine andere Säure substituiren, man kann ferner statt der Säure dem Alkali Wasser, und umgekehrt statt des Alkalis der Säure Wasser entgegensetzen: immer noch wird der Strom die angegebene Richtung verfolgen.

Auch durch andere Flüssigkeiten, z. B. durch Auflösungen von Schwefelmetallen, Chlormetallen, Cyanmetallen, Salzen u. s. f., die man entweder einander selbst, oder Säuren, Basen, Wasser entgegensetzt, lassen sich Strömungen hervorbringen; es gibt jedoch auch Combinationen, bei welchen man keine elektrische Strömung bemerkt hat.

Die *Stärke* der Strömung scheint in gar keinem directen Verhältniss zu der chemischen Wirkung zu stehen, welche zwischen den Flüssigkeiten statt hat. Zwar erfordert eine starke Strömung auch eine starke chemische Wirkung, aber eine starke chemische Wirkung hat nicht umgekehrt eine starke Strömung nothwendig zur Folge, wie denn z. B. bei der Zersetzung der Barytsalze mit Schwefelsäure oder schwefelsauren Salzen keine Strömung beobachtet wird.

Die *Richtung* der (positiven) Strömung scheint in diesen Ketten constant mit der Richtung zusammenzufallen, nach welcher sich die elektropositive Flüssigkeit, indem sie sich mit der andern zu mischen oder chemisch zu verbinden strebt, hinbewegt. Da überhaupt, wie wir später sehen werden, *ohne Bewegung der Bestandtheile* keine wirksame Strömung möglich ist, da aber, wo eine solche Bewegung statt finden kann, die Richtung der (positiven) Strömung immer nothwendig dem Gange der positiven Elemente folgen muss, so kann in den angegebenen Fällen die Rich-

tung der (positiven) Strömung keine andere seyn, als die von dem elektropositiven Alkali zu der elektronegativen Säure, nur würde die Strömung in solchen Ketten nicht von dem Gange der sich zersetzenden, sondern der sich verbindenden Bestandtheile abhängen.

Dass wirklich eine Strömung sowohl a) durch Berührung flüssiger Körper mit festen, als b) flüssiger Körper mit flüssigen erregt werden könne, lehren ganz bestimmte Erfahrungen.

a) Man bilde folgende Combination:

Kupfer	}
feuchte Scheibe	
Kupfer	
feuchte Scheibe	
Zink	
feuchte Scheibe	
Kupfer	

und verbinde die äussersten Kupferplatten durch den Multiplicator, der durch die Klammer vorgestellt wird. In dieser Combination sind nirgends, weder zwei ungleichartige feste, noch zwei ungleichartige flüssige Leiter mit einander in Berührung, sondern blos feste mit flüssigen; der Multiplicator draht macht nemlich nur ein gleichgültiges Zwischenglied aus. Dennoch entsteht eine ganz bestimmte Strömung, deren Richtung durch den Pfeil angedeutet ist; die Stärke dieser Strömung ist allerdings viel geringer, als wenn man das mittlere Zink und Kupfer direct durch den Multiplicator verbindet.

b) Man fülle zwei kleine Gläser *A* und *B* mit einer Salpeterlösung und tauche die Platinenden des Multiplicators hinein. In ein drittes Gefäss *C* giesse man etwas Salpetersäure. Man bewerkstellige die Communicationen zwischen *A* und *B* einerseits und *C* andererseits mittelst zweier Bogen von Asbest oder Baumwolle, die mit der Lösung der

Gefässe *A* und *B* getränkt sind, auf folgende Weise. Durch den einen Bogen setze man die Salpetersäure des Gefässes *C* mit der Flüssigkeit in *A* in Verbindung; den zweiten Bogen aber halte man in der Hand, nachdem man an das eine seiner Enden einen kleinen Stab kaustisches Kali angebracht hat, der zuvor schwach mit derselben Auflösung, mit welcher der Bogen selbst befeuchtet worden, nemlich mit der Auflösung, wie sie in den Gefässen *A* und *B* enthalten ist, befeuchtet wird. Endlich bringe man das Alkali mit der Säure des Gefässes *C* in Berührung, während man zugleich das andere Ende des mit dem Alkali verbundenen Bogens in das Gefäss *B* taucht. — Es entsteht ein Strom, der vom Alkali zur Säure geht, und dieser Strom entsteht auch noch dann, ist jedoch viel schwächer, wenn man das Alkali in flüssigem Zustand anwendet. Die Strömung ist überhaupt in diesen Fällen ganz schwach und kann nur mittelst eines sehr empfindlichen Multiplicators nachgewiesen werden. — In dem Fall, wo das Alkali in flüssigem Zustand angewendet wird, ist nirgends ein Metall mit ungleichartigen Flüssigkeiten in Berührung (denn beide Enden des Multiplicators tauchen in Salpeterlösung); der Erfolg kann mithin nur von der Berührung der ungleichartigen Flüssigkeiten unter einander abhängen.

Die Ketten mit zwei flüssigen und einem festen Leiter sind für die Theorie der Strömung von grossem Interesse. Durch solche Vorrichtungen ist bewiesen worden, dass Flüssigkeiten nicht als blosse Leiter betrachtet werden können, wie wir seither angenommen hatten, sondern dass durch ihre Berührung sowohl mit Metallen als unter einander selbst Elektrizität erregt wird, dass sie mit einem Wort mit den Metallen unter Einer galvanischen Spannungsreihe begriffen sind (vergl. S. 690.). Da wir nun wissen, dass durch Combination von beliebigen Körpern, die aber unter dem Gesetz der allgemeinen galvanischen Spannungsreihe stehen, nie eine

continuirliche Strömung hervorgebracht werden kann (vergl. S. 714.), so scheint die Strömung überhaupt nur eine Folge der *Bewegung der Bestandtheile der Flüssigkeiten selbst* zu seyn. In der That wäre es sonst auch nicht möglich, dass die Flüssigkeiten die Richtung der Strömung, wie sie von der Beschaffenheit der Metalle abhängt, nie umkehrten, so lange nicht die Metalle selbst eine chemische Veränderung erleiden, welche allerdings ihr ursprüngliches elektromotorisches Verhältniss umkehren kann (vergl. S. 859. ff.). In Ketten aus zwei flüssigen und Einem festen Leiter muss daher, gerade wie bei Ketten aus drei festen Leitern, ein Zustand des Gleichgewichts eintreten, so lange nicht eine Bewegung der Bestandtheile der Flüssigkeiten oder ihrer selbst erfolgt, und die Richtung der positiven und negativen Flüssigkeiten oder ihrer Elemente muss die Richtung des entsprechenden Stroms bestimmen. Wenn das Metall, mit welchem die Flüssigkeiten combinirt werden, nicht merklich von diesen angegriffen zu werden vermag, wie dieses in der Regel beim Platin der Fall ist, so findet die Bewegung der Flüssigkeiten oder ihrer Elemente *bloß* gegen einander statt, und die Richtung der Strömung lässt sich dann oft leicht nach dem elektrischen Verhältniss der Flüssigkeiten voraussehen, da z. B. Säuren gegen Alkalien elektronegativer sind u. s. f. Können aber die Metalle von den Flüssigkeiten angegriffen oder verändert werden, so findet eine complicirte Wirkung statt, weil dann die Flüssigkeiten oder ihre Bestandtheile nicht *bloß* nach einander hin, sondern auch nach den Metallen zu sich bewegen werden, und mithin das Uebergewicht der Wirkungen die Richtung des Stroms bestimmt, die sich daher in solchen Fällen nicht mit Sicherheit vorausbestimmen lässt.

---

## 4) Thermoelektrische Ketten.

Die von Seebeck entdeckten thermoelektrischen Ketten bieten in mehrfacher Beziehung ein grosses Interesse dar, und erläutern sehr schön verschiedene Punkte der Theorie der gewöhnlichen hydroelektrischen Kette. —

Bei allen bisher betrachteten Ketten war die Zwischenwirkung einer leitenden Flüssigkeit wesentliche Bedingung für die Erregung eines anhaltenden Stroms, und es ist oben (S. 714.) gezeigt worden, dass durch einen aus zwei heterogenen Metallen, ohne Zwischenwirkung einer Flüssigkeit gebildeten geschlossenen Bogen, desswegen keine Strömung hervorgebracht werden kann, weil der von einer Berührungsstelle her strömenden Elektrizität auf jedem Metall stets eine gleichstarke und gleichartige El. von der andern Berührungsstelle her entgegenströmen würde, die durch ihre gegenseitige Abstossung die fortgehende Strömung verhindern und vielmehr einen Zustand des Gleichgewichts hervorbringen müsste, vermöge dessen das eine Metall einen gleichförmigen fixen Zustand positiver, das andere einen gleichförmigen fixen Zustand negativer El. behaupten würde. Solche metallisch geschlossene Ketten würden sich überhaupt in jeder Beziehung wie offene verhalten.

Würde nun aber das elektrische Verhältniss der Metalle an der einen Berührungsstelle so verändert werden können, dass sie hier eine stärkere oder eine schwächere Wirkung äusserten, als an der anderen Stelle, so könnte natürlich kein solcher Gleichgewichtszustand mehr eintreten, sondern es müsste eine Strömung von derjenigen Stelle aus erfolgen, an welcher eine stärkere Wirkung statt findet.

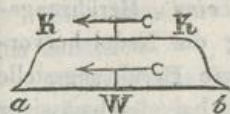
Dieser Erfolg wird wirklich erhalten, wenn man von einer geschlossenen Kette aus zwei Metallen die eine Berührungsstelle erhitzt, während man die andere erkaltet oder auf gewöhnlicher Temperatur lässt, oder umgekehrt, wenn

man die eine Berührungsstelle im Verhältniss zur andern erkaltet; kurz: jede geschlossene Kette aus zwei Metallen wird, ohne alle Mithülfe einer Flüssigkeit, zur wirksamen, wenn man die zwei Berührungsstellen der Metalle auf eine verschiedene Temperatur bringt. — Man hat solche Ketten auch *thermomagnetische* genannt, weil man mittelst derselben, aus bald anzugebenden Gründen, fast blos Wirkungen auf die Magnetnadel hervorzubringen vermag.

Ob die Strömung in solchen Ketten dadurch erregt werde, dass die elektrische Spannung an einer der Berührungsstellen grösser ist, als an der andern, dass also, sey es nun durch Erwärmung oder durch Erkältung, die elektromotorische Kraft vermehrt wird, oder dadurch, dass zwar nicht die el. Spannung, aber die Schnelligkeit, mit welcher sich die El. von der Berührungsstelle der Metalle aus entwickelt, durch Verschiedenheit der Temperatur verändert wird, in welchem Fall dann natürlich diejenige Berührungsstelle die Richtung des Stroms bestimmen würde, von welcher aus sich in gleicher Zeit eine grössere Menge von El. entwickelt, ist durch die Erfahrung bis jetzt nicht ausgemittelt; gegen die erstere Annahme würde übrigens die Erfahrung sprechen, dass gleich erwärmte Elektromotorplatten am Elektrometer merklich dieselbe elektrische Spannung zu erkennen geben, wie Platten von gewöhnlicher Temperatur, wobei jedoch zu bemerken ist, dass die Verschiedenheit der Spannung an den verschiedenen Berührungsstellen nur gering zu seyn brauchte, um die schwachen Strömungswirkungen dieser Ketten hervorzubringen, und daher vielleicht wirklich vorhanden, mittelst des Elektrometers aber nicht wahrgenommen worden seyn konnte.

Der Fundamentalversuch für solche thermo-elektrische Ketten ist folgender:





Eine Wismuthstange aWb wird mit einem gebogenen Streifen starken Kupferblechs aKkb bei a und b zusammengelöthet. Diese Kette erhält

schon dadurch, dass man eine der gelötheten Stellen a oder b mit der Hand oder den Fingerspitzen berührt, eine solche Kraft, dass eine zwischen K und W gebrachte Magnetnadel zu einer Abweichung von  $10^{\circ}$  —  $15^{\circ}$  gebracht wird. Lässt man auf eine der gelötheten Stellen einige Augenblicke lang die Wärme der Flamme einer Weingeistlampe einwirken, so werden diese Abweichungen bis auf  $50^{\circ}$  —  $70^{\circ}$  steigen, und je nachdem dieses bei a oder bei b geschieht, wird die Magnetnadel östliche oder westliche Ablenkung zeigen. — Eben so kann man dergleichen Ablenkungen hervorbringen, wenn man die eine der Löthstellen mit Eis umgibt; während man die andere auf gewöhnlicher Temperatur lässt; die stärksten Abweichungen erhält man aber dann, wenn man die eine Löthstelle erhitzt, während man zugleich die andere erkaltet.

Bei Anwendung von Wismuth und Kupfer geht die Ablenkung der Magnetnadel immer nach einer solchen Richtung, als wenn die Elektrizitätserregung an der *kälteren* Berührungsstelle überwäge, oder von hier aus die Entwicklung der El. vor sich gieng: bei mehreren andern Metallen dagegen geht die Strömung von der *erwärmten* Stelle aus. \*)

Dass in der That nicht die Wärme an sich, sondern nur der Unterschied der Temperatur der beiden Berührungsstellen Ursache der Strömung sey, ergibt sich daraus, dass wenn *beide* Berührungsstellen *gleich stark* erwärmt oder erkaltet werden, keine Strömung erfolgt, und

\*) Sofern nemlich das elektrische Verhältniss der Metalle, wie es sich aus der galvanischen Spannungsreihe ergibt, hierbei vorausgesetzt wird.

dass, nachdem man zuerst nur *eine* Berührungsstelle erwärmt und so eine Ablenkung der Nadel hervorgebracht hat, und nun auch die andere Berührungsstelle erwärmt, die Ablenkung geringer wird, bei gleichmässiger Erwärmung beider Stellen auf Null kommt, endlich aber, wenn die zweite Stelle die Temperatur der ersten zu übersteigen anfängt, wieder erscheint, jedoch nach entgegengesetzter Richtung.

Der Multiplicator leistet hinsichtlich der Verstärkung der Wirkungen solcher Ketten nur wenig Vortheil, weil der Widerstand in diesen blos aus Metallen zusammengesetzten Ketten überhaupt gering ist und durch einen langen Multiplicatordraht verhältnissmässig sehr vermehrt wird; jedenfalls müssen daher die Multiplicatordrähte dicker und weniger lang seyn, d. h. eine geringere Anzahl von Windungen enthalten. Die geringe Wirksamkeit des Multiplicators bei den thermoelektrischen Ketten folgt aus der allgemeinen Theorie der geschlossenen Kette und wird durch die Erfahrung bestätigt. —

Ununterbrochene metallische Continuität des Bogens ist ein wesentliches Erforderniss des thermoelektrischen Stroms, indem schon ein Blatt Papier, eine Goldschlägerhaut u. s. f., zwischen die Metalle an der kalten Berührungsstelle geschoben, alle Wirkung aufhebt. — Auch ist die Wirkung um so stärker, je vollkommener die metallische Continuität ist, daher die Metalle, wenn sie durch Schmelzung mit einander verbunden werden, stärker wirken, als wenn sie einander blos äusserlich berühren.

Es verdient besonders herausgehoben zu werden, dass unter dem Recipienten der Luftpumpe die Art und Grösse der Abweichung vollkommen die gleiche ist, wie an der Luft; wenigstens erhielt man dieses Resultat mit einer Kette von Kupfer und Wismuth.

Man kann zwei verschiedene Ansichten über diese Ketten aufstellen.

1) Entweder bringt man die Resultate dieser Ketten in Harmonie mit der galvanischen Spannungsreihe, indem man annimmt, dass in den thermoelektrischen Ketten das elektrische Verhältniss der Metalle zu einander dasselbe sey, wie in der gewöhnlichen galvanischen Spannungsreihe. Eine nothwendige Consequenz dieser Annahme ist dann aber die weitere Annahme, dass bei einigen Metallen der Strom von der erwärmten, bei andern von der erkälteten Berührungsstelle ausgehe, d. h. dass entweder die Intensität der El., oder die Schnelligkeit, mit welcher die Elektrizität entwickelt wird, bei den ersteren Metallen durch Erwärmung, bei den letzteren durch Erkältung vermehrt werde. Die Metalle würden sich also, je zwei und zwei zusammengefügt, in zwei Klassen theilen: in der ersten Klasse würden sich diejenigen Metalle befinden, bei welchen der Strom von den erwärmten Berührungsstellen ausgeht, wie bei Zink mit Wismuth, Zink mit Silber, Antimon mit Silber u. s. f.; in der zweiten diejenigen, bei welchen der Strom von der erkälteten Berührungsstelle ausgeht, wie bei Wismuth mit Kupfer, Blei mit Silber u. s. f.

2) Oder man nimmt an, dass der Strom immer von der wärmeren Berührungsstelle ausgehe. In diesem Fall stimmen dann natürlich die Resultate der thermoelektrischen Ketten nicht mehr mit den Resultaten überein, welche die allgemeine galvanische Spannungsreihe an die Hand gibt. Nimmt man z. B. an, dass bei Wismuth und Kupfer der Strom von der erwärmten Berührungsstelle ausgehe, so ist Wismuth negativ elektrisch gegen Kupfer, während es in der galvanischen Spannungsreihe positiver als Kupfer ist. Grösserer Einfachheit wegen, und um die Uebersicht zu erleichtern, legt man gewöhnlich diese letztere Ansicht bei der Aufstellung der thermoelektrischen Reihe zu Grunde,

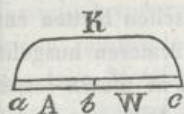
in welcher jedes Metall positiv mit dem ihm in der Reihe folgenden, negativ mit ihm in der Reihe vorstehenden wird. — Eben so gut könnte man aber auch annehmen, dass der Strom stets von der kälteren Berührungsstelle ausgehe; natürlich würde dann aber die Reihe die umgekehrte Richtung haben müssen.

Es wäre denkbar, dass wenn bei der Combination des Metalls *a* mit dem Metall *b*, und bei der Combination des Metalls *b* mit dem Metall *c* die Strömung von der wärmeren Berührungsstelle ausgeht, nicht auch gerade bei der Combination des Metalls *a* mit dem Metall *c* die Strömung von der erwärmten Stelle ausgehen könnte: dann würden sich die Metalle nicht in einer solchen Reihe aufstellen lassen. Sie lassen sich aber wirklich der Erfahrung zufolge in einer solchen Reihe aufstellen, und ihre Stelle in dieser Reihe ist wenigstens für unbedeutende Unterschiede der Temperatur der beiden Berührungsstellen, ja sogar bei den meisten Metallcombinationen für beträchtliche Temperaturdifferenzen unveränderlich; bei höheren Temperaturdifferenzen aber ändern allerdings einige Metallcombinationen ihre Stelle in der Reihe. In der Regel wächst die Grösse des elektrischen Stroms mit der Grösse der Temperaturdifferenz der beiden Berührungsstellen: bei manchen Metallen nimmt sie aber mit höherer Temperaturdifferenz wieder ab, wird endlich Null, um bei noch höherer Temperatur in die entgegengesetzte Strömung überzugehen.

In Bogen völlig homogener Metalle lässt sich durch eine Temperaturdifferenz, die man an verschiedenen Stellen derselben anbringt, keine Strömung hervorbringen. Seebeck hat gezeigt, dass wenn in solchen Bogen durch verschiedene Erwärmung wirklich eine Strömung entstand, keine vollkommene Homogenität statt fand, was sich nicht blos durch Verschiedenheit des Gefüges an verschiedenen Stellen zu erkennen gab, sondern auf das Bestimmteste auch dadurch, dass solche Bogen immer an gewissen Punkten stär-

ker als an andern das Vermögen besassen, durch Erwärmung oder Erkältung zur Strömung disponirt zu werden.

Werden zwei Metalle zu einem geschlossenen Bogen nicht durch sich selbst, sondern durch ein drittes, z. B. Antimon und Wismuth durch Kupfer, verbunden, und erwärmt man nun die Berührungsstelle bei *b*, so ist die Ablenkung von derselben Art, als wenn *A* und *W* auch in *a* und *c* mit einander verbunden wären, und *K* äussert nur dadurch einen Einfluss, dass es den vom Strom zu durchlaufenden Weg verlängert, und dadurch die Kraft desselben schwächt, ohne jedoch seine Richtung zu verändern.



Wird dagegen *b* kalt gelassen, aber *a* und *c* erwärmt, so verfolgt der Strom die umgekehrte Richtung von vorhin, und zwar die, welche er verfolgen würde, wenn *a* und *c* unmittelbar, mit Weglassung von *K*, zusammengelöthet wären und die Löhstelle erhitzt würde.

Die thermoelektrischen Ketten verhalten sich daher in dieser Beziehung wie die hydroelektrischen, bei welchen es auch ganz gleichgültig ist, ob die Elektromotoren einander unmittelbar oder mittelbar durch Zwischeneinbringung irgend eines beliebigen Metalls berühren. Ueberhaupt lassen sich die thermoelektrischen Ketten ganz mit den hydroelektrischen vergleichen, wenn man die kältere Berührungsstelle der ersteren dem feuchten Zwischenleiter der letzteren entsprechend setzt. Insofern man nemlich voraussetzt, dass der Strom von der erwärmten Stelle ausgehe, und insofern ein solcher Strom nur durch das Uebergewicht der Elektricitäts-Entwicklung an dieser erwärmten Stelle über die Elektricitäts-Entwicklung an der kälteren entsteht, so ist es ganz so, als würde an der kälteren Stelle gar keine El. erregt, und als würde die an der wärmeren erregte El. durch die kältere bloß *fortgeleitet*. So wie die feuchten Zwischen-

leiter der hydroelektrischen Ketten, als schlechte Leiter, den Strom bedeutend schwächen, so schwächt die an der kälteren Berührungsstelle der thermoelektrischen Ketten entwickelte El. den Strom, der von der wärmeren ausgeht, durch ihre Repulsivkraft, so dass überhaupt in diesen letzteren Ketten eine Strömung blos, vermöge einer Differenz, sey es nun in der *Spannung* der an beiden Stellen entwickelten El., oder in der *Schnelligkeit*, mit welcher sie entwickelt wird, erfolgen kann.

Diese Analogie der hydroelektrischen und thermoelektrischen Ketten lässt auch erwarten, dass sich wirksame *vielgliedrige* thermoelektrische Ketten nach Art der hydroelektrischen (voltage) Säulen werden zusammensetzen lassen, indem man z. B. Wismuth- und Kupferstäbe in abwechselnder Folge zu einem geschlossenen Kreis zusammenlöthet und die Löthungsstellen abwechslungsweise erhitzt und erkaltet, und gerade durch die besondere Art der Wirksamkeit solcher vielgliedriger Ketten wird die Analogie dieser beiden Arten von Ketten auf das Vollkommenste hergestellt und zugleich die oben aufgestellte allgemeine Theorie der geschlossenen Kette bekräftigt.

So wie nemlich eine durch sich selbst geschlossene, aus ganz gleichartigen Paaren zusammengesetzte, hydroelektrische Kette keine grössere Ablenkung der Magnetonadel hervorbringt, als ein einziges Paar (S. 789. 793.), ebenso bringt auch eine geschlossene vielgliedrige thermoelektrische Kette keine grössere Ablenkung, als ein einzelnes Glied hervor, *wenn jedes Glied immer die nemliche Länge behält*, mithin die Länge der ganzen Kette, d. h. der Widerstand der Theile derselben, in demselben Grade zunimmt, als die Zahl der Elemente, aus welchen sie gebildet wird.

Gerade aber, wie die Kraft einer geschlossenen einfachen, oder einer durch sich selbst geschlossenen vielpaarigen hydroelektrischen Kette verstärkt wird, wenn man den

Leitungswiderstand des einzelnen oder der vielen feuchten Zwischenleiter vermindert, d. h. eine bessere Leitungsflüssigkeit anwendet, so wird auch die Kraft einer vielgliedrigen thermoelektrischen Kette verstärkt, wenn man alle einzelnen Metallstäbe kürzer nimmt, und dadurch den Leitungswiderstand vermindert. Aus dem Gesagten folgt aber, dass die Kraft einer solchen vielgliedrigen Kette doch nicht stärker wird, als die Kraft eines einzelnen Gliedes derselben, dass also die Wirksamkeit der thermoelektrischen Kette mit der Anzahl der Glieder bloß dann zunimmt, wenn die *Gesamtkette* dabei immer die nemliche Länge behält, welches dadurch erreicht wird, dass man die einzelnen metallischen Glieder in dem Maasse, als sie vervielfältigt werden, zugleich kürzer nimmt. Dieses Resultat ergibt sich aus der allgemeinen Formel für die Wirksamkeit geschlossener Ketten unmittelbar, nach welcher diese Wirksamkeit gleich ist der Summe der elektromotorischen Kräfte dividirt durch die Summe der Leitungswiderstände: es folgt nemlich hieraus, dass wenn die elektromotorische Kraft in demselben Verhältniss vervielfacht wird, als der Leitungswiderstand, keine Verstärkung des Stroms erhalten werden kann, welche aber sofort erhalten wird, wenn bei gleichbleibendem Totalwiderstand die elektromotorische Kraft vervielfältigt wird, wenn also z. B. die Länge der Gesamtkette, d. h. der Totalwiderstand, unverändert bleibt, während die elektromotorische Kraft dadurch vervielfältigt wird, dass man die in mehrere Stücke zerschnittenen Metallstäbe zu einem geschlossenen Kreis zusammenlöthet und nun an den Lötungsstellen in abwechslender Folge erhitzt und erkaltet.

Man hat mehrere Anordnungen solcher zusammengesetzten Ketten angegeben, von welchen folgende sehr bequem ist. Die Metallstäbe sind hier so gestellt, dass alle Berührungsstellen



nach oben und nach unten zu liegen kommen, so dass die einen gemeinschaftlich (z. B. mittelst einer heissen Stange) erhitzt, die andern gemeinschaftlich (z. B. durch Eintauchen in gestossenes Eis) erkaltet werden können. Es versteht sich, dass man sich solche Reihen, wenn sie auf die Magnetaedel wirken sollen, als in sich zurücklaufend oder durch einen metallenen Leiter geschlossen vorstellen muss.

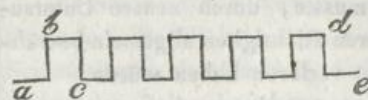
Aus der allgemeinen Theorie der geschlossenen Kette ergibt sich auch ferner, dass durch thermoelektrische Ketten die übrigen Wirkungen der geschlossenen Kette ausser den magnetischen, namentlich die physiologischen, chemischen und Verbrennungswirkungen, entweder gar nicht, oder doch nur sehr undeutlich hervorgebracht werden können.

Was die physiologischen und chemischen Wirkungen betrifft, so wird bekanntlich im Allgemeinen ein sehr grosser Widerstand durch den Körper, der diese Wirkungen erfahren soll, in die Kette gebracht. Flüssigkeiten namentlich leisten einen ohne alle Vergleichung grösseren Leitungswiderstand, als metallische Körper, so dass selbst der Totalwiderstand der thermoelektrischen Kette gegen den Widerstand einer auch sehr kurzen Flüssigkeits-Schicht beinahe verschwindet; wirklich lehrt auch die Erfahrung, dass durch die Einbringung eines feuchten Zwischenkörpers in die thermoelektrische Kette die Wirkung derselben so geschwächt wird, dass sie höchstens noch durch sehr empfindliche Galvanometer, oder an den Zuckungen sehr reizbarer Froschpräparate wahrgenommen werden kann.

Am ehesten hätte sich noch erwarten lassen, dass durch thermoelektrische Ketten Verbrennungswirkungen sollten hervorgebracht werden können, da, um diese hervorzubringen, ein verhältnissmässig geringer Widerstand in die Kette gebracht wird; durch die Erfahrung wurden jedoch auch in dieser Beziehung bis jetzt keine deutlichen Wirkungen nachgewiesen.



Nobili hat der mit einem Multiplikator in Verbindung gesetzten thermoelektrischen Kette eine solche Einrichtung gegeben, dass sie ein höchst empfindliches *Thermoskop* abgibt. Der Apparat besteht aus 6 zusammengelötheten Wismuth- und Antimon-Paaren von folgender Form:



Das erste Antimonstück ist *ab*, und das erste Wismuthstück *bc*, und so abwechselnd bis zum Wismuthstück *de* am andern Ende. Diese Vorrichtung befindet sich aber nicht in einer Ebene, sondern in einem Kreise aufgestellt, so dass sie einen kleinen Raum einnimmt, und *a* und *e* einander nahe zu liegen kommen. Der ganze Apparat ist in einer Büchse befestigt, worin er mit einem nicht leitenden Kitt umgossen wird, so dass nur die in die Höhe stehende Bogenreihe *bd* etwas über dem Kitt erhöht bleibt. Jedes der Enden *a* und *e* wird zuvor an einen Kupferstreifen befestigt, die beide an der Seite der Büchse hervorstehen und mit den Enden eines Multiplikators in Verbindung gesetzt werden, welcher aus schon angeführten Gründen für diesen Zweck aus *starkem* Kupferdraht und einer *geringen Anzahl* von Windungen bestehen muss, und mit der Nobilischen Doppel-Nadel (S. 732.) versehen ist. — Wird nun die Temperatur der unbedeckten Bogenreihe *bd* nur um einen Grad verändert, so zeigt sich sogleich eine Abweichung der Magnetnadel. Bei zwei Graden beträgt die Abweichung schon 30° bis 40°. — Man sieht also, dass dieser Apparat die Dienste eines höchst empfindlichen Thermoskops oder vielmehr eines Differentialthermometers leistet, indem eine Aenderung z. B. in der Temperatur der die Büchse umgebenden Luft zunächst nur die unbedeckte Bogenreihe *bd*, nicht aber die mit einem nicht leitenden Kitt umgossene Bogenreihe *ae* afficirt. Aus der Richtung der Ablenkung der Magnetnadel schliesst man, ob die obere unbedeckte Bogenreihe in Vergleichung

mit der unteren eine Erhöhung oder eine Erniedrigung der Temperatur erfahren hat.

#### *Unipolare Leiter.*

Ich habe noch von einer Thatsache zu sprechen, die sehr auffallend erscheinen musste, durch neuere Untersuchungen jedoch, wenn sich deren Richtigkeit allgemein bewähren sollte, alles Wunderbare verloren haben würde.

Erman hatte gefunden, dass der Uebergang der EL. von den metallischen Polen der Säule zu gewissen Körpern für die eine Art von EL. erschwerter erscheint, als für die andere, so dass solche Körper unter gewissen Umständen für die eine Art von EL. isolirend wirken, während sie die andere Art von EL. abzuleiten vermögen. Nach der Eigenschaft, vorzugsweise die positive oder negative EL. abzuleiten, theilt Erman diese Art Leiter in *positiv-unipolare* Leiter, wohin die Flammen aller sehr wasserstoffreichen Körper, z. B. des Alkohols, der fetten und ätherischen Oele, des Wachses, Camphers, der Harze u. s. f. gehören, und in *negativ-unipolare* Leiter, wohin der ganz trockene Eiweissstoff, die ganz trockene alkalische Seife, die Flamme des Phosphors gehören.

Der Fundamentalversuch Ermans ist folgender:

1) Man errichtet eine mit einer gut leitenden Flüssigkeit geschichtete voltasche Säule, die aus so vielen Plattenpaaren besteht, dass sie auch ohne Anwendung des Condensators an ihren Polen elektroskopische Erscheinungen zeigt. Steckt man hierauf in das eine Ende eines prismatischen Stücks *recht trockener* alkalischer Seife einen Metalldraht, der mit dem Boden in Verbindung steht, und berührt mit dem andern Ende des Seifenprismas *irgend einen* der beiden isolirten Pole der Säule, so wird sich der berührte Pol sogleich entladen, die Divergenz des daselbst

befindlichen Elektroskops wird Null, dagegen nimmt die Divergenz des Elektroskops am andern Pol zu; kurz man erhält denselben Erfolg, wie wenn der vom Seifenprisma berührte Pol mit dem Boden in leitender Verbindung gestanden hätte.

2) Schliesst man dagegen eine an beiden Polen isolirte Säule auf die Weise, dass man in die beiden Enden des Seifenprismas Metalldrähte steckt, die sich nach beiden Seiten zu den Polen begeben, so divergiren die Elektroskope noch wie zuvor, so dass die Seife als Nichtleiter zu wirken scheint.

3) Berührt man aber jetzt die Seife einen Augenblick mit einem Metalldraht, der mit dem Boden in Verbindung steht, so fällt das Elektrometer am negativen Pol sogleich zusammen, während das Elektrometer am positiven Pol das Maximum der Divergenz erlangt.

Aus n<sup>o</sup>. 3. folgt, dass die Seife blos die negative El. ableitet, und dieses ist selbst dann der Fall, wenn man sie ganz nahe an dem Draht berührt, der sich zum positiven Pol der Säule begibt, denn auch dann bleibt dieser positive Pol isolirt, d. h. das an demselben angebrachte Elektroskop behält seine Divergenz bei. Dieses erhellt noch weiter auf das Bestimmteste aus folgender Erfahrung. Wenn man, während die Seife die Verbindung zwischen beiden Polen der Säule herstellt, mit benetzten Fingern zugleich den negativen, in die Seife gehenden Polardraht, und die Seife selbst berührt, so erhält man keinen Schlag und die Elektrometer verhalten sich, wie bei n<sup>o</sup>. 3. angeführt wurde. Das negative nemlich bleibt Null, und das positive erreicht das Maximum ebenso, wie bei blosser Anlegung der Hand an die Seife. Berührt man aber mit benetzten Fingern den positiven Draht und die Seife selbst, so erhält man einen Erschütterungsschlag: die Elektrometer fallen zusammen und der Kreis ist

geschlossen. Dieser Erfolg beweist, dass *durch die Seife hindurch* die positive El. vom positiven Pol nicht in den Körper eindringen und sich mit der vom negativen Pol aus in denselben eindringenden negativen El. verbinden kann, während eine solche Verbindung erfolgt, wenn man den positiven Draht berührt, und so die positive El. ableitet, zugleich aber die Seife berührt und damit auch die negative El., die in der Seife keinen Widerstand findet, ableitet.

Der Erfolg von n<sup>o</sup>. 2. lässt sich nur durch die Annahme erklären, dass die negative El. eine eben so grosse Schwierigkeit findet, von der Seife zum Metall überzugehen, als die positive El. eine Schwierigkeit findet, vom Metall zur Seife überzugehen. Denn wäre dieses nicht der Fall, so würde kein Grund vorhanden seyn, warum nicht die negative El. durch die Seife hindurch in den positiven Draht übertreten, dort die positive El. neutralisiren, und die Kette geschlossen werden sollte.

Dass übrigens die Seife der positiven El. den *Durchgang* durch ihre Substanz nicht verwehre, wenn sie nur einmal den *Uebergang* zu ihr gefunden hat, erhellt daraus, dass wenn man einen feuchten Leiter an den positiven Draht und die Substanz der Seife andrückt, die positive El. eben so gut den Weg durch sie findet, als die negative. Unterbricht man z. B. die Continuität eines der in die Seife befestigten Drähte durch einen Wasserzersetzungsapparat, so wird, so lange die Poldrähte blos durch die trockene Seife mit einander in Verbindung stehen, keine Wasserzersetzung statt finden, weil (vergl. n<sup>o</sup>. 2.) die Strömung so gut als unterbrochen ist. Legt man nun eine befeuchtete Tuchscheibe an den *negativen* Polardraht so, dass sie zugleich die Fläche der Seife berührt, so wird immer noch keine Wasserzersetzung statt finden, denn die Verhältnisse werden dadurch nicht geändert, da die Seife für sich, ohne einen solchen feuchten Leiter, die negative El. durchlässt. Sobald man aber den feuchten Leiter zwischen den *positiven* Draht und

die Substanz der Seife andrückt, so stellt sich augenblicklich die Wasserzersetzung ein: die vorher divergirenden Elektroskope fallen zusammen, die Säule ist geschlossen. Da schon die geringste Menge von Feuchtigkeit diesen Erfolg hervorbringt, so ergibt sich die Nothwendigkeit, die Seife ganz trocken anzuwenden, wenn man an ihr die Zeichen der Unipolarität beobachten will. Der Erfolg n<sup>o</sup>. I. erklärt sich durch die Annahme, dass der Uebergang der Elektricitäten zwischen Seife und Metall nicht absolut verhindert, sondern nur so erschwert ist, dass sich nicht alle El. in dem Maasse, als sie sich an den Polen ansammelt, durch die Berührungsstelle der Seife mit dem Metall hindurch schnell genug zu O E. vereinigen kann, während diese Schwierigkeit bei der Ableitung bloß des Einen Pols nicht in Betracht kommt, da die Ableitung doch jedenfalls unendlich grösser für den abgeleiteten, als für den durch Luft oder andere gute Isolatoren isolirten Pol bleibt.

Das Wunderbare und Unerklärte dieser Erscheinungen würde nun aber ganz wegfallen, wenn sich zeigen liesse, dass der unipolare Leiter bloß aus dem Grunde die eine Art von El. nicht ableitet, weil an der Stelle, wo diese El. einströmen sollte, vermöge der Einwirkung der Kette selbst ein Nichtleiter sich bildet, dass also die Ausbildung der Unipolarität eine wahrnehmbare Zeit erfordert, um zu Stande zu kommen. Dieses hat Ohm bei der Seife wirklich nachgewiesen, denn er fand, dass eine zwar sehr kleine, doch wahrnehmbare Zeit erfordert wird, um bei ihr die Unipolarität zu Stande zu bringen, dass also die Unipolarität vermöge einer chemischen Wirkung der Kette auf die Seife entsteht, einer Wirkung, die auf der Bildung eines schlechtleitenden Ueberzugs an dem mit dem positiven Pol verbundenen Ende des Seifenprismas, vermuthlich auf der Ausscheidung einer fetten Säure, Talgsäure oder Oelsäure, beruht.

Was diese Erklärung sehr unterstützt, ist die von Ohm

entdeckte Thatsache, dass auch die concentrirte Schwefelsäure ausgezeichnet negativ unipolare Eigenschaften besitzt, aber nur unter solchen Umständen, wo sich ein schlecht leitender Ueberzug bilden kann, und dass diese Unipolarität hier eine sehr merkliche Zeit zur Ausbildung bedarf. Zwischen Polardrähten von Platin oder Gold nemlich, auf welche Metalle die Schwefelsäure keine Einwirkung zeigt, kommt auch keine Unipolarität zu Stande, wohl aber zwischen Polardrähten von Zink oder Messing, vermöge Bildung eines in concentrirter Schwefelsäure unauflöslichen Ueberzugs von schwefelsaurem Zinkoxyd.

Was die übrigen Körper betrifft, von denen bisher unipolare Eigenschaften bekannt waren, wie trockener Eiweissstoff, Flammen u. s. f., so ist durch Versuche bis jetzt nicht ausgemittelt, ob sie wirklich von der Bildung eines schlechtleitenden Ueberzugs abhängig seyen; den Hauptumstand jedoch, dass die Ursache der Unipolarität nicht schon ursprünglich in den Körpern vorhanden sey, hat Ohm bei einigen Flammen wiedergefunden. — Dieser Gegenstand bedarf noch weiterer Untersuchungen.

*Einfluss des ungleichzeitigen Eintauchens homogener Metalle auf die Erregung und Richtung des Stroms.*

Eine andere, sehr merkwürdige und bis jetzt ganz unerklärte Thatsache ist folgende.

Wenn man zwei Platten eines homogenen Metalls an den Enden eines Multiplicatordrahts befestigt, hierauf zuerst die eine Platte für sich in ein Gefäß mit saurem oder salzigem oder sogar gemeinem Wasser taucht, dann nach einiger Zeit die andere hinzufügt, so entsteht immer ein Strom, und die Richtung dieses Stroms zeigt an, dass das früher eingetauchte Metall sich *positiv* gegen das später eingetauchte verhält. Zieht man jetzt die zuerst eingetauchte Platte her-

aus, während man die andere in der Flüssigkeit lässt, und taucht sie dann nach einiger Zeit wieder hinzu, so kehrt sich die Richtung des Stroms um, *indem sich wieder das zuletzt eingetauchte Metall negativ verhält*. Man kann auf diese Weise die Umkehrung der Strömung so oft wiederholen als man will, ohne dass die Erscheinung merklich an Intensität abnimmt, und es ist dabei gleichgültig, ob man das herausgezogene Metall abwischt oder nicht. Die Erscheinung selbst aber, d. h. die Stärke der durch das ungleichzeitige Eintauchen erregten Strömung nimmt immer mehr ab, je längere Zeit das zuletzt eingetauchte Metall neben dem zuerst eingetauchten in der Flüssigkeit sich befindet, und die Strömung verschwindet am Ende gänzlich, lässt sich aber dann durch erneuertes ungleichzeitiges Eintauchen sogleich wieder herstellen.

Eine Bedingung, damit durch das ungleichzeitige Eintauchen eine Strömung erfolge, scheint zu seyn, *dass die Flüssigkeit eine merkliche chemische Reaction auf das Metall ausübe*. Man findet nemlich, dass diese Erscheinung um so leichter hervorgerufen wird, je leichter oxydirbar die Metalle sind, daher sie besonders bei dem Zink sehr auffallend ist, und bei diesem Metall, bei Anwendung eines empfindlichen Multipliers, schon mittelst blossen Brunnenwassers zum Vorschein kommt, jedoch um so lebhafter ist, je mehr Salz, oder auch, bis auf eine gewisse Grenze, je mehr Säure dem Wasser zugefügt wird. In concentrirten Säuren wird die Erscheinung undeutlicher, vielleicht, weil die durch das ungleichzeitige Eintauchen erregte Differenz durch die Säure zu schnell wieder aufgehoben wird, um wahrnehmbar zu werden, oder weil der Einfluss der bei verschiedenen Zinkplatten in einem gewissen Grade immer stattfindenden Heterogenität über den Einfluss des ungleichzeitigen Eintauchens das Uebergewicht erhält, so dass der Ausschlag bald nach dieser bald nach jener Richtung erfolgt,

je nachdem diese beiden Einflüsse nach derselben oder nach entgegengesetzter Seite wirksam sind.

Wenn nun aber gleich die durch das ungleichzeitige Eintauchen erregte Strömung bei leicht oxydirbaren, d. h. bei elektropositiven Metallen auffallender ist, als bei schwieriger oxydirbaren negativen, so zeigt sie sich doch auch bei diesen letzteren, nur scheint dann eine stärker eingreifende Flüssigkeit erforderlich zu seyn.

Auch bei andern Arten chemischer Einwirkung! als der oxydirenden, zeigt sich diese Erscheinung, namentlich wenn man sich einer Schwefelleberlösung bedient, in welchem Fall bei Silber und Kupfer eine sehr starke Wirkung erfolgt; auch hier verhält sich das später eingetauchte Metall negativ gegen das früher eingetauchte. Auch in alkalischen Lösungen, die übrigens nach Art der Säuren, nemlich durch indirecte Oxydation zu wirken scheinen, verhält sich das später eingetauchte Metall negativ.

Es war natürlich, dass man diese Erscheinungen durch eine chemische Aenderung des früher eingetauchten Metalls zu erklären suchte. Diese Erklärung hält aber schon deswegen nicht Stich, weil dann namentlich bei dem Zink gerade der entgegengesetzte Erfolg beobachtet werden müsste. Das Zink strebt nemlich sich im Wasser zu oxydiren, oxydirtes Zink ist aber negativ gegen blankes, mithin sollte gerade das zuerst eingetauchte Zink negativ gegen das zuletzt eingetauchte seyn, während doch das Gegentheil beobachtet wird. Man mag ferner zwei ganz frisch gefeilte Zinkplatten, oder eine frisch gefeilte und eine an der Luft ganz matt gewordene gegen einander in kochsalzhaltigem Wasser prüfen: immer zeigt sich die zuerst eingetauchte positiv gegen die zuletzt eingetauchte, man mag nun die frische oder die matte Zinkplatte zuerst eingetaucht haben. Wenn man endlich eine Zinkplatte längere Zeit eingetaucht lässt, sie dann herauszieht, die andere hin-



eintaucht, und gleich nachher die erste wieder hinzu- taucht, so wird diese erste, ungeachtet sie längere Zeit ge- habt hat, sich in der Flüssigkeit zu verändern, dennoch negativ gegen die andere sich verhalten, die nur ganz kur- ze Zeit in der Flüssigkeit verweilt hatte. — Die Luft hat auf diese Erscheinung keinen Einfluss, indem sie sich nach Fe- chner in Wasserstoffgas und kohlen-saurem Gas ganz auf die gleiche Weise zeigt.

Möglicherweise könnten übrigens die in Schwefelleber- lösung beobachteten Wirkungen nicht von gleicher Natur seyn mit den in sauren und salzigen Lösungen beobachteten, und vielmehr von einer durch die chemische Aenderung be- wirkten *grösseren* Heterogenität des zuerst eingetauchten Metalls herrühren, insofern diese Heterogenität durch den Einfluss der Luft sehr schnell zerstört wird, und es sich da- her erklären liesse, warum, wenn man das zuerst hineinge- tauchte Metall heraus an die Luft zieht, und es dann wie- der nach einiger Zeit hineintaucht, die Richtung der Strö- mung die entgegengesetzte wird, indem das an die Luft ge- brachte Metall die durch die chemische Wirkung hervorge- brachte Heterogenität schnell verloren haben und dadurch in seinen ursprünglichen elektrischen Zustand zurückgesetzt worden seyn könnte.

*Ueber das Verhältniss der gemeinen Elektrizität zur gal- vanischen Elektrizität.*

Die vollkommene Identität der gemeinen Elektrizität, wie sie z. B. durch Reiben erregt wird, mit der galvani- schen Elektrizität, deren Erregung auf der Berührung hete- rogener Körper beruht, erhellt schon aus dem bisher Gesagten zur Genüge. Ich stelle die hierauf bezüglichen schon er- wähnten Thatsachen hier zusammen, und füge noch einige weitere hinzu.

1) Leiter der gemeinen El., wie Metalle, Kohle u. s. f.

sind auch Leiter der galvanischen; Körper dagegen, welche wie z. B. Glas, Schwefel, die gemeine El. nicht leiten, verwehren auch der galvanischen El. den Durchgang.

2) Die galvanische El. wirkt auf das Elektrometer, d. h. sie äussert die elektrischen Anziehungen und Abstossungen, wie die gemeine El.

3) Die galvanische El. ist, gerade wie die gemeine, fähig, eine Leidner Flasche oder Batterie zu laden.

4) Die durch einen galvanischen Schlag erregte Empfindung ist ähnlich derjenigen, welche man erhält, wenn man eine Leidner Flasche durch den Körper sich entladen lässt.

5) Die galvanische, wie die gemeine El. nimmt durch Luft und andere Nichtleiter ihren Weg in Gestalt von Funken, die von einem eigenthümlichen Geräusch begleitet sind; auch lassen sich durch gemeine sowohl als durch galvanische El., Metalle in Fluss bringen, glühend machen und wirklich verbrennen; andere brennbare Körper, wie Phosphor, Schwefel, Naphtha, Schiesspulver, sowohl mittelst des gemeinen elektrischen, als mittelst des galvanischen Funkens entzünden.

6) Endlich lassen sich auch solche Wirkungen, von welchen man zum Theil früher geglaubt hatte, dass sie blos durch die galvanische El. hervorgebracht werden können, namentlich die zersetzenden Wirkungen auf chemisch verbundene Körper, so wie die Wirkungen auf die Magnetaedel, durch die gemeine El., wiewohl mit bedeutender Schwierigkeit, hervorbringen.

Deimann und Troostwyck fanden zuerst, dass bei jedem durch das Wasser hindurch geleiteten Entladungsschlage einer Leidner Flasche Gasblasen sich von den Spitzen der in das Wasser reichenden Drähte erheben, die sich als ein Gemeng von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas verhalten. Ritter bemerkte, dass das Sauerstoffgas blos von dem mit dem positiven Beleg der Flasche in Verbindung stehenden Draht,

das

das Wasserstoffgas blos von dem negativen Draht sich erhebt, dann nemlich, wenn der mit dem positiven Beleg in Verbindung gesetzte Draht ein edles Metall ist: ist dieser Draht ein unedles Metall, so erscheint am positiven Draht kein Sauerstoffgas, weil es den Draht oxydirt, und nur am negativen kommt Gas zum Vorschein. Wollaston dagegen erhielt immer an jedem Draht ein Gemeng von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas. Es gelang ihm, mittelst eines sinnreichen Verfahrens, das Wasser durch sehr schwache Grade gemeiner El., und ohne alle Anwendung von verstärkten Schlägen, zu zersetzen. Höchst feine Gold- oder Platindrähte, die man in eine feine Spitze endigen liess, wurden in gläserne Haarröhrchen gesteckt, das Ende des Röhrchens an das spitzige Ende des Drahts angeschmolzen, hierauf so weit von der Glasmasse abgeschliffen, bis gerade die Spitze des Drahts zum Vorschein kam. Leitete nun Wollaston Electricität, die aus dem Conductor einer Elektrisirmaschine in Funkengestalt auf den Draht schlug, mittelst der so zubereiteten Spitze des Drahts in Wasser, so wurde dieses zersetzt. Es gelang ihm sogar, das Wasser bei unmittelbarer Berührung des Drahts mit dem positiven oder negativen Conductor, so dass mithin gar keine Funken entstehen konnten, zu zersetzen, wenn er die Verfeinerung der Endspitze des Drahts auf das Aeusserste trieb, was auf folgende Weise geschah. Er füllte ein Haarröhrchen mit einer Auflösung von Gold in Königswasser und verjagte die Säure durch Erhitzung, so dass ein dünnes Goldhäutchen zurückblieb, welches das Innere der Röhre überzog und sich durch Schmelzen des Haarröhrchens in einen Goldfaden verwandelte, der sich mitten durch das Glas hinzog.

Wurde nun die El. durch das Ende dieses Fädchens in das Wasser geleitet, so bedurfte es keiner von dem Conductor auf das andere Ende überschlagenden Funken, sondern dieses andere Ende konnte unmittelbar mit dem Conductor

in Berührung stehen, und man erhielt dessen ungeachtet einen zusammenhängenden Strom kleiner Gasblasen. Als Wollaston einen solchen Draht mit dem positiven, einen zweiten mit dem negativen Conductor einer Elektrisirmaschine in Berührung brachte, und die feinen Spitzen derselben in Wasser leitete, erhielt er zwei Gasströme. *Immer aber erhielt er von jedem der beiden Drähte Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zugleich.*

Man sieht hieraus, dass zwar durch gemeine wie durch galvanische El. das Wasser zersetzt werden kann, dass aber dennoch diese beiderlei Wirkungsarten nicht identisch sind, insofern bei der Zersetzung des Wassers durch gemeine El. nicht zwei Pole erfordert werden, sondern eine einzige Art von El. ausreicht, und an Einem Draht die beiden Bestandtheile des Wassers zugleich zum Vorschein kommen, während bei der Zersetzung des Wassers durch galvanische El. zwei entgegengesetzt elektrische Pole in Thätigkeit sind und an jedem einzelnen Pol nur Ein Bestandtheil des Wassers zum Vorschein kommt.

Zwar versichert Davy, er habe, bei sorgfältiger Vermeidung von Funken, auch nach Wollaston's Verfahren die beiden Bestandtheile des Wassers gesondert erhalten, indem er die feine Spitze des Drahts in isolirtes destillirtes Wasser leitete, das andere Ende des Drahts mit einem Conductor (positiven oder negativen), in Berührung brachte und die in das Wasser geleitete El. durch befeuchtete baumwollene Fäden in die Atmosphäre sich zerstreuen liess. Wurde der Draht mit dem positiven Conductor in Berührung gebracht, so entband sich an der Spitze Sauerstoffgas mit etwas Stickgas gemengt; wurde er dagegen mit dem negativen Conductor in Berührung gebracht, so entband sich Wasserstoffgas mit ein wenig Sauerstoffgas und Stickgas. In beiden Fällen betrug die fremden Gasarten nicht  $\frac{1}{30}$  des ganzen Gasvolumens und rührten höchst wahrscheinlich von

der dem Wasser beigemengten atmosphärischen Luft her. Was den Wasserstoff des zersetzten Wassers in dem ersten und den Sauerstoff in dem zweiten Fall betrifft, so nimmt Davy an, dass sie an den Punkten entbunden worden seyen, wo die Zerstreuung der El. in die Atmosphäre vor sich gieng, was er jedoch durch Versuche nicht nachgewiesen hat.

Aber auch durch diese Erfahrung von Davy wird die Wasserzersetzung, welche durch gemeine El. hervorgebracht wird, mit derjenigen Wasserzersetzung, welche die galvanische El. bewirkt, nicht identificirt, denn bei der ersten Art von Zersetzung kommt dieser Erfahrung zufolge zwar ein Bestandtheil des Wassers gesondert an einem Pol zum Vorschein, der andere Bestandtheil des Wassers erscheint aber nicht am entgegengesetzten Pol; an dem negativen Pol erscheint Wasserstoffgas, aber nur das Wasserstoffgas des an diesem Pole zersetzt werdenden Wassers, nicht auch zugleich das Wasserstoffgas des Wassers, welches an dem andern Pol zersetzt wird; dasselbe gilt für das am positiven Pole erscheinende Sauerstoffgas. Die Pole sind keine wahren Pole, denn die Wirkung eines jeden der beiden sogenannten Polardrähte ist eine isolirt für sich bestehende, die von der Wirkung des andern Polardrahts durchaus unabhängig ist. Gerade das, was die Zersetzung des Wassers durch die galvanische El. charakterisirt, nemlich die Ueberführung des einen Bestandtheils des Wassers von einem Pol zum andern, die Abhängigkeit beider Pole von einander, findet bei der Zersetzung des Wassers durch gemeine El. nicht statt. Diese Unabhängigkeit der Pole, oder vielmehr der Spitzen für die Zersetzung von einander, lässt sich erweisen, wenn man eine derselben durch einen Draht oder Finger ersetzt; diese Veränderung stört die Wirkung der beibehaltenen Spitze nicht im Geringsten, wiewohl an dem Draht oder Finger alle Wirkung ausbleibt. Faraday hat gezeigt, dass die Menge des bei elektro-chemischer Zersetzung

zerlegten Stoffe nicht der Intensität, sondern der Quantität der durchgegangenen Elektrizität proportional ist. Bei dem Wollaston'schen Versuche ist aber dieses nicht der Fall. Wenn, bei einem unveränderten Spitzenpaar, die Elektrizität in Funken aus der Maschine dringt, wird eine gewisse Menge Gas entwickelt; macht man die Funken kürzer, so entwickelt sich weniger Gas; und verschwinden die Funken ganz, so wird kaum eine merkliche Menge von Gas in Freiheit gesetzt.

In Beziehung auf die Identificirung der gemeinen El. mit der galvanischen, was die Wasserzersetzung betrifft, hat mithin das sinnreiche Verfahren Wollaston's kein neues Resultat geliefert, insofern man schon vorher wusste, dass das Wasser durch gemeine El. zersetzt werden kann. Das Eigenthümliche dieses Verfahrens besteht vielmehr darin, dass sich mittelst desselben das Wasser auch durch eine sehr schwache El. zersetzen lässt, indem die mangelnde Stärke der El. durch die ausserordentliche Feinheit der die El. dem Wasser zuführenden Drahtspitzen compensirt wird.

Dieses wird durch folgende Erörterung deutlich werden. Wir wissen, dass die El. auf der Oberfläche der Körper sich befindet, und daselbst durch den Druck der Luft fest gehalten wird. Man kann sich vorstellen, dass die El. eine mehr oder weniger dicke Schicht bilde, die von der atmosphärischen Luft umgeben ist, welche das Ausströmen der El. bis auf eine gewisse Grenze verhindert, und dass diese elektrische Schicht gleichsam in einem durch die atmosphärische Luft gebildeten Gefässe eingeschlossen sey. Hat die elektrische Schicht eine geringe Dicke, d. h. ist die Repulsivkraft der Theilchen der El. nicht sehr stark, so wird die El. nicht im Stande seyn, dieses Gefäss zu durchbrechen, d. h. sie wird von der Oberfläche eines isolirten Leiters nicht ausströmen. Nimmt dagegen die Dicke der Schicht bis auf einen gewissen Grad zu, so wird die El. das Gefäss durchbrechen, den Druck der atmosphärischen Luft über-

winden und ausströmen. Theorie und Erfahrung zeigen aber, dass die Dicke dieser elektrischen Schicht, oder was auf Dasselbe hinauskommt, der Druck, den die El. gegen die umgebende Luft ausübt, an den verschiedenen Stellen der Oberfläche eines Leiters nicht immer die gleiche ist; bei einem kugelförmigen Leiter ist er überall der gleiche, bei einem Ellipsoid dagegen an den Enden der grossen Achse beträchtlicher als an den Enden der kleinen Achse, und der Unterschied in der Grösse dieses Drucks ist um so grösser, je grösser die grosse Achse in Vergleichung mit der kleinen ist. An Spitzen endlich müsste der Druck des elektrischen Fluidums unendlich gross werden, wenn sich die El. daselbst anhäufen könnte. Daher erklärt sich das Vermögen der Spitzen, in der nicht leitenden Luft die El. mit der sie geladen sind, schnell ausströmen zu lassen; daher erklärt sich mithin, wie eine schwache El., die man den Drähten mittheilt, durch die grössere Schnelligkeit ihres Ausströmens aus Spitzen compensirt wird, und wie diese Compensation in einem um so höheren Grade statt findet, je mehr sich die Spitze, durch welche die El. ausströmt, dem Ideal der Spitze, d. h. dem mathematischen Punkte, nähert.

Der Versuch Wollaston's ist daher weiter nichts als eine Wiederholung des Versuchs von Troostwyck und Deimann in verfeinerter Weise. Die beobachtete Zersetzung des Wassers erfolgt nicht in Folge einer *Strömung*, wie bei der wahren elektrochemischen Zersetzung, sondern scheint von einer mechanischen Wirkung der El. bedingt zu seyn, wie die Zersetzungen verschiedener zusammengesetzter Gasarten durch Elektrizität.

Uebrigens ist es sehr wahrscheinlich, dass auch mittelst eines solchen Apparats Wasser in analoger Weise, wie durch die voltasche Elektrizität, zersetzt werden könne, nur ist die Zersetzung, wegen der überaus schwachen Strömung höchst unbedeutend. Durch die oben S. 826. angeführten Versuche Faraday's, in welchen an den Grenzen der zersetzten Flüssigkeit Säure und Alkali gegen Luft durch gemeine Elektrizität ausgeschieden wird, ist übrigens

die Identität der gemeinen und der voltaschen Elektricität auch in Beziehung auf elektrochemische Zersetzung auf das Vollständigste erwiesen, ungeachtet in Bezug auf die Gegenwart oder Abwesenheit, oder wenigstens die Natur der für gewöhnlich Pole genannten Theile (welche in jenen Versuchen die Grenzflächen von Luft und Flüssigkeit sind), bedeutende Verschiedenheiten statt finden.

Sofern also nach den Versuchen Faraday's die durch gemeine El. bewirkte elektrochemische Zersetzung ganz von gleicher Art ist mit der, welche unter den gewöhnlichen Umständen von der voltaschen Säule hervorgebracht wird, so ist damit auch erwiesen, dass die gemeine El. eine *Strömung*, wie die voltasche, hervorzubringen vermag. Einen noch entscheidenderen Beweis hiefür liefern die Versuche Colladon's, welchen zufolge bei Anwendung eines mit der Nobilischen Doppelnadel versehenen Multiplicators es in der That gelingt, eine Ablenkung der Magnetnadel durch continuirliche Ströme gewöhnlicher Reibungselektricität hervorzurufen; in diesem Fall müssen jedoch die Windungen des Multiplicators weit sorgsamer, als für Versuche mit der Berührungselektricität isolirt werden, und ein einfaches mit Seide Ueberspinnen ist nicht hinreichend. Colladon setzte das Drahtende eines mit der Doppelnadel versehenen Multiplicators von 100 Windungen mit dem äussern Beleg einer geladenen Leidner Batterie von 30 Flaschen, welche 4000 Quadrat Zoll Fläche darboten, in Verbindung, während das andere mit einer Spitze versehene Ende die El. vom Knopfe des innern Belegs ableitete. Die Nadel begann abzuweichen, so bald die Spitze in einer Entfernung von 4 bis 5 Centimetern vom Knopfe sich befand; bei grösserer Annäherung stieg die Abweichung. Eine viel grössere Abweichung wurde bei Anwendung eines Multiplicators von 500 Windungen erhalten, dessen Draht doppelt mit Seide übersponnen, und bei welchem jede Reihe der obern Win-



dungen von den darunter liegenden durch Wachstaffet getrennt war; es reichte dann schon eine einzige Leidner Flasche von 1 Quadratfuß Oberfläche hin. Auch als die beiden Enden des Multiplicators an dem positiven und negativen Conductor einer Elektrisirmaschine befestigt wurden, wich die Nadel ab, sobald man zu drehen anfieng, und erlangte eine constante Abweichung von  $35^\circ$  bis  $36^\circ$ , die durch Veränderung in der Geschwindigkeit des Drehens der Maschine beliebig vermehrt oder vermindert werden konnte.

Diese Angaben Colladon's sind durch Faraday vollkommen bestätigt worden. Letzterer fand, dass unvollkommene Leiter, wie Wasser, Salzlösungen u. s. f., weit geeigneter zur Darlegung dieser Erscheinungen sind, als andere Arten der Entladung, z. B. durch Spitzen und Knöpfe, insofern die erstere Entladungsart den Schlag einer kräftigen elektrischen Batterie in einen schwachen Funken oder vielmehr continuirlichen Strom verwandelt, und man dabei wenig oder gar keine Gefahr läuft, den Magnetismus der Nadel zu stören.

Die Existenz einer, wenn auch noch so schwachen, Strömung, wie sie die gemeine El. hervorruft, vollendet den Beweis, dass die gemeine El. völlig identisch ist mit der galvanischen, und dass man daher kein besonderes galvanisches, von dem elektrischen verschiedenes, Agens anzunehmen habe, wie man in frühern Zeiten zum Theil geglaubt hatte. Zugleich deutet diese Thatsache nebst andern Erfahrungen darauf hin, dass die Verschiedenheit in den Wirkungen der gemeinen und der galvanischen El. blos in der *Verschiedenheit der Erregungsart* der El. begründet sey. Diese Verschiedenheit scheint darinn zu bestehen, dass die *galvanische El.*, vermöge ihrer *eigenthümlichen Erregungsart durch Berührung heterogener Metalle, augenblicklich wieder erzeugt wird, so wie sie abgeleitet wird, während selbst eine starke Reibungselektricität nie so conti-*

*wirlich, sondern in kleinen auf einander folgenden Absätzen, gleichsam stossweise, entwickelt wird.* Die galvanische Elektrizität ist daher im Allgemeinen durch die *grosse Menge* (bei geringer Spannung), die gemeine Elektrizität durch die *grosse Spannung* (bei geringer Menge) der entwickelten El. wirksam.

Die Wirkungen der zambonischen Säulen sind vorzüglich geeignet, über diesen Gegenstand Licht zu verbreiten; diese Wirkungen stehen gewissermassen zwischen den Wirkungen einer voltaschen Säule und den Wirkungen, welche die Reibungselektrizität gewöhnlich hervorbringt, in der Mitte.

In diesen Säulen wird die El. auf dieselbe Weise, wie in der voltaschen, nemlich durch Berührung heterogener Körper erregt; aber die an den Polen einer zambonischen Säule abgeleitete El. wird, wegen der schlechten Leitung in der Säule, nur langsam wieder ersetzt; daher wird auch, zumal wenn die Scheiben nicht bedeutend gross sind, eine geraume Zeit erfordert, um eine Leidner Flasche bis auf das Maximum zu laden, gerade wie es hierzu mehrerer Umdrehungen einer Elektrisirmaschine bedarf, während bei der voltaschen Säule Nichts von einem solchen Unterschiede in der Zeit der Ladung je nach der Grösse der angewandten Plattenpaare bemerkt wird; daher sind auch solche trockene Säulen, ungeachtet der verhältnissmässig bedeutenden Spannung der El. ihrer Pole (da gewöhnlich die Anzahl ihrer Plattenpaare sehr gross ist), so wenig geeignet, die Erscheinungen der Strömung und chemische Wirkungen hervorzubringen.

*Ueber den Streit, ob die Strömung in der geschlossenen Kette von der chemischen Einwirkung der feuchten Leiter auf die Metalle, oder von der durch die Berührung erregten El. abhängig sey.*

Die oben (S. 55. 56.) angeführten Erfahrungen, aus welchen sich ergibt, dass geschlossene Ketten blos dann wirksam sind, wenn sie mit Flüssigkeiten geschichtet werden, welche eine chemische Einwirkung auf die Metalle äussern, und dass die Wirksamkeit solcher Ketten im Allgemeinen um so grösser ist, je stärker die Flüssigkeiten auf die Metalle chemisch einwirken; dass Flüssigkeiten, die gar keine chemische Wirkung auf die Metalle ausüben, wie Alkohol, Oele, die Strömung unterbrechen; dass mit Einem Worte die chemische Wirkung jedenfalls eine der wesentlichsten Bedingungen der galvanischen Wirksamkeit ist, mussten auf die Vermuthung führen, dass die Erregung der *strömenden* Elektrizität in der durch eine Flüssigkeit geschlossenen Kette, der chemischen Einwirkung der Flüssigkeit auf die Erregerplatten heizumessen seyn möchte. Die Theorie, welche dieses annimmt, nennt man die *chemische Theorie* des Galvanismus, im Gegensatz gegen die *Contacts-Theorie*, welche die Ursache der Strömung in die durch Berührung heterogener Metalle erregte Elektrizität setzt.

In neuern Zeiten ist man sogar so weit gegangen, auch die nicht-strömende El., d. h. die in Spannung befindliche *Contacts-Elektrizität*, welche sich bei dem voltaschen Fundamentalversuch am Condensator zu erkennen gibt, von der oxydirenden Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit auf die Metalle abzuleiten. De la Rive namentlich suchte durch Versuche darzuthun, dass die Metalle durch ihre gegenseitige Berührung nur dann El. zu erregen vermögen, wenn sie durch Luft oder Feuchtigkeit oxydirt werden. Diese in mehrfacher Beziehung höchst unwahrscheinliche An-

sicht ist durch Becquerel und Pfaff widerlegt worden, welcher letztere namentlich fand, dass der voltasche Fundamentalversuch in trocknen, nicht oxydierenden Gasarten ebenso gut, wie in gewöhnlicher Luft gelingt. Ausserdem wird diese Ansicht auch durch den oben (S. 20.) angeführten Versuch von Fechner widerlegt.

Ich werde daher den Streit, die chemische und die Contactstheorie betreffend, hier nur insoweit wieder aufnehmen, als er sich auf die *strömende El.* bezieht, wobei ich grösstentheils blos auf bereits Gesagtes zu verweisen habe.

Die S. 767. ff. erwähnten Thatsachen sprechen auf den ersten Anblick so laut zu Gunsten der chemischen Theorie, dass man sich nicht wundern darf, wenn Viele ihr vor der Contactstheorie unbedingt den Vorzug einräumen.

Man muss jedoch hiebei in Erwägung ziehen, dass wenn die Wirksamkeit einer Kette bei Anwendung einer stärker chemisch einwirkenden Flüssigkeit verstärkt wird, dieses *nicht nothwendig* von einer Verstärkung der elektromotorischen Kraft, sondern eben so gut von einer Verminderung des Leitungswiderstandes herrühren kann, da die Kraft einer Kette um so grösser ist, je grösser die elektromotorische Kraft und je geringer der Leitungswiderstand ist.

Dass in der That die stärker chemisch einwirkende Flüssigkeit nur dadurch wirksamer ist, dass sie einen geringeren Leitungswiderstand darbietet, wird

1) Durch den oben S. 75 und 76. angeführten, sehr sinnreichen Versuch von Fechner erwiesen, bei welchem die durch die stärker chemisch wirkende Flüssigkeit bedingte Verminderung des Leitungswiderstandes auch denjenigen Elektromotorpaaren zu gut kommt, welche mit blossem Wasser in Berührung sind, und wo es sich dann zeigt, dass das Uebergewicht gerade auf Seite dieser letzteren fällt, indem die elektromotorische Kraft der mit der stärker wirkenden Flüssigkeit in Berührung befindlichen Paare durch

die dabei erfolgende Veränderung ihrer Oberfläche vielmehr vermindert wird.

2) Ein ganz einfacher Versuch von Marianini, der in der Hauptsache mit dem so eben angeführten übereinkommt und zu demselben Resultat führt, ist folgender: Eine Zinkplatte wird mit einer Platinplatte durch den Multiplicator verbunden. Taucht man nun gleichzeitig die Zinkplatte in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure, und die Platinplatte in ein anderes Gefäss mit destillirtem Wasser, und verbindet beide Gefässe durch eine mit destillirtem Wasser gefüllte Heberöhre, so wird die Magnetnadel um eine gewisse Anzahl Grade abgelenkt werden. Kehrt man jetzt den Versuch um, indem man, nach guter Abtrocknung der Platten, die Zinkplatte in das Wasser, die Platinplatte in die verdünnte Säure taucht, so wird dennoch eine gleich starke Ablenkung der Nadel erfolgen, da doch nach der chemischen Theorie in dem erstern Fall eine viel stärkere Ablenkung erfolgen sollte als in dem letztern, weil in dem ersteren eine sehr bedeutende, in dem letzteren fast gar keine chemische Einwirkung statt findet. Die Ursache, warum in beiden Fällen eine gleich starke Ablenkung erfolgt, ist offenbar die, weil der Strom in beiden Fällen den gleichen Widerstand in der Flüssigkeit erleidet.

3) Noch bestimmter wird die chemische Theorie durch messende Versuche von Fechner widerlegt, bei welchen die Veränderungen der elektromotorischen Kraft und des Leitungswiderstandes, welche bei Aenderung der erregenden Oberfläche und der Schliessungsflüssigkeit eintreten können, besonders untersucht wurden, und welche beweisen, dass die elektromotorische Kraft in gar keiner wesentlichen Abhängigkeit von der Stärke oder Beschaffenheit der Leitungsflüssigkeit, oder von der Grösse der erregenden Oberfläche steht, dass mithin die Aenderung der Kraft, welche Ketten, aus denselben Platten geschlossen, mit verschiedenen Flüssigkeiten

zeigen, meistens nur auf Rechnung des dadurch veränderten Leitungswiderstandes zu schreiben ist. So fand er z. B. bei einem Plattenpaare aus Zink—Zinn die elektromotorische Kraft merklich gleich für Leitungsflüssigkeiten, deren Gehalt an Salzsäure von  $\frac{1}{83}$  bis  $\frac{1}{3412}$  Volumen variierte, wodurch die Kraft der Kette selbst von 38.5 auf 5.44 abgeändert wurde.

4) Eine polirte Zinkplatte wird nach *Beccuere* durch Berührung mit einer salpetersauren Zinkauflösung stets negativ elektrisch, wenn man in die Lösung einen Tropfen Salpetersäure oder Schwefelsäure giesst; dagegen wird Eisen in Berührung mit einer schwefelsauren Eisenlösung positiv elektrisch, wenn man in die Lösung einen Tropfen Schwefelsäure giesst. — Füllt man nun ein Glas mit einer Auflösung von schwefelsaurem Zink, ein anderes mit einer Auflösung von schwefelsaurem Eisen, bringt in ersteres einen Tropfen Salpetersäure, in letzteres einen Tropfen Schwefelsäure, und taucht in das erste eine Zinkplatte, in das zweite eine Eisenplatte, die man durch den *Multiplicator* verbindet, während die Gefässe durch einen mit destillirtem Wasser genetzten Docht in Verbindung gesetzt werden, so geht nach *Marianini* der Strom vom Eisen zum Zink, d. h. das Zink verhält sich positiv gegen Eisen, während nach obiger Erfahrung die umgekehrte Richtung statt finden sollte, wenn nemlich, wie die chemische Theorie voraussetzt, bloß die Wirkung der Flüssigkeit auf die Metalle, nicht deren *Contactswirkung* in Betracht käme. — Bei verschiedenen Abänderungen im Verhältniss der aufgelösten Salze oder der zugesetzten Säure erhält man immer das gleiche Resultat.

5) Auch die Thatsache, dass, man mag Wasser, oder eine verdünnte Säure oder eine Salzlösung als flüssigen Leiter anwenden, die Wirkung der Kette im *ersten Augenblick* der Schliessung immer die allerstärkste ist, spricht gegen die

chemische Theorie, denn nach dieser sollte man erwarten, dass das Maximum der Wirkung erst später eintreten werde, wenn nemlich die Flüssigkeit Zeit gehabt hat, ihren Angriff auf das Metall in der gehörigen Stärke zu äussern.

Wenn jedoch auf der einen Seite die angeführten That- sachen als Beweise gegen die Richtigkeit der chemischen Theorie des Galvanismus betrachtet werden dürfen, so sind sie jedoch auf der andern Seite nichts weniger als geeignet, einen überzeugenden Beweis für die Richtigkeit der Con- tactstheorie zu gewähren. Ich begnüge mich hier die Schwie- rigkeiten anzudeuten, welche sich der Contactstheorie ent- gegenstellen, um später auf diesen Gegenstand noch einmal zurückzukommen.

1) Wenn gewisse Flüssigkeiten blos dadurch die Stärke des Stroms vermehren, dass sie denselben besser leiten, so sieht man zunächst nicht ein, warum eine Flüssigkeit bei einer Combination von zwei Metallen sehr wirksam, bei einer Combination von zwei andern Metallen dagegen unwirk- sam oder nur sehr wenig wirksam seyn kann, warum z. B. Salpetersäure zwischen Zink und Platin sehr wirksam, zwi- schen Gold und Platin dagegen unwirksam oder doch sehr wenig wirksam ist; man sieht nicht ein, warum die chemi- sche Wirksamkeit jedenfalls eine der wesentlichen Bedin- gungen des Leitungsvermögens in den Flüssigkeiten ist.

2) Wir wissen mit Bestimmtheit (vergl. S. 876.), dass auch bei der Berührung flüssiger Körper mit Metallen El. erregt wird. Diesemnach sollten die Flüssigkeiten mit den Metallen unter dem allgemeinen Gesetz der galvanischen Spannungsreihe begriffen seyn. So wie nun (vergl. S. 714.) blos ein beharrlicher Zustand des Gleichgewichts, aber kei- ne continuirliche Strömung eintritt, wenn eine Combination zweier Metalle durch ein drittes geschlossen wird, so sollte dasselbe auch bei Schliessung jener Combination durch eine Flüssigkeit der Fall seyn.

Fechner macht über diesen Streit der chemischen und der Contactstheorie die Bemerkung, dass er im Grunde keinen andern Sinn habe, als den, ob die elektrischen Erscheinungen die einfacheren seyen, aus denen man die chemischen als zusammengesetzte ableiten könne, oder umgekehrt. Bis jetzt sey es nicht geglückt, von den Erscheinungen der Chemie aus alle Erscheinungen der Electricität zu erklären, während es dagegen sehr wohl möglich sey, von den Gesetzen der einfachen elektrischen Anziehungen und Abstossungen aus die Erscheinungen der Chemie zu erklären, oder eine Erklärbarkeit derselben vor auszusehen. Dass mehrere Erscheinungen der galvanischen El., namentlich alle Strömungswirkungen, mit Erscheinungen, die wir chemische nennen, wesentlich zusammenhängen, sey keineswegs ein Grund, letztere für die einfachen Grundbedingungen von jenen anzusehen. Wenn man nun versuche, die chemischen Erscheinungen von den elektrischen abzuleiten, so sey solchen Vorstellungen, die durch Thatsachen nicht unmittelbar bewährt werden können, kein anderer Werth beizulegen, als insofern sie zu einer, mit der Erfahrung übereinstimmenden, Verknüpfung der Thatsachen dienen können, und keine andere Gültigkeit, als die relative, die ihre Uebereinstimmung mit dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft mit sich bringt; denn es sey sehr wohl möglich, dass man, anstatt die Kräfte der Chemie auf die der El., oder, wie Einige gethan haben, umgekehrt, zurückzuführen, später die Erscheinungen beider Gebiete einmal aus viel allgemeineren Kräften ableiten werde.

---



## Elektrochemische Theorie.

Ich komme nun zu dem Versuch zurück, die Erscheinungen der Affinität auf die elektrischen Anziehungen und Abstossungen zurückzuführen, einen Versuch, den man, wenn er gleich verschiedener Modificationen fähig ist, allgemein mit dem Namen der *elektrochemischen Theorie* bezeichnet.

Die Erscheinung der Wasserzersetzung durch die voltaische Säule gab zuerst eine bestimmtere Veranlassung, eine Zurückführung der chemischen Affinität auf elektrische Kräfte für möglich zu halten, und Berzelius und Davy waren die ersten, welche eine elektrochemische Theorie ausbildeten.

Soll eine solche Zurückführung möglich seyn, so muss 1) die bei chemischen Verbindungen erfolgende Wärme- und Licht-Entwicklung, 2) die chemische Verbindung selbst, d. h. die dauerhafte Vereinigung der Körper zu einem Ganzen, das durch keine mechanische Kräfte in seine Bestandtheile getrennt werden kann, aus elektrischen Kräften erklärbar seyn.

Wir wollen nun die verschiedenen Modificationen, mit welchen eine solche Zurückführung der chemischen Erscheinungen auf elektrische Kräfte versucht worden ist, betrachten.

### *Theorie von Berzelius.*

Das Wesentliche der von Berzelius gegebenen Vorstellung ist Folgendes:

Da nach den Entdeckungen von Volta und Davy die Körper bei ihrer gegenseitigen Berührung entgegengesetzte freie Elektricitäten entwickeln; da die Temperatur die Intensität der El. der sich berührenden Körper vermehrt, gerade wie sie auch die Affinität verstärkt; und da in demselben

Augenblick, wo die mechanische Berührung in die chemische Verbindung übergeht, alle Zeichen von Elektrizität verschwinden; da ferner die verbundenen Körper, in den Kreis der Säule gebracht, von einander getrennt werden und ihre ursprüngliche chemische und elektrische Eigenschaften wieder erlangen, während zu gleicher Zeit die darauf wirkenden Elektricitäten verschwinden, so ist nach Berzelius die wahrscheinlichste Erklärung der Verbrennung die, dass bei jeder chemischen Verbindung eine Neutralisation der entgegengesetzten Elektricitäten statt finde, und dass durch diese Neutralisation das Feuer auf dieselbe Weise entstehe, wie es bei Entladungen der el. Flasche, der el. Säule und der Gewitterwolke hervorgebracht wird, nur dass letztere von keiner chemischen Verbindung begleitet werden.

Da sich die Körper in einer Reihe aufstellen lassen, in welcher jeder positiv gegen die in der Reihe folgenden, und negativ gegen die voranstehenden ist, und da ein Körper nicht elektrisch wird, ohne dass beide Elektricitäten zugleich in ihm sich offenbaren, so fragt es sich, wie ein Körper elektropositiv oder elektronegativ werde? Um dieses zu erklären, nimmt Berzelius an, dass die Atome der Körper eine elektrische Polarität, ungefähr wie der Turmalin, besitzen.

Da jedoch eine elektrische Polarität an sich die besondere Art von Elektrizität noch nicht erklären würde, welche die Atome der Körper besitzen, und welche die einen elektropositiv, die andern elektronegativ macht, so nimmt Berzelius (nach Analogie mit dem Magnet, dessen einer Pol ebenfalls viel stärker als der andere seyn kann) eine Praeponderanz des einen elektrischen Pols der Atome an, so dass die Körper elektropositiv oder elektronegativ sind, je nachdem der positive oder negative Pol das Uebergewicht hat.

Da ferner durch diese Präponderanz des einen Pols oder durch diese Unipolarität an sich, wieder nicht alle Erscheinun-

nungen erklärbar wären, insofern man oft zwei *elektronegative* Körper, wie z. B. Sauerstoff und Schwefel, eine viel innigere Verbindung mit einander eingehen sieht, als *einen elektronegativen* und *einen elektropositiven* Körper, wie z. B. Sauerstoff und Kupfer, so nimmt Berzelius noch weiter an, dass die *Intensität* der Polarität bei verschiedenen Körpern eine verschiedene sey, und dass der Verwandtschaftsgrad der Körper nicht allein von ihrer specifischen Unipolarität, sondern hauptsächlich von der Intensität ihrer Polarität abgeleitet werden müsse. Diejenigen Körper, welche einer intensiveren Polarisirung fähig sind, als andere, müssen auch ein stärkeres Bestreben zeigen, die in ihren Polen vertheilte El. zu neutralisiren, d. h. einen stärkeren Verwandtschaftsgrad äussern. Aus diesem Grund zeigt der Schwefel zu dem Sauerstoff eine grössere Verwandtschaft als das Blei, weil, ungeachtet der Präponderanz des negativen Pols des Schwefels, der positive Pol desselben dennoch eine grössere Quantität von negativer El. in dem vorherrschenden Pol des Sauerstoffs, sättigt, als der vorherrschende Pol des Bleis neutralisiren kann.

Die Intensität der Polarität wird bei verschiedenen Körpern auf eine verschiedene Weise modificirt, und nimmt bei einigen mit der Temperatur zu, bei andern ab. So ist sie z. B. bei der Kohle in niedrigen Temperaturen ganz schwach, in der Rothglühhitze sehr stark; der umgekehrte Fall findet bei dem Gold statt u. s. f.

Berzelius verhehlt sich nicht, indem er auf die angeführte Weise die bei den chemischen Verbindungen erfolgende Feuerentwicklung aus elektrischen Kräften erklärt, dass die Chemie mehrere Fälle von Feuerentwicklung aufweist, auf welche diese Erklärung nicht wohl anwendbar zu seyn scheint. Hieher gehört namentlich die Feuerentwicklung, welche sich einstellt, wenn Wasserstoffsuperoxyd, Chlorstickstoff, Jodstickstoff, die Oxyde des Chlors, unter

Explosion und starker Licht- und Wärme-Entwicklung *blos in ihre Bestandtheile getrennt werden*, ohne dass diese Trennungen irgend eine chemische Verbindung im Gefolge hätten. In solchen Fällen sollte man nach der Theorie von Berzelius allerdings eher eine Absorption von Wärme, eine Erkältung anstatt einer Wärmeentwicklung erwarten, theils weil tropfbar-flüssige (Wasserstoffsperoxyd, Chlorstickstoff) und feste (Jodstickstoff) Körper plötzlich gasförmig werden, theils weil gasförmige Körper (Chloroxyde) nach der Zersetzung ein grösseres Volumen einnehmen. Ausserdem sollte, wenn durch die Vereinigung entgegengesetzter Elektricitäten Feuer erzeugt wird, auch durch plötzliche Trennung der verbundenen Elektricitäten (des Elektricum) Kälte erzeugt werden, was durch Thatsachen nicht erwiesen werden kann.

Die zweite Aufgabe, welche eine elektrochemische Theorie zu lösen hat, nemlich die *Erklärung der dauerhaften chemischen Verbindung aus elektrischen Kräften*, hat Berzelius nicht zu lösen versucht. Er lässt es dahingestellt, ob diese dauerhafte Verbindung, welche jeder mechanischen Trennung widersteht, die Wirkung einer besonderen, den Atomen beiwohnenden Kraft, oder eine Eigenschaft der El. sey, welche bei den gewöhnlichen Erscheinungen nicht wahrnehmbar ist.

*Theorie von Ampère.*

Ampère hat eine elektrochemische Theorie aufgestellt, die auf eine einfache und elegante Weise die Erscheinungen darstellt.

Er nimmt an, dass die Theilchen der Körper eine ihnen eigenthümlich zugehörige Art von El. besitzen, von der sie sich unter keinerlei Umständen trennen können, so dass z. B. ein Sauerstofftheilchen stets, d. h. absolut elektronegativ, ein Wasserstofftheilchen stets elektropositiv ist. Diese Theilchen müssen nun in Berührung mit einem neutralen Medium,

Elektricum zersetzen, die ihnen gleichnamige El. zurückstossen, die ungleichnamige dagegen anziehen, und so eine elektrische, mit ungleichnamiger El. beladene, Atmosphäre um sich herum bilden, welche die El. des Theilchens selbst gebunden hält und sie dadurch am freien Hervortreten ihrer Wirkung nach Aussen hindert; kurz der Hergang ist ganz analog dem bei der Leidner Flasche, nur dass bei dieser diejenige Belegung, welche mit dem Elektrizitätsquell in Verbindung ist, freie El. (Spannung) zeigt, weil die El. derselben die entgegengesetzte El. auf der andern Belegung von einer gewissen Entfernung aus binden muss (vergl. S. 648.), während hier, bei unmittelbarer Berührung des Theilchens und seiner Atmosphäre, vollkommene Neutralität erfolgen muss.

Treten nun zwei entgegengesetzt elektrische Theilchen in Berührungsnähe, so verbinden sich ihre gleichfalls entgegengesetzt elektrischen Atmosphären unter Wärme- oder unter Wärme- und Licht-Entwicklung zu Elektricum, und nachdem die beiden Atmosphären, oder doch eine derselben, durch Neutralisation zerstört sind, bleiben die Theilchen vermöge der Anziehung ihrer ursprünglichen Elektricitäten, welche sie beibehalten, mit einander verbunden. Sind die ursprünglichen Elektricitäten der Theilchen an sich sehr stark, so müssen in demselben Verhältniss auch ihre elektrischen Atmosphären entweder eine grosse Ausdehnung (bei vorausgesetzter gleicher Dichtigkeit), oder eine grosse Dichtigkeit (bei vorausgesetzter gleicher Ausdehnung) besitzen, und ihre gegenseitige Neutralisation wird daher nicht bloß Wärme- sondern auch Licht-Entwicklung im Gefolge haben.

Diese Theorie gibt somit sowohl von der Licht- und Wärme-Entwicklung durch die Neutralisation der Atmosphären, als von der dauerhaften chemischen Verbindung durch die Anziehung der unveräusserbaren ursprünglichen Elektricitäten Rechenschaft.

Da die Theilchen nicht alle einen gleichen Grad von

elektrischer Intensität besitzen können, insofern man bei vorausgesetzter gleicher Intensität nicht einsehen würde, warum sich bisweilen ein Körper mit einem andern mit grosser Begierde unter Wärme- und Licht-Entwicklung verbindet, während er sich mit einem dritten mit viel geringerer Lebhaftigkeit, ohne Licht-Entwicklung, selbst ohne bedeutende Wärmeentwicklung verbindet), so müssen auch die elektrischen Atmosphären von ungleicher Intensität seyn. Wenn daher z. B. ein Körper, dessen ursprüngliche negative El. grösser ist, als die ursprüngliche positive El. eines andern, sich mit diesem andern verbindet, so wird bei der Neutralisation der elektrischen Atmosphären dieser Körper, ein Ueberschuss von der positiven Atmosphäre des ersten Körpers bleiben. Dieser Ueberschuss wird jedoch nicht frei werden können, weil die ursprüngliche negative El. des ersten Körpers in demselben Verhältniss mehr beträgt, als zur Bindung der ursprünglichen positiven El. des zweiten Körpers erfordert wird, in welchem die positive El. der Atmosphäre des ersten Körpers über die negative El. der Atmosphäre des zweiten Körpers das Uebergewicht hat, der erste Körper mithin den Ueberschuss seiner positiven elektrischen Atmosphäre, gebunden durch den Ueberschuss seiner ursprünglichen negativen El., auch nach erfolgter Verbindung beibehält. — Wäre die Intensität der ursprünglichen positiven El. eines Theilchens der Intensität der negativen El. eines andern Theilchens gleich, so könnte ohnediess bei der Verbindung beider keine El. frei werden.

Da somit bei der Verbindung zweier Körper, ihre ursprüngliche EE. mögen gleich oder ungleich stark seyn, keine El. frei werden kann, so fragt es sich, wie es komme, dass man doch bei der Verbindung der Körper ein Freiwerden von El. wahrnimmt? — Dieses erklärt sich aus der Art selbst, wie der Versuch angestellt wird. Man lässt nemlich im Allgemeinen die Enden des Multiplicatordrahts

in das Gefäß tauchen, in welchem die chemische Verbindung vor sich geht, und das Freiwerden von El. findet seine Erklärung in der Leichtigkeit, mit welcher die Metalldrähte des Multipliers der El. den Durchgang gestatten. Befinden sich nemlich zwei entgegengesetzt elektrische Theilchen an den beiden Enden eines metallischen Bogens, so werden ihre Atmosphären, so lange die Theilchen in einer gewissen Entfernung von einander sich befinden, unverrückt an ihrer Stelle bleiben; sobald aber die Theilchen sich bis auf einen gewissen Grad genähert haben, werden sich ihre Atmosphären plötzlich miteinander verbinden, und die in Freiheit gesetzten Theilchen werden nun so lange eine ihrer eigenen (ursprünglichen) El. entgegengesetzte El. aus dem metallenen Bogen binden, die ihnen gleichnamige in demselben zurückstossen und so einen Strom in demselben hervorbringen, bis ihre Verbindung wirklich erfolgt ist.

Diese Theorie erklärt auch die Thatsache, dass einfache Körper im Allgemeinen mit stärkeren Affinitäten begabt sind, als zusammengesetzte Körper, und dass mit der chemischen Zusammengesetztheit der Körper ihre Affinitäten abnehmen. Der durch die Verbindung eines elektropositiven Körpers mit einem elektronegativen gebildete Körper wird nemlich blos mit dem Ueberschuss entweder der El. seines positiven Bestandtheils über die El. seines negativen Bestandtheils, oder der El. seines negativen Bestandtheils über die El. seines positiven, je nachdem die El. des positiven oder negativen Bestandtheils, an sich betrachtet, die stärkere ist, neue Verbindungen einzugehen streben, und ein zusammengesetzter Körper, bei welchem die positive El. des positiven Bestandtheils der negativen El. des negativen Bestandtheils gleich wäre, würde gar nicht fähig seyn, weitere Verbindungen mit andern Körpern einzugehen.

Eine sehr bedeutende Einwendung gegen die Richtigkeit dieser Theorie ist jedoch die, dass sich nach ihr, we-

nigstens in der dualistischen Ansicht von der El., welche zwei verschiedene elektrische Fluida annimmt, durchaus nicht erklären lässt, wie ein Körper gegen einen andern elektropositiv, und gegen einen dritten elektronegativ seyn kann. Wenn nemlich die Theilchen eine *bleibende* positive oder negative El. besitzen, so sollten sie auch unter allen Umständen positiv oder negativ elektrisch seyn, und ein positiv-elektrischer Körper sollte sich gar nicht mit einem andern positiv-elektrischen, ein negativ-elektrischer gar nicht mit einem andern negativ-elektrischen Körper verbinden können, was doch in der That geschieht; denn z. B. Chlor, Brom, Jod, Schwefel u. s. f. verhalten sich positiv gegen Sauerstoff, und verbinden sich mit demselben; sie verbinden sich aber auch mit dem Wasserstoff und den Metallen, und sind in diesen letzteren Verbindungen die negativen Elemente.

☞ Legt man jedoch diejenige Ansicht von der Natur der El. zu Grunde, nach welcher es nur Eine Art von El. gibt, und die Erscheinungen der positiven El. von einem Ueberfluss, die Erscheinungen der negativen El. von einem Mangel der El. abgeleitet werden, so fällt dieser Einwurf gegen Ampères Theorie weg, denn dann sieht man wohl ein, wie ein Körper, dessen El. z. B. sich zu der eines andern  $= \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$  verhält, in Beziehung auf diesen positiv ist, dagegen negativ in Beziehung auf einen dritten, wenn die El. des ersten Körpers zu der des dritten sich z. B.  $= \frac{1}{2} : 1$  verhält.

Eine andere Schwierigkeit ist folgende. Da Chlor positiv gegen Sauerstoff, und sowohl Chlor als Sauerstoff negativ gegen Calcium ist, so muss der Sauerstoff in höherem Grade negativ gegen Calcium seyn, als das Chlor. Demungeachtet treibt das Chlor den Sauerstoff aus dem Kalk aus und nimmt die Stelle des Sauerstoffs ein. Für dieses besondere Beispiel lässt sich die Schwierigkeit durch folgende Annahme entfernen. In dem Chloroxyd, der Chlorsäure und Ueberchlorsäure



ist beziehungsweise 1 Atom Chlor mit 4, 5, 7 Atomen Sauerstoff verbunden, und 1 Atom Chlor ist gegen 4, 5, oder 7 At. von Sauerstoff positiv elektrisch, aber gegen 1 At. Sauerstoff negativ elektrisch. Setzt man nun z. B. die negative El. eines Atoms Sauerstoff = 1, und die eines Atoms Chlor = 2, so ist 1 At. Chlor, dessen negative El. = 2 ist, allerdings negativ gegen 1 At. Sauerstoff, dessen negative El. = 1 ist, aber positiv gegen 4, 5, 7 At. Sauerstoff, deren Elektricitäten beziehungsweise durch die Zahlen 4, 5, 7 repräsentirt werden. Diese Erklärung ist wiederum blos für diejenige Ansicht gültig, nach welcher es nur ein einziges elektrisches Fluidum gibt, in welcher mithin derjenige Körper, dessen negative El. geringer ist, als die negative eines andern, d. h. der an dem elektrischen Fluidum einen geringeren Mangel leidet als dieser andere, positiv gegen denselben ist. — Es ist übrigens zu bemerken, dass das Chlor aus vielen andern Verbindungen, z. B. Erden, Kieselsäure, auch dann, wenn es in denselben die Stelle des Sauerstoffs in demselben Verhältniss, wie im Calciumoxyd, vertritt, den Sauerstoff nicht austreibt, und dass mithin nach dieser Theorie nicht alle chemische Reactionen aus elektrischen Verhältnissen erklärbar sind.

*Theorie von Fechner.*

Diese geht von der Thatsache aus, dass zwar ungleichartige Körper, z. B. Kupfer und Zink, wenn sie in solche Nähe kommen, welche unseren Sinnen als wirkliche Berührung erscheint, entgegengesetzt elektrisch werden.

Von dem Vorgang bei dieser Erscheinung kann man sich die Vorstellung machen, dass von dem Electricum des Kupfers ein Antheil positiver El. auf das Zink, und von dem Electricum des Zinks ein Antheil negativer El. auf das Kupfer übergehe, und so den respectiven Ueberschuss dieser Elektricitäten auf den Metallen bewirke. Diese Vorstellung reichte zu einer einfachen und anschaulichen Ableitung der

früher betrachteten galvanischen Erscheinungen vollkommen aus.

Man kann sich aber eben so gut den Hergang auf folgende Weise vorstellen. *Vermöge der unbekanntenen, durch die Berührungsnähe entwickelten elektromotorischen Kraft wird ein Theil Electricum des Kupfers und ein Theil Electricum des Zinks zersetzt; im Uebergange zwischen beiden Platten neutralisirt die positive El. des zersetzten Electricums des Kupfers die negative El. des zersetzten Electricums des Zinks, und die Platten zeigen sich so mit den ihnen entgegengesetzten Elektricitäten geladen.*

Diese Vorstellung, nach welcher sich übrigens die galvanischen Erscheinungen ebenso gut, nur etwas umständlicher, als nach der ersten, erklären lassen, hat vor dieser den Vorzug, dass sie weit mehr geeignet ist, die chemischen Erscheinungen mit den elektrischen zu verknüpfen. Das Allgemeine der chemischen Erscheinungen lässt sich nemlich in Beziehung auf diese Vorstellung sehr einfach auf folgende Weise darstellen. Jedes zusammengesetzte Atom, z. B. ein Wasser-Atom, ist nicht anders, als wie ein galvanisches Plattenpaar anzusehen. Wenn (in der Voraussetzung, dass ein Wasseratom aus 1 At. Sauerstoff und 1 At. Wasserstoff bestehe) ein Sauerstoff- und ein Wasserstoff-Atom in die Berührungsnähe kommen, so werden sie vermöge des unerklärten Einflusses dieser Nähe elektrisch, indem ein Theil der negativen El. des Wasserstoffatoms und ein Theil der positiven El. des Sauerstoffatoms sich zwischen beiden Atomen neutralisiren, und diese Neutralisation gibt sich als Licht und Wärme zu erkennen, gerade wie wenn entgegengesetzte Elektricitäten von zwei Kugeln zu einander überspringen. Das bei chemischen Verbindungen sich entwickelnde Licht ist daher von dem elektrischen Licht blos darin verschieden, dass letzteres zwischen den Oberflächen zweier ganzen Körper oder *Atomensysteme*, das chemische

dagegen zwischen den Oberflächen der kleinsten Theilchen oder Atome selbst überspringt, so dass die ganze Masse derselben zu glühen scheint.

Dajnun, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, der Einfluss der Berührungsnähe, welcher die entgegengesetzte Elektrisirung beider Atome hervorgerufen hat, auch beide entgegengesetzt elektrisch erhält, gerade wie dieses bei zwei in der Berührungsnähe befindlichen heterogenen Platten der Fall ist, so werden sich diese Atome als entgegengesetzt elektrisirte beständig durch Anziehung in dieser Berührungsnähe erhalten und würden zur völligen wahren Berührung kommen, wenn nicht irgend ein anderer Einfluss, den man in der eigenthümlichen Wärme der Körper zu suchen allen Grund hat, sie doch in einer gewissen Entfernung von einander erhalte, und zwar in derjenigen, wo er mit der Anziehungskraft, die durch die ungleichartigen Elektricitäten entwickelt ist, ins Gleichgewicht kommt.

Diese Theorie erklärt, wie die von Ampère, sowohl die Wärme- und Licht-Entwicklung, als die dauerhafte chemische Verbindung, und sie hat vor letzterer den grossen Vorzug, dass sie für beiderlei Ansichten von der Natur der El. gleich gut passt, indem es keiner besonderen Erklärung bedarf, wie es komme, dass ein Körper in Beziehung auf einen andern elektropositiv und in Beziehung auf einen dritten elektronegativ seyn könne.

Weniger genügend erklärt es sich nach dieser Vorstellungsweise, wie ein, aus einer unendlichen Menge entgegengesetzt elektrisirter Atome zusammengesetzter Körper neutral erscheinen kann. Man sieht zwar wohl ein, dass man bei der ableitenden Berührung eines solchen Körpers den Erfolg der Berührung eines neutralen Körpers erhalten muss, weil, wegen der gleichen Austheilung der entgegengesetzt elektrisirten Atome durch den ganzen Körper, stets verhältnissmässig eben so viele positive als nega-

tive Atome berührt werden: durch die Entziehung dieser entgegengesetzten Elektricitäten (sofern die Möglichkeit einer Entziehung durch Ableitung überhaupt zugegeben wird), würde aber die chemische Verbindung zwischen den Atomen selbst aufgehoben, und um das Fortbestehen derselben erklären zu können, müsste man annehmen, dass der fortwährende Einfluss der Berührungsnähe die Elektricitäten, so wie sie entzogen werden, sofort wieder entwickle; diese El. Entwicklung sollte dann aber wieder, wie zuvor, eine Wärme- und Licht-Entwicklung im Gefolge haben, wovon man Nichts wahrnimmt. Diese Schwierigkeit fällt in der Theorie von Ampère weg, weil diese eine den Atomen ursprünglich inhaerirende El. annimmt, von welcher sie sich unter keinerlei Umständen trennen können, welche ihnen daher auch nicht durch Ableitung entzogen werden kann.

Nachdem wir nun gesehen haben, wie sich im Allgemeinen die chemische Verbindung zweier Atome aus ihren elektrischen Beziehungen ableiten lässt, wollen wir untersuchen, wie sich die übrigen chemischen Erscheinungen mit den elektrischen verknüpfen lassen.

Es lässt sich erwarten, dass wenn eine chemische Verbindung durch Wärme getrennt wird, der sich verflüchtigende und der zurückbleibende Bestandtheil freie entgegengesetzte Elektricitäten zeigen werden. Wirklich hat man auch gefunden (vergl. S. 667.), dass Wasser, wenn es aus seiner Verbindung mit Salzen, Säuren, Alkalien durch Wärme getrennt wird, eine freie, aber nach Beschaffenheit der Materie, die dasselbe aufgelöst enthielt, verschiedene El. zu erkennen gibt, keine aber, wenn es rein ist, und von Körpern wegdampft, auf welche es nicht vermag chemisch einzuwirken.

Wenn ein Atom eines Körpers sich mit einer verschiedenen Anzahl von Atomen eines andern verbindet, so lehrt die Erfahrung, dass die Innigkeit dieser verschiedenen Ver-

bindungen sehr oft höchst verschieden ist, und man findet im Allgemeinen, dass diejenige Verbindung, von welcher es aus andern Gründen wahrscheinlich ist, dass sie aus *einem* Atom eines jeden der beiden Körper zusammengesetzt sey, auch die innigste ist. Dieses muss auch, der elektrochemischen Theorie gemäss, in der Regel der Fall seyn; denn wenn z. B. zu der Verbindung des einen Atoms  $a$  des Körpers  $A$  mit dem einen Atom  $b$  des Körpers  $B$  ein zweites Atom  $b'$  von dem Körper  $B$  hinzukommt, so wird dieses ebenfalls vermöge der durch seine Berührung mit  $a$  entwickelten El. sich mit  $a$  verbinden können, aber  $a$  wird die Summe von  $b$  und  $b'$  nicht mehr mit der gleichen Kraft, wie vorher  $b$  allein, festhalten können, weil die wechselseitige Abstossung der gleichartig elektrisirten Atome  $b$  und  $b'$  der Anziehung von Seiten des Atoms  $a$  entgegenwirkt. Es wird selbst gar keine Verbindung von  $a$  mit  $b+b'$  möglich seyn, wenn die Abstossung von  $b$  und  $b'$  die Anziehung von  $a$  gegen  $b+b'$  überwiegt; ist dieses aber auch nicht der Fall, so wird doch die Summe von  $b$  und  $b'$  mit schwächerer Kraft von  $a$  zurückgehalten werden, als vorher  $b$  allein. Die Voraussetzung, durch welche man sich bei der Bestimmung der relativen Anzahl der Atome in den Verbindungen leiten lässt (vergl. S. 472.), würde also hierdurch ihre Rechtfertigung erhalten.

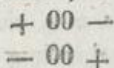
Das Quecksilberoxyd ist eine weit stabilere Verbindung, als das Quecksilberoxydul, welches so leicht in Quecksilber und Quecksilberoxyd sich zersetzt. Man nimmt daher im Quecksilberoxyd 1 At. Metall auf 1 At. Sauerstoff, im Quecksilberoxydul aber 2 At. Metall auf 1 At. Sauerstoff an. — Auf 1 At. Kalium enthält das Kali 1, das Kaliumsuperoxyd 3 At. Sauerstoff; ersteres ist auch eine sehr stabile, letzteres eine sehr lose Verbindung, die schon durch Wasser in Sauerstoffgas und Kalihydrat zersetzt wird. — Unter den Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs ist das Stickoxydgas (Salpetergas) die stabilste, denn bei den allermeisten Zersetzungen, welche die Salpetersäure bei

der Einwirkung brennbarer Körper erleidet, wird ihr so viel Sauerstoff entzogen, dass Stickoxydgas zurückbleibt, welches keine weitere Zersetzung erfährt. Das Stickoxydgas ist eine stabilere Verbindung als selbst das Stickoxydulgas, denn ungeachtet beide Gase ein gleich grosses Volumen Sauerstoffgas, d. h. ein gleich dichtes Sauerstoffgas enthalten (indem 2 Vol. Stickoxydulgas aus 1 Vol. Sauerstoffgas und 2 Vol. Stickgas, und 2 Vol. Stickoxydgas aus 1 Vol. Sauerstoffgas und 1 Vol. Stickgas entstehen), so wird doch das Stickoxydgas durch eine brennende Kerze nicht zersetzt, d. h. die Kerze erlischt in demselben, während sie im Stickoxydulgas beinahe so lebhaft, wie in reinem Sauerstoffgas, brennt. Wenn man nun, wie es die Volumenstheorie fordert, im Stickoxydulgas 2 At. Stickstoff auf 1 At. Sauerstoff, und im Stickoxydgas 1 At. Stickstoff auf 1 At. Sauerstoff annimmt, so erklärt sich dieses verschiedene Verhalten einer brennenden Kerze im Stickoxydulgas und Stickoxydgas sehr ungezwungen. Durch die gegenseitige Abstossung der zwei Atome Stickstoff im Stickoxydulgas wird nemlich die Stabilität der Verbindung vermindert, gerade wie in der Salpetersäure durch die gegenseitige Abstossung der mehreren Sauerstoffatome die Stabilität der Verbindung vermindert, und dadurch die leichte Zersetzbarkeit dieser Säure erklärt wird.

So wie die Verbindung von  $a$  mit  $b$  in der Regel stabiler ist, als die Verbindung von  $a$  mit  $b + b'$ , wenn  $b$  und  $b'$  gleichartige Atome sind, so wird auch die Verbindung von  $a$  mit  $b$  stabiler seyn als die Verbindung von  $a$  mit  $b + c$ , wenn  $b$  und  $c$  zwar ungleichartige Atome sind, aber in ihrem elektrischen Verhältniss gegen  $a$  übereinstimmen, d. h. beide in ihrer Berührungsnähe mit  $a$  entweder positiv oder negativ elektrisch werden, mithin abstossend auf einander wirken. Wenn man daher z. B. Chlor zu einem Oxyd, Jod zu einem Schwefelmetall hinzufügt, so ist es beinahe derselbe Fall, wie wenn man Sauerstoff zu dem Oxyd oder Schwefel zu dem Schwefelmetall hinzugefügt hätte, weil Sauerstoff, Chlor, Jod und Schwefel negativ gegen das Metall sind.

Dergleichen Verbindungen kann man entweder als ternäre Verbindungen von Metall, Sauerstoff und Chlor u. s. f., oder als *eine* binäre Verbindung betrachten, in welcher ein Theil Sauerstoff durch Chlor u. s. f. vertreten wird.

Ganz anders verhält es sich, wenn *zwei binäre* Verbindungen sich verbinden, wenn z. B. eine Säure mit einer Basis zu einem Salz sich vereinigt. In diesem Fall wird die Stabilität fast immer vermehrt, was man sich daraus erklären kann, dass die Atome nicht in eine beliebige willkürliche Stellung gegen einander treten, sondern vielmehr immer auf eine solche Weise sich an einander lagern, dass die entgegengesetzt elektrisirten Atome einander am nächsten zu liegen kommen, wie sich aus folgendem Schema ergibt:



Hieraus erklärt sich dann, wie, ungeachtet in der That abstossende Kräfte hinzukommen, dennoch die anziehenden Kräfte vermehrt werden, indem diese letztern von einer geringeren Entfernung aus, als die abstossenden wirken.

So findet man im Allgemeinen, dass die Stabilität einer Säure oder einer Basis durch ihre Verbindung mit einer Basis oder einer Säure vermehrt wird. Freie Schwefelsäure zersetzt sich in der Rothglühhitze, während die Schwefelsäure in den schwefelsauren Alkalien der höchsten Temperatur widersteht. Silberoxyd zersetzt sich unter der Rothglühhitze, widersteht aber in seiner Verbindung mit Borsäure und Phosphorsäure einer sehr hohen Temperatur.

Liesse sich allgemein annehmen, dass die stabilste Verbindung zwischen zwei Elementen immer auch diejenige sey, in welcher 1 At. des einen mit 1 At. des andern verbunden ist, so wäre die Aufgabe der atomistischen Theorie gelöst, denn es würde sich dann die relative Anzahl der Atome in sämtlichen Verbindungen mit Sicherheit bestimmen lassen. Dieses ist jedoch nicht nothwendig der Fall, denn diejenige Verbindung wird die stabilste seyn, in welcher die entge-

gengesetzten Elektricitäten mit der grössten Kraft einander anziehen, und es lässt sich wohl eine gegenseitige Lage der Atome denken, bei welcher z. B. die Anziehungskraft zweier Atome gegen eines das Uebergewicht erhalten kann über die Anziehungskraft eines Atoms gegen eines, wie in folgendem Schema  $-0+0-0$ , in welchem die Repulsivkraft der gleichnamig elektrisirten Atome wegen der grössern Entfernung geringer ist. In der Theorie von Ampère begreift sich dieses noch leichter: denn wenn z. B. die negative El. von  $-0$  die Hälfte ist von der positiven El. von  $+0$ , so wird letztere in  $-0+0-0$  vollständiger gebunden seyn als in  $-0+0$ , d. h.  $-0+0-0$  wird eine stabilere Verbindung seyn als  $-0+0$ .

Abgesehen aber davon, so würde man sich durch die Voraussetzung, dass die stabilste Verbindung *immer* auch diejenige sey, in welcher 1 At. mit 1 At. verbunden ist, in mehrfache Widersprüche verwickeln. Das Wasser, welches aus 1 Maass Sauerstoffgas und 2 Maassen Wasserstoffgas besteht, würde, als die stabilste Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff, im Widerspruch mit der Volumentheorie, welche Volumen = Atom setzt, als aus 1 Atom Sauerstoff und 1 At. Wasserstoff bestehend angenommen werden müssen; und wenn man auch, mit Beiseitesetzung der Volumentheorie, die Richtigkeit dieser Annahme zugeben wollte, so würde, da das Stickoxydgas, als die stabilste Verbindung zwischen Sauerstoff und Stickstoff ebenfalls aus *einem* Atom beider Elemente besteht, das Ammoniak, die stabilste Verbindung zwischen Wasserstoff und Stickstoff, aus 3 At. Wasserstoff und 2 At. Stickstoff bestehen u. s. f. Von dieser Seite aus lässt sich daher bis jetzt kein Resultat für die atomistische Theorie gewinnen.

Wenn ein aus dem positiven Atom  $a$  und dem negativen Atom  $b$  zusammengesetzter Körper mit dem positiven Atom  $c$  in Conflict tritt, so wird  $c$  im Allgemeinen eine Zersetzung



von *ab* zu bewirken streben, und es wird *cb* und *a* entstehen, sofern *c* mit *b* eine intensivere El. entwickelt, als *a* mit *b* eine zu entwickeln vermag. Es wird jedoch der Fall eintreten können, dass der stärkeren Elektropositivität von *c* ungeachtet, dennoch keine Zersetzung erfolgt, wenn nemlich die grosse Cohäsion von *ab* der Zersetzung ein Hinderniss in den Weg legt. Bisweilen wird daher in solchen Fällen Zersetzung dann erfolgen, wenn man die Cohäsion durch Erhöhung der Temperatur vermindert.

Aber, abgesehen von dem Einfluss der Temperatur auf die Cohäsion, scheint es, dass das elektromotorische Verhältniss der Körper selbst mit der Temperatur sich ändern könne. Hierauf deutet namentlich das Verhalten der Kohle, welche, ungeachtet ihre Cohäsion durch erhöhte Temperatur nicht vermindert wird, dennoch erst in hoher Temperatur Verbindungen einzugehen vermag. Nach directen Erfahrungen von Seebeck lässt sich zwar bei gleichmässiger Erwärmung heterogener Metalle keine Abweichung von ihrem gewöhnlichen elektromotorischen Verhältniss bemerken, dagegen disponirt Erwärmung die Metalle zur Annahme negativer El., so dass jedes Metall, wenn man es bis zu einem bestimmten Grade erhitzt, negativ wird in Berührung mit einem zweiten Metall, welches kalt ist, und dieses letztere immer positiv wird, es mag in der auf gewöhnliche Weise ausgemittelten Spannungsreihe über oder unter dem ersten stehen.

Hieraus lässt sich vielleicht auch erklären, wie es kommt, dass Wasserstoffgas in der Rothglühhitze das Eisenoxyd zersetzt, wobei Wasser und metallisches Eisen gebildet wird, während umgekehrt, bei derselben Temperatur, Wasser durch metallisches Eisen zersetzt, und Eisenoxyd und Wasserstoffgas gebildet wird; dass ferner kohlen-saures Kali durch Wasser in Kalihydrat und kohlen-saures Gas, und umgekehrt Kalihydrat durch kohlen-saures Gas, unter Entwicklung von

Wasser, in kohlen-saures Kali zersetzt wird. — Solche einander scheinbar widersprechende Thatsachen beobachtet man nur dann, wenn die auf einander einwirkenden Körper in Absicht auf elektrische Energie einander sehr nahe stehen. Hinsichtlich der Temperatur sind die Umstände in beiden Fällen nicht die gleichen. Der Wasserdampf, wenn er zu dem rothglühenden metallischen Eisen, und das Wasserstoffgas, wenn es zu dem rothglühenden Eisenoxyd gelangt, befindet sich weit unter dieser Temperatur. Der scheinbare Widerspruch würde sich daher durch die Annahme heben lassen, dass die elektrischen Eigenschaften der Körper mit der Temperatur erhöht werden, so dass *heisses Eisen* positiver gegen *kalten* Sauerstoff wäre, als Wasserstoff gegen Sauerstoff bei der gewöhnlichen Temperatur, dagegen *heisser* Sauerstoff (im rothglühenden Eisenoxyd) negativer gegen *kalten* Wasserstoff, als gegen Eisen, welches auf der gleichen erhöhten Temperatur, wie er selbst, sich befindet. Die so eben angeführten Versuche Seebecks, welche freilich nur auf Metalle sich beziehen, sind jedoch dieser Erklärung nicht ganz günstig.

Sonst erklärte man dergleichen sich scheinbar widersprechende Thatsachen auf folgende Weise. Berthollet nahm an, dass, wenn gleiche Mengen zweier Körper *b* und *c* auf einen dritten *a* einwirken, sie sich im Allgemeinen im Verhältniss ihrer Affinitätsgrösse in den Körper *a* theilen, dass aber, wenn das Gewicht von *c* z. B. verdoppelt werde, damit auch seine Affinität verdoppelt werde, weil die Zahl der einwirkenden Theilchen von *c* verdoppelt ist. Das Product der relativen Affinitätsgrösse eines Körpers in sein Gewicht, oder seine absolute Verwandtschaftsgrösse nannte Berthollet die *chemische Masse* des Körpers. Eine solche Vertheilung von *a* zwischen *b* und *c* nach der chemischen Masse, welche *b* und *c* ins Spiel bringen, findet jedoch nach ihm nicht immer statt; vielmehr bringen andere Kräfte, namentlich Cohäsion und Elasticität häufig Aenderungen hervor, indem sie allmähig *b* oder *c*, oder *ab* oder *ac* aus dem

Affinitäts-Conflict entfernen und dadurch immer wieder neue Zersetzungen veranlassen, bis *a* entweder bloß mit *b* oder bloß mit *c* vereinigt ist. So wird, in dem angeführten Fall, metallisches Eisen durch einen Strom von Wasserdampf oxydirt und Eisenoxyd durch einen Strom von Wasserstoffgas reducirt, weil die Producte der Oxydation oder der Reduction immer weggeführt werden und daher der Verwandtschaft der nachfolgenden Masse nicht entgegenwirken können. In einem *verschlossenen* Gefäße würde sich die Sache ganz anders verhalten, weil das Gas (Wasserstoffgas in dem einen, Wassergas in dem andern Fall) nicht durch neues Gas ersetzt wird. Hier würde immer nur eine partielle Oxydation oder Reduction statt finden und aufhören, sobald Wasserstoffgas und Wasserdampf auf der einen, und metallisches und oxydirtes Eisen auf der andern Seite in einem solchen Verhältniss sich befänden, dass sie einander das Gleichgewicht halten.

Wir haben in vielen Beispielen gesehen, dass Körper in dem Augenblick, in welchem sie aus einer Verbindung frei werden, im Allgemeinen weit geneigter sind, Verbindungen mit andern Körpern einzugehen, als wenn sie bereits die Gasform angenommen haben, und dass sich manche Verbindungen auf diese Weise darstellen lassen, die auf andere Weise nicht erhalten werden können. Wir haben diese Erscheinungen mit dem Ausdruck: *status nascens* bezeichnet, der jedoch als eine *qualitas occulta* zu betrachten war, insofern man sich keine Vorstellung von dem Zustand eines Körpers machen kann, der, sobald er frei ist, d. h. in keiner Verbindung sich mehr befindet, seiner Natur nach gasförmig ist und dessen Verbindungen mit andern Körpern doch die der Gasform inhärirende Elasticität kein Hinderniss in den Weg legen soll. Die Erscheinungen des *status nascens* finden nun aber ihre Erklärung ganz ungezwungen in dem eigenthümlichen elektrischen Zustande, in welchem die Körper aus einer Verbindung hervortreten, und der ihre Verbindungsfähigkeit erhöht, wie man denn auch an der Bildung von einigen Wasserstoffmetallen

und Superoxyden unter dem Einfluss der Kette sieht, dass ein elektrischer Zustand Verbindungen hervorzubringen vermag, die auf andere Weise nicht hervorgebracht werden können.

Es erklärt sich ferner, wie es kommt, dass Wasser durch gewisse Metalle (Eisen, Zink) bei der gewöhnlichen Temperatur nicht zersetzt wird, dass aber Zersetzung eintritt, wenn man zu dem Wasser eine Säure hinzufügt, die übrigens selbst keine Zersetzung erleidet. Wenn man sagt, die Verwandtschaft der Säure zu dem Metalloxyd begünstige die Zersetzung des Wassers, so ist damit nichts erklärt, denn diese Verwandtschaft kann nur wirksam seyn, wenn das Metalloxyd schon gebildet, d. h. wenn das Wasser schon zersetzt ist, da sich das Metalloxyd auf Kosten des Sauerstoffs des Wassers bildet. Man kann sich nun aber vorstellen, dass der elektrische Gegensatz des Wassers, dem Ganzen oder den Bestandtheilen desselben nach betrachtet, gegen das Metall nicht stark genug sey, um eine Verbindung oder Zersetzung zwischen ihnen hervorzurufen, dass aber durch Zusatz einer (elektronegativen) Säure zu dem Wasser die Elektronegativität des Wassers bedeutend verstärkt, und damit ein in entsprechendem Grade erhöhter elektropositiver Zustand in dem Metall hervorgerufen werde, wodurch dieses jetzt die Kraft erhalten kann, den Sauerstoff des Wassers vom Wasser loszureissen und sich dann als Oxyd mit der ganzen Säure und oft noch mit Wasser dazu, zu verbinden.

Wir haben gesehen, wie sich die Erscheinungen des status nascens aus dem elektrischen Zustand erklären lassen, in welchem sich die Körper bei ihrem Freiwerden aus Verbindungen befinden. In der That muss, da nach der elektrochemischen Theorie der elektrische Gegensatz der Körper deren Verbindung bedingt, ein dauronder elektrischer Zustand, in welchen man die Körper künstlich versetzt, je nach den Umständen chemische Verbindungen hindern

oder befördern. Dieses wird durch die Erfahrung vollkommen bestätigt.

Was die *Beförderung* chemischer Verbindungen betrifft, so gibt die galvanische Säule hiefür mehrere Belege, indem verschiedene Verbindungen, z. B. Wasserstoffmetalle, Superoxyde, die auf andere Weise nicht hervorgebracht werden können, unter dem Einfluss des Stroms sich bilden. — Was die *Verhinderung* chemischer Verbindungen betrifft, so zeigt sich diese in sehr vielen Fällen, die zum Theil ein sehr grosses praktisches Interesse darbieten. Eisen z. B. oxydirt sich in lufthaltigem Wasser; legt man nun ein Eisenblech für sich, ein anderes aber in Berührung mit Zink in Wasser, so zeigt sich letzteres nach mehreren Tagen noch blank, während ersteres mit Rost überzogen ist. Die Erklärung ist sehr einfach. Das Eisen verbindet sich mit dem Sauerstoff der in dem Wasser enthaltenen Luft, weil es positiv gegen denselben ist. Durch seine Berührung mit Zink wird aber das Eisen negativ elektrisch, daher wird die positive El., welche das Eisen mit dem Sauerstoff annimmt, mehr oder weniger durch die negative El. neutralisirt, die es mit dem Zink annimmt, und auf diese Weise die Neigung des Eisens, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden, geschwächt oder aufgehoben werden.

Eine Abänderung dieses Versuchs ist folgende. Man taucht in ein mit verdünnter Kochsalzauflösung gefülltes Gefäss ein Eisenblech, in ein anderes ähnliches ein Zinkblech, und verbindet beide Metalle durch irgend ein Metall, die Gefässe aber durch mit Kochsalzauflösung befeuchtete Baumwolle. Nach mehreren Tagen zeigt sich das Eisen noch blank. — Würde man bei diesem Versuch die Flüssigkeit der Gefässe *nicht* durch feuchte Baumwolle in Verbindung setzen, so würde die Flüssigkeit des Gefässes, in welchem sich das Eisen befindet, bald den elektrischen Zustand des Metalls annehmen, und der Sauerstoff der Flüssigkeit in demselben Grade, wie das Me-

tall, an Negativität zunehmen, so dass das *Verhältniss* ihrer Wirkungen auf einander dasselbe bleiben müsste, wie wenn sie sich im unelektrischen Zustande befänden; das Eisen würde sich wenigstens nach kurzer Zeit gerade so oxydiren, als wäre es nicht mit Zink verbunden. Ist dagegen die Kette geschlossen, so wird die El., welche die Flüssigkeit vom Eisen aus erhält, beständig von der andern Seite her neutralisirt.

Man kann also Metalle dadurch, dass man sie mit einem elektropositiveren Metall combinirt, gegen Oxydation schützen, indem sie durch eine solche Combinirung elektro-negativ werden, und ihre Neigung, sich mit dem elektronegativen Sauerstoff zu verbinden, vermindert oder ganz aufgehoben wird; Eisen z. B. durch Zink; Kupfer durch Eisen, Zink oder Zinn,

Man kann aber die Metalle auch dadurch gegen Oxydation schützen, dass man die *Elektronegativität des Wassers* durch elektropositivere Materien, die man in demselben auflöst, vermindert, wodurch in entsprechendem Grade die Elektropositivität des Metalls, und damit seine Neigung, sich mit dem elektronegativen Sauerstoff zu verbinden, vermindert wird. Dieses geschieht, wenn man zu dem Wasser alkalische Substanzen, z. B. Ammoniak, Kali, Kalk, fügt. Schon ein geringer Zusatz von Ammoniak verhindert die Oxydation des Eisens im Wasser auf mehrere Stunden. Auch Kupfer, welches so leicht unter Salzaufösungen sich oxydirt, wird nur sehr wenig angegriffen, wenn dieselben mit einfach-kohlensaurem Kali versetzt werden.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass schon eine sehr kleine Menge des positiven Metalls hinreicht, eine grosse Fläche des negativen Metalls zu schützen. Davy hat hievon eine sehr glückliche Anwendung gemacht, um den Kupferbeschlag der Schiffe gegen das Zerfressen zu sichern; er wandte hierzu Eisen oder Zink an. Betrug die Fläche des metallischen Beschützers  $\frac{1}{45}$  bis  $\frac{1}{100}$  von der Fläche des Ku-

pfers, so fand weder Zerfressung noch Abnahme am Gewicht des Kupfers statt; bei geringerer Menge des ersteren, z. B.  $\frac{1}{200}$  bis  $\frac{1}{400}$  erlitt jedoch das Kupfer einen Verlust, der um so grösser war, als die Fläche des schützenden Metalls geringer genommen ward. Hierbei ist jedoch der Umstand zu beachten, dass durch eine solche Combinirung von Kupfer mit einem positiveren Metall eine durch das Meerwasser geschlossene einfache Kette gebildet wird, in welcher das Kupfer den negativen Pol bildet, an welchem sich daher die basischen Substanzen der in dem Meerwasser gelösten Salze, wie Kalk, Bittererde, die sich dann mit Kohlensäure oder Wasser verbinden und unauflöslich werden, (kohlensaurer Kalk, kohlensaure Bittererde, Bittererdehydrat) absetzen, und zu Anhaftungen von Vegetabilien und Seethieren Veranlassung geben, wodurch das Schiff in seinem Laufe sehr gehemmt wird. Die chemische Wirkung dieser einfachen Kette, folglich der Absatz eines erdigen Ueberzugs, ist um so grösser, je grösser bis auf einen gewissen Grad die Fläche des positiven Protectors (Schützers) gegen die Fläche des Kupfers genommen wird. Bei Anwendung von Zink oder Eisen zu  $\frac{1}{35}$  bis  $\frac{1}{80}$  von der Oberfläche des Kupfers war dieses letztere Metall nach einigen Monaten mit einem weissen Ueberzug bedeckt; betrug aber die Oberfläche des Protectors von Zink oder Gusseisen weniger als  $\frac{1}{250}$  von derjenigen des Kupfers, so bildete sich jener erdige Ueberzug nicht, es setzten sich keine Seegewächse an das Kupfer an, und die Oberfläche des Kupfers blieb rein, ungeachtet es in einem geringeren Grade gelöst worden war. Da die Oxydation des Protectors hauptsächlich auf der in dem Wasser eingeschlossenen Luft beruht, so wird der Protector selbst viel langsamer zerfressen, wenn er *inwendig* angebracht wird, als wenn er sich *auswendig* befindet, wo er beständig von mit Luft gesättigtem Wasser bespült wird. Da ferner die Erfahrung lehrte, dass die

schützende Kraft auf weitere Entfernung hin abnimmt, so fand es Davy möglich, an verschiedenen Stellen des Kupferbeschlags Protectoren anzubringen.

Die elektrochemische Theorie setzt, wie wir gesehen haben, ein elektromotorisches Verhalten *aller* Körper voraus, welche überhaupt chemisch auf einander einzuwirken vermögen; hieraus entspringen dann aber die oben S. 911. angedeuteten Schwierigkeiten und Widersprüche. Fechner sucht diese Widersprüche durch folgende Ansicht zu beseitigen. „Da in allen Fällen, wo eine wirksame Strömung, statt findet, zugleich eine Ueberführung der entgegengesetzten elektrischen Bestandtheile der Flüssigkeiten nach den entgegengesetzten Polen erfolgt, und wo diese Ueberführung nicht statt findet, die Flüssigkeit nicht anders als wie ein Nichtleiter oder wie ein *metallischer* Leiter in die Kette tritt, d. h. blos einen beharrlichen Zustand des Gleichgewichts zur Folge hat, wie z. B., wenn concentrirte Schwefelsäure oder reines Brom in die Kette tritt; da die Bestandtheile der Flüssigkeiten in ihrem Uebergange nach den entgegengesetzten Polen die Elektricitäten nothwendig mit sich führen, die ihnen vermöge ihrer wechselseitigen Berührung unter einander zukommen, und da die positiven Bestandtheile nach dem negativen, die negativen Bestandtheile nach dem positiven Pol der Kette hingeführt werden, so bringen sie ganz dieselbe Richtung der Strömung hervor, die man erhält, wenn man, bei vernachlässigter elektromotorischer Wirksamkeit der Flüssigkeiten, ein *eigenthümliches Leitungsvermögen* derselben für den Strom annehmen wollte, vermöge dessen sie die El. des positiven und negativen Pols nach entgegengesetzten Richtungen durch sich hindurch liessen.

„Diese Ansicht macht daher die chemische Wirkung



„nicht von der Strömung der El., sondern vielmehr die  
 „Strömung der El. von der chemischen Wirkung, d. h. von  
 „der Anziehung abhängig, welche entgegengesetzt elektri-  
 „sche Theilchen auf einander ausüben. Wo diese Anzie-  
 „hung erfolglos ist, ist auch die Strömung verschwunden,  
 „und es tritt blos der beharrliche Gleichgewichtszustand ein,  
 „wie er Gliedern, die unter demselben Gesetz der Spannungs-  
 „reihe stehen, zukommt.“

Durch diese Ansicht wird die Contactstheorie des Galvanismus mit der chemischen Theorie gewissermassen ausgeglichen. Die durch die Berührung heterogener Metalle entwickelte El. bleibt immer noch eine Hauptbedingung der Wirksamkeit einer voltaschen Kette, insofern sie durch ihre Anziehungen und Abstossungen die Zersetzung der Flüssigkeiten möglich macht. Die zweite Hauptbedingung aber ist die Zersetzbarkeit der Flüssigkeiten selbst durch diese durch die Berührung der Metalle entwickelte El., weil erst, wie wir gesehen haben, in Folge wirklich eingetretener Zersetzung eine Strömung erfolgt. Ist diese El. zu schwach, um eine Zersetzung der Flüssigkeiten zu bewirken, mit andern Worten: äussern die Metalle, ungeachtet ihrer freien Elektricitäten, keine chemische Einwirkung auf die Flüssigkeiten, so findet auch keine Strömung statt, weil dann keine Elektricitäten nach den Polen hingetragen werden.

So erklärt sich nun die Strömung in der geschlossenen Kette und die damit verbundene Zersetzung der Flüssigkeiten, indem die Elektricitäten, welche durch die Bestandtheile der Flüssigkeiten den Polen zugeführt werden, durch die entgegengesetzte El. der Pole beständig neutralisirt werden, mithin die Zersetzung der Flüssigkeit durch die El. der Pole beständig erneuert wird.

Dieser Ansicht ist die von Faraday entdeckte Thatsache (vergl. S. 629.) sehr günstig, dass Körper, welche überhaupt einer Zersetzung fähig sind, in ihrem starren Zu-

stand durch die voltasche Säule nicht zersetzt werden, im Allgemeinen aber eine Zersetzung erleiden, wenn sie in tropfbar-flüssigem Zustand in den Kreis der Kette gebracht werden. Im starren Zustand kann nemlich die Zersetzung der Körper desswegen nicht erfolgen, weil ihre Theilchen der Beweglichkeit ermangeln, mithin keine Ueberführung der Elektricitäten nach den Polen statt finden kann. Einige Ausnahmen sind in dieser Beziehung recht merkwürdig: z. B. Operment, Realgar, Zinkjodid, Zinnchlorid, Arsenikchlorür, lauter Körper, von denen man erwarten sollte, dass sie zersetzt werden sollten, werden, in den Kreis der Kette gebracht, auch im tropfbar-flüssigen Zustand nicht zersetzt und unterbrechen die Strömung.

Man sieht übrigens leicht, wie die erwähnte Ansicht Fechner's nach der Faraday'schen Theorie von der elektrochemischen Zersetzung modificirt werden müsste. In dieser letzteren Theorie würd eine anziehende oder abstossende Kraft der Pole nicht angenommen: die von den sogenannten Polen in die zersetzt werdende Flüssigkeit einströmenden EE. würden die innere Corpuscularaction hervorbringen, vermöge welcher die entgegengesetzt elektrisirten Bestandtheile an die Grenzen der Flüssigkeit geführt würden, dort die EE. der Pole neutralisirten und so die Strömung unterhielten.

Die ungeschlossene Säule, so wie die geöffnete einfache Kette, befindet sich in einer andern Lage; in einer solchen können die chemischen Zersetzungen nicht in derselben Art, wie in der geschlossenen, erfolgen; wie denn auch die Erfahrung zeigt, dass die Metalle einer ungeschlossenen Säule ohne alle Vergleichung weniger stark angegriffen werden, als die einer geschlossenen. Stellen wir uns ein Zinkkupfer Plattenpaar vor, das auf den abgewendeten Flächen mit feuchtem Papier belegt ist, also eine geöffnete einfache Kette, so wird sich die Flüssigkeit auf jeder Seite sehr bald

gleichartig und gleich stark mit dem Metall, an welchem sie anliegt, laden, und in diesem Zustand erhalten, insofern sie keine entgegengesetzte El. zur Neutralisation, oder keine Ableitung zur Entziehung ihrer erlangten El. findet. Es wird also auf diese Weise zuletzt kein grösserer elektrischer Gegensatz zwischen den Metallen und der Flüssigkeit oder ihren Bestandtheilen statt finden können, als ihnen an sich, d. h. ohne Mitwirkung der durch die Berührung der heterogenen Metalle erregten El., zukommt.

Ich glaube übrigens bei einem Gegenstande nicht länger verweilen zu dürfen, der noch viel zu wenig erforscht ist, um schon jetzt zur Entscheidung gebracht werden zu können. Ich bemerke blos noch, dass wenn die Flüssigkeiten, wegen ihrer elektromotorischen Wirksamkeit auf die Metalle, dem allgemeinen Gesetz der galvanischen Spannungsreihe unterworfen sind, auch den Polen einer ungeschlossenen *Säule* keine stärkere El. zukommen sollte, als den entsprechenden Platten eines *einzelnen* Plattenpaars; denn man mag zwischen zwei heterogene Metalle *A* und *B* noch so viele beliebige Metallplatten einbringen, immer wird die Art und *Stärke* der El. von *A* die nemliche bleiben, als wenn es *B* direct berührte. — Man kann blos Das mit Bestimmtheit behaupten, dass die Verschiedenheiten einer aus blos festen Leitern errichteten Säule und einer solchen, in welche auch Flüssigkeiten eingehen, auf der Verschiedenheit der Natur des festen und des flüssigen Zustandes der Körper beruhen müssen,

---

*Elektropositive und elektronegative Körper.*

Die relative Elektropositivität und Elektronegativität der Körper lässt sich, wie wir gesehen haben, auf verschiedenen Wegen ausmitteln; bei Metallen namentlich 1) durch die Untersuchung der Art von El., welche sie bei ihrer gegenseitigen Berührung erregen; 2) durch die Beobachtung ihres Verhaltens als Glieder der thermoelektrischen Kette; bei nicht-metallischen Körpern vorzüglich durch das Verhalten ihrer Verbindungen in der hydroelektrischen Kette.

Die Resultate, welche die Physiker durch Versuche der ersten Art erhalten haben, weichen zum Theil sehr bedeutend von einander ab, indem einem und demselben Metall oft sehr verschiedene Stellen in der galvanischen Spannungsreihe angewiesen werden; und was die zweite Art von Versuchen betrifft, so haben wir gesehen, dass, sofern man annimmt, der Strom gehe *immer* von der erhitzten oder *immer* von der kalten Stelle aus, die so gewonnenen Resultate mit den durch die erste Art von Versuchen erhaltenen eben so oft in Widerspruch gerathen, als sie mit denselben übereinstimmen. Will man auf der andern Seite diese beiderlei Resultate dadurch in Harmonie mit einander bringen, dass man annimmt, der Strom in der thermoelektrischen Kette gehe bald von der erwärmten, bald von der kalten Stelle aus, so lässt sich natürlich aus den Versuchen mit der thermoelektrischen Kette gar kein neues Resultat hinsichtlich der Folgereihe der Metalle ihren elektrischen Beziehungen nach gewinnen, denn die Versuche selbst werden dann ja blos den Resultaten der ersten Art von Versuchen angepasst. Ausserdem hat man gefunden, dass das Verhalten der Metalle in der thermoelektrischen Kette oft durch geringe Beimengungen fremder Metalle sich sehr bedeutend ändert.

Den Mangel an Uebereinstimmung zwischen beiderlei Resultaten wird man aus folgenden Reihen übersehen, von denen n<sup>o</sup>. 1. die elektrischen Verhältnisse der Metalle, wie sie sich aus ihrer gegenseitigen Berührung ergeben, n<sup>o</sup>. 2. die elektrischen Beziehungen derselben darstellt, wie sie sich aus ihrem Verhalten in der thermoelektrischen Kette, unter der Voraussetzung, dass der Strom immer von der erhitzten Stelle ausgehe, ableiten lassen. Beide Reihen beginnen mit dem elektropositivsten und endigen mit dem elektronegativsten Metall, und in n<sup>o</sup>. 2. sind diejenigen Metalle, deren Stelle sich durch kleine Beimengungen fremder Körper ändert, mit einem ? bezeichnet, ohne dass man übrigens in allen Fällen bis jetzt anzugeben wüsste, von welcher fremden Beimengung es abhängt, dass ein Metall seine Stelle in der Reihe ändert.

## Nr. 1.

*Positives Ende.*

Kalium  
Baryum  
Zink  
Cadmium  
Mangan  
Blei  
Zinn  
Eisen  
Nickel  
Kupfer  
Wis smuth }  
Antimon }  
Arsenik }  
Quecksilber  
Silber  
Gold

## Nr. 2.

*Positives Ende.*

Wissmuth  
Nickel  
Platin ?  
Kupfer ?  
Mangan  
Kupfer ?  
Platin ?  
Quecksilber  
Blei  
Zinn  
Platin ?  
Kupfer ?  
Rhodium  
Iridium  
Gold  
Silber

Platin	Zink
Iridium	Kupfer ?
Rhodium	Platin ?
	Cadmium
	Eisen
	Arsenik
	Antimon

Es versteht sich von selbst, dass, wenn man annehmen wollte, der Strom in der thermoelektrischen Kette gehe immer von der *kalten* Stelle aus, die Reihe n<sup>o</sup>. 2. gerade in umgekehrter Ordnung aufgestellt werden müsste.

Solche Reihen bieten zunächst [für den *Chemiker* kein besonders grosses Interesse dar, da die Metalle im Allgemeinen so wenig Neigung haben, innige Verbindungen mit einander einzugehen, und solche Verbindungen, wenn sie auch existiren, entweder keine, oder jedenfalls wenig charakterisirte weitere Verbindungen zu bilden vermögen.

Das elektrische Verhältniss der Metalle wird für den Chemiker erst dann wichtig, nachdem sich dieselben mit einem nicht-metallischen Element, namentlich mit Sauerstoff, Schwefel, Chlor u. s. f. verbunden haben, insofern erst diese Verbindungen es sind, welche theils mit Verbindungen anderer Metalle, theils mit Verbindungen nicht-metallischer Elemente mit denselben oder analogen Elementen, wie die, mit welchen die Metalle verbunden sind, innige Vereinigungen einzugehen vermögen.

So haben z. B. die Verbindungen des Arsens mit andern Metallen, die Verbindung des Platins mit Kalium u. s. f., kein besonderes Interesse. Diese Verbindungen gehen auch wenigstens keine bestimmt charakterisirte Verbindungen mit andern Körpern ein; aber die Sauerstoffverbindungen des Arsens,

die Verbindung des Platins mit Chlor u. s. f. bilden, erstere mit den Sauerstoffverbindungen anderer Metalle, letztere mit dem Chlorkalium sehr innige Verbindungen.

Die sicherste Art, über die elektrischen Beziehungen der Körper Aufschluss zu erhalten, ist die, ihr Verhalten im Kreise der voltaschen Kette zu untersuchen. Wenn ein zusammengesetzter Körper unter dem Einfluss der Kette in seine näheren Bestandtheile oder in Elemente zersetzt wird, so wird derjenige Bestandtheil, welcher nach der Seite zu wandert, wo die positive El. einströmt, negativ seyn in Beziehung auf den andern Bestandtheil, welcher nach der entgegengesetzten Seite hin sich bewegt, wo die negative El. einströmt. Sind diese beiden Bestandtheile Elemente, so wird dieses Verhalten im Kreise der Kette über das gegenseitige elektrische Verhältniss dieser Elemente entscheiden; sind sie dagegen selbst noch zusammengesetzt, z. B. aus zwei verschiedenen Radicalen, die aber mit einem und demselben Element verbunden sind, so wird man durch dieses Ergebniss zwar wohl über das elektrische Verhältniss der beiden noch zusammengesetzten Bestandtheile, nicht aber über das elektrische Verhalten der beiden Radicale dieser Bestandtheile belehrt werden. — Wenn man z. B. die Schwefelsäure im Kreise der Kette sich in Schwefel, der am negativen, und in Sauerstoff, der am positiven Pol ausgeschieden wird, zersetzen sieht, so kann man hieraus schliessen, dass der Schwefel positiv gegen Sauerstoff sey. Wenn aber im Wasser gelöstes schwefelsaures Kali in Schwefelsäure zersetzt wird, die am positiven, und in Kali, das am negativen Pol sich ansammelt, so wird man zwar hieraus schliessen dürfen, dass die Schwefelsäure negativ gegen Kali sey, aber man wird *hierdurch* noch nicht zu dem Schluss berechtigt, dass auch der Schwefel negativ gegen Kalium sey.

Es kommt nemlich in Betracht, dass das elektrische Verhältniss eines Körpers durch dessen Verbindung mit ver-

*schiedenen Quantitäten* eines andern Körpers sich ganz ändern kann. Das Mangan z. B. ist ein elektropositives Metall; es bildet mit einer gewissen Menge von Sauerstoff eine sehr kräftige Salzbasis, die mithin nicht blos gegen die Säuren, sondern auch gegen sehr viele Salzbasen elektropositiv ist; mit einer grösseren Menge Sauerstoff verbunden bildet es ein Superoxyd, welches Leiter der El. ist, und dessen elektrische Verhältnisse mithin durch die Berührungsmethode erforscht werden können; man findet dann, dass dieses Superoxyd die unterste Stelle in der galvanischen Spannungsreihe einnimmt, d. h. in sehr hohem Grade elektronegativ ist, während das metallische Mangan eine der obersten Stellen in dieser Reihe behauptet, d. h. in sehr hohem Grade elektropositiv ist. Mit noch mehr Sauerstoff als im Superoxyd verbunden, bildet endlich das Mangan Säuren, d. h. Verbindungen, die noch mehr elektronegativ sind, als das Superoxyd.

Wenn also die Schwefelsäure z. B. elektronegativ ist gegen Kali, so wird man hieraus noch nicht schliessen dürfen, dass auch Schwefel negativ gegen Kalium sey, denn die Schwefelsäure könnte möglicherweise nur deswegen negativ gegen Kali seyn, weil in einem Atom Schwefelsäure 1 Atom Schwefel mit 3 At. Sauerstoff, in einem Atom Kali aber 1 At. Kalium nur mit 1 At. Sauerstoff verbunden ist; es liesse sich als möglich denken, dass eine Verbindung von 1 At. Schwefel mit 1 At. Sauerstoff positiv gegen Kali seyn könnte, was übrigens nicht der Fall ist, da auch die unterschweflige Säure, die 1 At. Schwefel auf 1 At. Sauerstoff enthält, als Säure negativ gegen Kali ist.

In der That lehrt die Erfahrung, dass ein elektropositiver Körper im Allgemeinen um so weiter in der elektrischen



schen Reihenfolge herabrückt, d. h. um so mehr an Negativität zunimmt, je mehr er sich selbst mit einem, ihm an Negativität vorangehenden Körper verbunden hat, und dass umgekehrt Verbindung eines Körpers mit einem positiveren Körper die Positivität des ersteren erhöht. So findet man namentlich, dass die Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff, Chlor, Jod, Schwefel, Phosphor negativer als die Metalle selbst sind, und das schon angeführte Beispiel des Mangans liefert den schlagendsten Beweis dafür, dass mit zunehmender Menge des Sauerstoffs die Positivität des Metalls abnimmt; man findet sogar, dass ein an der Luft nur matt gewordenes Metall sich gegen dasselbe, aber blanke Metall, negativ verhält.

Eine merkwürdige, aus elektrochemischen Grundsätzen unerklärliche Ausnahme von diesem Gesetz machen die Amalgame und Legirungen, von welchen die meisten in der elektrischen Reihenfolge entweder *unter*, oder *über* die Metalle zu liegen kommen, aus welchen sie bestehen, so dass eine Legirung eines positiven mit einem negativen Metall entweder negativer als das negative oder positiver als das positive sich verhält; nur in einer geringeren Anzahl von Fällen kommt die Legirung *zwischen* die beiden Metalle, aus welchen sie besteht, in der elektrischen Reihenfolge zu liegen.

Der *Physiker* pflegt die elektrischen Verhältnisse der Körper von einem andern Standpunkt aus zu betrachten, als der *Chemiker*, und man muss sich vor Allem diese verschiedenen Standpunkte klar machen, wenn man die Widersprüche beseitigen will, die in dieser Beziehung statt zu finden scheinen.

Der Physiker betrachtet die elektrischen Beziehungen der Elemente und der Verbindungen dieser Elemente mit andern Elementen *an sich*, d. h. er sucht die elektrischen Verhältnisse eines Elements in keine Verbindung zu setzen mit den elektrischen Verhältnissen der Verbindungen dieses Elements; ihm ist ein elektropositives Metall zunächst nur als solches, als Metall, positiv, und wenn er es positiv nennt, so spricht er damit nichts über die elektrischen Beziehungen der *Verbindungen* dieses Metalls aus, welche vielmehr positiv oder negativ seyn können; das Mangan und Manganoxydul z. B. sind ihm elektropositiv, das Mangansuperoxyd und die Mangansäuren dagegen elektronegativ, weil die beiden ersteren nach dem positiven, die beiden letzteren nach dem negativen Ende der elektrischen Reihenfolge zu liegen; ihm ist ferner Arsenik positiv gegen Silber, aber Arsensäure negativ gegen Silberoxyd, und diese Thatsache hat für ihn nichts Auffallendes, da in der Arsensäure 1 At. Arsenik mit  $2\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff, in dem Silberoxyd aber 1 At. Silber mit 1 At. Sauerstoff verbunden ist, mithin die grössere Menge des elektronegativen Elements in der Arsensäure die grössere Elektronegativität dieser Säure genügend erklärt.

Der Chemiker dagegen betrachtet die elektrischen Verhältnisse der Körper nicht allein an sich, sondern auch in ihren Beziehungen zu den elektrischen Verhältnissen der Verbindungen, welche sie mit andern Elementen, namentlich mit dem Sauerstoff, eingehen; ihm sind elektropositive und elektronegative Elemente solche, welche nicht gerade nothwendig an sich, als Elemente, sondern hauptsächlich in den *meisten* ihrer Verbindungen, namentlich mit dem Sauerstoff, positiv oder negativ sind. Auf diesen letzteren Umstand nimmt der Chemiker sogar viel mehr als auf den ersteren Rücksicht, und wenn ein Element positiv gegen

ein anderes sich verhält, die Verbindungen des ersteren mit Sauerstoff aber negativ gegen die Verbindungen des letzteren mit Sauerstoff sich verhalten, so ist ihm das erstere Element negativer als das letztere. Positive Elemente sind ihm also solche, welche mit Sauerstoff vorzugsweise Salzbasen, negative Elemente dagegen solche, welche mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren bilden. Diejenigen positiven Elemente, welche die stärksten Basen bilden, sind ihm positiver, als die, welche schwächere Basen bilden. Da alle nicht-metallische Elemente, mit alleiniger Ausnahme des Wasserstoffs, entschiedene Säuren und keine Salzbasen bilden, so sind ihm alle diese Elemente negativ. Das Arsenik, welches bloß Säuren und keine Salzbasen bildet, ist negativ, negativer als Silber, weil es nur ein Silberoxyd, keine Silbersäure gibt, und ungeachtet das Arsenik in der galvanischen Spannungsreihe über dem Silber steht, d. h. positiver als Silber ist. Jedem einzelnen Element seine bestimmte Stelle in der von dem chemischen Standpunkt aus betrachteten elektrischen Reihenfolge anzuweisen, ist aber für jetzt noch nicht möglich; ja selbst gegen die allgemein angenommene absolute Elektronegativität des Sauerstoffs lassen sich Zweifel erheben, indem zwar, bei der Zersetzung der Sauerstoffsäuren des Chlors durch die voltasche Säule, das Chlor am negativen, der Sauerstoff am positiven Pol sich ansammelt, mithin Chlor positiv gegen Sauerstoff erscheint, auf der andern Seite aber das Chlor den Sauerstoff aus seinen Verbindungen mit den Alkalimetallen in der Hitze austreibt, und sich mit dem Metall verbindet, folglich negativ gegen Sauerstoff erscheint.

Uebersieht man die oben S. 941. von dem physikalischen Standpunkt aus aufgeführte elektrische Reihenfolge der Metalle n<sup>o</sup>. 1, so ergibt sich das allgemeine Resultat, dass diese elektrische Reihenfolge wenigstens ungefähr mit der-

jenigen Reihenfolge übereinkommt, bei welcher die Metalle nach der Leichtigkeit, mit welcher sie sich oxydiren, aufgestellt werden; die am leichtesten oxydirbaren Metalle, Kalium, Baryum, Zink, u. s. f. nehmen die obersten, die am schwersten oxydirbaren, wie Silber, Gold, Platin u. s. f. die untersten Stellen der Reihe ein. Wenn auch einige Ausnahmen in dieser Beziehung statt finden, so sind diese von keiner grossen Bedeutung, da wir wissen, dass der Zustand der Aggregation der Körper einen sehr grossen Einfluss auf die Oxydirbarkeit derselben ausübt, dass z. B. Eisen in einem gewissen Zustand schon bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft sich entzündet. — Dass die elektropositiveren Metalle im Allgemeinen sich leichter oxydiren, ist ein Resultat, welches die elektrochemische Theorie im Voraus erwarten lässt, da die elektrische Differenz zwischen diesen Metallen und dem negativen Sauerstoff die grösste ist.

Betrachtet man dagegen die Sache von dem chemischen Standpunkt aus, so nimmt man vielmehr auf den elektrischen Charakter der Sauerstoffverbindungen der Metalle Rücksicht; man nennt ein Metall negativ in Beziehung auf ein anderes, wenn ersteres durch seine Verbindung mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren, letzteres Basen bildet, unbekümmert um das elektrische Verhalten der Metalle gegen einander selbst, unbekümmert daher auch darum, ob ersteres sich *leichter* oxydire als letzteres. Im Allgemeinen werden freilich elektronegative Metalle mehr geneigt seyn, mit dem negativen Sauerstoff elektronegative Verbindungen, d. h. Säuren, zu bilden, als elektropositive Metalle; aber selbst die elektronegativsten Metalle sind immer noch in Beziehung auf den absolut elektronegativen Sauerstoff in hohem Grade positiv, und da das elektrische Ver-

hältniss der Verbindung nicht allein von dem Metall, sondern eben so sehr von der Menge des Sauerstoffs abhängt, mit welcher sich das Metall verbindet, so begreift man wohl, wie ein elektropositiveres Metall eine Säure, d. h. eine negative Verbindung bilden kann, während ein elektronegativeres eine Basis bildet, warum daher ersteres negativ in Beziehung auf letzteres, *vom chemischen Standpunkt aus*, genannt werden muss.

Wir kennen die Ursache nicht, warum ein Metall, ungeachtet es positiver als ein anderes ist, mit Sauerstoff dennoch vorzugsweise Säuren bildet, während das letztere vorzugsweise Basen bildet, warum z. B. das positivere Arsenik bloß Säuren, das negativere Silber dagegen bloß eine Basis bildet; wir können bloß die Vermuthung aufstellen, dass dieses von der grösseren Anzahl Sauerstoffatome herühren möchte, womit sich das Arsenik verbindet, wobei wir aber wiederum keinen Grund anzugeben vermögen, warum nicht das Arsenik auch mit einer geringeren Anzahl von Sauerstoffatomen sich verbinden und eine Basis bilden kann.

Wenn wir somit allerdings erwarten dürfen, dass die elektropositiven Metalle im Allgemeinen vorzugsweise Basen, die elektronegativen vorzugsweise Säuren bilden, so gibt es doch auch mehrere Ausnahmen von dieser Regel, indem häufig ein elektropositiveres Metall vorzugsweise Säuren bildet, während ein elektronegativeres vorzugsweise Basen bildet. Solche Ausnahmen nun sind die Ursache der Abweichungen, welche zwischen den elektrischen Reihenfolgen statt finden, je nachdem sie von dem rein physikalischen oder von dem chemischen Standpunkt aus aufgestellt werden. Von dem letzteren Standpunkt gieng Berzelius

aus, der namentlich bei seinen Untersuchungen über die Verbindungen, welche er *Schwefelsalze* genannt hat, geleitet durch die elektrochemischen Verhältnisse, auf sehr wichtige Resultate geführt wurde, welche wir später erörtern werden.

---

Tübingen. Bei H. Laupp sind erschienen:

Abhandlungen (naturwissenschaftliche), herausgeg. v. einer Gesellschaft in Württemberg. 1. Bd. 1s Heft. m. 2 Steintafeln. gr. 8. br. 1826. 1 Thlr. 3 gr. 2 fl. 24 kr.

— — — 1. Bd. 2s Heft. 16 gr. 1 fl. 12 kr.

— — — — 3s Heft. 12 gr. 54 kr.

Berzelius (J.) Jahresbericht über die Fortschritte der phys. Wissenschaften. Aus dem Schwed. übersetzt von C. G. Gmelin. gr. 8. 1. Jahrg. 1822, 16 gr. 1 fl. 12 kr. 2. Jahrg. 1823, 15 gr. 1 fl. 3. Jahrg. 1824, 21 gr. 1 fl. 36 fr. — 4. Jahrg. übersetzt von Dr. Wöhler. 1825, 1 Thl. 8 gr. 2 fl. 24 kr. 5. Jahrg. 1826, 1 Thl. 10 gr. 2 fl. 30 fr. 6. Jahrg. 1827, 1 Thl. 12 gr. 2 fl. 36 fr. 7. Jahrg. 1828, 1 Thl. 16 gr. 2 fl. 48 fr. 8. Jahrg. 1829, 1 Thl. 12 gr. 2 fl. 30 fr. 9. Jahrg. 1830, 1 Thl. 10 gr. 2 fl. 30 fr. 10. Jahrg. 1831, 1 Thl. 8 gr. 2 fl. 24 fr. 11. Jahrg. 1832, 1 Thl. 16 gr. 48 fr. 12. Jahrg. 1833, 1 Thl. 12 gr. 2 fl. 36 fr. 13. Jahrg. 1834, 1 Thl. 2 fl. 18 gr. 3 fl.

— — — Register über d. 1—5 Jahrg. 1827 4 gr. 15 fr.

Brandeis (D. H.) medicin. Wörterbuch; enthaltend die etymolog. Erklärung der im Gebiete d. Arzneikunde vorkommenden griechischen Wörter, d. pathognom. Zeichen der Krankheiten u. biograph. Nachrichten v. d. bedeutendsten griech. u. röm. Aerzten. 2e durchaus umgearb. u. beträchtl. verm. Aufl. gr. 12. 1820. 2 Thlr. 5 fl. 30 kr.

Gmelin (C. G.) Versuche über die Wirkungen des Baryts, Strontians, Chroms, Molybdaens, Wolframs, Tellurs, Titans, Osmiums, Platins, Iridiums, Rhodiums, Palladiums, Nikels, Kobalts, Urans, Ceriums, Eisens und Mangans auf den thier. Organismus. gr. 8. geh. 1824. 12 gr. 54 kr.

Hundeshagen (J. C.) Lehrbuch der Forst- u. landwirthschaftlichen Naturkunde. 1e Abth. gr. 8. 1828. 18 gr. 1 fl. 24 fr. 2e Abth. Die Anatomie, der Chemismus und d. Physiologie der Pflanzen. 1829. 1 Thl. 12 gr. 2 fl. 36 fr. 3e Abth. Die Bodenkunde. 1830. 1 Thl. 8 gr. 2 fl. 24 fr.

Mohl (H.) über den Bau und das Winden der Ranken- und Schlinggewächse. M. Kupf. gr. 4. 1828. 1 Thlr. 16-gr. 3 fl.

— — — über die Poren des Pflanzen-Zellgewebes. Mit 4 Kupf. gr. 4. 1828. 16 gr. 1 fl. 12 kr.

Rengger (J. R.) physiolog. Untersuchungen üb. die thier. Haushaltung d. Insekten. gr. 8. 1817. 9 gr. 36 kr.

Sammlung medicin. Dissertationen von Tübingen. In Uebersetzung herausgeg. von Dr. Weber. 15 Stck. gr. 8. 1820. 1 Thlr. 1 fl. 45 fr.

2s Stck. gr. 8. 1821. 1 Thl. 6 gr. 2 fl. 15 fr.

3s Stck. gr. 8. 1821. 18 gr. 1 fl. 15 fr.

4s Stck. gr. 8. 1824. 21 gr. 1 fl. 32 fr.

5s Stck. gr. 8. 1829. mit Inhalt und Sachregister über die 5 Stücke. 1 Thlr. 4 gr. 2 fl.

- Schneider (Dr. P. J.) medicin.-pract. Adversarien am Kranken-  
 bette gesammelt. 1e Lief. gr. 8. 1821. 1 Thlr. 16 gr. 3 fl.
- 2e Lief. mit 5 Tfln. in Stndrck. A. u. d. Tit.: Entwurf zu  
 einer Heilmittellehre gegen psych. Krankheiten, oder Heilmitt-  
 tel in Beziehung auf psych. Krankheitsformen. gr. 8. 1824.  
 2 Thlr. 16 gr. 4 fl. 48 kr.
- 3e Lief. A. u. d. Titel: über den sporadischen Typhus u.  
 d. Wechselfieber. gr. 8. 1826. 1 Thlr. 16 gr. 3 fl.
- über die Gifte in medicin.-gerichtl. u. medicin.-polizeili-  
 cher Rücksicht, nebst einer Anleitung zur generellen und speci-  
 ellen Behandl. der Vergifteten. Ein Handbuch für öffentl. u.  
 gerichtl. Aerzte, Apotheker u. Rechtspfleger. 2e verm. u. verb.  
 Aufl. gr. 8. 1821. 2 Thlr. 12 gr. 4 fl. 30 kr.
- die Haematomanie des ersten Viertels des 19n Jahrhundert.  
 oder der Aderlass in histor. therapeut. und polizeil. Hinsicht.  
 gr. 8. 1827. 2 Thlr. 6 gr. 4 fl.
- Struve (D.) commentatio de Phlegmasia alba dolente; quindecim  
 observationes practicas continens. 2. maj. 1825. 16 gr. 1 fl. 12 kr.
- Turner (E.) Einleitung in die Gesetze der chemischen Verbind-  
 ung und die Atomenlehre z. Selbstunterrichte, übers. und  
 erweitert v. Steinbeis. gr. 8. 1828. 12 gr. 54 kr.



