$$-\int \frac{1}{r} \cos(ds, ds') i ds i' ds' = \int \frac{dd \frac{1}{r}}{dN dN'} \mu d\lambda \mu' d\lambda',$$

deren erstes Glied das Potential des einen Stromes is in Bezug auf den anderen $i's'$ und dessen zweites Glied das Potential der beiden magnetischen Flächen $\mu\lambda$ und $\mu'\lambda'$ in Bezug auf einander bedeutet. Aus demselben Hilfssatz folgt auch, daß das Potential von einem Magnet in Bezug auf einem galvanischen Strom is , von welchem unter anderen auch die Fläche λ begrenzt wird, gleich

$$\int \frac{dV}{dN} i d\lambda$$

ist, wenn V das Potential des Magnets in Bezug auf einen in $d\lambda$ befindlichen Punkt bedeutet.

IV. Ueber Bewegung und Beschaffenheit der Atome; von R. Hoppe.

Da die Aufgabe, die bestimmte Bewegung darzustellen, auf welcher die Wärme beruht, im Großen und Ganzen noch nicht gelöst worden ist, so sind wir auf den langsameren Weg allmählicher Annäherung angewiesen, die offenbar von sehr verschiedenen Seiten aus begonnen werden kann. Eine Hauptschwierigkeit liegt gegenwärtig darin, daß das Bereich der möglichen Hypothesen sehr groß, was wir hingegen an Motiven zur Entscheidung haben, äußerst gering ist. Der Uebergang von der physikalischen zur mechanischen Betrachtung der Wärme geschah nämlich durch das Princip der lebendigen Kräfte, das bekanntlich von der Art der Bewegung unabhängige Resultate liefert, so daß man in deren Uebereinstimmung mit der Erfahrung noch keine Bestätigung der speciellen Annahmen sehen darf.

Um dieser Schwierigkeit willen scheint mir eine vorausgehende Orientirung im Bereich der Annahmen zur För-

derung des Problems wesentlich beizutragen. Eine Beurtheilung einiger für die mechanische Wärmetheorie aufgestellten Hypothesen wird es rechtfertigen, wenn ich die allgemeinen Erfordernisse einer Mechanik der Atome zum besonderen Gegenstand einer Besprechung mache. Ich nenne zuerst Krönig's »Grundzüge einer Theorie der Gase«, eine Abhandlung in dies. Ann. Bd. 99, S. 315, welche von vielen Seiten Beistimmung, jedoch, so viel mir bekannt ist, noch keine eingehende Kritik erfahren hat. Krönig nimmt an, daß die Atome der Gase sich wie elastische Kugeln verhalten, die so lange sie sich nicht berühren, keinerlei Wirkung auf einander üben. Durch ihre Bewegung wird die Wärme, durch ihr Anschlagen an die das Gas einschließenden Wände die Expansionskraft erklärt.

Zunächst dürfen wir die Ungewißheit darüber nicht bestehen lassen, an welche Geschwindigkeit man bei der Bewegung zu denken hat. Sie wird mit der Geschwindigkeit der Diffusion der Gase auf gleiche Linie gestellt, was auf irriger Vorstellung zu beruhen scheint. Wir wollen zu diesem Ende die mittlere Geschwindigkeit der Atome einer Masseneinheit Luft von 0° C. unter einem Atmosphärendruck aus der lebendigen Kraft bestimmen, welche nach bekanntem Gesetze der darin enthaltenen Wärmemenge entspricht, d. i. derjenigen, welche erfordert wird, um bei constantem Volum die Temperatur derselben Masse von — 273° auf 0° zu bringen. Man kann sich hiezu, um jede Verwandlung von Bewegung in Spannung auszuschließen, solche Atome ausgewählt denken, welche zu irgend einer Zeit in keiner Berührung sind. Bezeichnet a einen Atmosphärendruck, d die Dichtigkeit der Luft im genannten Zustande, c , c' die Capacitäten bei constantem Druck und Volum, so ist die lebendige Kraft oder das halbe Quadrat der mittleren Geschwindigkeit

$$= d \frac{a}{\left(\frac{c}{c'} - 1\right)}.$$

Meter, Kilogramm und Sekunde zu Einheiten genommen, hat man folgende Werthe

$$a = 10330 \text{ g}; \quad g = 9,8127$$

$$d = 1,299; \quad \frac{c}{c'} = 1,421$$

woraus eine Geschwindigkeit = 609 hervorgeht, die nach Krönig's Hypothese alle Atome durchschnittlich haben müßten.

Um dießs Ergebnifs mit der Erfahrung zu vergleichen, wollen wir zuerst die Bewegung als nicht gehemmt durch Zusammenstoßen von Atomen betrachten. Es sey ein halbkugelförmiges Gefäß von 2 Decimeter Umfang, die Oeffnung nach unten gekehrt, mit Wasserstoff gefüllt, unten geschlossen, dann eine Sekunde lang geöffnet, und wieder geschlossen. Da der größte Weg, den ein Atom innerhalb zurücklegen kann, 1 Decim. beträgt, so hätte man der Berechnung zufolge zu erwarten, daß nach $\frac{1}{6000}$ Sekunde aller Wasserstoff entwichen wäre. Man würde jedoch finden, daß nach einer vollen Sekunde noch mehr als die Hälfte zurückgeblieben ist.

Soll nun ferner diese Abweichung durch Zusammenstoßen der Wasserstoffatome mit den Luftatomen erklärt seyn, so muß man annehmen, daß mehr als die Hälfte der erstern auf dem kurzen Wege 6000mal zurückgeworfen wird. Kurz man muß den Atomen Bahnen zuschreiben, die, wenn sie auch eine Menge kleiner gerader Linien enthalten sollten, wenigstens mit Krönig's Ausdruck »geradlinig« nicht passend bezeichnet sind. Nur eine Oscillation auf unmeßbar kleinem Raume kann in der That die Bewegung seyn, welche die Wärme ausmacht. Dießs Ergebnifs ändert sich nicht im mindesten, wenn ein Theil des Gases etwas schneller fortschreitet. Denn rückte ein Atom auch 6 Meter in der Sekunde fort — eine Geschwindigkeit die Krönig dem Schwefelwassersroff sicher nicht zuzuschreiben denkt, indem er darauf hinweist, in wie kurzer Zeit sich eine geringe Menge davon in einem großen Zimmer verbreitet — so enthielte diese Bewegung erst den 10000sten Theil der lebendigen Kraft des Atomes, und könnte bei der Theorie gar nicht in Rechnung gebracht werden.

Außerdem giebt es aber eine Menge jedermann zugänglicher Beobachtungen, welche der Annahme entgegenstehen, daß die Luftatome in schneller und weitgehender Bewegung begriffen seyen, wenn diese nicht durch besondere Ursachen: Bewegung fester Körper, ungleiche Dichtigkeit u. s. w. hervorgebracht wird. Dahin gehört z. B. die Langsamkeit der Wärmeleitung in der Luft, wenn sie von oben nach unten fortschreitet. Bei obiger Annahme wäre eine locale Temperatur in einem Gase überhaupt undenkbar, außer bei sehr großen Höhenunterschieden.

Um das Ergebniss bestimmter auszusprechen, so enthält es folgende zwei Sätze:

1) Wenn die Wärmemenge eines Gases die lebendige Kraft seiner Atome ist, so kann die Bewegung, welche diese lebendige Kraft enthält, nur in unmeßbar kleiner Ausdehnung stattfinden, und sich nur durch deren Kleinheit der Beobachtung entziehen.

2) Die Atome eines Gases unter Atmosphärendruck stehen nicht so weit von einander ab, oder ihre Wirkungskugeln sind im Verhältniß zu ihrem Abstände nicht so klein, daß sie auf meßbare Strecken ungehindert aneinander vorbeigehen könnten.

Diese zwei Sätze widerlegen Krönig's Hypothese dem Wortlaute nach zwar nicht, insofern dieselbe ganz unbestimmt läßt, wie oft die Atome aneinanderstoßen, und wie weit die geradlinige Bewegung sich erstrecken soll. Allein da die gesammte Durchführung derselben sich an die Vorstellung einer sehr ausgedehnten Atombewegung anschließt, und die Theorie in diesem Sinne allerwärts verstanden zu werden scheint, so war es nicht überflüssig, das Irrige der Vorstellung nachzuweisen.

Betrachtet man Krönig's Annahme, wie sie sich jetzt gestaltet, so besteht das Unterscheidende, der Vibrationshypothese gegenüber, nur darin, daß jedes Atom gewisse Strecken im indifferenten Zustande durchläuft, welcher in beliebigen, unregelmäßigen Intervallen durch Zustände der Spannung unterbrochen wird; während bei der Vibration

die Spannung beständig ab- und zunehmend, das Gleichgewicht momentan ist. Handelt es sich nun um die Motive für eine Wahl zwischen beiden Hypothesen, so möchten wohl Viele geneigt seyn, für die Krönig'sche den Erfolg anzuführen, welchen dieselbe in der Erklärung der Expansionsgesetze gezeigt haben. Hierauf läßt sich aber zweierlei entgegenen.

So sinnreich auch die Methode ist, nach welcher Krönig die Deduction des Expansionsgesetzes durch eine so einfache Rechnung möglich macht, so beruht doch das Ergebniss auf etwas anderem als auf seiner Hypothese. Dasselbe läßt sich nämlich, wie alle auf das Princip der lebendigen Kräfte gegründeten Resultate, aus beliebig vielen Annahmen ableiten. Ist z. B. die Abstofsung zweier gegen einander bewegten Atome irgend einer negativen Potenz ihres Abstandes proportional, so gebrauchen sie zum Austausch ihrer Bewegungen nahezu dieselbe Zeit, die sie zum Austausch ihrer Orte gebraucht haben würden, wenn sie aus größserer Entfernung mit unveränderter Geschwindigkeit fortgegangen wären. Es bedarf demnach nur derselben Wahrscheinlichkeitsschlüsse, um in Bezug auf die Wirkung vieler bewegter Atome auf die sie einschließenden Wände dieselben Resultate zu finden wie Krönig.

Stehen in Hinsicht auf diesen Punkt beide Hypothesen gleich, so giebt es einen zweiten, der sehr zum Nachtheil der einen spricht. Bei einem andauernd indifferenten Verhalten der Atome sind nämlich die Phänomene nicht mehr von den Eigenschaften der Atome und äußeren Einflüssen allein, sondern auch von den völlig uncontrolirten Wegen der einzelnen Atome abhängig, welche sich nur einer Wahrscheinlichkeitsrechnung unterwerfen lassen. Die Hypothese der geradlinigen Bewegung ist demnach nur im Stande, solche summarische Resultate zu liefern, auf welche die Verschiedenheit der Bewegung keinen Einfluß übt, und setzt hiermit dem Fortschritt der Wissenschaft eine unübersteigliche Gränze. Krönig selbst sagt, daß ein genaues Zutreffen der Resultate nicht zu erwarten sey. Wo ist aber die Mög-

lichkeit, die Abweichungen quantitativ zu bestimmen, wenn der Zufall im Innern einwirkt?

Anders verhält es sich, wenn kein Atom seinen Ort verlassen kann, ohne dadurch Spannungen zu erregen oder zu vermindern. Allerdings kann auch hier ein Zufall thätig seyn; allein dessen Einfluss wird durch die dauernde Wirkung der Kräfte mit der Zeit überwunden, und es stellt sich eine den letztern angemessene regelmässige Bewegung her, wie bei einer Saite, die an einer beliebigen Stelle angeschlagen worden ist, eine Bewegung, die vielleicht der Berechnung große Schwierigkeiten bietet, der aber wenigstens die Bedingungen zur Lösung nicht fehlen. Dies ist der Grund, warum die Vibrationshypothese die fortwährende Wirkung der Atome auf einander zur Voraussetzung macht. Es hiefse an der befriedigenden Lösung des Problems verzweifeln, wenn man von dieser Voraussetzung abgehen wollte, und dazu kann uns für jetzt keine einzige Thatsache veranlassen.

Was Clausius in seiner Abhandlung: »Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen« (Bd. 100, S. 353) zu Krönig's Darstellung hinzugefügt hat, berührt die hier angeregten Punkte in keiner Weise. Er bestimmt die Geschwindigkeit der Atome einerseits aus der lebendigen Kraft, anderseits unter der Annahme geradliniger Bewegung aus der Spannung; und da letztere nicht den vollen Werth der erstern ergibt, so wird der Ueberschuss an lebendiger Kraft durch zwei andere Arten von Bewegung erklärt: Rotation und innere Bewegung der Molecüle. Die Frage aber, wie eine Geschwindigkeit von etwa 400 Meter (so viel kommt nämlich noch immer auf fortschreitende Bewegung) mit der Erfahrung in Einklang zu bringen sey, bleibt auch hier unerörtert.

Dafs zwischen den Geschwindigkeiten der zwei Arten von Bewegung ein constantes Verhältnifs bestehe, wie es die Formel verlangt, findet Clausius in der Natur der Sache begründet, da sich allmählich ein gleichmässiger Zustand herstellen müfste. Was aber im angenommenen Falle,

wo jedes regulirende Element fehlt, wo je nach dem verschiedenen Zusammentreffen zweier Atome schnelle Rotation ebenso plötzlich erzeugt als aufgehoben werden kann, je eine Ausgleichung herbeiführen soll, habe ich nicht einge-
sehen. Nach Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist die durchschnittliche Abweichung des Antheils an lebendiger Kraft, welche den verschiedenen Bewegungsarten zukommt, allerdings verschwindend klein, so groß auch immer die mögliche Abweichung seyn mag. Nur eine wirkliche physische Ausgleichung, wie sie Clausius behauptet, eine allmähliche Annäherung an einen Beharrungszustand, wird nicht stattfinden, wenn die Wege der Molecüle von einander unabhängig sind.

Ein Versuch ganz entgegengesetzter Art ist Redtenbacher's »Dynamidensystem«, eine Schrift, deren Gegenstand und Zweck wenigstens zum Theil mit dem hier besprochenen zusammenfällt, indem sie sämmtliche Untersuchungen der Molecularmechanik umfassen, und den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft in dieser Beziehung darlegen soll. Redtenbacher nimmt, indem er hauptsächlich Cauchy's Untersuchungen folgt, an, daß jedes Körperatom von einer Menge Aetheratome eingehüllt sey, welche einander abstofsen, während erstere dieselben und einander anziehen. Die Wärme ist, wie er vermuthet, aber nicht nachweist, die lebendige Kraft, welche der radialen Composante der Bewegung der Aetheratome in Bezug auf das eingeschlossene Körperatom zukommt. Die Berechnung stellt nur die nächsten Folgen seiner Annahmen dar, deren Gewährleistung weniger in Resultaten als in ihrer allgemeinen Fassung gesucht wird, und ist noch nicht einmal soweit fortgeführt, daß sie mit der empirischen Wärmetheorie in Verbindung gesetzt werden könnte. Statt dessen wird das Mariotte'sche Gesetz mit den Formeln verglichen, welche einem ruhenden Gleichgewicht der zwei Atomsysteme, also dem wärme-
losen Zustand der Gase entsprechen. Ich erwähne diesen einen Misgriff bloß darum, weil Eisenlohr (Kritische Zeitschr. für Chemie, Phys. und Math. Bd. 1, S. 56) daraus

einen gegen das Princip gerichteten Vorwurf macht, der Redtenbacher nicht allein treffen würde. Eisenlohr nennt es eine einfache Thatsache der Erfahrung, daß eine Luftmasse aus der Ferne ohne unmittelbare Berührung keinen merkbaren Einfluß auf eine andere auszuüben im Stande sey. An welcher Art Bestätigung hier zu denken sey, mag dahingestellt bleiben. Er folgert daraus weiter, und mit ihm thun es Viele, daß eine Abstofsung der Luftatome überhaupt der Erfahrung widerspreche, indem er hinzufügt: es sey in der That nicht möglich, die Elasticität der Gase anders zu erklären, als Krönig u. a. es gethan. Der Schluss ist offenbar nicht richtig, weil er von einem Zustand auf den andern, ganz verschiedenen, gezogen wird. Die fragliche Thatsache setzt die Trennung der Luftmassen durch Wände, mithin einen Abstand der nächsten Atome voraus, gegen welchen die Entfernung benachbarter Atome bei freier Communication verschwindend klein ist. Die Function, welche die Abstofsung ausdrückt, kann für größere Werthe des Abstandes schon negativ geworden seyn, während sie für viel kleinere dem Abstände nahezu umgekehrt proportional war. Hätte Eisenlohr seine Behauptung dahin beschränkt, daß der Grad der Spannung im gewöhnlichen Zustande der Gase nicht aus der bloßen Abstofsung zu erklären sey, so fehlte es nicht an Bestätigung; doch traf alsdann der Vorwurf bei Redtenbacher nicht zu, da dieser der Bewegung dieselbe Wirkung auf die Spannung zuschreibt wie Krönig.

Redtenbacher schickt seinem Werke eine Geschichte der Hypothesen über die physikalische Natur der Substanzen voraus. Nach meiner Meinung kann das Gesamtgebiet derselben gegenwärtig schon auf eine andre als die historische Darstellungsweise, welche jede Hypothese nur ihrem Urheber zuordnet, und als zeitweilige Stütze von dessen Ansichten betrachtet, Anspruch machen. Bisher hat die Physik mit Recht eine große Zurückhaltung gegen Hypothesen beobachtet, und allen Fleiß darauf verwandt, den Einfluß der inneren Beschaffenheit der Materie zu eliminiren. Sie hat

dadurch ihre Festigkeit bewahrt, und doch einen reichen Gewinn an Gesetzen, die von keinen gewagten Speculationen abhängen, geerndtet. Die offen gebliebenen Fragen, welche nicht ebenso unabhängig zur Erledigung gebracht werden konnten, sind dadurch um so schärfer gezeichnet worden. Die Sachlage hat sich in neuster Zeit insoweit geändert, als die untastbaren Theile der Materie nicht mehr blofs als Mittel zur Erklärung dienen, sondern für sich physikalisches Element, Gegenstand der Untersuchung geworden sind: die Frage nach der Beschaffenheit der Atome hat ihren Zweck für sich. Wollen wir uns aber von diesem Untersuchungsgebiete nicht mehr fern halten, so dürfen wir es auch nicht als ein Feld betrachten, auf dem allerlei willkürliche Vorstellungen Platz fänden, sondern als eins, das etwas mehr kritische Sichtung verlangt, als vorher nöthig war. In diesem Sinne soll das Folgende einige Punkte zur Besprechung bringen, welche mir eine solche zu erfordern scheinen. Ich betrachte dabei die Grundlagen der Mechanik als unverletzlich.

Der erste Punkt betrifft die Frage, warum man gewöhnlich den Atomen räumliche Ausdehnung zuschreibt, ohne doch deren Einfluß in der Rechnung irgend zu berücksichtigen. Da diess Verfahren von Manchen als eine Sache der Willkühr, von Andern als eine Nothwendigkeit angesehen zu werden scheint, so finde ich Grund genug, den Schleier wegzuziehen, den man so gern darüber duldet. Der Begriff der Materie kann in der Theorie der Atome kein anderer seyn als in der Mechanik, da in jener alle nicht mechanischen Elemente auf rein mechanische zurückgeführt werden sollen. In der Mechanik tritt die Materie nur in zwei Beziehungen auf; sie hat Masse und Kräfte. Die Masse, als die Fähigkeit im ruhigen oder bewegten Seyn zu verharren, ist eine blofse Quantität, bestimmt durch die erforderliche Kraft, welche Bewegung in ihr erzeugt und verändert, und hat ausserdem als Merkmal nur einen Ort im Raume. Die Kraft, als die Fähigkeit einer Materie, anziehend oder abstofsend die Bewegung einer zweiten zu verändern, ist

eine Quantität und hat Bezug auf zwei Orte, einen von dem aus, und einen auf den sie wirkt. In keiner dieser Beziehungen ist räumliche Ausdehnung enthalten. Im Gegentheil ist es nur möglich, die genannten Begriffe in der erforderlichen Schärfe und Einfachheit zu fassen, wenn man die Orte als Punkte denkt. Der Begriff in Bezug auf räumlich ausgedehnte Orte läßt sich erst aus diesem einfachen ableiten.

Es beruht auf einem Irrthum, wenn man die Sperrbarkeit der Materie als Beweis für ihre räumliche Ausdehnung anführt. Keine Masse kann durch sich selbst einer andern hindernd in den Weg treten, sondern nur durch abstossende Kräfte; und diese sind allein fähig die Durchdringung zweier Massen zu verhindern; die Raumerfüllung trägt nichts dazu bei.

Eine Masse ohne Ausdehnung ist demnach kein Widerspruch; im Gegentheil ist das Wesen der Masse ohne Ausdehnung leichter zu begreifen als mit Ausdehnung. Da indess die Möglichkeit einer in einem Raume stetig vertheilten Masse nicht bestritten werden kann, so ist es gut, auch an die Folgen einer solchen Annahme zu denken.

Wenn man Zweck und Bedeutung der Atomenlehre festhält, so kann man einen noch so kleinen Körpertheil, der noch innern Veränderungen unterworfen ist, nicht ein Atom nennen, weil die Bestimmung dieser Veränderungen eine fernere Theilung des Theils verlangt. Will man also von ausgedehnten Atomen reden, so muß man sie als absolut unveränderlich, als starr betrachten. Nun darf man aber nach Principien der Mechanik keine Berührung starrer Körper zulassen. Die Frage, wie eine Berührung verhindert werden kann, da bei continuirlicher Vertheilung der Kraft über das ganze Körperchen die Abstossung des einzelnen Punktes, welcher dem Stofs eines andern Körperchens zunächst ausgesetzt ist, absolut Null ist, würde für sich eine Schwierigkeit ausmachen, und zu unnatürlichen Annahmen hindrängen. Geradezu den mechanischen Principien widersprechend ist aber die Annahme starrer

Atome in dem Falle, in welchem Clausius ihre Möglichkeit einräumt, wo nämlich gar keine Abstofsung stattfindet, und die Atome demnach häufig zusammenstossen, ohne jedoch fähig zu seyn, ihre Bewegung auf einander zu übertragen.

Die Hypothese nicht starrer, raumerfüllender Theilchen ist keine atomistische; sie hat die Untersuchung eines Continuum's zur Aufgabe, welche schon öfter und stets ohne Erfolg in Angriff genommen worden ist. Alles Mißliche, was dieselbe enthält, ist durch die Kleinheit der Theile nur einstweilen in den Hintergrund gestellt, nicht gehoben.

Wenn die räumliche Ausdehnung der Molecüle sogleich in die Hypothesen aufgenommen wird, so scheinen mir folgende zwei Motive gewöhnlich zu Grunde zu liegen. Erstens will man nicht gern einen sich als möglich darstellenden Fall von der Untersuchung ausschließen; zweitens glauben Viele eine deutlichere Vorstellung von dem hypothetischen Zustande zu gewinnen, wenn sie die gewohnte Körperanschauung beibehalten.

Wollte man indess, was den ersten Grund betrifft, auf allgemeinsten Basis untersuchen, so würde die genannte Zulassung noch lange nicht hinreichen, die Allgemeinheit herzustellen. Es bleibt auch ohne Ueberschreitung der Grenzen der atomistischen Hypothese Raum genug zur Erweiterung der Basis. Ehe man diesen hinreichend erschöpft hat, ist das Uebergreifen in die Hypothese des Continuum's ein ziemlich ungeordnetes und blindes Vorgehen.

Die Hülfe der Anschauung hingegen kann wohl jeder, der sie nöthig hat, sich selbst verschaffen, nicht aber ebenso leicht die Klarheit und Bestimmtheit des Gedankens ersetzen, wenn sie im Ausdruck der Annahme mangelt. Die wissenschaftliche Erklärung von Phänomenen besteht nicht in einer Zurückführung auf gewohnte Vorstellungen, sondern auf einfache und unveränderliche Gesetze, und letztere sind in der Regel nicht im Kreise der erstern zu finden.

Die vorstehenden Betrachtungen mögen es rechtfertigen, daß ich im folgenden Satze keine entgegenstehenden An-

sichten als gleichberechtigt anerkenne. So lange wir die atomistische Hypothese verfolgen, müssen wir sagen: Ein Atom ist eine in einem Punkte befindliche, mit Kräften begabte Masse.

Dafs Masse und Kraft in jedem Punkte stets vereinigt auftreten, ist gleichfalls eine unbedingt nothwendige Bestimmung; denn ohne Kraft würde die Masse für unsere gesammte Wahrnehmung nicht existiren; ohne Masse stände der Ort der Kraft aufer aller ursächlichen Verbindung.

Es kann sich jetzt nur noch um die Quantitäten handeln. Da indefs, dem anticipirten Grundsatz aller Naturwissenschaft gemäfs, die Masse nicht blofs im Ganzen, sondern bis zu den kleinsten Theilen constant ist, so ist auch die jedes Atoms unveränderlich, und kann nur für verschiedene Atome verschieden seyn. Die Intensität der Kräfte hingegen kann, auch wenn wir nur anziehende und abstoßende annehmen, mannichfach variiren. Vom Einfachsten ausgehend, kann sie abhängen vom gleichzeitigen Orte des Objects; dann vom gleichzeitigen Bewegungszustande desselben; dann vom gleichzeitigen Orte und Bewegungszustande anderer Atome; dann von vorausgehenden Vorgängen und Zuständen u. s. w. Jede neue Stufe in dieser Reihe macht nicht blofs die Aufgabe schwieriger, sondern stellt auch nach ihrer Lösung eine unvollkommenere Gestaltung der Theorie in Aussicht. Indem wir uns auf den erstgenannten Fall beschränken, bestreiten wir nicht die Möglichkeit der übrigen, sondern lassen sie als wenig versprechend bei Seite.

Ist aber die Kraft nur vom momentanen Orte des Objects abhängig, so folgen nothwendig einige neue Beschränkungen. Erstens muß der Grundsatz, dafs Wirkung und Gegenwirkung gleich sind, festgehalten werden. Die Anziehung oder Abstoßung zweier Atome ist demnach immer gegenseitig und für beide gleich. Zweitens darf man nicht die Kraft mit ihrer Richtung variiren lassen, weil die Stellung der Axen, auf welche diese Richtung Bezug hätte, aufer aller causalen Verbindung stehen würde. Demzu-

folge ist die Kraft nur Function des Abstands der auf einander wirkenden Atome. Die Verschiedenheit der Atome beruht jetzt allein auf der Quantität ihrer Masse und auf der Function, welche die Abhängigkeit ihrer Anziehung oder Abstossung gegen andere Atome von deren Entfernung darstellt. Solcher Functionen kann ein Atom verschiedene haben, je nach der Verschiedenheit der Objecte. Zur Bestimmung der genannten Merkmale scheint mir ein Weg offen zu seyn, der, wie ich glaube, noch wenig versucht worden ist.

Der feste Aggregatzustand scheint seine besondere Gestaltung fast ausschliesslich nach Maafsgabe der den Atomen innewohnenden Kräfte zu empfangen, während im tropfbaren und luftförmigen die Bewegung der Atome in höherem Grade mitwirkt. Die eigentliche und allen andern zu Grunde liegende Form fester Körper ist, wie man wohl annehmen kann, die krystallinische. In ihr finden wir vergrößert die Gestalten wieder, in denen die Atome zur Bildung der kleinsten Theile zusammentreten. Diefs hat man jedoch nicht so zu verstehen, als wenn z. B. in einem octaëdrischen Krystalle die Atome als Eckpunkte von Octaëdern gruppiert wären; denn der Raum läßt sich nicht in Octaëder zerlegen. Das Charakteristische des krystallinischen Zustandes besteht in der Spaltbarkeit nach Ebenen von bestimmter gegenseitiger Neigung. Aus dieser läßt sich zunächst schließen, daß die Atome in Ebenen parallel den Krystallflächen gelagert sind, so daß die Trennungsfläche immer zwischen zwei nächsten Lagern hindurchgeht. Legt man nun durch einen Punkt Ebenen parallel mit sämtlichen Seiten eines Krystalls, und mit jeder derselben wiederum parallele Ebenen in gleichen Abständen von einander: so wird, wenn sowohl die Neigungswinkel, als auch die Abstände gewisse Bedingungen erfüllen, der Raum in eine Menge Polyëder zerlegt, unter denen nur eine bestimmte Anzahl verschiedener Gestalten vorkommen. In jedem der congruenten Polyëder, welche alsdann so geordnet sind, daß ihre entsprechenden Punkte in Ebenen liegen, wird

eine gleiche Zahl gleicher Atome enthalten seyn, wenn die Ebenen Schnittflächen eines Krystalls darstellen sollen. Die Bedingungen, unter welchen eine solche Anordnung nur möglich ist, bestimmen zunächst, aufer den möglichen Krystallformen, die Abstände entsprechender Atome relativ zu einander. Sind diese bekannt, so hat man die Kräfte als Function der Abstände dem festen Gleichgewicht gemäß zu bestimmen. So wird das an sich schwierige Problem in zwei einfachere zerlegt, deren erstes unabhängig vom zweiten gelöst werden kann, worauf das zweite nicht mehr Ort, Masse und Kraft jedes Atoms, sondern nur die zwei letztern als Unbekannte zu betrachten hat.

---

*V. Ueber das bei der Elektrolyse des Antimonchlorids an der Kathode sich ausscheidende, mit auffallenden Eigenschaften begabte Metall;
von Rud. Böttger.*

Durch Hrn. G. Gore in Birmingham sind wir vor einiger Zeit ¹⁾ auf ein ganz eigenthümliches Phänomen bei der elektrochemischen Ablagerung des Antimons aus dem gewöhnlichen officinellen Chlorantimon aufmerksam gemacht worden, das, schon wegen mehrerer scheinbarer Anomalien, unter welchen es aufzutreten pflegt, wohl geeignet seyn dürfte, mehr und mehr gekannt und in ein helleres Licht gestellt zu werden. Bereits habe ich auf der letzten Versammlung der Naturforscher und Aerzte in Bonn in einer der Sectionssitzungen für Physik und Chemie mehrere diesen Gegenstand betreffende neue Beobachtungen zur Sprache gebracht, und bei dieser Gelegenheit auch versucht, das Phänomen selbst einer genaueren Analyse zu unterwerfen;

1) Man vergleiche Bd. 95, S. 173 dieser Annalen.