

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Das Dynamiden-System

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1857

Einleitung

[urn:nbn:de:bsz:31-266496](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-266496)

EINLEITUNG.

NOTHWENDIGKEIT DER HYPOTHESEN.

Jede Wissenschaft hat ihre besondere eigenthümliche Entwicklungsgeschichte, und so auch die rationelle Physik, welche sich die Aufgabe stellt, die an den unorganischen Körpern vorkommenden Erscheinungen aus den allgemeinen Gesetzen der Mechanik zu erklären und durch Rechnung nachzuweisen.

Hier bieten sich sogleich zwei Fragen dar, nämlich: 1) ob überhaupt die Lösung dieser Aufgabe in das Bereich der Möglichkeit gehört, und 2) wenn diese Möglichkeit vorhanden ist, auf welche Art die physikalischen und chemischen Erscheinungen aus den allgemeinen Prinzipien der Mechanik erklärt werden können.

Betrachtet man die erstere dieser Fragen vom theoretischen Standpunkt aus, so muss man sagen, dass die Lösung der Aufgabe nur dann möglich ist, wenn die physikalischen und chemischen Erscheinungen auf rein mechanischen Vorgängen beruhen, und dies ist dann der Fall, wenn die Substanzen nichts anderes enthalten als träge Massen und rein mechanisch wirkende Kräfte. Träge Massen sind aber Wesenheiten, die in sich selbst nicht die Fähigkeiten enthalten, aus dem Zustand der Ruhe in einen Zustand der Bewegung, oder aus dem Zustand der Bewegung einer gewissen Art in einen bewegten Zustand anderer Art überzugehen, wohl aber die Fähigkeit besitzen, durch äussere Kraftwirkungen eine Aenderung des ruhigen oder des bewegten Seins zu erleiden; und mechanisch wirkende Kräfte sind Anziehungen oder

Abstossungen zwischen Massentheilchen, die nach der Richtung der Verbindungslinie der Massentheilchen zur Bewegung anregen. Die rationelle Physik ist also nur dann möglich, wenn die Körpersubstanzen in der That gewisse Systeme von trägen Massen sind, die durch mechanisch wirkende Anziehungs- und Abstossungskräfte auf einander einwirken. A priori kann diese Frage nicht entschieden werden, wir sind nicht im Stande zu sagen, was in der Natur möglich ist. Es ist z. B. zwar nicht wahrscheinlich aber doch vielleicht möglich, dass in der Natur Kräfte vorkommen, die nicht in den Stofftheilchen selbst ihren Sitz haben, oder andere Kräfte, die zwar in Stofftheilchen ihren Sitz haben und von da aus andere Stofftheilchen zur Bewegung anregen, jedoch nicht nach der Richtung der Verbindungslinie der Stofftheilchen, sondern etwa nach einer zu dieser Verbindungslinie senkrechten Richtung. Vielleicht gibt es sogar Agentien, die überhaupt zur Bewegung gar nicht anregen, sondern den Stoffen nur gewisse Eigenschaften und Fähigkeiten ertheilen, vermöge welcher sie eigenthümliche Wirkungen hervorzubringen vermögen. Die räthselhaften Erscheinungen der Elektrizität und des Magnetismus, noch mehr aber die wunderbaren Erscheinungen der organischen Natur, dieses unendlich mannigfaltige Bilden und Gestalten aus einigen wenigen Elementarstoffen mahnen zur Vorsicht und deuten darauf hin, dass in der Natur nebst den im oben erklärten Sinne rein mechanisch wirkenden Kräften auch noch aktive Prinzipie anderer Art vorkommen können.

Auch die Erfahrung hat die Frage über die Naturkräfte noch nicht zur Entscheidung gebracht. Zwar unterliegt es heut zu Tage keinem Zweifel, dass die Erscheinungen an und in den ponderablen Stoffen, Aggregatzustand, Kristallbildung, Körperschwingungen, Luftschwingungen und Wasserwellen etc. ganz in das Bereich der Mechanik gehören, und selbst die sogenannten Imponderabilien haben sich wenigstens theilweise den Gesetzen der Mechanik unterworfen. So wie einstens durch *Newton* die Astronomie, so ist in neuester Zeit durch *Cauchy* das Licht ein reines Problem der Mechanik geworden, und auch die Wärme, welche sich so lange gegen jeden Angriff von Seite der Mechanik zu vertheidigen oder zu verbergen wusste, zeigt sich allmählig geneigt, sich durch die Mechanik erobern zu lassen. Nur die elektrischen und magnetischen Erscheinungen sind noch so räthselhaft und scheinen etwas vom Wesen des Mechanismus ganz Verschiedenes zu sein, so dass es das Ansehen hat, als ob da Ursachen und Kräfte im Spiele wären, welche sich von den mechanischen Kräften ganz spezifisch unterscheiden. Durch die Thatsachen der Wirklichkeit ist es also allerdings noch nicht streng ent-

schieden, dass alle physikalischen und chemischen Erscheinungen auf rein mechanischen Wirkungen beruhen, allein es ist doch auch Thatsache, dass sich diese Erscheinungen mehr und mehr, und in dem Maasse als die Beobachtungen und Untersuchungen fortschreiten, den mechanischen Gesetzen fügen. Die Möglichkeit der rationellen Physik erscheint also nach den Thatsachen wenigstens als eine Wahrscheinlichkeit. Allein so wie in allen Dingen entscheiden auch hier schliesslich nur die Erfolge. Diese sprechen aber zu Gunsten der rationellen Physik. Man streiche einmal in Gedanken aus den Lehrbüchern der Physik alles aus, was von Mathematikern herrührt, die im Gebiet der rationellen Physik gearbeitet haben, und sehe dann zu, was noch übrig bleibt. Es gibt jedoch ein Gebiet, in welchem der rationelle Weg bis jetzt noch wenig oder beinahe nichts geleistet hat. Dies ist die Chemie. Aber so viel kann man anderseits wiederum sagen, dass die Chemie sich mehr und mehr gezwungen sieht, die physikalischen Erscheinungen in Erwägung zu ziehen, sich an die Physik inniger anzuschliessen, ähnlich wie die Physik an die Mechanik, und somit ist wenigstens eine Tendenz zu einer Vereinigung vorhanden.

Wir wenden uns nun zur Beantwortung der zweiten von den Eingangs gestellten Fragen, nämlich zur Beantwortung der Frage, auf welchem Wege die rationelle Physik zu Stande gebracht werden kann.

Hier zeigen sich beim ersten Schritte, den man thun will, eigenthümliche Schwierigkeiten. Die physikalischen und chemischen Erscheinungen beruhen grösstentheils auf innern, durch die Sinne und Sinneswerkzeuge nicht wahrnehmbaren Veränderungen in den uns ihrem Wesen nach ganz unbekanntem Substanzen. Die Wahrnehmungen und Beobachtungen geben aber mehr nur das Aeussere der Erscheinungen. Wir sollten also eigentlich aus den durch die Sinne wahrgenommenen und durch Beobachtungen so wie Messungen mehr oder weniger bestimmten Erscheinungen vermittelst der Prinzipien der Mechanik bis zu den Ursachen der Erscheinungen zurückgehen. Allein diesen Weg kann die Mechanik nicht einschlagen, denn jede Anwendung der Mechanik setzt jederzeit wenigstens voraus, dass man von dem Massensystem, an und in welchem die Erscheinungen vorkommen, so wie auch von dem System der wirksamen Kräfte eine ganz klare anschauliche Vorstellung habe.

Es bleibt also der rationellen Physik kein anderer Ausweg übrig als der, dass man sich aus der Gesamtheit der physikalischen und chemischen Thatsachen über die innere Organisation der Substanzen eine möglichst naturgemäss scheinende anschauliche Vorstellung bildet, die so bestimmt ist, dass die

Substanzen als bestimmte Massen und Kraftsysteme erscheinen, und hierauf die Prinzipien der Mechanik anzuwenden; d. h. man ist gezwungen, über die Natur der Substanzen eine Hypothese aufzustellen, diese vermittelst der allgemeinen Prinzipien der Mechanik der Rechnung zu unterwerfen, daraus Folgerungen zu ziehen, und nachzusehen, ob und unter welchen Bedingungen die Ergebnisse der Rechnung mit den Thatsachen der Wirklichkeit in Uebereinstimmung zu bringen sind.

Dieser einzig mögliche Weg ist auch derjenige, den die rationelle Physik von jeher befolgt hat, und auf welchem wenn auch nicht alle, so doch sehr viele Gesetze gefunden wurden. Es ist nicht wahr, wenn man sagt, die Naturwissenschaften seien reine Erfahrungswissenschaften, und der einzig richtige und zum Ziele führende Weg sei die Induction. Wer so spricht, ist mit der Geschichte der Naturwissenschaften nicht vertraut. Die wahre Geschichte zeigt, dass jede Naturwissenschaft mit Induction anhebt, mit Deduction schliesst. Die Induction bestimmt, die Deduction erklärt die Erscheinungen. Die meisten Naturwissenschaften, und namentlich die Chemie und gewisse Parthieen der Physik, insbesondere die Wärme, Elektrizität und Magnetismus, befinden sich noch ganz im Stadium der Induction, andere Parthieen der Physik stehen mit einem Fuss in der Induction, mit dem andern in der Deduction, und endlich gibt es auch solche Abschnitte, wie z. B. die Lehre vom Licht, welche bereits vollständig der Deduction anheim gefallen sind. Will man die Begriffe streng nehmen, so muss man sagen, dass die Periode der Induction nur die Vorarbeiten und Vorbereitungen zum wahren wissenschaftlichen Aufbau liefert, und dass dieser erst mit dem allgemein deductiven Verfahren beginnt. Der wissenschaftliche Aufbau der Astronomie beginnt erst mit *Newton*, erst mit der Deduction der Erscheinungen aus dem allgemeinen Gravitationsgesetz. Der wahre wissenschaftliche Aufbau der Optik beginnt erst mit *Young* und *Fresnel*, d. h. mit der Erklärung der Lichterscheinungen aus Aetherschwingungen, oder wenn man die Sache ganz streng nehmen will, erst mit *Cauchy*; denn erst dieser Mann war es, der die Lichterscheinungen aus den allgemeinen Gesetzen der Mechanik erklärte, während die Arbeiten von *Young* und *Fresnel*, so hoch und geistreich sie auch angeschlagen werden müssen, doch mehr auf sinnreichen geometrischen Constructionen, als auf eigentlichen mechanischen Prinzipien beruhen. Diese beiden hochbegabten Forscher haben die Lichterscheinungen bestimmt, sind also mit *Kepler* zu vergleichen, *Cauchy* hat diese Erscheinungen erklärt, ist daher mit *Newton* zu vergleichen.

Wenn es also nach dem bisher Gesagten keinem Zweifel unterliegt, dass

die rationelle Physik von einer Hypothese ausgehen muss, so kann nur noch die Frage sein, von welcher Hypothese man heut zu Tage ausgehen soll. Um diese Frage zu beantworten, scheint es angemessen zu sein, die Geschichte der Hypothesen über die physikalische Natur der Substanzen in Kürze zu berühren.

GESCHICHTE DER HYPOTHESEN ÜBER DIE PHYSIKALISCHE NATUR DER SUBSTANZEN.

An Hypothesen über das Wesen der Substanzen hat es seit den frühesten Zeiten der Forschungen nicht gefehlt. Die Hellenen haben auch hier die ersten Schritte gethan. Sie sprechen bereits von Atomen (*Leuzippus*), von Architypen (*Epicur*), von den Elementen, Wasser, Feuer, Luft und Erde, nebst der Quintessenz (*Aristoteles*), aus welchen der Weltbau bestehe. Allein diese Vorstellungen sind, wenn auch geistreich und als die ersten Versuche hoch zu ehren, doch so unbestimmt, dass daraus mit Sicherheit durchaus keine Folgerung gezogen werden kann.

Die italischen Völker des Alterthums haben in den erklärenden Naturwissenschaften nie einen Versuch gemacht, und die für die Entwicklung der Kunst und insbesondere der Architektur so bedeutungsvolle Zeit des ganzen ersten und der Hälfte des zweiten Jahrtausends der christlichen Zeitrechnung ist hinsichtlich der erklärenden Naturwissenschaften ein wahres Vacuum, und erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts treten mit *Boyle* und *Descartes* Bestrebungen hervor, über das Wesen der Stoffe zu klaren Anschauungen zu kommen.

Descartes betrachtet die Materie bestehend aus untheilbaren nicht schweren Atomen, die im bewegten Zustand Wechselwirkung auszuüben im Stande sind.

Boyle verwirft die Elemente des *Aristoteles*, spricht die Ansicht aus, dass man sich um die Urbestandtheile der Stoffe nicht kümmern, sondern vielmehr dahin trachten soll, die Bestandtheile kennen zu lernen, welche sich aus den Substanzen ausscheiden lassen, um zuletzt zu den nicht mehr zerlegbaren Bestandtheilen, d. h. zu den chemischen Elementen zu kommen. *Boyle* ist mithin der Begründer der empirischen oder inductiven Periode der Chemie.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wird durch *Higgins*, *Richter*, insbesondere aber durch *Dalton* eine atomistische Anschauung über das Wesen der Substanzen aufgestellt. Aber erst 1808 hat *Dalton* seine Atomentheorie vollständig ausgesprochen. Die Grundgedanken dieser Theorie sind folgende.

Die Substanzen bestehen aus sehr kleinen untheilbaren kugelförmigen und schweren Körperchen oder Atomen. Die Atome einer und derselben Substanz sind gleich gross, gleich schwer und überhaupt von gleicher Beschaffenheit. Die Atome verschiedener Substanzen sind ungleich gross und ungleich schwer. Jedes Atom ist mit einer Wärmesphäre umgeben. Die chemische Verbindung ist eine innige Nebeneinanderlagerung, eine chemische Zerlegung eine Trennung von neben einander gelagerten Atomen. Chemisch zusammengesetzte Substanzen bestehen aus Gruppen von Atomen.

So spricht *Dalton*. Aber er spricht nicht von Kräften, welche die Nebeneinanderlagerung der Atome bewirken und sie in dieser Nebeneinanderlagerung erhalten, noch von Kräften, welche die Trennungen bewirken, sondern nach *Dalton* bestehen die Substanzen blos durch eine Juxtaposition der Atome, wobei jedes Atom die Anwesenheit jedes andern gänzlich ignorirt, oder die Substanzen sind nach *Dalton* ein Massensystem ohne Kräfte.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass *Dalton* als der Gründer der atomistischen Theorie angesehen werden muss; allein erst durch die genauere Bestimmung der Atomgewichte durch *Berzelius*, die Entdeckung des Isomorphismus und Dimorphismus durch *Mitscherlich*, so wie der Isomerie und Polymerie durch *Berzelius* gewann die atomistische Theorie von *Dalton* eine so feste Stütze, dass der Glaube an ihre Richtigkeit sich mehr und mehr befestigen konnte.

Die Philosophen, welche der Mechanik nie hold waren, haben in neuerer Zeit die atomistische Theorie verworfen und dafür eine andere an die Stelle gesetzt, welche sie dynamische Theorie genannt haben. Sie ist zuerst von *Kant* ausgesprochen, und dann von *Schelling* und *Hegel* vertheidigt und ausgebildet worden, rührt also von jenen Tiefdenkern her, welche für die Erkenntniss der innern Geisteswelt so ausserordentlich, für die Erkenntniss der Aussenwelt dagegen so unglücklich begabt waren. Nach dieser dynamischen Ansicht hat die Materie folgende Eigenschaften. Sie erfüllt mit Stetigkeit die kleinsten Räume der Körper, und ist bis in's Unendliche theilbar. Die chemischen Verbindungen entstehen durch eine wechselseitige und so vollständige Durchdringung der Stoffe, dass in der Verbindung nirgends eine Spur von den in Verbindung getretenen Substanzen zu finden ist. Die Materie ist mit anziehenden und abstossenden Kräften begabt, und durch das Spiel dieser Kräfte erfolgen die chemischen Erscheinungen. Diese dynamische Ansicht ist von den Naturforschern schon längst verlassen und heut zu Tage kann man die Naturforscher nur noch in zwei Klassen theilen, in solche die keine Ansicht haben und in solche, welche

sich der atomistischen Theorie anschliessen. Wir haben nun ferner die Ansichten der Mathematiker zu betrachten, welche sich in neuerer Zeit mit physikalischen Problemen beschäftigt haben. Auch hier treffen wir zwei Theorien, die Continuum- oder Kontakt-Theorie und die atomistische Theorie. Erstere ist zuerst aus den scheinbaren Eigenschaften der tropfbaren Flüssigkeiten und Gase hervorgegangen und dann von *Navier* durch eine glücklich erdachte Modifikation auch auf feste elastische Körper anwendbar gemacht worden, letztere haben *Poisson*, *Cauchy* und *Lamé* ihren Untersuchungen zu Grunde gelegt.

Die Kontakt-Theorie hat Aehnlichkeit mit der dynamischen Theorie der Philosophen, unterscheidet sich aber von dieser letzteren durch grössere Bestimmtheit. Nach derselben stellt man sich vor, dass die ihrem innern Wesen nach ganz unbekannte Materie den Raum eines Körpers stetig erfülle, dass sie aber dessen ungeachtet einer Ausdehnung und Zusammendrückung fähig sei; denkt sich ferner, dass die kleinsten Theile der Substanz von äusseren Kräften affizirt werden, und auch durch anziehende wie abstossende Kräfte gegen einander wirken, und nimmt endlich an, dass zwischen den unmittelbar in Kontakt befindlichen Theilen der Materie wechselseitige Pressungen stattfinden, deren Richtungen gegen die Kontaktfläche bei flüssigen Substanzen normal, bei weichen festen und elastischen Körpern hingegen von der normalen Richtung abweicht, also gegen die Kontaktfläche schief ist. Worin die chemische Verbindung und Zerlegung besteht, wird in dieser Theorie nicht gesagt; sie gibt überhaupt über die innere Organisation der Substanzen gar keine Aufklärung, sondern beschreibt vielmehr nur, wie sich die Stoffe, insbesondere Flüssigkeiten und dichte Substanzen den Sinnen darstellen. Durch die mathematische Behandlung der Kontakt-Theorie ist man zu sehr vielen, das Gleichgewicht und die Bewegung der festen und flüssigen Körper betreffenden Resultaten gekommen, welche mit den Thatsachen sehr gut zusammenstimmen; allein als Basis für die erklärenden Naturwissenschaften kann diese Vorstellung nicht gebraucht werden, denn die chemischen, so wie die physikalischen Erscheinungen des Lichtes, der Wärme, der Elektrizität und des Magnetismus können aus einem so inhaltsarmen Stoff nicht erklärt werden, und dies ist auch der Grund, weshalb diese Kontakt-Theorie verlassen und zur atomistischen Theorie übergegangen wurde.

Poisson legt seinen Untersuchungen „sur l'équilibre et le mouvement des corps solides et des fluides,“ *Journal de l'école polytechnique*, cahier XX, p. 4, folgende Anschauung zu Grunde. Er sagt :

Alle Theile der Materie sind zweien Wechselwirkungen unterworfen. Die

eine derselben ist anziehend, unabhängig von der chemischen Natur der Stoffe, dem Produkt der sich anziehenden Massen direkt, dagegen dem Quadrat ihrer Entfernung verkehrt proportional. Dies ist die Schwerkraft. Die andere jener Wechselwirkungen ist je nach Umständen bald anziehend, bald abstossend, richtet sich ferner nach der Natur der Stofftheilchen und nach ihrem Wärmegehalt, und ihre Intensität nimmt mit der Entfernung der auf einander wirkenden Stofftheilchen so rasch ab, dass sie bei einer für die Sinne wahrnehmbaren Entfernung bereits verschwindet.

Die Körper bestehen aus getrennten Molekülen, d. h. aus schweren Körperchen von sehr geringer Ausdehnung, und sind durch leere Räume von einer für unsere Sinne unwahrnehmbaren Kleinheit von einander getrennt. Diese Moleküle sind so klein und so nahe neben einander, dass in einer für unsere Sinne kaum wahrnehmbaren Quantität eines Stoffes eine ausserordentlich grosse Anzahl von Molekülen enthalten sein kann.

Unabhängig von der ponderablen Materie enthält jedes Molekül noch eine gewisse Quantität eines imponderablen Stoffes, welchem man die Phänomene der Wärme zuschreibt. Diese Wärmesubstanz wird von der ponderablen Materie jedes Moleküls angezogen und dadurch in den Molekülen zurückgehalten, theilweise entweicht sie jedoch durch Ausstrahlung, gelangt dabei an andere Moleküle und wird von diesen theilweise absorbirt, theilweise reflektirt, und durch diesen Vorgang kann der Wärmestoffgehalt constant bleiben oder eine Aenderung erleiden.

Da nach Versuchen von *Gay-Lussac* eine rasche Vergrösserung oder Verkleinerung eines leeren Raums weder in dem Raum selbst, noch in der Umgebung eine Aenderung der Wärme hervorbringt, während das Gegentheil eintritt, wenn in dem Raum eine geringe Quantität Luft oder Gas enthalten ist, so ist man zu der Folgerung berechtigt, dass die in einem luftleeren Raum enthaltene Menge von Wärmestoff verschwindend klein ist im Verhältniss zu der in einem von ponderabler Materie erfüllten Raum enthaltenen, dass folglich die Repulsivkraft, welche wir annehmen, nicht in den leeren Räumen zwischen den Molekülen, sondern in den Molekülen selbst ihren Sitz habe. Diese Räume zwischen den Molekülen mögen jedoch elektrisches oder magnetisches Fluidum enthalten; wir nehmen jedoch einen neutralen Zustand derselben an und berücksichtigen nur allein die Molekularkraft, welche aus der Anziehung der ponderablen Materie und aus der Repulsion des Wärmestoffes entspringt.

In dem gleichen Mémoire findet man Seite 69 und 70 die Art und Weise

erklärt, wie die Moleküle in den unregelmässig und regelmässig kristallisirten, so wie auch in den flüssigen Substanzen gruppirt sind.

Diesem Medium, wie es sich *Poisson* vorstellt, fehlt es nicht an Inhalt; ja, es ist nur zu reich ausgestattet. Es enthält ponderable Materie, Wärmestoff, elektrisches und magnetisches Fluidum, und enthält auch einen Reichthum von attraktiven und repulsiven Kräften. Allein dies alles sind doch nur Worte, und man sieht nicht ein, wie die imponderablen Stoffe durch ihr bloßes Vorhandensein an dieser oder jener Stelle physikalische Wirkungen hervorzubringen vermögen. Hiertüber geben auch die Memoiren von *Poisson*, welche die Wärme, Elektrizität und den Magnetismus speziell behandeln, keinen Aufschluss. Das Memoire, welchem die obigen Bekenntnisse *Poisson's* entnommen sind, wurde im Jahre 1831 publizirt. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass *Poisson*, wenn er heute noch am Leben wäre, ganz andere Bekenntnisse aussprechen würde, und gewiss nicht mehr der Ansicht wäre, dass Stoffe durch ihr bloßes Vorhandensein ohne Bewegung die Erscheinungen der Wärme, Elektrizität und des Magnetismus hervorbringen können.

Nun haben wir noch von den Anschauungen zu sprechen, welche *Cauchy* seinen vielfachen analytischen Untersuchungen über das Gleichgewicht und die Bewegung der Medien zu Grunde legt. Die Geschichte dieser Untersuchungen zerfällt in drei Abschnitte.

Der erste Abschnitt umfasst die Untersuchungen über das Gleichgewicht und die Bewegung eines den Raum continuirlich erfüllenden Mediums. Sie betreffen die tropfbaren und ausdehnbaren Flüssigkeiten, so wie die elastischen Körper. Diesen Untersuchungen ist die Kontakt- oder Continua-Theorie, von welcher früher die Rede war, zu Grunde gelegt.

Der zweite Abschnitt behandelt das sogenannte einfache Medium, bestehend aus körperlichen Punkten, die durch leere Zwischenräume von einander getrennt sind, und durch anziehende, so wie durch abstossende Kräfte gegen einander wirken. Die Intensitäten dieser Kräfte sind Funktionen der Entfernungen und nehmen mit dem Wachsen der Entfernung sehr rasch ab. Einlässlicher spricht sich *Cauchy* nicht aus, er sagt gerade nur so viel, als nothwendig ist, um mit den analytischen Untersuchungen beginnen zu können, und überlässt es der Phantasie des Lesers, sich von diesem aus materiellen Kraftpunkten bestehenden Medium eine Vorstellung zu machen, und es mit den physikalischen Thatsachen zu vergleichen. Obgleich dieses einfache Medium so armselig ausgestattet ist, gelingt es dennoch diesem grossen Meister der Analysis, zu einer Fülle von Resultaten zu gelangen, welche nicht nur auf die

festen und flüssigen Körper anwendbar sind, sondern auch beinahe alle bisher beobachteten Lichterscheinungen auf eine in der That überraschende Weise zu erklären. Dieses findet theilweise seine Erklärung in dem Umstande, dass im Verlauf der Rechnung die Voraussetzungen, auf welchen sie beruht, nicht vollständig berücksichtigt werden.

In einem Medium, das nur aus materiellen Punkten besteht, die durch anziehende und abstossende Kräfte gegen einander wirken, kann es selbstverständlich keinen Gleichgewichtszustand geben, bei welchem nach verschiedenen Richtungen verschiedene Elastizitäten stattfinden, sondern im Gleichgewichtszustand eines solchen Mediums muss nothwendig nach allen Richtungen einerlei Elastizität vorhanden sein. Aus den Gleichgewichtsgleichungen (3) des „Mémoire sur la dispersion de la lumière“ muss sich daher nothwendig nachweisen lassen, dass für das vorausgesetzte Medium nicht nur die Coefficienten L, M, N, P, Q, R , Gleichung 22, Seite 9, verschwinden, sondern dass noch überdies zwischen den Coefficienten $L M N P Q R$, Gleichung 20 und 21, Seite 9, die Beziehungen stattfinden :

$$P = Q = R$$

$$L = M = N = 3 R$$

Dann aber gilt die ganze Untersuchung nur für ein nach allen Richtungen gleich elastisches, also nur für ein einfach brechendes Medium.

Der dritte Abschnitt von *Cauchy's* Untersuchungen behandelt ein sogenanntes Doppelmedium, bestehend aus materiellen Punkten, die durch Zwischenräume von einander getrennt sind. Diese sind aber nicht absolut leer, sondern sie enthalten ein zweites System von materiellen, von einander getrennten kleineren Punkten. Dies ist der Aether. Zwischen den Körper- und Aetherpunkten finden folgende Wechselwirkungen statt. Je zwei Körperpunkte ziehen sich an. Je zwei Aetherpunkte stossen sich ab. Körperpunkte und Aetherpunkte ziehen sich an. Diese Anziehungs- und Abstossungskräfte sind Funktionen der Entfernung und nehmen mit dem Wachsen der Entfernung äusserst rasch ab. In Folge dieser Kräfte ist die Gleichgewichtslagerung der Aetherpunkte zwischen den Körperpunkten nicht eine gleichförmig dichte, sondern diese Dichte ist in der Nähe der Körperpunkte gross und nimmt von da an gegen die Mitte zwischen zwei unmittelbar neben einander befindlichen Körperpunkten hin allmählig ab, so dass also ein Aetherarrangement mit periodisch wiederkehrender Dichte angenommen wird. *Cauchy* vernachlässigt die Bewegung, welche möglicher Weise in den Körperpunkten vorhanden sein kann, und untersucht nur den Bewe-

gungszustand des Aethermediums. Die Untersuchung ist jedoch noch nicht bis zum Abschluss gebracht. Die analytischen Schwierigkeiten übersteigen bei weitem diejenigen, welche bereits die Behandlung des einfachen Mediums verursachte; wenn aber diesem grossen Meister die Durchführung der Theorie dieses Doppelmediums so vollständig gelingen sollte, wie die des einfachen Mediums, so darf man gewiss sehr bedeutende Ergebnisse erwarten.

Wir sind hiermit am Schluss dieser Skizze über die Geschichte der Hypothesen, welche bis jetzt über die innere Beschaffenheit der Substanzen aufgestellt wurden, und gehen nun zur Erklärung derjenigen Hypothesen über, welche ich meinen folgenden Untersuchungen von sehr bescheidenem Inhalt und Umfang zu Grunde legen werde.

DAS DYNAMIDEN-SYSTEM.

Diesen Titel habe ich für das Medium gewählt, welches ich den später folgenden Untersuchungen zu Grunde lege. Es ist keine neue eigenthümliche Erfindung, auf die man ein Patent nehmen könnte, sondern ist vielmehr nur eine Combination der von *Dalton*, *Poisson* und *Cauchy* ausgesprochenen Ansichten. Bereits in meinen im Jahr 1852 erschienenen Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaues habe ich dieses Dynamidensystem, Seite 20 bis 41, jedoch ohne Titel, erklärt, und zwar blos in der Absicht, um mit aller Bestimmtheit sagen zu können, welche Arten von Kräften in der Natur vorkommen, von wo aus und nach wohin sie wirken und in welcher Weise im Allgemeinen ihre Wirksamkeit erfolgt, weil dies die ersten Fragen sind, die in den Prinzipien der Mechanik beantwortet werden müssen, und weil eine naturgemässe Beantwortung dieser Fragen nicht möglich ist, wenn man sich um den inneren Bau der Körper gar nicht kümmert.

Da wohl nur wenigen Lesern dieses Buches meine Prinzipien bekannt sein werden, so ist es nothwendig, dass ich die dort ausgesprochene Ansicht hier wiederhole; ich werde jedoch nicht abschreiben, sondern bald zusetzen, bald auslassen, wie es mir für den gegenwärtigen Zweck angemessen zu sein scheint.

Allgemeine Eigenschaften der Materie. Das Wesen der Materie ist uns nur theilweise bekannt. Wir wissen nur aus Erfahrung, dass sie gleichsam ein Doppelwesen ist, das mit einem passiven und mit einem aktiven Prinzip begabt ist. Das passive Prinzip wird Beharrungsvermögen genannt und besteht theils in

der Fähigkeit der Materie, durch sich selbst und ohne alle äussere Einwirkung in einem Zustand des ruhigen oder bewegten Seins verharren zu können, theils aber in der Unfähigkeit, durch sich selbst einen in ihr vorhandenen Zustand des ruhigen oder bewegten Seins zu verändern. Dieses Beharrungsvermögen könnte man auch die Fähigkeit der Selbsterhaltung des ruhigen oder des bewegten Seins der Materie nennen. Das zweite, nämlich das aktive Prinzip, wird Kraft genannt. Es besteht in der Fähigkeit der Körper, wechselseitig anziehend oder abstossend einzuwirken, und dadurch die Zustände ihres Seins verändern zu können. Dieses aktive Prinzip könnte man auch das Prinzip der Wechselwirkungsfähigkeit der Stoffe nennen, wodurch das ruhige oder bewegte Sein der Körper verändert wird. Diese beiden Prinzipie der Selbsterhaltungsfähigkeit des Seins und der Wechselwirkungsfähigkeit sind die uns bekannten Fundamenteigenschaften der Materie.

Unmittelbare Aeusserung der Kräfte. Messung derselben. Die Existenz der Kräfte erkennen wir an den mannigfaltigen Wirkungen, welche sie hervorbringen, und insbesondere durch das Gefühl und Bewusstsein von unseren eigenen Kräften. Dieses Gefühl haben wir durch einen besonderen Sinn, den man Tastsinn nennt, aber besser Kraftsinn nennen könnte. Ohne diesen Sinn würden wir von der Existenz der Kraft durchaus keine Ahnung haben, die Welt mit ihren Erscheinungen würde uns als eine reine Phantasmagorie erscheinen (wie sie in der That denjenigen Physikern und Philosophen erscheint, welche die ersten Prinzipien der Mechanik nie erlernt haben). Die Ursachen dieser Erscheinungen aufzusuchen, würde uns wohl schwerlich in den Sinn kommen, und wenn es auch der Fall wäre, jedenfalls nicht gelingen. Wir empfinden die Existenz unserer eigenen Kraft, wenn wir einen Zug oder Druck ausüben (Wechselwirkung). Wir wissen aus der Erfahrung, dass durch andauernde Thätigkeit eines solchen Zuges oder Druckes Bewegungen und Bewegungsänderungen hervorgebracht werden, und schliessen nun daraus, dass jede Kraft (Wechselwirkung) in einem Zug oder Druck, in einer Attraktion oder Repulsion besteht, und dass jede Bewegung und Bewegungsveränderung nur in Folge einer andauernden Zug- oder Druckäusserung irgend einer Kraft entstehen könne. Diese unmittelbaren Kraftäusserungen können nach ihrer Intensität bestimmt, d. h. gemessen werden. Als Einheit der Kräfte kann man irgend einen Zug oder Druck annehmen, z. B. jenen, den ein Körper, dessen Gewicht gleich 1 Kilogramm beträgt, auf eine Unterlage ausübt. Die Intensität einer Kraft ist dann gleich 2, 3, 4.... zu

setzen, wenn sie, auf einen Körper von 2, 3, 4 Kilogramm Gewicht nach vertikaler Richtung aufwärts wirkend im Stande ist, das Fallen des Körpers zu verhindern, und diese Messung der Kräfte gilt sowohl für die Statik, als auch für die Dynamik.

Masse und Bestimmung ihrer Quantität. Die Masse eines Körpers ist die Menge dessen, was sich selbst nicht bewegen, sich selbst nicht treiben kann, was also bewegt oder getrieben werden muss, wenn ein Körper aus dem Zustand der Ruhe in jenen der Bewegung, oder aus einem gewissen Bewegungszustand in einen anderen übergehen soll.

Die Massen zweier Körper sind gleich gross, wenn sie, von gleich intensiven Kräften und auf gleiche Weise getrieben, ganz identische Bewegungen machen. Werden zwei oder mehrere Körper, von welchen man erkannt hat, dass sie gleiche Massen haben, vereinigt, so erhält man einen Körper, dessen Gesamtmasse 2, 3, 4 mal so gross ist, als die Masse jedes einzelnen der vereinigten Körper. Auf diese Weise können die Massen aller Körper und selbst auch der unwägbaren absolut richtig gemessen werden. Diese grundsätzlich einzig richtige Messungsart der Massen lässt sich jedoch sehr schwer praktisch durchführen, und es ist bei wägbaren Körpern zweckmässiger, ihre Masse durch den Quotienten aus dem Gewicht des Körpers an einem bestimmten Ort der Erde, und aus der Geschwindigkeitsänderung in jeder Sekunde beim Fallen des Körpers gegen die Erde an jenen Ort, wo sein Gewicht gemessen wurde, zu bestimmen.

Bewegung einer Masse m durch eine constante Kraft κ . Wenn eine constante Kraft κ , also ein constanter Druck, immer nach der gleichen Richtung durch eine gewisse Zeit auf eine Masse m einwirkt, die anfänglich in Ruhe war, so tritt in derselben eine Geschwindigkeit v ein, die der Intensität κ der Kraft und der Dauer τ ihrer Einwirkung direkt, der Grösse der Masse hingegen verkehrt proportional ist. Man hat daher:

$$v = \alpha \frac{\kappa \tau}{m}$$

wobei die Constante α die Geschwindigkeit ausdrückt, die in einer Masseneinheit eintritt, wenn auf dieselbe eine Krafteinheit durch eine Zeiteinheit treibend einwirkt.

Dieses Gesetz ist ein Erfahrungsgesetz.

Die Körperatome des Dynamidensystems. Zur Beantwortung der Fragen, welche heut zu Tage die Physik und Chemie vorlegt, brauchen wir nicht zu wissen, ob es in der Natur absolut untheilbare Atome gibt, sondern es genügt für diesen Zweck zu wissen, dass diejenigen Substanzen, welche die Chemiker einfache Stoffe nennen, aus kleinen Körperchen oder aus Systemen von kleinen Körperchen bestehen, die sich bei allen chemischen und physikalischen Vorgängen wie untheilbare Einheiten verhalten. Ich nenne sie Körperatome, und wir werden bei wissenschaftlichen Betrachtungen, die sich auf Erscheinungen beziehen, bei welchen diese Atome selbst keinerlei Veränderungen erleiden, zu ganz richtigen Folgerungen gelangen, wenn wir diese Atome so behandeln, wie wenn sie absolut untheilbar wären, wie dies der Fall ist bei den Problemen der Astronomie, wo die Planeten auch als untheilbare Körpereinheiten in Rechnung gebracht werden. Solcher Körperatome gibt es so viele Arten, als es chemisch-einfache Stoffe gibt, mithin 61.

Die Gruppierungsweise der uns ihrem innern Wesen nach ganz unbekanntem Materie in den Körperatomen kann sehr mannigfaltig, regelmässig oder unregelmässig sein. In kristallisirten Stoffen ist sie eine symmetrische in Bezug auf drei auf einander senkrecht stehende oder gegen einander geneigte Axen.

Die Atome sind so klein, dass in einer für unsere Sinne verschwindend kleinen Stoffmenge eine ungemein grosse Anzahl enthalten sein kann.

Die Körperatome sind träge, zugleich aber mit Kräften ausgerüstet, durch welche sie zwar nicht auf sich selbst, wohl aber auf andere Atome anziehend einwirken können. Es kann sich demnach kein Atom durch die demselben inwohnenden Kräfte in Bewegung bringen, oder aus einem vorhandenen Bewegungszustand in einen andern versetzen; jedes Atom besitzt jedoch die Fähigkeit, in einem Zustand des ruhigen oder des bewegten Seins zu verharren, und gleichzeitig durch seine Kräfte auf andere Atome anziehend einzuwirken.

Die Körperatome sind schwer, haben ein Gewicht. Das absolute Gewicht derselben ist nicht bekannt. Die Aequivalentzahlen der Chemiker drücken jedoch die Verhältnisse der absoluten Gewichte der Atome der einfachen Körper aus.

Der Aether. Die Körpersubstanzen enthalten nebst den trägen und schweren Körperatomen noch den ebenfalls aus Atomen bestehenden Aether. Die Aetheratome sind ebenfalls träge, aber nicht schwer; sie sind so klein

im Verhältniss zu den Körperatomen und zu den Entfernungen der Aetheratome, dass ihre Gestalt nicht in Betrachtung kommt, dass also alle Wirkungen der Aetheratome so erfolgen, wie wenn in dem Mittelpunkte ihrer Masse die Masse und die Kräfte vereinigt wären. Zwischen den Aetheratomen findet Abstossung, zwischen Körperatomen und Aetheratomen Anziehung statt.

Wechselwirkung zweier Atome. Hinsichtlich der Wechselwirkung zweier Atome irgend einer Art gelten folgende Sätze :

1. Das attraktive oder repulsive Prinzip, mit welchem ein Atom A begabt ist, kann nicht auf seine eigene Masse, sondern immer nur auf die Masse eines anderen Atoms B bewegend einwirken.

2. Die Wirkung zweier Atome A und B ist wechselseitig. Die Kraft von A wirkt auf die Masse von B und die Kraft von B auf die Masse von A.

3. Die unmittelbare Aeusserung einer Atomkraft besteht entweder in einer Anziehung, welche eine Annäherung, oder in einer Abstossung, welche eine Entfernung der Atome hervorzubringen strebt.

4. Ist die Entfernung zweier Atome sehr gross im Verhältniss zu ihren Abmessungen, so ist es erlaubt, anzunehmen, dass die Richtung der wechselseitigen Anziehung oder Abstossung in die Verbindungslinie der Massmittelpunkte der Atome fällt.

5. Ist dagegen die Entfernung zweier Atome im Verhältniss zu ihren Abmessungen nicht gross, so muss die Wechselwirkung der Atome nach den Methoden berechnet werden, die bei Anziehungen von Körpern von endlicher Gestalt angewendet werden, und dabei kann man sich erlauben, anzunehmen, dass die Masse jedes Atoms in dem Raum desselben gleichförmig und continuirlich vertheilt ist. Bei so nah gestellten Atomen besteht die Wechselwirkung nicht immer blos in einem Bestreben, die Atome einander zu nähern oder von einander zu entfernen, sondern zuweilen auch in einem Bestreben, die gegenseitige Lage der Atome zu ändern oder Drehungen in denselben hervorzubringen.

6. Die Intensitäten der Wechselwirkungen sind gleich gross, und richten sich nach der Entfernung, Gestalt, Lage und materiellen Beschaffenheit der Atome.

7. Ist die Entfernung der Atome sehr gross im Verhältniss zu ihren Abmessungen, so ist die Intensität der Wechselwirkung dem Produkt der

Massen der Atome und einer gewissen Funktion der Entfernung der Massenmittelpunkte der Atome proportional.

8. Die Wechselwirkung zweier Atome ist im bewegten Zustand so gross als im ruhenden.

Die Atomkräfte. In den Körper- und Aetheratomen sind folgende Kräfte wirksam :

1. Die allgemeine Schwere. Vermöge dieser Kraft ziehen sich je zwei Körperatome mit einer Intensität an, die von der materiellen Natur derselben unabhängig ist, dagegen dem Produkt der Atommassen direkt, und dem Quadrat ihrer Entfernung verkehrt proportional ist. Zwischen den Aetheratomen, so wie auch zwischen Aether- und Körperatomen ist diese Schwere nicht wirksam.

2. Die physikalische Anziehung. Mit diesem Worte will ich diejenige Kraft bezeichnen, vermöge welcher sich zwei identische Körperatome mit einer Intensität anziehen, welche dem Produkt ihrer Massen direkt proportional ist, und bei zunehmender Entfernung der Atome sehr rasch und nicht nach dem verkehrt quadratischen Gesetz abnimmt. Diese Anziehung ist überdies auch von der chemischen Beschaffenheit der Atome abhängig.

3. Die chemische Anziehung oder Affinität. Das ist die Kraft, mit welcher sich zwei heterogene Körperatome anziehen. Sie ist wesentlich abhängig von der chemischen Beschaffenheit der Atome, ist dem Produkt ihrer Massen proportional und nimmt mit dem Wachsen der Entfernung der Atome sehr rasch ab.

4. Die Aetherkräfte. Zwischen Aetheratomen findet Abstossung, zwischen Körper- und Aetheratomen Anziehung statt. Letztere ist von der chemischen Natur des Körperatoms abhängig. Auch diese Wechselwirkungen sind dem Produkt der Atommassen proportional und richten sich nach der Entfernung der Atome in der Weise, dass sie sehr rasch abnehmen, wenn die Entfernung der Atome zunimmt.

Die Dynamiden. Vermöge der wechselseitigen Abstossung der nicht schweren Aetheratome verbreitet sich der Aether in dem ganzen unendlichen Raum, durchdringt auch alle Körper, wird aber um die Körperatome herum durch ihre Anziehungen gegen die Aetheratome mehr oder weniger concentrirt, und hierdurch entsteht in den Räumen zwischen den Körperatomen und um diese herum eine Gruppierungsweise des Aethers, welche sich richtet

1) nach der Gestalt, Stellung und Gruppierung der Körperatome; 2) nach der mittleren Dichte des Aethers im Universum; 3) nach dem Verhältniss zwischen den Intensitäten der Abstossungskraft zwischen Aether und Aetheratomen und der Anziehungskraft zwischen Körper und Körperatomen. Nach diesem Verhältniss sind insbesondere zweierlei Gleichgewichtsgruppierungen möglich. Wenn wir annehmen 1) dass die Entfernung der Körperatome gegen ihre Abmessungen sehr gross ist; 2) dass die Intensität der Anziehung zwischen Körper- und Aetheratomen sehr gross ist im Verhältniss zur Abstossung zwischen den Aetheratomen; 3) dass die Anzahl der in einer bestimmten Quantität einer Substanz enthaltenen Aetheratome vielmal, z. B. Millionen mal grösser ist, als die Anzahl der Körperatome, so ist klar, dass sich der Aether atmosphärenartig um die Körperatome lagern wird, und dass jede solche Atmosphäre eine ganz bestimmte Form und Begrenzung haben wird, so zwar, dass der Raum zwischen je zwei Körperatomen grösstentheils ganz leer sein wird. Auch ist klar, dass die Dichte der Nebeneinanderlagerung der Aetheratome innerhalb einer solchen Hülle oder Atmosphäre an der Oberfläche der Körperatome gross und gegen die äussere Grenze der Hülle hin allmählig kleiner und kleiner sein wird.

Wir wollen ein Körperatom mit der dasselbe umgebenden Aetherhülle eine Dynamide nennen, um damit auszudrücken, dass es ein Ganzes ist, in welchem Alles enthalten ist, was zur Hervorbringung von mannigfaltigen dynamischen Erfolgen gehört. Ich nenne ferner eine Substanz, die durch die Gleichgewichtslagerung solcher Dynamiden besteht, ein Dynamidensystem. Fig. 1 ist eine bildliche Darstellung einer Dynamide. Der Gleichgewichtszustand eines solchen Dynamidensystems wäre vollständig bekannt, wenn man im Stande wäre, zu bestimmen: 1) die Positionen der Schwerpunkte der Körperatome; 2) die Lage (Axenrichtung) jedes Körperatoms; 3) die Gleichgewichtsgruppierung des Aethers in jeder Hülle.

Sind die Atome genau oder annähernd kugelförmig, oder sind sie nach dem hexaederschen Axensystem gestaltet, so entsteht eine Gleichgewichtsgruppierung, bei welcher um jedes Körperatom herum nach allen Richtungen einerlei Elastizität stattfindet. Fig. 2 gibt eine Anschauung von einem solchen isotropen System.

Ist hingegen jedes Atom nach drei gegen einander senkrecht oder schief stehenden Axen symmetrisch gestaltet, hat also jedes Atom nach *Mohs'scher* Terminologie die Form eines Rhomboeders, einer geraden ungleichkantigen oder einer schiefen ungleichkantigen Pyramide, so entsteht eine Gruppi-

rungsweise, bei welcher um jedes Atom herum nach verschiedenen Richtungen verschiedene Elastizitäten stattfinden. Fig. 3 gibt eine Anschauung von einem solchen anisotropen System.

Der dynamische Zustand eines Dynamidensystems wäre bekannt, wenn man im Stande wäre, zu bestimmen: 1) die Bewegungen der Schwerpunkte der Körperatome; 2) die drehenden Bewegungen der Körperatome um ihre Schwerpunkte; 3) die relative Bewegung des Aethers der Hüllen gegen die Oberflächen der Körperatome. Das Dynamidensystem setzt eine grosse Entfernung der Körperatome und eine sehr energische Anziehung zwischen Körper- und Aetheratomen voraus. Nehmen wir nun im Gegentheil an, die Entfernung der Körperatome sei klein und die Anziehung zwischen Körperatomen und Aetheratomen sei schwach, so ist klar, dass sich ein eigentliches Dynamidensystem nicht bilden wird, sondern dass sich der Aether in den Räumen zwischen den Körperatomen verbreiten und eine Gruppierungsweise annehmen wird, bei welcher die Dichte der Nebeneinanderlagerung längs einer Linie, die durch die Schwerpunkte einer Reihe von Körperatomen geht, periodisch veränderlich sein wird. Es entsteht also unter diesen Voraussetzungen ein Medium ähnlich demjenigen, das *Cauchy* seinen neueren Untersuchungen zu Grunde gelegt und Doppelmedium genannt hat. Fig. 4 und 5 geben Anschauungen von diesem Medium. Das Dynamidensystem entspricht wahrscheinlich den tropfbaren Flüssigkeiten, Gasen und Dämpfen und denjenigen festen Substanzen, deren Körperatome gegen den Aether eine sehr energische Anziehung ausüben. Das Doppelmedium mit periodisch gruppirtem Aether entspricht dagegen mehr den festen Substanzen, deren Körperatome die Aetheratome nur mit schwacher Kraft anziehen. Theoretisch betrachtet ist jedoch das erstere dieser Systeme nur ein spezieller Fall von dem letzteren. Eine strenge mathematische Theorie des periodischen Systems würde auch die Theorie des Dynamidensystems in sich schliessen, aber nicht umgekehrt. Das periodische System verdient also für eine mathematische Behandlung den Vorzug, allein es verursacht Schwierigkeiten, die meine Kräfte weit übersteigen, und deshalb habe ich für meine Untersuchungen das Dynamidensystem gewählt, das ja doch auch wahrscheinlich in den meisten Fällen der Natur der Substanzen wenigstens annähernd entspricht.

Das Molekül oder die zusammengesetzte Dynamide. Das Molekül ist eine Gleichgewichtsgruppe von zwei oder mehreren ungleichartigen Körperatomen mit der dieselbe gemeinschaftlich umschliessenden Aetherhülle, und ist das

Produkt eines chemischen Prozesses. Der Chemismus im engeren Sinne des Wortes spricht sich in der Bildung des Moleküls aus. Es ist das wahre chemische Gebilde, denn die chemischen Eigenschaften eines Stoffes sind von der Gesamtmenge desselben, von dem Aggregatzustand und überhaupt von der Nebeneinanderlagerung der Moleküle ganz unabhängig und richten sich wesentlich nur nach dem Inhalt der Moleküle und nach der Gruppierungsweise der Atome in denselben.

Aber so wie einzelne Atome zu einer Gleichgewichtsgruppe *a* zusammentreten können, so können sich auch zwei oder mehrere gleichartige oder ungleichartige Moleküle abermals vereinigen, und daraus entstehen zusammengesetzte Moleküle *b*. Wiederholt sich dieser Prozess neuerdings, so entstehen Moleküle *c* von einer noch höheren Zusammensetzung.

Die Grundform eines einfachen Moleküls richtet sich theils nach der Anzahl, theils nach der Lagerung der Atome. Zwei Atome bilden ein stabförmiges Molekül, drei Atome eine dreieckige Platte, vier Atome ein tetraedrisches Molekül. Aehnlich verhalten sich auch die Grundformen der zusammengesetzten Moleküle. Die Stabilität des Gleichgewichtszustandes der Atome in einem einfachen Molekül richtet sich nach der Anzahl der Atome, nach der Grundgestalt derselben, nach der Intensität der chemischen Anziehung, nach der gegenseitigen Lage der Schwerpunkte der Atome, endlich nach der Stellung der Axen der Atome. Im Allgemeinen darf man wohl sagen, dass die Stabilität des Gleichgewichtes bei einer kleineren Anzahl von Atomen, die sich sehr energisch anziehen, sehr gross, bei einer grösseren Anzahl von Atomen, die sich nur schwach anziehen, klein sein wird. Aehnliches gilt auch hinsichtlich der Stabilität zusammengesetzter Moleküle.

Es ist wohl leicht einzusehen, obgleich durch Rechnung unendlich schwierig nachzuweisen, dass es im Allgemeinen mehr als eine einzige Gegen-einanderlagerung der Atome geben kann, bei welcher die sämtlichen Kräfte den Bedingungen eines stabilen Gleichgewichtes entsprechen. Aus den gleichen Atomen können daher Moleküle verschiedener Art entstehen, die ihrem Stoffgehalt nach identisch sind und sich nur durch die Gruppierungsweise der Atome in den Molekülen unterscheiden. Dies sind die isomeren Stoffe.

Die Anzahl der möglichen Gleichgewichtsgruppierungen richtet sich theils nach der Anzahl der Atome, theils nach ihrer Grundgestalt. Einaxige Grundgestalten werden nicht so viele Gleichgewichtslagerungen zulassen als zwei- oder dreiaxige. Bei einer kleinen Anzahl von Atomen werden nicht so viele Gleichgewichtslagerungen möglich sein, als bei einer grösseren.

Denkt man sich, dass aus einem Molekül Λ ein nach einem gewissen Axensystem gebildetes Atom a herausgenommen, und dafür ein aus einem anderen Stoff bestehendes, aber nach einem ähnlichen Axensystem gebildetes Atom b an die Stelle gesetzt wird, so entsteht ein neues Molekül B von derselben Grundform wie Λ , und die Kristallformen der Substanzen, welche Λ und B enthalten, werden übereinstimmen. Es sind also identische Kristallformen bei verschiedenem Stoffgehalt möglich. Dies ist die Isomorphie.

Zusammengesetzte Dynamiden sind in derselben Weise wie einfache in Rechnung zu bringen.

Wenn es unentschieden bleiben soll, ob eine Dynamide nur ein Atom oder ein einfaches Molekül oder endlich ein zusammengesetztes Molekül enthält, so werde ich in der Folge den ponderabeln Inhalt einer Dynamide mit dem Wort Kern bezeichnen.

Wechselwirkung zweier Dynamiden. Denkt man sich zwei Dynamiden Λ und B in einer gewissen Entfernung neben einander und gegen einander gestellt, so wirkt jede derselben mit einer Fülle von Kräften gegen die andere ein. Um die Totalität dieser Kräfte bestimmen zu können, erlauben wir uns anzunehmen, dass die Masse jedes Körperatoms den Raum desselben mit Stetigkeit erfüllt. Unter dieser Voraussetzung wirkt die Dynamide Λ gegen die Dynamide B mit folgenden Kräften ein:

1. Die in jedem unendlich kleinen Volumtheilchen des Körperatoms von Λ enthaltene Materie zieht die in jedem unendlich kleinen Volumtheilchen des Körperatoms von B enthaltene Masse an.

2. Die in jedem unendlich kleinen Volumtheilchen des Körperatoms von Λ enthaltene Materie zieht jedes Aetheratom der Hülle von B an.

3. Jedes Aetheratom der Hülle von Λ zieht jedes unendlich kleine Massentheilchen des Körperatoms von B an.

4. Jedes Aetheratom der Hülle von Λ stösst jedes Aetheratom von B ab.

Dieses reiche Kräftesystem, mit welchem eine Dynamide Λ gegen eine Dynamide B einwirkt, ist in Fig. 6 bildlich dargestellt. Die Totalwirkung ist natürlich abhängig 1) von der Entfernung der Schwerpunkte der Körperatome der Dynamiden; 2) von der Gestalt und dem Axensystem der Dynamiden; 3) von der Lage der Schwerpunktslinien gegen die Richtung der Axen der Körperatomgestalten.

Bewegungszustände eines Dynamidensystems. Das Dynamidensystem besteht nicht in einem bloßen inaktiven Nebeneinandergestelltsein der Körper-

und Aetheratome, in einer bloßen Juxtaposition der Atome ohne Wechselwirkungen zwischen denselben, sondern das ruhige Bestehen eines solchen Dynamidensystems beruht auf einem stabilen Gleichgewichtszustand, in welchem jedes Atom seinen Ort und seine Lage in der Art zu behaupten strebt, dass eine gewisse Kraftäusserung nothwendig ist, um es aus seiner Position zu verschieben oder von seiner Lage abzulenken, und dass es wiederum mit einer gewissen Energie in seine Gleichgewichtslagerung zurückzukehren strebt, so wie die äussere Kraft beseitigt wird. Dieser Gleichgewichtszustand ist also mit dem einer gespannten Saite zu vergleichen. Wird dieser Gleichgewichtszustand gestört, so können möglicher Weise sehr verschiedene Bewegungszustände eintreten. Durch eine sehr heftige äussere Einwirkung kann der stabile Gleichgewichtszustand gänzlich aufgehoben werden, und dann entstehen Durcheinanderwirbelungen und Fluthungen der Atome, Auflösungen der Dynamiden und Moleküle, und dieser tumultuarische Zustand dauert so lange fort, bis sich entweder wiederum der anfänglich vorhanden gewesene oder ein anderer Gleichgewichtszustand bildet, in welchem vielleicht ganz neue Atomgruppierungen vorhanden sind. Von derlei heftigen Bewegungen sind die chemischen Prozesse, insbesondere die Verbrennungsprozesse, ferner Gasexplosionen, elektrische Entladungen u. s. w. begleitet. Durch minder heftige äussere Einwirkungen wird dagegen der stabile Gleichgewichtszustand nicht gänzlich aufgehoben, und die Atome gerathen dann nur in gewisse Bewegungen um ihre stabilen Gleichgewichtspositionen, und diese Bewegungszustände sind es, welche wir nun näher in's Auge fassen wollen.

Die Bewegungsweisen, welche in den Körper- und Aetheratomen der Dynamiden eintreten, richten sich theils nach der Art der äusseren Einwirkung, theils nach der inneren Constitution des Dynamidensystems. Möglicher Weise können in den Kernen und in den Hüllen verschiedene Elementarbewegungen oder Zusammensetzungen aus denselben eintreten. Die Elementarbewegungen der Kerne können sein: 1) geradlinige oder krummlinige Hin- und Herschwingungen der Schwerpunkte; 2) continuirlich kreislinige oder krummlinige Bewegungen der Schwerpunkte; 3) continuirliche Rotationen der Kerne um freie Axen ihrer Gestalten, d. h. um Axen, in Bezug auf welche sich die Centrifugalkräfte das Gleichgewicht halten; 4) drehende Schwingungen der Kerne um gewisse Axen, ähnlich den Schwingungen einer Magnetnadel oder einer Unruhe.

Die Elementarschwingungen der Aetheratome in den Hüllen können dagegen sein: 1) radiale Schwingungen der Aetheratome, wobei sich die Hüllen abwechselnd ausdehnen und zusammenziehen; 2) continuirlich rotirende

Schwingungen der Aetherhüllen um die Kerne oder mit den Kernen; 3) drehende Hin- und Herschwingungen der Hüllen mit den Kernen oder gegen die Kerne.

Aber in den meisten Fällen wird nicht blos eine oder die andere dieser Elementarschwingungen isolirt auftreten, sondern es werden zwei oder mehrere und unter gewissen Umständen sogar alle sieben Elementarschwingungen gleichzeitig eintreten.

Da wir voraussetzen, dass die Masse eines Aetheratoms und selbst die Masse aller Aetheratome einer Hülle verschwindend klein ist gegen die Masse eines Körperatoms, und dass ferner die Intensitäten der zwischen den Aetheratomen abstossend, zwischen den Aether- und Körperatomen anziehend wirkenden Kräfte verhältnissmässig sehr gross sind, so werden die Bewegungen der Aetheratome nothwendig bei weitem schneller erfolgen können als jene der Körperatome.

Den Vorgang, durch welchen in den Dynamiden die beschriebenen Elementarbewegungen hervorgerufen werden, nenne ich eine Wellenbewegung. Denken wir uns zur Erklärung einer solchen Bewegung ein lineares Dynamidensystem, d. h. eine geradlinige Reihe A B C... Z von Dynamiden. Nehmen wir an, dass gegen A ein Stoss ausgeübt werde, so wird in dem Augenblick, wenn A seine Bewegung beginnt, das Gleichgewicht zwischen A und B gestört; die Dynamide B kommt dadurch ebenfalls in Bewegung, was zur Folge hat, dass das Gleichgewicht zwischen B und C gestört wird, demnach eine Bewegung auch in C angeregt wird, und so pflanzt sich die Bewegung durch die ganze Dynamidenreihe fort, indem jede Dynamide die Bewegung der vorhergehenden nachahmt. Der wirkliche Vorgang ist jedoch nicht so einfach als so eben beschrieben wurde; denn so wie A seine Bewegung beginnt, wird nicht nur B, sondern auch C D... zur Bewegung angeregt, und es ruft überhaupt die Bewegung eines Atoms in allen übrigen Bewegungen hervor, so dass also streng genommen die sich fortpflanzende Bewegung aus unendlich vielen Elementarschwingungen besteht. Darin liegt der Grund des farbigen Lichtes und der Dispersion. Die sich fortpflanzende Bewegung wird nur eine einzige einfache Elementarschwingung sein, wenn jede Dynamide nur auf die unmittelbar vor ihr befindliche Dynamide, und nicht zugleich auf die ferner stehenden einwirkt, und dann würde eine Dispersion nicht eintreten können. Verfolgt man diese Andeutungen, so wird man auch leicht die Ursache des Farbenzerstreuungsvermögens verschiedener Stoffe, so wie eine Beziehung zwischen diesem Zerstreungsvermögen und dem Radius der Wirkungssphäre einer Dynamide errathen.

Wenn wir aber einstweilen von diesen dynamischen Feinheiten absehen, so erfolgt die Fortpflanzung der Bewegung durch eine Dynamidenreihe ähnlich wie ein Stoss durch eine Reihe von Elfenbeinkugeln, und so wie jede Kugel nicht die totale lebendige Kraft, welche sie empfängt, an die nächstfolgende abgibt, so ist dies auch bei den Dynamiden der Fall. Wenn also durch einen auf die erste Dynamide ausgeübten Schlag eine Welle durch die ganze Dynamidenreihe durchgejagt worden ist, so werden die Dynamiden nicht absolut ruhig sein, sondern es wird in jeder derselben eine gewisse lebendige Kraft und mithin eine gewisse Bewegung zurückgeblieben sein, und diese restirenden Bewegungen sind in den verschiedenen Dynamiden der Reihe nicht gleich gross, sondern nehmen von A bis Z hin ab. Nehmen wir z. B. an, jede Dynamide gebe 0.9 von der empfangenen lebendigen Kraft an die nächstfolgende ab, und bezeichnen wir die der ersten Dynamide mitgetheilte lebendige Kraft mit 1, setzen ferner $0.9 = \epsilon$, so sind die nach einem Wellendurchgang restirenden lebendigen Kräfte :

in	A	B	C	D	E
	$1(1-\epsilon)$	$1\epsilon(1-\epsilon)$	$1\epsilon^2(1-\epsilon)$	$1\epsilon^3(1-\epsilon)$	$1\epsilon^4(1-\epsilon)$

Wird gegen die erste Dynamide nicht nur Ein Schlag ausgeübt, sondern wird die Dynamide A ununterbrochen in einem gewissen Bewegungszustand erhalten, so wird in der Dynamidenreihe zuletzt ein gewisser Beharrungszustand eintreten, in welchem die Bewegungszustände von A an nach Z hin nach einem gewissen Gesetz abnehmen.

Da bei einer Wellenfortpflanzung jede Dynamide die Bewegung der vorhergehenden ungefähr nachahmt, so werden sich die Bewegungsweisen der restirenden Bewegungen vorzugsweise nach der Bewegungsweise richten, die in der ersten Dynamide hervorgerufen wird.

Auf diesen restirenden Bewegungen, welche durch Wellen und Ströme in den Aetherhüllen hervorgerufen werden, beruhen nach meiner Ansicht die sogenannten Leitungerscheinungen. Für einen guten Leiter ist ϵ gross, für einen schlechten Leiter ist es klein.

Der physikalische Zustand einer Dynamide wird ferner nach meiner Ansicht durch die in derselben und insbesondere durch die in der Aetherhülle herrschende Bewegungsweise bestimmt. Im ruhigen Zustand des Aethers ist eine Dynamide weder warm, noch elektrisch, noch magnetisch; im bewegten Zustand treten dagegen die Erscheinungen der Wärme, Elektrizität und des Magnetismus auf. Da die Wärmeerscheinungen mit, die elektrischen und magnetischen hingegen

ohne merkliche Volumsänderungen verbunden sind, so vermute ich, dass die Wärmeerscheinungen auf Radialschwingungen, d. h. auf solchen Schwingungen beruhen, welche Ausdehnungen der Aetherhüllen zur Folge haben, wodurch die Repulsivkraft der Aetherhüllen gesteigert und mithin eine Ausdehnung des Körpers hervorgebracht wird. Ich vermute dann ferner, dass die continuirlich rotirende Bewegung der Aetherhüllen dem elektrischen Strom entspricht, und dass durch diese rotirende Bewegung der Dynamiden in Verbindung mit der drehenden Bewegung der Erde die Drehungsaxe der Dynamide parallel mit der Erdaxe gestellt wird, ähnlich wie bei dem bekannten von *Foucault* zuerst angestellten Versuch mit dem Bohnenberger'schen Maschinchen. Dass hierauf die Erscheinung des Magnetismus beruhen könnte, wage ich auszusprechen. Allein die hin- und herschwingenden Bewegungen der Aetherhüllen vermag ich nicht zu deuten. Die physikalische Bedeutung der Körperschwingungen ist bekannt.

Sehr merkwürdig sind diejenigen Vorgänge, welche ich dynamische Metamorphosen oder Bewegungsumwandlungen nennen will. So wie nämlich in den Maschinen durch die geometrisch-mechanische Gliederung ihrer Bestandtheile jede Bewegungsart in jede andere, also ein geradliniger Hin- und Hergang in eine continuirliche Drehung und umgekehrt, oder eine continuirliche Drehung in eine Hin- und Herdrehung umgewandelt werden kann, eben so können auch durch geeignete Einwirkungen die freien Bewegungen der Atome in den Körpern in einander übergeleitet werden. Es können aus Schwingungen der Körperatome Aetherschwingungen, und aus Aetherschwingungen gewisser Art Aetherschwingungen anderer Art hervorgehen; oder es kann durch rein mechanische Einwirkungen Wärme, Licht, Elektrizität, aus Wärme Licht und Elektrizität entstehen, wovon jedes Gewitter ein schlagendes Beispiel liefert. Ich gestehe offen, dass es mir vorkommt, als wäre uns durch diese Vorgänge ein merkwürdiges Geheimniss der Natur aufgedeckt, und angedeutet, wie bewunderungswürdig einfach die Mittel sind, deren sich die Natur zur Erreichung ihres grossen Gesamtzweckes bedient.

Noch ein dynamisches Verhältniss will ich berühren. Weil die Masse sämtlicher Aetheratome eines Körpers verschwindend klein ist im Vergleich zur Masse aller Körperatome, und weil uns unsere Nerven nur lebhaftere Schwingungen des Aethers empfinden lassen, so werden bei schwächeren Störungen des Gleichgewichts in der Regel entweder nur die Aetheratome oder nur die Körperatome, nicht aber beide zugleich, in so lebhaftere Bewegung kommen, dass sie empfunden

werden können. Werden Schallschwingungen erregt, so werden zwar die Aetherhüllen von den Körperatomen mit hin und her gerissen, allein so lange der Aether nur so langsam schwingt als die schallerregenden Körperatome, entstehen keine erheblichen Wärmewirkungen. Selbst mit Bach'schen Fugen kann ein grosses Orchester einen Konzertsaal nicht heizen, aber die Saiten der Violinen und Haare der Bögen werden dabei doch warm. Wird der Aether eines Körpers durch bereits in Bewegung befindlichen äussern Aether in Bewegung gebracht, so werden auch die Körperatome durch den Aether zur Bewegung angeregt, allein diese Aetherschwingungen geschehen viel zu rasch und die Massen der Körperatome sind viel zu gross, um in einen für unsere Sinne wahrnehmbaren Schwingungszustand gerathen zu können. Daher ist es bei derlei Problemen wohl gestattet, immer das eine oder das andere dieser Medien als ruhend anzunehmen. Bei Schallschwingungen dürfen die Aetherschwingungen, und bei Aetherschwingungen die Körperschwingungen vernachlässigt werden, was die mathematische Behandlung dieser Probleme unendlich vereinfacht.

SCHLUSS DER EINLEITUNG.

Durch das bisher Gesagte glaube ich meine Anschauung von dem Dynamidensystem, das ich meiner Untersuchung zu Grunde legen werde, klar ausgesprochen zu haben. Selbst ohne Rechnung ergeben sich aus den statischen und dynamischen Zuständen eines solchen Systems ganz leicht und ungezwungen die Erklärungen von sehr vielen chemischen und physikalischen Erscheinungen; allein diese Erklärungen mit blosen Worten haben noch nicht diejenige Schärfe und Bestimmtheit, welche die exakte Wissenschaft verlangt; die Berechtigung der Hypothese des Dynamidensystems kann nur aus Resultaten hervorgehen, die auf mathematischem Wege aus demselben gewonnen werden können. Leider ist es nicht immer möglich, diese Rechnungen mit vollkommener Strenge durchzuführen; die Schwierigkeiten sind zu gross, wenigstens für mich; man muss sich fast bei jedem Problem Vernachlässigungen und Annäherungen gefallen lassen. Es ist insbesondere der Einfluss der Gestalt der Atome auf die statischen und dynamischen Zustände unendlich schwierig durch Rechnung zu verfolgen, woher

es denn kommt, dass z. B. die statischen Probleme der Chemie und der Kristallbildung, mit welchen ich mich Jahre lang vergeblich gequält habe, durch Rechnung kaum zu bewältigen sein werden. Glücklicher Weise gibt es sehr viele und höchst wichtige Fragen, bei welchen die Gestalt der Atome vernachlässigt werden darf, gibt es ferner andere Probleme, bei welchen der Einfluss der Gestalt der Atome im Wesentlichen ohne Rechnung erkannt werden kann, was für manche Zwecke ziemlich genügt.

Aber ungeachtet dieser Mängel des Dynamidensystems, und obgleich dasselbe über das innere Wesen der Materie durchaus keinen Aufschluss gibt, sondern nur möglicher Weise aufzeigen kann, wie sich die Körperwelt aus den chemischen Atomen aufbaut, und welche Erscheinungen eintreten, so lange eine Zersetzung dieser Atome nicht eintritt, gewährt dieses Dynamidensystem so wesentlichen Nutzen, dass man es wahrlich für mehr als ein Phantasiespiel zu halten hat. Durch dieses Dynamidensystem weiss man doch bei jedem Schritt ganz klar, was man thut, unter welchen Umständen die Rechnungen mit den Thatsachen übereinstimmen können, welche Dinge im Verlauf der Rechnung, ohne einen merklichen Fehler befürchten zu dürfen, vernachlässigt werden können, und lassen sich so viele Erscheinungen auch ohne Rechnung wenigstens qualitativ erklären. Der grösste Nutzen dieses Dynamidensystems besteht aber in der umfassenden Uebersicht über die Gesamtheit der chemischen und physikalischen Erscheinungen, in dem Zusammenfassen so zahllos vieler isolirt stehenden Thatsachen, die in keiner Beziehung zu einander zu stehen scheinen, und doch mit einander so innig verbunden sind, und endlich zeigt es den Weg, den die Beobachtung zu gehen hat, wenn sie nicht blos Erscheinungen hervorrufen will (was heut zu Tage sehr unnöthig ist, denn der Erscheinungen kennen wir eben bereits so viel, dass uns der Kopf schwindelt), sondern zu festen Gesetzen gelangen will. Eine Aeusserung *Regnault's* dürfte hier am Platz sein.

Regnault hat bekanntlich durch höchst genaue Messungen und Beobachtungen gefunden, dass das sogenannte Mariott'sche Gesetz kein Gesetz, sondern nur eine Annäherungsregel ist. Hierüber äussert sich dieser ausgezeichnete Beobachter in seinen „Relations des expériences“ etc., p. 409 bis 410, in folgender Weise :

„La loi de Mariotte n'exprime pas les relations qui existent réellement entre les volumes d'une même masse de gaz et les pressions qu'elle sup-

porte; il convient de chercher s'il ne serait pas possible d'exprimer ces relations par une nouvelle loi.... *Malheureusement cette relation est évidemment trop complexe pour qu'on puisse espérer de la trouver uniquement par la méthode expérimentale.* Il est à désirer que les géomètres veuillent bien chercher la forme de cette fonction, en développant au moyen de l'analyse quelques hypothèses faites sur les forces moléculaires; l'expérience fournira facilement les données nécessaires pour calculer les constantes et pour soumettre les formules elles-mêmes à un critérium rigoureux.“

Ich freue mich über diese Aeusserung, weil sie von einem eminenten Beobachter herrührt, und weil sie mir ganz aus der Seele gesprochen ist. Schon vor Jahren, bevor ich die „Relations“ *Regnault's* kannte, machte ich den Versuch, das wahre Mariott'sche Gesetz vermittelst des Dynamidensystems auf analytischem Weg ausfindig zu machen; denn auch meine Ueberzeugung ist es schon längst, dass complizirte Gesetze auf rein experimentalem Weg nicht gefunden werden können, und nie gefunden worden sind. Auch diese Untersuchung über das Mariott'sche Gesetz ist eines der Fragmente, welche ich hiermit dem wissenschaftlichen Publikum vorzulegen wage. *Regnault's* Wunsch ist durch die Resultate meiner Untersuchungen über das Mariott'sche Gesetz wohl nicht ganz erfüllt, aber jedenfalls darf ich hoffen, den Weg betreten zu haben, der zu einer ganz exakten Beantwortung dieser Frage zu führen vermag.

Mit wenigen Worten möchte ich noch ein Bekenntniss aussprechen. Diese Dynamiden sind nur mit solchen Eigenschaften und Fähigkeiten ausgerüstet, wie wir sie an den unorganischen Stoffen antreffen, es kann also das Dynamidensystem, wenn seine Statik und Dynamik mit mathematischer Genauigkeit durchgeführt würde, sehr viele, vielleicht sogar alle möglichen physikalischen und chemischen Erscheinungen erklären, allein über die Erscheinungen der organischen Körper erhalten wir dadurch nicht den geringsten Aufschluss. Es ist absolut unmöglich, dass sich aus Atomen, wie wir sie angenommen haben, und durch Kräfte, wie wir sie charakterisirt haben, eine Zelle bilden kann, sondern diese Zellen sind entweder eigenthümliche in die Schöpfung hergestellte unzerstörbare Urgebilde von ganz anderer Art als die Körperatome, oder aber es bilden sich diese Zellen aus unorganischen Stoffen nicht nur durch die Kräfte, welche wir angenommen haben, sondern auch noch unter der Einwirkung von anderen Kräften, die man bildlich Gestaltungskräfte nennen könnte. Noch weniger

wird durch dieses Dynamidensystem das geringste über die Erscheinungen der geistigen Welt erklärt. Unsere Atome und Kräfte werden niemals einen *Cäsar*, *Newton* oder *Raphael* hervorbringen.

Ich beginne somit mit meinen Fragmenten, und bitte, dieselben nur als Versuche anzusehen, durch welche die mathematische Behandlung des Dynamidensystems angebahnt werden soll.