

VII. Speciellere Gründe für die Atomistik aus dem Gebiete der Molecularerscheinungen.*)

Hier vorzugsweise Gründe, die schon ohne Rücksicht auf den allgemeinen Zusammenhang, der durch die Atomistik in die Molecularerscheinungen gebracht wird, eine gewisse Beweiskraft für die Atomistik besitzen, eine Beweiskraft, die sich natürlich noch steigert, wenn man dieselben mit Rücksicht auf jenen Zusammenhang betrachtet, von dem im vorigen Capitel die Rede war.

1. Fassen wir in dieser Hinsicht zuvörderst die Isomerie ins Auge, indem wir unter Isomerie in weitester Bedeutung, also mit Einschluss der Polymerie und Metamerie, alle Fälle begreifen, wo Körper, bei gleicher chemischer Zusammensetzung den letzten Bestandtheilen nach, doch wesentlich verschiedene Eigenschaften besitzen. In engem Sinne versteht man bekanntlich nur den Fall darunter, wo sie dabei gleiches Atomgewicht besitzen.

Wenn vom Maler dasselbe Blau und Gelb in denselben Verhältnissen einmal und ein anderes Mal gleichförmig gemischt werden, entsteht immer dasselbe Grün. Warum auch nicht, wenn sich beide wechselseits durchdringen? Wie Blau und Gelb in der Farbe des Malers (mindestens scheinbar) sich vollständig durchdringen, so im Sinne des Dynamikers die Stoffe bei der chemischen Verbindung. Warum sollte nicht auch hier jedesmal identisch dasselbe Product entstehen, wenn dieselben Stoffe sich in denselben Verhältnissen durchdringen? Doch ist es nicht der Fall. Denn die isomeren Körper beweisen, dass Körper vielmehr aus denselben Bestandtheilen in denselben Verhältnissen bestehen und doch sehr verschiedene chemische und physikalische Eigenschaften haben können. Im Sinne des Atomistikers ist das leicht erklärt. Dieselben discreten Atome können bei Zusammenbringung in gleichen Verhältnissen sich doch einmal noch anders als das andere Mal anordnen, und der Dynamiker selbst kann nicht leugnen, dass die

*) In der vorigen Auflage sind die zwei ersten Gründe dieses Capitels mit zu den sog. Gründen zweiter Ordnung geschlagen, Nr. 3 bis 5 unter dem Titel: Einige besondere Gründe für die Atomistik aufgeführt; Nr. 6 ist hier neu hinzugekommen.

resultirenden Eigenschaften gegebener Systeme eben sowohl von der Anordnung als Menge und Beschaffenheit der eingehenden Elemente abhängen. Dem Dynamiker aber fehlt dies Element der Erklärung und muss nun eben durch irgend einen abstracten Allgemeinbegriff vertreten werden, der über der Sache schwebt, nicht in sie greift.

Der Vortheil der atomistischen Betrachtungsweise wird noch mehr erhellen, wenn wir auf die besondern Fälle der Isomerie eingehen. Die dynamische Ansicht kann an besondere Fälle der Isomerie gar nicht einmal denken lassen, da sie an die ganze Isomerie nicht denken lassen kann; in der atomistischen Ansicht dagegen liegt mit der Möglichkeit der Isomerie im Allgemeinen auch die Möglichkeit vieler besondern Fälle von selbst inbegriffen, wozu nun die Wirklichkeit auch die Belege giebt.

In der That, beruht die Isomerie auf verschiedner Anordnung respective gleichbeschaffener und in gleichen Mengenverhältnissen vorhandener Atome in verschiedenen Körpern, so hindert zuvörderst nichts, zu denken, dass nicht bloß zwei, sondern dass noch mehr solche Anordnungsweisen für gegebene Stoffe bei gegebenem Mengenverhältniss möglich sind, und in der That giebt es von manchen Verbindungen, so namentlich von gewissen Kohlenwasserstoffen eine grosse Menge isomerer Modificationen. — Es lässt sich ferner denken, dass in Körpern von höherer Zusammensetzungsstufe, wie in Salzen, die letzten Atome sich einmal so, ein anderes Mal so zwischen den heterogenen Moleculen (zusammengesetzten Atomen), aus denen der Körper zunächst besteht, theilen und die Körper hiedurch eine ganz andere chemische Constitution innerlich erlangen, und hiezu bieten die Fälle der sog. Metamerie den Beleg. — Weiter lassen sich Körper denken, deren Molecule sich bloß in der absoluten Zahl, nicht in der Beschaffenheit und im Verhältniss der Atome, die in sie eingehen, unterscheiden, so dass das Atomgewicht oder die Aequivalentenzahl der Körper zugleich mit den Eigenschaften geändert wird, was sich durch die Fälle der Polymerie bestätigt findet. — Endlich hindert nichts zu denken, dass auch in einfachen Körpern, wie Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, die letzten Atome sich einmal so, ein anderes Mal anders gruppiren und jene Stoffe danach verschiedene Eigenschaften annehmen können, und wirklich findet sich das in den sog. allotropen Modificationen der genannten Stoffe bestätigt. — Und man bemerke, dass diese Namen nicht etwa der Atomistik zu Liebe gemacht sind, um besondere Einbildungen derselben

zu bezeichnen, sondern dass ihnen thatsächliche Verhältnisse unterliegen, welche die Unterscheidung durch verschiedene Namen fodern, und dass die Atomistik nur eben die Frage nach einem gemeinsamen Gesichtspunkte derselben klar beantwortet, den man in der dynamischen Ansicht umsonst sucht.

Schönbein in einer besonders abgedruckten Rede „Ueber die nächste Phase der Entwicklung der Chemie als Wissenschaft“ S. 5 erklärt sich dagegen, dass die Chemiker die verschiedenen allotropen Zustände eines Körpers „durch die Annahme eigenthümlicher Anordnungsweisen seiner kleinsten Theile erklären wollen, ohne dass sie doch im Stande seien, irgendwelche näheren Angaben darüber zu machen, wodurch sich das eine „„Arrangement particulier des Molecules““ von andern unterscheidet.“ „„Wo die Begriffe fehlen, sagt er, da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein.““ Es sei ganz besonders in der Chemie mit Moleculen und ihrer Gruppierung seit Cartesius ein arger Missbrauch getrieben worden. Nun meine ich aber, dass umgekehrt allotrope Zustände ein Wort und Anordnung der Theile ein Begriff ist, und dass man überall berechtigt ist, die allgemeine Erklärung einer Erscheinung zu geben, ehe man fähig ist, sie in specielle Bestimmungen zu verfolgen.

Ein besonderes Interesse dürften noch folgende Fälle der Isomerie in Beziehung zu unserm Gegenstande darbieten.

Indess die isomeren Modificationen derselben Substanz sich im Allgemeinen nach der Mehrzahl physischer und chemischer Charaktere unterscheiden, giebt es einige Fälle der Isomerie, wo die isomeren Modificationen derselben Substanz sich sonst absolut in Nichts physisch und chemisch unterscheiden, als: erstens in der Unmöglichkeit ihre, übrigens gleichen, (hemiedrischen) Krystallformen zu superponiren, in welcher Hinsicht sie sich ähnlich verhalten, wie ein rechter und linker Handschuh, die man auch bei sonstiger Gleichheit nicht superponiren kann, und zweitens darin, dass sie der Polarisationssebene des Lichts eine entgegengesetzte Drehung, respective nach rechts und links, aber ganz um dieselbe Grösse ertheilen*), so die rechts und links

*) Wie oben S. 24 bemerkt, ist ein polarisirter Stral ein solcher, in dem alle Aethertheilchen einander parallele Schwingungen (immer aber senkrecht auf die Richtung des Strals) vollführen. Lässt man nun einen solchen Stral bei senkrechtem Einfall durch Glas, Wasser oder andere dergleichen indifferente Körper gehen, so bleibt die Richtung der Schwingungen ungeändert; lässt man ihn dagegen durch Körper gehen, welche wie die Weinsäure ein Drehungsvermögen auf das Licht äussern, so ändert sich die Richtung der Schwingungen fortschreitend, so dass der Winkel, um den sie von der ursprünglichen abweicht, um so grösser ist, je grösser die vom Stral

drehende Weinsäure, so wie ihre Verbindungen. Löslichkeit, specifisches Gewicht, Doppelbrechung, Flächenwinkel, Salzbildung, Alles ist ganz gleich bei beiden, so dass, wenn z. B. ein gewisses Salz bei der rechts drehenden Säure sich in voluminösen oder nadelförmigen, durchsichtigen oder trüben Krystallen, mit gestreiften oder ebenen Flächen absetzt, dasselbe auch von dem entsprechenden Salze der links drehenden Säure auf das genaueste gilt.

Wie stellt der Dynamiker sich den Grund hievon vor? Er stellt sich ihn wie gewöhnlich gar nicht vor; er hat wieder nur sein Wort dafür, und ich zweifle nicht, dass das Wort Polarität hier herhalten wird. Diess sagt uns nun, dass zwei Dinge in einem gewissen Gegensatze stehen, und rubricirt damit unsern Fall mit unzähligen andern Fällen, die sich im Uebrigen ganz anders verhalten; weiter leistet es nichts. Sehen wir zu, ob die atomistische Auffassung etwas mehr leistet.

Im Sinne der atomistischen Vorstellung leuchtet ein, dass unter den verschiedenen Möglichkeiten, wie Körper aus Moleculen*) von gegebener Gestalt bestehen können, auch die ist, dass diese Molecule sich bei sonst ganz gleicher Beschaffenheit in zwei Körpern zu einander so wie rechte und linke Handschuhe oder Hände verhalten, dass ein Körper so zu sagen aus lauter rechten, der andere aus lauter linken Händen besteht, die, indem sie ihre homologen Seiten nach denselben Richtungen kehren, auch im Ganzen entgegengesetzt angeordnete Systeme bilden. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich Alles fast von selbst; wie es der Erfolg an der rechts und links drehenden Weinsäure zeigt. Die rechten Hände werden das rechts, was die linken links drehen; und die, durch die Anordnung der Theile bestimmte, Gestalt des ganzen Krystalls wird bei beiden Modificationen zwar übrigens ganz gleich, aber nicht congruent werden. Im Uebrigen ist kein Grund, dass sich beide in den Eigenschaften unterscheiden sollten. Der auch bei

durchlaufene Dicke, und je grösser das Drehungsvermögen der Substanz ist. Das Statthaben und die Grösse einer solchen Drehung lässt sich durch bestimmte Versuche constatiren.

*) Unter Moleculen sind im Allgemeinen nicht einfache Atome zu verstehen, sondern Atomcombinationen, wie sie als nähere Elemente in die Zusammensetzung der Körper eingehen. So ist das Molecul der Weinsäure eine Verbindung von Sauerstoff-, Wasserstoff- und Kohlenstoffatomen.

andern Körpern nachgewiesene Umstand, dass die rechts- und linksdrehende Eigenschaft in Lösungen und Verbindungen mit übergeht, kommt der vorigen Auffassung noch zu Statten. Denn er beweist, dass die betreffende Eigenschaft wirklich an den Moleculen hängt und nicht erst durch eine bestimmte Verbindungsweise der Molecule hervorgeht. Man kann die Hände aus ihrer Verbindungsweise lösen, da und dorthin stecken, es bleiben immer rechte und linke Hände.

An die vorigen beiden Möglichkeiten knüpft sich von selbst noch eine dritte. Die rechte und linke Weinsäure verhalten sich jede im Besondern wie ein System rechter und ein System linker Hände; nun aber könnten auch, wie das im Menschen wirklich der Fall, je eine rechte und linke Hand zusammen ein Paar bilden, und ein System aus solchen Paaren entstehen, so dass in das System gleich viel rechte und linke Hände in geordneter Weise eingehen. Indem in einem solchen System die rechten Hände eben so stark rechts, als die linken links drehen, würde die drehende Totalwirkung null werden; im Uebrigen könnten auch die Krystallisations- und sonstigen Eigenschaften des Systems weder mit denen der rechts noch links drehenden Säure übereinstimmen, weil die Combination beider neue Verhältnisse einführt. Auch ein solches System findet sich nun durch die Traubensäure verwirklicht, die sich in jeder Hinsicht wie eine Combination aus gleichen Theilen rechts- und linksdrehender Weinsäure verhält, keine drehende Wirkung auf das Licht äussert, und in Krystallgestalt und sonstigen Eigenschaften von ihnen wesentlich abweicht, sich (unter Wärmeentwicklung) aus ihnen combiniren und auch wieder in sie zerlegen lässt.

Ganz analog als die Weinsäure verhält sich in allen diesen Beziehungen nach Versuchen von Chautard die Kamphersäure (Compt. rend. T. XXXVII. p. 166., oder Erdm. Journ. LX. p. 139.), und unstreitig werden sich bei genauern Nachforschungen noch mehr dergleichen Beispiele finden.

Es hindert nichts, dass eine Substanz neben solchen isomeren Modificationen, deren Molecule sich nur durch eine umgekehrte Anordnung der letzten Atome in Bezug auf Rechts und Links unterscheiden, auch noch solche darbiete, wo sich die letzten Atome der Molecule wesentlich anders gruppiren; wie denn wirklich ausser der rechten und linken Weinsäure und deren Verbindung, der Traubensäure, eine isomere Modification der Weinsäure besteht (welche durch längere Er-

hitzung der Traubensäure mit Cinchonin auf 170° C. erhalten wird), die wie die Traubensäure, aus der sie erhalten wird, keine Wirkung auf das Licht zeigt, übrigens sich ganz wesentlich von den genannten drei Modificationen unterscheidet (Erdm. Journ. LX. p. 136).

Man kann noch eine Bemerkung hinzufügen. Wenn sich die rechte und linke Weinsäure mit einer Substanz, wie Kali, Natron verbinden, die keine drehende Wirkung auf das Licht äussert, so sind die Salze von beiden Säuren angegebenermassen bis auf den Charakter der hemiedrischen Ausbildung und die Richtung der auf das Licht ausgeübten Drehung ganz gleich. Aber diese Gleichheit beider Salze hört durchaus auf, wenn die Basis, mit der sie sich verbinden, selbst eine rechts- oder linksdrehende ist, also ihre Molecule auch sich wie rechte und linke Hände verhalten (z. B. Cinchonin). Diess lässt sich atomistisch wieder voraussehen. Wenn eine rechte und linke Hand dieselbe Kugel oder denselben Würfel fassen, so werden sie damit, abgesehen von der unmöglichen Congruenz, ein gleichbeschaffenes System bilden; wenn aber eine rechte Hand und eine linke Hand beide eine andere Hand fassen, die selbst entweder rechts oder links ist, so werden sie damit ein wesentlich verschiedenes System geben. So sieht man, wie alle Erscheinungen nach der atomistischen Deutung durch klare und leicht verfolgbare Vorstellungen wohl zusammenhängen.

Ein anderer Fall: Substanzen giebt es, die ihren letzten Bestandtheilen nach gleich zusammengesetzt sind, aber, mit denselben zersetzenden Substanzen zusammengebracht, sich in verschiedener Weise zersetzen. Atomistisch leicht dadurch erklärlich, dass vermöge der verschiedenen Gruppierung derselben Bestandtheile gewisse Bestandtheile in der einen, andre in der andern Substanz fester zusammenhalten oder leichter abgegeben werden, dynamisch unerklärlich.

Zu solchen Körpern gehört die Verbindung C_6H_7NClBr , von welcher die eine Modification bei Einwirkung von Aetzkali Chlorkalium, die andere Bromkalium liefert, wonach die erste als chlorwasserstoffsaures Bromanilin durch $C_6H_6BrN + HCl$, die andre als bromwasserstoffsaures Chloranilin mit $C_6H_6ClN + HBr$ bezeichnet wird. Aehnlich die, in 3 Modificationen vorkommende, je nach den verschiedenen Producten, die sie zu liefern vermag, als Propionsäure, Essigsäuremethyläther, Ameisensäuremethyläther bezeichnete Verbindung $C_3H_6O_2$.

Kekulé (Lehrb. d. org. Ch. I. 180) gründet auf das Vorkommen

solcher isomeren Verbindungen einen Vorzug der sog. rationellen chemischen Formeln, deren Schreibweise gleich anzeigt, welche Atome mit besonderer Leichtigkeit gegen andere ausgetauscht werden können, und welche Atomgruppen bei gewissen Reactionen unangegriffen bleiben, vor den sog. empirischen Formeln, wo alle Bestandtheile einfach nach ihrer Zahl eingehen. Die dynamische Ansicht hat überhaupt nur für letztere einen Gesichtspunkt.

Ich meine, wenn Atomistik und dynamische Ansicht einander im Uebrigen mit gleich wiegenden Gründen gegenüber träten, müsste schon der eine Fall der Isomerie mit seinen Unterfällen, diese Messerspitze voll Bruchstücken desselben Kornes (im Sinne jenes Beispiels S. 12), hinreichen, für die Atomistik zu entscheiden. Bleibt man beim Groben der chemischen Erscheinungen stehen, so haben wieder beide gleiches Recht; es lässt sich bei den chemischen Erscheinungen im Allgemeinen eben so wohl denken, dass die Körper sich gleichförmig durchdringen, als sich mit ihren Theilen zwischen einander schieben. Aber es kommt ein Punkt in einer feinern Bestimmung der chemischen Erscheinungen, wo diese gleichgültige Substitution der einen für die andere aufhört, wo es Entscheidung giebt. Ein solcher Fall liegt in der Isomerie. Die dynamische Ansicht reicht eben so nur bis an die Isomerie, wie sie nur bis an die Farben des Prisma reicht; darin aber, dass die Atomistik die Farben und die Isomerie noch inbegreift, muss für Jeden, der sich nach Thatsachen entscheiden will, die Entscheidung für die letzte liegen.

Man bemerke nun, wie Farben in dem Prisma und Isomerie sich für den ersten Anblick so gar nichts angehen, wie es ganz andere Forscher, ganz andere Lehren sind, die sich mit jenen und mit dieser beschäftigt haben; und dennoch bietet sich beiden mit gleicher Nothwendigkeit die atomistische Erklärung dar.

Ich darf alle Gegner der Atomistik herausfordern, eine gleich klare, in sich zusammenhängende annehmliehe Erklärung der eben besprochenen Erscheinungen zu geben, als die Atomistik giebt. Statt den Versuch zu wagen, wird man von vorn herein darauf verzichten. Heisst das aber nicht, der Atomistik factisch das Feld räumen?

2. Die Erscheinungen der Krystallisation nöthigen im atomistischen Sinne jedenfalls, den Moleculen fester Körper bestimmte Gestalten beizulegen, und denken wir uns z. B., um der Deutlichkeit halber ein Ex-

trem zu setzen, linear gestaltete Molecule*) homolog geordnet, so können natürlich nach der Längenrichtung der Molecule nicht dieselben Eigenschaften erwartet werden, als nach der queren Richtung, und es wird ein* verschiedener Abstand der Molecule und ein verschiedenes Verhalten des Aethers im Körper nach beiden Richtungen von selbst damit zusammenhängen müssen, sollen Gleichgewichtsverhältnisse bestehen.

Wirklich zeigen alle Krystalle, mit Ausnahme derer, welche zum regulären System gehören (wo auch eine reguläre Gestalt der Molecule vorauszusetzen) Verschiedenheiten der Eigenschaften nach verschiedenen Richtungen, und zwar Maxima und Minima nach Richtung der Axen. Sie zeigen eine verschiedene Härte, Spaltbarkeit, Elasticität, verschiedene optische Eigenschaften, verschiedene Ausdehnung durch die Wärme, Verschiedenheiten des Magnetismus und Diamagnetismus.

Die dynamische Ansicht kann nun freilich auch wieder leicht einen Ausdruck für solche Eigenschaftsunterschiede desselben Körpers nach verschiedenen Richtungen finden und diese mit andern Ausdrücken durch neue Ausdrücke verknüpfen; das hat gar keine Schwierigkeit und kann sogar auf unendlich verschiedene Weise geschehen, die alle gleich viel leisten, d. h. für den Physiker nichts, weil sie mit dem Princip der Erklärung und Verknüpfung, was den ganzen Bau seiner Wissenschaft zusammenhält und weiter führt, nichts zu schaffen haben; diess ist das einfache Princip, dass nach Massgabe als die Bedingungen in der Natur sich gleichen oder nicht gleichen, auch die Erfolge sich gleichen oder nicht gleichen. Nun aber kann der Dynamiker mit all seinen Ausdrücken nicht begreiflich machen, wie z. B. die Verschiedenheit der Ausdehnungserscheinungen je nach Verschiedenheit der Körper sich mit der Verschiedenheit der Ausdehnungserscheinungen je nach verschiedenen Richtungen des Körpers durch jenes Princip in Beziehung setzt, und so sind alle jene Ausdrücke für die Physik vergeblich. Statt es weiter im Allgemeinen zu besprechen, wollen wir den Fall gleich im Besondern ins Auge fassen und hiermit des Nähern deutlich machen, was wir meinen.

*) Die Molecule fester Körper sind, wie schon bemerkt, selbst nur Atomgruppen, welche der Gruppierungsweise wesentlich ihre Form verdanken, was man im Auge behalten kann; was jedoch für die oben betrachteten Erscheinungen nicht in Betracht kommt, daher die Molecule oben nur nach ihrer Form im Ganzen in Betracht gezogen werden.

Die Krystalle werden durch die Wärme ungleich nach verschiedenen Richtungen ausgedehnt. Für die atomistische Ansicht stellt sich die Betrachtung hievon so: Das Verhältniss, in welchem sich die Theilchen durch einen gegebenen Wärmeeinfluss entfernen, ist eine Function ihrer schon vorhandenen Entfernung, ihrer Stellung und chemischen Qualität (deren möglicherweise noch weitere Rückführbarkeit hier nicht in Betracht gezogen wird). Sofern verschiedene Körper sich in diesen Umständen von einander unterscheiden, werden sie auch durch denselben Wärmeeinfluss verschieden ausgedehnt. Diese Verschiedenheiten, die zwischen den verschiedenen Körpern im Ganzen bestehen, lassen sich nun auch nach der atomistischen Ansicht zwischen verschiedenen Richtungen desselben Körpers wiederfinden. Die Theilchen des Krystalls sind nach verschiedenen Richtungen schon verschieden von einander entfernt, verschieden zu einander gestellt, das chemisch Differenten darin verschieden in Bezug zu den verschiedenen Richtungen geordnet. Sonach erfolgt auch die Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen verschieden. Beide Kreise von Erscheinungen, diejenigen, welche verschiedene Körper im Ganzen, und welche die verschiedenen Richtungen desselben Körpers insbesondere betreffen, sind also durch die atomistische Auffassung nach dem allgemeinen Princip der Verknüpfung der Wissenschaft des Physischen verknüpft, in Realzusammenhang gebracht. Aber für die dynamische Ansicht hört diese Art Zusammenhang, um die es dem Physiker zu thun ist, auf. Jene Unterschiede, die für verschiedene Körper bestehen, fallen für verschiedene Richtungen desselben Körpers weg. Denn Dichtigkeit, Qualität, Austheilung der Materie sind danach in jedem Krystall nach allen Richtungen dieselben, von Gestalt und Lage der Materie innerhalb des Krystalls lässt sich gar nicht reden. So schweben jene Eigenschaftsunterschiede hier auf einmal abgerissen von dem, woran sie sich sonst halten, in der Luft an irgend einem Worte, und grosse Kreise von Erscheinungen fallen für die Physik auseinander, die durch die atomistische Ansicht sich in ihrem Sinn und Geist verknüpfen.

Vielleicht zwar sagt der Dynamiker: warum kann ich nicht von verschiedener Dichtigkeit und sonst verschiedenen Grundeigenschaften eines Krystalls nach verschiedenen Richtungen so gut sprechen, als der Atomistiker, und Alles, was der Atomistiker damit in Beziehung setzt, davon abhängig macht, eben so gut damit in Beziehung setzen, davon

abhängig machen? Es wird nur eine Uebersetzung der atomistischen in die dynamische Fassungsweise gelten.

Wenn ein Krystall sich nach verschiedenen Richtungen verschieden durch die Wärme ausdehnt, so setzt der Atomistiker voraus, dass der schon vorher nach verschiedenen Richtungen ungleiche Abstand der Molecule sich nun auch durch die Erwärmung in ungleichem Verhältnisse ändere, diese Aenderung eine Function des schon vorhandenen ungleichen Abstandes sei; aber warum ist es nöthig, hiebei auf einen ungleichen Abstand der Theile und Aenderung dieses Abstandes zurückzugehen, von dem ich nichts sehe; kann ich nicht eben so gut sagen, dass eine von vorn herein verschiedene Dichtigkeit nach verschiedenen Richtungen nun auch in ungleichem Verhältnisse nach diesen Richtungen zu- und abnimmt?

Sagen kann man es wohl; nur vorstellen, nur denken kann man sich nichts dabei, weil eine verschiedene Dichtigkeit nach verschiedenen Richtungen in einem und demselben Körper selbst gar nicht vorstellbar, denkbar ist, ohne dabei auf eine verschiedene Austheilung der Massen nach verschiedenen Richtungen zu recurriren. Man versuche es doch, einen Streifen so zu schwärzen, dass er nach der Breite schwarz und nach der Länge nur grau erscheint. Das wäre die verschiedene Dichtigkeit nach verschiedenen Richtungen im Sinne des Dynamikers.

Warum aber hat doch der Physiker darauf zu dringen und zu halten, bei alle dem in der Vorstellung einen Anhalt zu behalten? Weil er nur vom Vorstellbaren wieder den Weg zum Vorstellbaren zu finden weiss und am Zusammenhang der Vorstellung für ihn der Zusammenhang der principiellen Behandlung und des Schlusses hängt.

3. In dem Schreiben, welches Professor Weber auf Grund der Vorlage der Hauptgesichtspunkte dieser Abhandlung an mich gerichtet hat, findet sich nach Erinnerung an einige Punkte, welche wohl noch zu Gunsten der Atomistik hätten angeführt oder weiter ausgeführt werden können, als von mir geschehen ist, deren Darstellung aber zum Theil Schwierigkeiten herbeigeführt haben würde, noch folgender hinzugefügt: „Es liesse sich endlich für die atomistische Ansicht auch noch die freie Oberfläche der Atmosphäre geltend machen. Die Begränzung der Atmosphäre, sei es in zehn oder vierzehn Meilen Höhe über der Erdoberfläche, lässt sich als astronomisch bewiesen betrachten, und lässt sich natürlich leicht erklären, wenn man dem Mariotte'schen Gesetze eine beschränkte Gültigkeit zuschreibt. Zu einer solchen Beschränkung

der Gültigkeit des Mariotte'schen Gesetzes bei abnehmendem Druck scheint aber gar kein Grund vorhanden zu sein, zumal wenn man sich die Luft auch bei der grössten Verdünnung als stetig verbreitet im Raume vorstellt. Denn alsdann handelt es sich gar nicht um Aenderung der Entfernung, sondern blos um Verkleinerung der Massen bei gleichen Entfernungen, wo es aller Analogie widersprechen würde, eine Abweichung der Kräfte von der Proportionalität mit den Massen einzuräumen. Was ganz Anderes ist es, wenn die Luft aus kleinen, in einzelnen Punkten concentrirten Massen besteht, die bei der Ausdehnung der Luft sich von einander entfernen. Mit der Entfernung dieser Punkte muss ihre wechselseitige Abstossung abnehmen, während die Anziehung der Erde (das Gewicht jedes Punkts) nahe unverändert bleibt; folglich muss es einen Grad der Ausdehnung geben, wo das Gewicht der äussersten Luftatome der Abstossung der nächsten in einiger Entfernung darunter liegenden Luftatome das Gleichgewicht hält. Und man kann dabei behaupten, dass das Mariotte'sche Gesetz seine Gültigkeit nicht verliere, vielmehr leuchtet ein, dass nur der Begriff des Volumens einer Luftmasse einer schärfern Bestimmung bedarf. Es ist darunter nicht das Volumen der Atome selbst, was ganz ausser der Betrachtung bleibt, zu verstehen, sondern Räume, in denen sich die Atome befinden, zu deren Begränzung es aber einer gewissen Regel bedarf. Diese Regel kann so beschaffen sein, dass zu den äussersten Atomen ein unendlicher Raum gehört, und dass dieser nähern Bestimmung von dem Begriff des Volumens gemäss das Mariotte'sche Gesetz selbst in dem äussersten Falle noch strenge Gültigkeit behält.“

4. Irre ich nicht, so ist folgendes Argument von einer ähnlichen Natur als das vorige, einer populären Erörterung aber vielleicht etwas zugänglicher. Wenn man einen Faden Gummi elasticum oder einen Draht dehnt, wird er länger und immer länger, doch bleibt ein continuirliches Ganze. Es sieht das ganz aus, wie im Sinne der dynamischen Ansicht: man kann sagen, beinahe wie sie selbst. Aber, wenn man ihn zu weit dehnt, reisst er. Ich meine, im Sinne einer consequenten dynamischen Ansicht sollte er sich nur immer länger dehnen, und indem er reisst, reisst sie mit. Denn nach ihr bleibt die Materie des Fadens oder Drahtes bis zum Reissen fortgehends continuirlich, und nur die Dichtigkeit nimmt immer mehr ab; wie kann nun aus der Abnahme der Dichtigkeit auf einmal ein Reissen, eine Aufhebung der Continuität werden; die Continuität der dynamischen Ansicht wird hiemit selbst

aufgehoben. Sogar von einem unendlichen Wachsthum der dehnenden Kraft sollte man nach ihr nur eine unendliche Abnahme der Dichtigkeit des Fadens, aber kein Reissen erwarten. Sei auch der Draht von vorn herein an einer Stelle minder dicht, minder widerstandsfähig als an andern, so möchte er sich an solcher Stelle mehr verdünnen, als an andern, doch woher das Reissen? Für die atomistische Ansicht stellt sich das anders. Danach muss die von vorn herein stattfindende Entfernung zwischen den Theilchen durch ihr Wachsthum endlich so gross werden, dass sie sichtbar wird, und zuerst sichtbar werden, wo sie zuerst gross genug dazu wird. Damit zusammen stimmt die Vorstellung, dass die von der Distanz abhängige, nur auf unmerklich kleine Entfernungen merkbliche, Anziehungskraft mit dem Wachsthum der Entfernung endlich unmerklich wird. Nach der dynamischen Ansicht wird hingegen die in der Berührung der Theilchen begründete Cohäsionskraft plötzlich unmerklich, ohne dass die Berührung vorher irgendwie aufgehört hätte.

Ueberhaupt gilt es nach der atomistischen Ansicht beim Zerreißen wie Zerschneiden eines Körpers nur, einen Riss, der schon da ist, bis zum Sichtbaren und Dauernden zu erweitern; nach der dynamischen gilt es, plötzlich ihn als etwas ganz Neues zu machen. Nun kann ein Riss, der weder sichtbar noch unsichtbar vorhanden ist, auch durch Vergrößerung nicht sichtbar werden, ein Riss, der schon unsichtbar vorhanden ist, kann es. Jeder Bruch eines Körpers ist in der That ein *Salto mortale* für die dynamische Ansicht, indess er für die atomistische nur der *Saltus* ist, den das Sprichwort: „*Hic Rhodus, hic salta*“ von ihr fordert. Zeige mir, heisst es, dass die Atome *discret* sein können. Da fasst der Atomistiker einen Körper und zerbricht ihn. Mancher zerspringt gar von selbst. Und zwar an jeder Stelle lässt er sich zerschneiden, weil der Sprung schon allseitig durch den Körper geht.

Derselbe Fall lässt sich auch so erläutern: Könnte man einen Körper von gleichmässiger Beschaffenheit ganz gleichmässig dehnen, so würde nach der atomistischen Ansicht endlich ein Punkt kommen, wo er in seine Atome oder Moleculen zerfiel.* Nur dass schon vorher an irgend einer Stelle die Atome weiter von einander entfernt sind, als an den andern, macht, dass der Riss an einer Stelle zuerst erfolgt. Aber nach der dynamischen Ansicht könnte jenes Zerfallen in Atome nie

*) Eine Annäherung an solch Zerfallen gewährt die Erscheinung der geschwänzten Glathranen, die beim Abbrechen des Schwanzes in Pulver zerfallen.

eintreten, der gleichförmige Körper müsste sich ewig fort gleichmässig dehnen, weil ja kein Zerfallen in Atome möglich ist, weil es ja keine Atome giebt; weil der Körper, falls er überhaupt reissen sollte, an allen Stellen zugleich reissen müsste, was ein Unsinn ist. Nun sieht man nicht ein, da der Riss durch keine Kraft erfolgen kann, wenn alle Theile bis über eine gewisse Gränze gedehnt werden, wie er auf einmal erfolgen kann, wenn eine einzelne Stelle bis über eine gewisse Gränze gedehnt wird.

Hiegegen sagt der Dynamiker vielleicht: aber wie kann man etwas auf Voraussetzungen bauen, die nicht stattfinden. Es giebt keinen ganz gleichförmigen Körper. Von Dem, was bei ihm geschehen würde, wenn er existirte, kann man also auch nicht auf Das schliessen, was geschieht in Dem, was wirklich existirt.

Darauf ist einfach zu sagen, dass keine Ansicht, und am wenigsten eine philosophische, etwas taugt, die nicht noch zulängt und in sich übereinstimmend bleibt, wenn man danach Das in der Idee bis zur Gränze führt, was uns die Wirklichkeit nur in Annäherungen zeigt. Die Mathematik und Philosophie sollen eben in der Idee vollenden, wozu die Wirklichkeit nur Näherungen bietet. Die Philosophie wird diess auch sonst nicht anders fassen; vielleicht aber scheinen ihr der Atomistik gegenüber doch auch Waffen, wie sie in jener Ausflucht liegen, gut genug.

Nicht mindere Schwierigkeit als das Zerreißen und Zerbrechen hat es, das Zerdrücken dynamisch zu erklären, welches sich atomistisch leicht dadurch erklärt, dass die gewaltsame Näherung der Theilchen nach Richtung des Druckes mit einer Entfernung derselben nach der darauf senkrechten Richtung verbunden ist, die bis zum Reißen gehen kann.

Hierauf beruht es, dass Blei zwar durch Auswalzen im Ganzen dichter, aber durch Hämmern öfters in seiner Dichtigkeit vermindert wird, weil es wegen seiner Weichheit leicht Risse an den durch den Hammerschlag vorzugsweise betroffenen Stellen bekommt. (Fortschr. d. Phys. 1860. S. 8).

5. Man kann an die Betrachtungen über den mechanischen Riss leicht ähnliche über den chemischen knüpfen. Nach der dynamischen Ansicht ist der kohlensaure Kalk, z. B. Marmor, ein continuirlicher Körper, wo an jedem Punkte Kohlensäure und Kalk sich zu etwas Mittlern identificirt haben. Tritt nun das expandirende Princip der

Wärme ein' (das hier nur nach der factischen Seite seiner Wirkung betrachtet werden mag, obwohl die Atomistik tiefer zu gehen vermag als zum blossen Worte eines expansiven Princip), so versteht sich wohl, wie dieser gleichförmige Stoff sich fort und fort mehr dehnen kann; aber wie von einem gewissen Punkte an die Kohlensäure auf einmal entweichen kann, versteht sich nicht. Nur eben bildeten ja Kalk und Kohlensäure noch ein in sich identisches Wesen, das sich als solches bis dahin in Eins dehnte. Wie wird das bis dahin expandirende Princip auf einmal ein zerlegendes? Nach der atomistischen Ansicht sind Kohlensäure und Kalk schon getrennt im Marmor; indem der Marmor sich ausdehnt, gerathen die Theilchen beider in immer weitere Entfernung und von Anfang an verhalten sich die Theilchen der Kohlensäure hiebei anders als die des Kalkes; sie können es, weil sie eben kein identisch Wesen damit bilden. Nun versteht sich leicht, wie endlich ein Punkt kommen kann, wo das durch die Erwärmung gesteigerte Ausdehnungsbestreben der Kohlensäure das Uebergewicht gegen die Anziehung zum Kalk gewinnt, und macht, dass sie zwischen den Theilen des Kalkes heraus entweicht. Darum bleibt dieser auch als eine leicht zerreibliche Masse zurück; ja manche Körper zerfallen bei ähnlichem Entweichen eines flüchtigen Bestandtheils geradezu in Pulver, indem die schon vorhandenen Lücken spürbar werden. Woher doch bei der dynamischen Ansicht jene Lockerung, dieses Pulver, wenn aus Continuirlichem nur Continuirliches entweicht?

Mit voriger Deutung hängt die Deutung anderer Erscheinungen unmittelbar zusammen. Eine der gewöhnlichsten Weisen, eine isomere oder allotrope Modification in eine andere zu verwandeln, ist die Erwärmung; auch können Krystalle, die bei verschiedenen Temperaturen verschieden krystallisiren, selbst schon in festem Zustande, durch Abänderung der Temperatur aus einer Krystallform in die andere übergehen, indem der ganze Krystall in ein Aggregat von Krystallen der andern Form übergeht. Diese Erscheinungen erklären sich leicht im Zusammenhang mit dem Vorbetrachteten daraus, dass die Wärme die Körper nicht bloß im Ganzen ausdehnt, sondern auf die Theilchen derselben je nach ihrer individuellen Art und Stellung besonders geartete Wirkungen äussert. Für die dynamische Ansicht fehlt jeder vorstellbare Zusammenhang zwischen diesen Thatsachen, und giebt es Sprünge im Felde jeder dieser Thatsachen selbst,

Man sagt vielleicht: aber die atomistische Ansicht muss doch bei

dem chemischen Risse im Momente, wo die Verwandtschaft z. B. der Kohlensäure zum Kalk durch das Ausdehnungsbestreben der Kohlensäure überwogen wird, auch einen Sprung in dem Vorgange anerkennen. Allerdings, aber nur einen solchen, wie wenn ein Wagebalken, der nach einer Seite hängt, durch fortgesetztes Zuliegen von Gewichten auf die andere Seite plötzlich umschlägt, nachdem er sich zuvor zur wagerechten Lage erhoben; dergleichen Sprünge (falls sie diesen Namen verdienen) muss man allerdings anerkennen; aber nicht solche, wo zehn Pfund Zulage den Balken ganz auf derselben Stelle lassen, weder neigen noch biegen, und ein Gran mehr ihn plötzlich umschlagen lässt. Damit vergleicht sich in der That, dass die Wärme lange zuwachsen soll, ohne dass Kohlensäure und Kalk im Mindesten aufhören, im selben Raume sich genau zu durchdringen, vielmehr sich nur ganz in Eins in einen grössern Umfang dehnen; ein wenig Wärme mehr, und plötzlich ist der Riss vorhanden. Das ist wie des Himmels Einfall. Wie wird das Instrument, was bis dahin bloß den Körper in Eins zu dehnen vermochte, auf einmal ein Messer, was auch Das durchschneidet, was es dehnt? Man sieht's nicht ein. Hat man sich freilich gewöhnt, die Dinge mit dunkeln Begriffen zu beleuchten, so ist leicht zu helfen. Man kann da sagen: von Anfang an äussert die Erwärmung mit der wirklichen Ausdehnung des ganzen Körpers die Tendenz, auch die Bestandtheile desselben zu trennen, nur dass diese Tendenz anfangs gegen die überwiegende chemische Verwandtschaft nichts vermag; bis sie endlich gross genug geworden, um ihrerseits diese zu überwiegen. So haben wir auf dynamischem Wege Dasselbe geleistet, was du auf atomistischem.

Unstreitig, wenn nur eben nicht eine Tendenz, die bis zu einem gewissen Punkte wächst, ohne dass sie dabei eine angebbare Wirkung äussert, eine Tendenz, die sich nur auf Das beruft, was sie einst leisten wird, ein völlig dunkles Ding; oder sagen wir vielmehr ein Unding, wäre.

Wie, sagt man, und du denkst nicht daran, wie der Dampf im geschlossenen Kessel sich immer mehr spannt; erst, wenn seine Spannung zu einer gewissen Gränze gelangt ist, reisst der Kessel, tritt eine Wirkung ein; und wirst du leugnen, dass die wachsende Spannung, das wachsende Expansionsbestreben, bis dahin etwas mehr als ein Unding gewesen?

Wie, frage ich entgegen, so meinst du auch wohl, wenn das angebundene Pferd an der Leine zieht, stärker, immer stärker, bis sie reisst, die wachsende Spannung, das wachsende Expansionsbestreben der

Leine habe vor dem Reissen sich in nichts geäußert, sie sei ein blosses Gedankending gewesen, wie deine mit der Wärme wachsende Spannung zwischen den chemischen Stoffen. Dann würde sicher auch die Leine nur in Gedanken reissen. Ich meine doch, die wachsende Spannung, die Tendenz zur Trennung hat sich in einem wachsenden Auseinanderziehen der Theile geäußert, das endlich bis zum Reissen gediehen ist, d. h. die Theilchen begannen sich schon mit der wachsenden Spannung immer mehr zu entfernen (man kann es mit dem Zirkel, dessen Spitzen man auf je zwei Punkte aufsetzt, beweisen), bis die Entfernung auch zwischen den zwei nächsten Theilchen ganz sichtbar und bleibend wird. Aber deine chemischen Stoffe sollen ja mit der wachsenden Tendenz zur Trennung noch ganz ungetrennt und unveränderlich denselben Raum erfüllen, bis auf einmal der Riss erfolgt. Zeige mir, wo es überhaupt irgend eine wachsende Spannung, einen wachsenden Druck, mit einem Wort eine wachsende Tendenz giebt, die endlich in einen sichtbaren Erfolg ausschlägt und die nicht zuvor schon einen angebbaren Erfolg in dieser Richtung geäußert, der mehr als ein Gedankenwesen. Auch der Kessel wird durch den wachsenden Druck nach seiner Fläche gedehnt, ehe er reißt, d. h. seine Theile werden immer mehr von einander entfernt, bis die Entfernung irgendwo in einen sichtbaren Riss zwischen zwei nächsten Theilen ausschlägt. Sogar die geistigen Tendenzen des Menschen, ehe sie in äussere Handlungen ausschlagen, wirken mit spürbarer Macht auf den Körper des Menschen: das Herz kann davon springen. Was also bedeutet jene mit der Wärme wachsende Tendenz, den Körper zu zersetzen, die doch nichts in ihrer Richtung wirkt? Ich meine eben nichts.

Sehen wir näher zu, so finden wir, die meisten Hebel, mit denen die dynamische Ansicht im Bereiche des Kleinsten operirt, sind solche Gedankendinge, die wirkliche Leistungen vollführen sollen, ohne dass sie selbst etwas Wirkliches sind. Und wären es nur Gedankendinge; aber geht man ihnen auf den Grund, so liegen ihnen nicht einmal wirkliche, jedenfalls nicht klare, Vorstellungen unter.

6. Um auf den gedehnten Faden oder Draht noch mit einigen Betrachtungen zurückzukommen, so zeigt er, noch bevor er reißt, eine Erscheinung, deren Erklärung in dynamischem Sinne wieder jene Vorstellung einer nach verschiedenen Richtungen verschiedenen Dichtigkeit heraufbeschwört, die wir S. 60 durch einen, nach einer Richtung schwarzen, nach der andern grauen, Streifen erläuterten, oder die dynamische

Erklärung anderer damit zusammenhängender Phänomene unmöglich macht.

Caguiard-Latour und Wertheim haben gefunden, dass ein Stab (Draht, Faden) von Metall wie von Gummi elasticum durch Dehnung nicht in demselben Verhältnisse dünner wird, als er länger wird,*) sondern dass sein Totalvolumen dabei zunimmt, was atomistisch leicht dadurch zu repräsentiren ist, dass sich die Theilchen durch den Zug mehr nach der Längsrichtung von einander entfernen als nach der Querrichtung einander nähern, der Stab also, bei Ausgang von einer anfangs gleichförmigen Dichtigkeit, minder dicht nach der Längsrichtung als nach der queren Richtung wird. Da aber der Dynamiker auf diese atomistische Repräsentation nicht eingehn und eine nach verschiedener Richtung verschiedene Dichtigkeit nicht fasslich machen kann, so mag er etwa sagen: man begeht hiebei das proton Pseudos, dass man die Dichtigkeit überhaupt auf besondere Dimensionen beziehen und ihre Aenderungen den Aenderungen dieser Dimensionen besonders reciprok setzen will; indess sie nur auf die Totalität aller Dimensionen zu beziehen und dem Totalvolumen reciprok zu setzen ist, wonach kein Hinderniss ist, sich den Stab (Draht oder Faden) durch den Zug im Ganzen ausgedehnt und hienach seine Dichtigkeit im Ganzen vermindert zu denken. Von einer verschiedenen Dichtigkeit nach verschiedenen Dimensionen zu sprechen, ist an sich absurd. Und in der That ist das der Fall in dynamischem Sinne, nicht mehr aber in atomistischem, wo die Dichtigkeit dem Abstände der Theilchen reciprok gesetzt werden kann. Wenn aber der Dynamiker, wie ich nicht zweifle, das Absurde dieser Vorstellung hier empfindet und geltend macht, so sollte er aber auch empfinden, dass dieselbe Absurdität der dynamischen Auffassung alle, doch wirklich vorhandenen, Eigenschaftsverschiedenheiten der Körper nach verschiedenen Richtungen, wovon wir oben gesprochen, in gleichem Grade und nach gleichem Princip trifft, und sich zum Bewusstsein bringen, dass, wenn Zusammendrückung oder Dehnung in gegebener Richtung die raumerfüllende Kraft nach allen Seiten gleich afficirt, gar kein Grund mehr vorliegt, dadurch Eigenschaftsverschiedenheiten nach verschiedener Richtung entwickelt zu sehen, während man doch weiss, dass optische

*) Wenn die Länge des Stabes durch Dehnung um einen gewissen Bruchtheil der ursprünglichen Länge gewachsen ist, hat sich der Durchmesser des Stabes blos um $\frac{1}{4}$ (Caguiard-Latour) oder $\frac{1}{3}$ (Wertheim) dieses Bruchtheils bezüglich des ursprünglichen Durchmessers verkleinert.

Eigenschaften, Cohäsion, Elasticität und unstreitig noch andere Eigenschaften, die mit der Dichtigkeit zusammenhängen, durch Zug oder Druck in gegebener Richtung andern Werth in Richtung des Zuges oder Druckes als in der darauf senkrechten Richtung annehmen.

So kann die dynamische Ansicht den Felsen der Scylla nur vermeiden, um in den Strudel der Charybdis zu versinken.

VIII. Rückblick.

Man sieht nach Allem, was ich vorweg sagte, die Atomistik erfreut sich einer doppelten Bewährung, einmal darin, dass man in das Tiefste, in das Feinste der Erscheinungen eingeht, dann, dass man zum allgemeinsten, umfassendsten Zusammenhange der Erscheinungen geht. Beides aber hängt zusammen. Denn sofern auf der feinen Gliederung der Materie auch eine Menge, ja ganze Gebiete feiner Erscheinungen beruhen, fallen diese nothwendig ausser den Zusammenhang der Wissenschaft, wenn diese die feine Gliederung der Materie nicht in ihren Zusammenhang aufnimmt, bleiben nur abgesonderte Thatsachen, statt Folgerungen für sie zu werden. Das Grobe der Erscheinungen bedarf der Atomistik so wenig als die Besonderheit der Erscheinungen. Die feinste Zergliederung und allgemeinste Verknüpfung aber bieten sich die Hand, die Atomistik zu fodern. Hierin liegt zugleich die Antwort auf die Frage, die man erheben kann, warum doch das Bedürfniss der Atomistik sich erst im Fortschritt der Naturwissenschaften geltend gemacht hat, nun aber fortgehends damit gewachsen ist. Ueberall fängt man mit dem Groben und Einzelnen an, und schliesst mit der feinsten Ausarbeitung und vollständigsten Verknüpfung. Wem dann freilich das Feine zu fein, der Zusammenhang zu hoch, dem bleibt auch die Atomistik zu fein und zu hoch.

Damit läugne ich nicht, habe vielmehr ausdrücklich zugestanden, dass die Philosophie auch im dynamischen Sinne für sämmtliche, in den verschiedenen Argumenten zur Sprache gebrachten Verhältnisse, die Licht- und Wärme-, die magnetischen Verhältnisse, die Isomerie, die Eigenschaftsunterschiede der Körper nach verschiedenen Richtungen