

Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der Krystallographie.

Vortrag des Herrn Dr. Aristides Brezina, gehalten in der Vollversammlung am 16. November 1895.

Wenn ich mir gestattet habe, Vorstehendes als Titel meines Vortrages zu wählen, so wollte ich damit besagen, daß es sich mir nicht bloß darum handelt, vereinzelte neue Entdeckungen vorzuführen, sondern Sie mit einer weitgehenden Umwälzung der Anschauungen auf dem Gebiete unserer Wissenschaft bekannt zu machen, welche sich heute in dem Kreise der Fachmänner theilweise schon vollzogen, theilweise wenigstens vorbereitet hat. Es ist naturgemäß, daß nicht eine jede neue Beobachtung in Bezug auf alle Consequenzen, die man aus ihr ziehen kann, von allen Fachmännern sogleich fructificirt wird. Es geht ja in der Wissenschaft so wie im öffentlichen Leben; es gibt einerseits Männer, welche noch lange bevor eine Anschauung wissenschaftlich streng bewiesen ist, sie schon als äußerst wahrscheinlich erkennen, welche voraussehen, daß ihr die Zukunft gehöre und deshalb mit ihr rechnen; und andererseits gibt es naturgemäß auch in allen wissenschaftlichen Zweigen außerordentlich conservative Leute, welche sich der Aufnahme einer neuen Anschauung so lange verschließen, als es irgend möglich ist, das heißt solange als sie nicht — wie die Juristen sagen — gerichtsmäßig bewiesen ist.

Wir befinden uns gegenwärtig in einem Zeitpunkte der weitgehendsten Umwälzung der Anschauungen auf dem Gebiete der Mineralogie und insbesondere der Krystallkunde, und da wohl sämtliche der verehrten Anwesenden ihre mineralogischen Kenntnisse noch zu einer Zeit geschöpft haben, wo auch in den selbstständigen Publicationen noch wenig von den neuen Anschauungen zu finden war und nachdem diese Anschauungen selbst heute noch vielfach nicht in die Lehrbücher übergegangen sind, so schien es mir nicht unzweckmäßig, Ihnen einen Ueberblick über die jetzt in unseren Disciplinen geltenden Anschauungen so cursorisch zu geben, als es in der kurzen Spanne von einer Stunde Zeit möglich ist. Ich glaube, daß ich am leichtesten mein Ziel erreiche, wenn ich den historischen Weg einschlage; wenn ich von den einzelnen Wurzeln der Krystallographie und Mineralogie ausgehe und — allerdings in großen Sprüngen — zeige, wie sich aus jeder dieser Wurzeln eine bestimmte Anschauung herauskrystallisiert und wie sich in einer uns naheliegenden Zeit diese verschiedenen Richtungen vereinigt haben.

Sie wissen, daß die Mineralogie aus der Bergwerkskunde hervorgegangen ist und daß einer der ersten Vorläufer der Mineralogen, der Graf von Ballstädt, bekannt unter dem Namen Albertus Magnus, ist, geboren 1193, gestorben 1280. Er schrieb um die Mitte des XIII. Jahrhunderts; sein Werk „De mineralibus et rebus metallicis“, das 1559 in Köln gedruckt wurde, enthält schon viele mineralogische Beobachtungen.

Der erste eigentliche Mineraloge ist der Arzt Georg Agricola, geboren 1494, gestorben 1555; er übersiedelte von Leipzig nach Joachimsthal, um bessere Gelegenheit zu bergmännischen und mineralogischen Studien zu haben. Das bekannteste seiner Werke ist „Bermannus, sive de re metallica“, das in Basel im Jahre 1530 erschien. Das eigentlich mineralogische Werk, das als Begründung der Mineralogie zu gelten hat, ist sein Lehrbuch „De natura fossilium“, Basel 1546.

Sowie die Mineralogie einen frühen Vorläufer gehabt hat, so war es auch in der Krystallographie: es ist ein Mann,

der Ihnen allen bekannt ist, der Nürnberger Goldschmied Wenzel Jamnitzer, welcher 1508 in Wien geboren, 1588 in Nürnberg gestorben ist. Jamnitzer hat, allerdings befangen in der speculativen Richtung seiner Zeit, über die geometrische Perspective der Krystalle geschrieben; das betreffende Werk „Perspectiva Corporum Regularium“ erschien 1568 und bildet viele Verbindungen der regelmäßigen Gestalten ab, denen jeder Mineraloge sofort ansieht, daß bestimmte Mineral-Combinationen als Vorbild vorgelegen haben müssen; wir erkennen ohneweiters den Bleiglanz, den Bergkrystall und andere, die er gewiss aus der Betrachtung von natürlichen Producten des Mineralreiches geschöpft hat.

Aus diesen ersten Anfängen hat sich jene Richtung der Mineralogie entwickelt, welche auf den äußeren Kennzeichen der Mineralien basirt, eine Richtung, von welcher ich nur die zwei hervorstechendsten Vertreter erwähnen will: Abraham Gottlob Werner (1750—1817), den sächsischen Bergmann, der in den Jahren 1776—1785 Vorträge über die getrennten Disciplinen Mineralogie, Geognosie und Bergbaukunde gehalten, und in seinem Werke „von den äußeren Kennzeichen der Fossilien“, Leipzig 1774, die Grundlage der auf äußeren Kennzeichen fussenden Richtung der Mineralogie gelegt hat. Sein Zeitgenosse Friedrich Mohs (1773—1839) hat diese Methoden weiter entwickelt und auf die Beschreibung aller Körper des Mineralreiches angewendet; seine Methode — allerdings in der Wissenschaft schon seit langer Zeit verlassen — ist in den Lehrbüchern der niederen Unterrichtsstufen noch bis in die heutige Zeit zu finden.

Die eigentliche Krystallographie ist merkwürdiger Weise in ihren beiden Hauptrichtungen, einer mehr äußerlichen, empirischen, inductiven, und einer auf die innere Eigenthümlichkeit der Körper abzielenden, mehr theoretisirenden, deductiven Richtung gleichzeitig entstanden, u. zw. in der Mitte des XVII. Jahrhunderts. Beide Zweige verdanken wir Nordländern. Nikolaus Steno, ein in Italien lebender Kopenhagener, 1631 geboren, gestorben im Jahre 1686, veröffentlichte im Jahre 1669 das bekannte Werk „de solido intra solidum naturaliter contento“, in welchem er die grundlegendsten äußeren Eigenschaften der Krystalle in die Wissenschaft einführte, die Begrenzung durch ebene Flächen und vor allem das Wiederkehren derselben Kantenwinkel trotz äußerer Verzerrung. Ein anderer Däne, Erasmus Bartholin (1625—1698), machte um die Mitte des XVII. Jahrhunderts die Entdeckung der Doppelbrechung des Lichtes in Krystallen und veröffentlichte sie im Jahre 1670 in dem Werke „experimenta crystalli islandici“. Sie wissen, meine Herren, daß die Lichtstrahlen bei Uebergang von einem Medium in ein anderes von ihrer Richtung abgelenkt, gebrochen werden. Ist das zweite Medium ein Krystall, so wird der auffallende Lichtstrahl in zwei nach verschiedenen Richtungen gehende Strahlen gebrochen. Diese Doppelbrechung, welche zuerst am Kalkspath beobachtet wurde, ist eine der wichtigsten Eigenschaften und hängt zusammen mit dem ganzen Bau der Krystalle. Es hat auch ein anderer Zeitgenosse von Erasmus Bartholin, der Niederländer Christian Huyghens (1629—1695), sofort die Entdeckung Bartholins aufgenommen und nach eingehenden Untersuchungen über die Doppelbrechung dieselbe zurückgeführt auf die regelmäßige Anordnung, Stellung und Gestalt der kleinsten Theilchen, über welche er bis in's Detail gehende Anschauungen veröffentlichte. Die Huyghens'sche Molecular-Hypothese fügt sich

vollständig in den Rahmen dessen ein, was wir heute über die Raumgitterstructure der Krystalle annehmen.

Während man mit diesen das innerste Wesen der Krystalle betreffenden Untersuchungen von Bartholin und Huyghens lange Zeit nichts anzufangen wusste, sind die Beobachtungen Stenon's fortwährend im Mittelpunkte der Betrachtung geblieben und es hat sich namentlich durch die Thätigkeit des Berliner Krystallographen Christian Samuel Weiss, eines gebürtigen Leipzigers (1780—1856), die Kenntnis der äußeren geometrischen Eigenschaften der Krystalle rasch und weit entwickelt, allerdings an der Hand von Hilfsmitteln, den sogenannten Krystallachsen, welche in anderer Richtung der Wissenschaft eher Schaden zugefügt haben. Diese Achsen, welche den Coordinatenachsen der analytischen Geometrie entsprechen, gestatten zwar eine einfache Beziehung unter den Formen einer und derselben Substanz herzustellen; andererseits übersahen viele Fachmänner, daß diese Achsen nur fictive Rechnungsgrößen sind und haben sie als physikalische Größen angesehen. Diese falsch verstandene geometrische Fiction hat der Entwicklung der Anschauungen vom Wesen der Krystalle ebensoviel geschadet, als die Meinung von der Realität der Kräfte der Physik.

Als den Ausbau dieses geometrischen Theiles der Krystallographie dürfen wir die Arbeiten des Engländers William Hallows Miller (1801—1880) betrachten, welcher die sphärische Trigonometrie in die Darstellung und Berechnung der Krystalle eingeführt und ihnen dadurch eine außerordentliche Beweglichkeit und Eleganz verliehen hat; die von ihm angewendete Bezeichnungsweise von Flächen und Formen wird nach ihm mit dem Namen der Miller'schen Symbole bezeichnet.

Durch Zugrundelegung der von dem uckermärkischen Physiker Franz Ernst Neumann (1798—1895) in die Krystallographie eingeführten stereographischen Projection verschaffte Miller dieser Disciplin auch zahlreiche Anhänger unter den Physikern. Der erste Ansturm gegen die auf die äußeren Formen der Mineralien gegründeten Anschauungen erfolgte zur Zeit der französischen Revolution durch den Abbé René Just Haüy (1743 bis 1822), welcher im Jahre 1784 ein „Essay d'une théorie sur la structure des cristaux“ veröffentlichte, worin er nicht nur auf die atomistischen Anschauungen von Huyghens zurückgegriffen, sondern ein neues, äußerst fruchtbares Princip in die mineralogische Wissenschaft eingeführt hat, das Princip von der Symmetrie des inneren Baues. Dieses Princip, das der Träger unserer ganzen heutigen Anschauungen über die physikalischen Eigenschaften der Krystalle ist, hat sich erst in den letzten 8—10 Jahren die Herrschaft auf dem krystallographischen Gebiete erobert.

Es würde mich zu weit führen, wenn ich die einzelnen Phasen dieser Wandlung der Anschauungen vorführen wollte. Ich müßte darlegen, wie eine Verbindung zwischen den Anschauungen über den atomistischen Bau und denen über die Symmetrieverhältnisse durch eine Reihe von Structurtheoretikern gewonnen wurde, als deren ersten wir den Franzosen Auguste Bravais (1811 bis 1870) bezeichnen müssen, welcher uns die erste sogenannte Raumgittertheorie gegeben hat; durch eine Reihe von Forschern, wie Leonhard Sohncke, A. Schönfliess, L. Wulff, E. v. Fedorow, wurde dieselbe weiter entwickelt, zum Theil gestützt auf die Vorarbeiten eines Johann Friedrich Christian Hessel, Aug. Ferd. Möbius, Axel von Gadolin und des noch unter uns lebenden Victor von Lang.

Ich hätte ferner zu zeigen, wie sich auf den Bravais'schen Anschauungen fussend, eine Anatomie und — wenn ich so sagen darf — eine Physiologie der Krystalle entwickelte begründet, durch den Franzosen Ernest Mallard und sofort von einer Reihe von Forschern, wie Carl Klein in Berlin, Reinh. Brauns in Marburg, G. Wyruboff in Paris und vielen jüngeren lebhaft aufgegriffen; wie sich diese Forscher, ausgehend von dem, was man früher Unregelmäßigkeiten der Krystalle genannt hatte, den inneren Bau der Krystalle mit Zuhilfenahme der großen Hilfsmittel der neueren Optik eingehend erforschten und dem Wesen dieser sogenannten Anomalien an den Leib rückten, wiederum

gestützt auf Vorarbeiten aus älteren Zeiten, von David Brewster und Anderen.

Ich will wenigstens den Gedankengang dieser neueren Structurtheorie der Krystalle Ihnen vorführen.

Die Erfahrung lehrt uns, daß in einem Krystalle von regelmäßiger Ausbildung (welche sich durch Ebenheit und Glätte der Flächen, eventuell durch vollkommene Durchsichtigkeit und Reinheit der Substanz zu erkennen gibt), das physikalische Verhalten an jeder seiner Stellen dasselbe ist, d. h. wenn man irgend eine physikalische Eigenschaft wie Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, der Wärme, des Schalles, der Elektrizität und dgl. nach irgend einer Richtung im Krystalle untersucht, so bleibt das Resultat dasselbe, an welcher Stelle des Krystalles die betreffende Linie liegt; das Verhalten ändert sich mit der Richtung, aber nicht mit der absoluten Lage im Raume. Also parallele gerade Linien haben innerhalb eines Krystalles das gleiche physikalische Verhalten.

Nachdem nun das physikalische Verhalten bedingt sein muss einerseits von der Beschaffenheit der die Krystalle aufbauenden Theilchen und andererseits von ihrer Anordnung im Raume, so geht hervor, daß diese beiden Factoren, die Anordnung der Theilchen und ihre Beschaffenheit, an allen Stellen eines regelmäßigen Krystalles dieselben sein müssen.

Wie sie sehen, habe ich hier als angenommen vorausgesetzt, daß die Krystalle überhaupt aus getrennten Theilchen bestehen, ich habe die atomistische Hypothese vorausgesetzt; dieselbe wird allerdings gerade in neuerer Zeit wieder mehrfach angefochten, wie wir später sehen werden. Allein sie ist heute noch unentbehrlich für die Deutung physikalischer Phänomene.

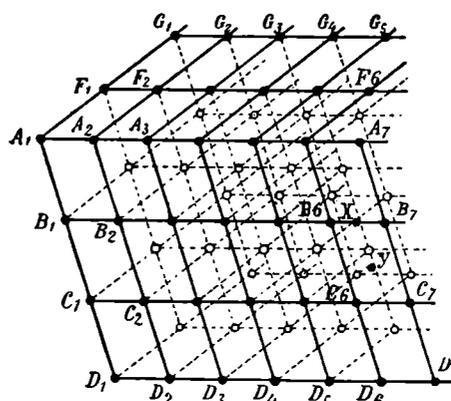


Fig. 1.

liegt; nun erfordert das Princip von der Gleichmäßigkeit, daß die Anordnung im Punkte A_2 dieselbe sei, wie jene in A_1 , daß also rechts von A_2 im Abstand a ein Theilchen A_3 liegt, sowie A_2 rechts von A_1 gelegen ist; und ebenso fort A_4, A_5 u. s. w. Das heißt, die über A_2 verlängerte Linie A_1, A_2 muss in gleichen Abständen mit Massenthelchen besetzt sein, welche auch dieselbe

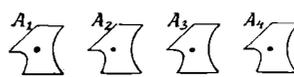


Fig. 2.

Orientierung haben müssen wie in A_1 und A_2 , vergleiche Fig. 2, falls diese Theilchen nicht etwa orientierungslose Kugeln sind. Eine solche mit äquidistanten Theilchen besetzte gerade Linie nennen wir eine Reticularlinie. Betrachten wir ferner außerhalb dieser geraden Linie A_1, A_2 irgendwo im Krystall einen Punkt B_1 , welcher wiederum so nahe an der ersten Reticularlinie A_1, A_2 liege, daß dazwischen kein anderes Theilchen sich befindet, so erfordert wieder das Princip von der Gleichmäßigkeit, daß ein Punkt B_2 so gegen B_1 liegt, wie A_2 gegen A_1 ; das heißt wir erhalten eine zweite, mit der ersten congruente Reticularlinie B_1, B_2, B_3, \dots

Und wieder erfordert die Gleichmäßigkeit, daß so wie B_1 von A_1 um die Linie b entfernt ist, ein drittes Theilchen C_1 gegen B_1 liege, wie dieses gegen A_1 , also um b auf der Linie A_1, B_1 von B_1 abgehend; das heißt wir erhalten die Reticularlinie $A_1, B_1, C_1, D_1 \dots$ und so fort congruente Reticularlinien $A_2, B_2, C_2 \dots A_3, B_3, C_3 \dots$ kurz die ganze Ebene ist

Soll nun die Anordnung der Theilchen an allen Stellen des Raumes dieselbe sein, also um jedes Partikel dieselbe, wie um jedes andere, und betrachten wir irgendeinen Massenpunkt des Krystalles, z. B. A_1 in nebenstehender Figur 1, so möge A_2 ein zweites benachbartes Theilchen von A_1 sein, das so nahe an diesem liegt, daß kein anderes Theilchen auf der Strecke a zwischen beiden

erfüllt mit Theilchen, welche in den Knotenpunkten eines Netzes von parallelogrammatischen Maschen sitzen und deren Gesammtheit wir eine Reticularebene nennen.

Außerhalb dieser Knotenpunkte kann sich in der Reticularebene kein Massentheilchen befinden; auf einer Reticularlinie wie B_1, B_2 nicht (z. B. X zwischen B_6 und B_7), weil sonst zwischen A_1, A_2 wegen der Gleichmäßigkeit ein Theilchen liegen müsste, das gegen A_1 liegt, wie X gegen A_6 ; dann wäre aber A_2 nicht das an A_1 nächste Theilchen in A_1, A_2 ; und ein Theilchen kann nicht zwischen zwei Reticularlinien liegen (wie Y zwischen B_6, B_7, C_6, C_7), weil sonst ein entsprechendes Theilchen zwischen A_1, A_2, B_1, B_2 liegen müsste, was wieder der Voraussetzung widerspricht, daß B_1 so nahe an der Linie A_1, A_2 liegt, daß kein anderes Theilchen näher daran liegt.

Was nun für die Ebene gilt, das können wir sofort auf den Raum übertragen.

Sei also etwa F_1 ein nach rückwärts gelegenes Massentheilchen außerhalb dieser Reticularebene, welches wiederum so nahe an derselben liege, daß kein anderes der Ebene näher liegt, so muss durch F_1 wegen der Gleichmäßigkeit eine mit der ersten congruente Reticularebene hindurchgehen und so fort durch $G_1 \dots$ eine 3., 4., 5. Reticularebene, welche alle unter einander und mit der ersten parallel und congruent sind und in gleichen Abständen aneinander folgen.

Wir erhalten somit ein parallelepipedisches Raumgitter, in dessen Knotenpunkten die Massentheilchen sitzen und außer dessen Knotenpunkten keine Massentheilchen in dem ganzen Gitter sich befinden können, weil sonst auch in dem aus A_1, A_2, B_1, F_1 construirten Parallelepiped nebst den Eckpunkten noch ein weiteres Theilchen sich befinden müsste.

Wir sehen also, daß die Raumgitterstructur bewiesen ist in dem Augenblicke, wo wir zugeben, daß die physikalischen Eigenschaften der Krystalle abhängen von der Anordnung und Beschaffenheit der Theilchen und daß die Eigenschaften eines Krystalles an allen Stellen des Raumes die gleichen sind; strittig kann nur sein, ob wir es in den Knotenpunkten zu thun haben mit den aus chemischen Atomen gebildeten Moleculen, oder ob sich diese Moleculen zu einem Krystallpartikel gruppieren, dessen Schwerpunkt einen Knotenpunkt des Raumgitters einnimmt.

Wenn wir auf diese Raumgitter das von Hauy in die Wissenschaft eingeführte Princip der Symmetrie anwenden, so können wir fragen, was für Eigenschaften muss ein Raumgitter haben, wenn es eine Symmetrieebene besitzen soll, welche den Körper in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften theilen soll; oder wenn es etwa eine Symmetrieachse hat, von der Eigenthümlichkeit, daß eine Umdrehung um 180° , um 90° , oder um einen anderen Winkel den Complex wieder zur Deckung mit sich selbst bringt; die Annahme, daß ein solcher Raumgittercomplex eine oder mehrere solche Symmetrieebenen oder -Achsen besitzt, führt zu einer Reihe von Schlussfolgerungen, welche sich als sehr fruchtbar für die Krystallkunde erwiesen haben. Man hat so gefunden, daß die 14 verschiedenen möglichen Arten solcher Raumgitter sieben verschiedenen Symmetrieclassen oder Krystallsystemen angehören.

Die Besonderheiten, welche die verschiedenen physikalischen Erscheinungen der Krystalle je nach dem Vorhandensein des einen oder des anderen dieser 14 Raumgitter darbieten, hat man erst in den letzten Jahren zu erforschen begonnen; es wird noch des Zusammenwirkens vieler Fachmännern bedürfen, um diese vielversprechenden Gebiete auszubauen.

Solange man auf dem atomistischen Standpunkte verbleibt, wird man mit der Raumgitterstructur rechnen müssen und nachdem heute noch die weitaus überwiegende Mehrzahl der Fachmänner auf obigem Standpunkte fußt, können wir sagen, daß soweit die bisher besprochenen Dinge reichen, sie allgemein recipirt sind.

Ich wende mich nun einer Reihe von Erscheinungen und darausgezogenen Schlussfolgerungen zu, welche sich, wenigstens was die Folgerungen betrifft, nicht mehr einer so allgemeinen Zustimmung erfreuen.

Man hat lange Zeit hindurch, bis vor ungefähr 10 Jahren es immer, wenn ich so sagen darf, als einen krystallographischen Glaubensartikel betrachtet, daß Ruhe die erste Bedingung ist für das Zustandekommen gesetzmäßiger Krystallgebilde. Wenn man Krystalle züchten wollte, so wurde dafür gesorgt, daß das Krystallisir-Gefäß vor Erschütterungen bewahrt wurde.

Im Jahre 1885 erregte es darum einiges Erstaunen, als Ludwig Wulff in Gadebusch eine Arbeit unter dem Tite „Krystallisation in Bewegung“ veröffentlichte. Schon vorher, im Jahre 1877, hat Professor Otto Lehmann, jetzt am Polytechnicum zu Karlsruhe, bei seinen eingehenden Beobachtungen der mikroskopischen Krystallbildung die Wahrnehmung gemacht daß eigenthümliche Strömungen in der Nähe eines sich bildender Krystalles herrschen.

Als nun Wulff aus einer englischen Zuckerraffinerie Zuckerkrystalle von 1 cm und darüber erhielt, welche sich in der kurzen Zeit von 7—8 Stunden gebildet hatten und welche eine große Regelmäßigkeit der Ausbildung bei vollkommener Durchsichtigkeit besaßen, also bei der kurzen Zeit des Entstehens kaum in großer Ruhe entstanden sein konnten, schloss Wulff mit Hinsicht auf die Lehmann'schen Beobachtungen auf die Möglichkeit, Krystalle in Bewegung züchten zu können. Der sofort angestellte Versuch bestätigte glänzend seine Voraussetzungen. Wulff hat in einer Rotationsstrommel Krystalle gezüchtet, welche den gewöhnlichen, in Ruhe entstandenen an Regelmäßigkeit überlegen waren. Während diese sehr häufig Einflüsse der Gefäßwände zeigen, sind solche unter Umdrehung entstandene ringsum gleichmäßig ausgebildet.

Wulff fand auch, daß wenn man z. B. an der Luft feucht gewordene und dadurch angefressene pockennarbige Zuckerkrystalle mit Aetzgrüben in gesättigter Zuckerlösung unter schwacher Abkühlung hin und her schwenkt, sie auf ihrem Wege in der Lösung Theilchen aufnehmen, u. zw. an den angefressenen, erodirten Stellen, somit wieder ebenflächig und glatt werden, wie sie zuvor gewesen. Also je beweglicher die Theilchen, desto leichter begeben sie sich in gesetzmäßige Lagerungsform.

Nun hätte man im weiteren Verfolge dieser Anschauungen wohl annehmen sollen, daß in den Lösungen oder in Flüssigkeiten selbst, auch wenn sie nicht feste Theilchen absetzen, die gelösten Partikel oder die Flüssigkeitsmolekel sich schon orientiren.

Man hätte annehmen sollen, daß diese Partikel und Molekel gleich gerichtet und gesetzmäßig angeordnet seien.

Diese Anschauung wurde auch in der That durch einen französischen Physiker in den Sechzigerjahren angedeutet, (Lamé's *Concamérations polyédriques*), wengleich er sie nur für den Augenblick vor dem Krystallisiren in Betracht zog. Lamé's Betrachtung fand weder experimentelle Bestätigung, noch irgendwelche Beachtung, vielleicht deshalb, weil sie gewissen atomistischen Anschauungen über die Constitution der Flüssigkeiten widersprach, wohl auch weil augenblicklich ein zwingender Grund nicht vorhanden war, so radicale Abweichungen von den hergebrachten Vorstellungen zu discutiren.

Die erwähnten atomistischen Bedenken wurzeln in der bekannten Anschauung von dem festen, flüssigen und gasförmigen Zustande, welche ich nur flüchtig berühren will.

Man nimmt an, daß bei der als Wärme empfundenen Bewegung der Theilchen (Moleculen) eines festen Körpers, die Schwingungen dieser Theilchen nur um ihre Gleichgewichtslage herum stattfinden.

Ein fester Körper leistet sowohl gegen Zug als gegen Druck Widerstand, seine Theilchen ziehen einander bei Entfernung voneinander über die Gleichgewichtslage hinaus an, bei der Annäherung unter die Gleichgewichtsentfernung hinab stoßen sie sich ab (oder verhalten sich ebenso, als wenn sie diese Kräfte äußern würden). Schwingt also a (Fig. 3) nach a' , so wird es von seinen Nachbarn b und c gegen a zurück abgestoßen, von e und f gegen a zurück angezogen und kehrt unter diesen Einwirkungen nach a zurück, um

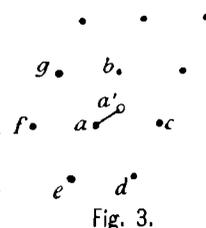


Fig. 3.

dann, dem Pendelgesetz folgend, über a hinaus um seine Gleichgewichtslage a zu pendeln.

Wird die Wärmebewegung so stark, daß das Theilchen a zwischen seinen Nachbarn hindurch tritt (Fig. 4), dann wird es von seinen Nachbarn nicht gegen seine alte Gleichgewichtslage a zurückgetrieben, sondern wirkt wie ein Sprenggeschöß in dem nunmehr so eng gewordenen Molecularraum b, c, k, l und wird vielleicht seinen Nachbarn b nach a jagen oder l in die nächstentferntere Schichte hinaustreiben; die Molecüle bewegen sich theils wie Doppelsterne, theils in Schlangenwindungen um einander herum, wir haben den flüssigen Aggregatzustand.

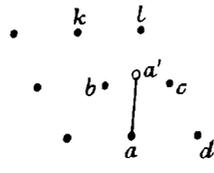


Fig. 4.

Niemand konnte da auf die Idee kommen, daß in einer solchen Flüssigkeit bei diesem Wandern der Theilchen, letztere immer wieder in eine gleichmäßige Entfernung einrücken und daß sie in dem Fall, als sie nicht etwa die Form von Kugeln, sondern von Ellipsoiden haben, sie immer so wandern, daß diese ellipsoide Gestalt sich selber parallel bleibt.

Es war natürlicher, anzunehmen, daß sie dabei in beliebiger Weise Drehungen machen können. Den Anstoß zur Entdeckung des krystallisirten Zustandes von Flüssigkeiten, beziehungsweise des flüssigen Zustandes von Krystallen, hat eine Beobachtung des Prager Botanikers Friedrich Reinitzer gegeben. Derselbe fand, daß die Verbindung von Cholesteryl mit Benzoësäure zwei Schmelzpunkte hat; bei 145.5° C. schmilzt dasselbe zu einer trüben Flüssigkeit und bei 178.5° wird diese klar und bleibt bei weiterer Erhitzung flüssig; läßt man sie dann abkühlen, so geht sie bei 178.5° wieder in den Zustand einer vollkommen beweglichen, aber trüben Flüssigkeit über und wird später, nämlich bei 145.5° , fest.

Dieses eigenthümliche Verhalten, welches umso sonderbarer erschien, als die Flüssigkeit zwischen 145.5 und 178.5° Spuren von Doppelbrechung des Lichtes zeigte, veranlasste Reinitzer, die Substanz an den schon erwähnten Professor Lehmann zu senden. Lehmann erkannte sofort, daß es sich hier um einen Krystall im flüssigen Zustande handle und daß die optische Orientirung, trotzdem dieser Krystalltropfen sich in seiner äußeren Begrenzung fortwährend verändert, immer erhalten bleibt. Sehr bald bekam Lehmann eine Reihe von andern Substanzen, welche dieselben Erscheinungen zeigten und über die er in den Jahren 1888 und 1890 in den beiden Arbeiten über „fließende Krystalle“ und über „tropfbar flüssige Krystalle“ berichtete.

Lehmann beobachtete eine Reihe von merkwürdigen Erscheinungen, er studirte insbesondere die Veränderungen, welche solche vereinzelt Krystalltropfen mit einer bestimmten Orientirung bei ihrer Zertheilung oder bei Vereinigung mit anderen Tropfen derselben Substanz oder anderer krystallisirter Flüssigkeiten erleiden und verwies auf die merkwürdige Analogie der Erscheinungen mit solchen der Zellbildung und -Theilung, welche zu den wichtigsten Erscheinungen der organischen Natur gehören; vielleicht werden uns die Eigenschaften der flüssigen Krystalle werthvolle Aufschlüsse in Bezug auf die noch geheimnisvolle Natur der organisirten Körper bringen.

Soweit reichen die directen Beobachtungen und wir sind nun gezwungen, diesen Beobachtungen unsere alten Anschauungen anzupassen. Man kann aber auf Grundlage dieser Erscheinungen sehr weitgehende Folgerungen ziehen, welche allerdings heute durchaus noch nicht allgemein acceptirt sind.

Diese neuen Anschauungen, welche Lehmann aus seinen Beobachtungen geschöpft hat, gehen aus von dem Fundamental-Unterschiede zwischen krystallisationsfähigen und colloidalen Substanzen; die ersteren vergrößern sich in einer gesättigten Lösung der eigenen Substanz, während das bei Colloiden nicht der Fall ist. Nun gibt es Flüssigkeiten, deren Tropfen sich vergrößern, wenn sie in eine Lösung dieser Flüssigkeit in einer zweiten gebracht werden, andere Flüssigkeiten verhalten sich aber wie die colloidalen Körper. Bei den festen Körpern sind die krystallisirbaren in einer großen Majorität gegenüber den colloidalen. Das-

selbe Verhalten findet sich bei den Flüssigkeiten; auch hier sind diejenigen, welche sich vergrößern können, in der großen Majorität, diejenigen, welchen diese Eigenschaft fehlt, in der Minorität. Nun würde es naturgemäß sein, anzunehmen, daß alle diejenigen Flüssigkeiten, deren Tropfen sich vergrößern können, krystallisirt seien und nur diejenigen, welchen diese Eigenschaft abgeht, colloidale, nicht krystallisirbare. Das würde allerdings scheinbar eine Schwierigkeit ergeben. Man kennt heute nur drei oder vier Flüssigkeiten mit Doppelbrechung, welche den minder symmetrischen Krystallsystemen angehören, denn die tesserale oder hexaedrischen Krystalle besitzen keine Doppelbrechung.

Man müßte demnach annehmen, daß, während unter den festen Körpern vielleicht 10% dem tesserale Systeme angehören und 90% den übrigen Systemen, bei den Flüssigkeiten 99% dem tesserale und 1% den anderen Systemen angehören; das ist jedoch eine Anschauung, welche nur im ersten Augenblicke befremdet, bei näherer Betrachtung hingegen sehr wahrscheinlich ist. Wir sehen nämlich, daß manche Körper verschiedene Modificationen von gleicher chemischer Zusammensetzung, aber anderen physikalischen Eigenschaften besitzen, insbesondere verschiedenen Krystallsystemen angehören.

Der bekannteste von diesen Körpern ist der Kalkspath, der rhomboedrisch krystallisirt und in seiner Substanz mit dem Aragonit übereinstimmt, welcher auch kohlensaurer Kalk ist, jedoch in einem minder symmetrischen System, dem rhombischen oder prismatischen, krystallisirt. Es gibt viele Körper, welche nicht 2 oder 3, sondern 4, 5, 6 Modificationen besitzen, die sich durch ihre Krystallform und durch ihre Grunddimensionen unterscheiden. Wir wissen nun, daß im Allgemeinen beim Erhitzen eines solchen Körpers, der mehrerer Modificationen fähig ist, die Krystallform mit steigender Temperatur von den minder symmetrischen zu den höher symmetrischen Formen aufsteigt und als Endpunkt der Modificationen eines Körpers finden wir dann fast immer eine tesserale Form; der schon erwähnte Ernest Mallard hat eine Reihe von höchst merkwürdigen diesbezüglichen Versuchen gemacht, welche ich vielleicht noch im Laufe dieses Winters vorzuführen Gelegenheit haben werde.

Es ist sehr interessant, dass man bei solchen Substanzen, wenn man ihre Erhitzung unter dem Mikroskop im polarisirten Licht beobachtet, bei niederen Temperaturen die doppelbrechenden Theile sich durch ihre Farbenerscheinungen abgrenzen sieht; man sieht namentlich bei complicirterem Aufbau des Krystalles aus einzelnen Individuen feine, verschieden gefärbte Leisten und Lamellen, und dann plötzlich bei Eintritt einer bestimmten Temperatur ist es, als wenn ein schwarzer Tintentropfen unter dem Mikroskop sich ausbreiten würde, es ist die tesserale, das Licht einfachbrechende Modification der Substanz eingetreten. Nachdem nun die flüssigen Körper dem, dem Temperaturgrade nach, obersten Stadium angehören, so ist es eine natürliche Erscheinung, dass die Flüssigkeiten vorwiegend demjenigen Krystallsysteme angehören, welches sich immer am Endpunkte der Entwicklung der verschiedenen festen Modificationen zu dem Flüssigen ergibt.

Wir sehen sonach, dass von diesem Gesichtspunkte aus kein Hindernis besteht, Lehmann's kühne Schlussfolgerung anzunehmen, wengleich sie ängstlichen Fachmännern unheimlich erscheint; so schreibt ein Berichterstatter im „Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie“ für 1890 über Lehmann's Arbeiten:

„Der hier gemachte Versuch, die bisherigen Anschauungen so radical umzugestalten, erscheint dem Referenten denn doch etwas gewaltsam und nicht genügend begründet; es dürfte fruchtbringender sein, einstweilen noch am Alten festzuhalten.“

Ich möchte noch ganz kurz eine principielle Frage streifen.

Angesichts eines Zustandes der Anschauungen, in welchem wir schon glaubten, wenigstens über die atomistische Grundlage so ziemlich einig zu sein, erhob sich hauptsächlich in Deutschland, ausgehend von einer Anzahl jüngerer Physiker, ein starker Widerstand gegen die atomistische Hypothese. Vielleicht kann man als Wurzel dieser Erscheinung das bekannte Ignorabimus ansehen.

Sie wissen, dass die atomistische Anschauung getrennte kleinste Theilchen der Materie annimmt, welche den Sitz gewisser Kräfte bilden. Es befriedigt nun das Causalitätsbedürfnis des Menschen nicht, sich zu sagen, dass ein solches kleinstes Theilchen eine ihm innewohnende Kraft, beispielsweise die Cohäsion, habe; man kann sich nicht vorstellen, worin diese Kraft besteht. Leichter wäre es zu begreifen, wenn alle physikalischen Erscheinungen des Körpers auf die Bewegungen kleinster Theilchen, sei es der Materie selbst, sei es eines dieselbe durchdringenden feinen Stoffes, des Lichtäthers, zurückgeführt wären, welche vermöge des Principes der Trägheit (des Beharrungsvermögens) vor sich gehen, so lange sie nicht auf ein Bewegungshindernis stoßen, auf ein anderes materielles oder Aethertheilchen. Das wäre befriedigender für den menschlichen Geist.

Nun hat man viele und zum Theil auch erfolgreiche Versuche gemacht, eine solche Zurückführung von Kraft auf Bewegung herbeizuführen. In vielen, ja in der Mehrzahl der Fälle ist jedoch eine solche Zurückführung noch nicht in befriedigender Weise gelungen und es hat sich, vielleicht begünstigt durch ein Gefühl der Verzagttheit, des Verzichtens auf das Gelingen einer solchen Erklärung, der alte Zweifel geregt, welcher seit unvordenklicher Zeit gegenüber dem atomistischen Princip hie und da geherrscht hat.

Man hat der atomistischen Anschauung die energetische gegenübergestellt, welche von den Atomen als Trägern der Bewegung gänzlich absieht und die verschiedenen Energien als das allein Reale betrachtet. Man sagt, was wir von den Körpern wahrnehmen, ist nicht die wirkliche Materie, sondern es sind die Veränderungen der Energie, welche schließlich auf unsere Nerven sich übertragen, in diesen Energieveränderungen hervorbringen, welche wir eigentlich allein empfinden. Man will also den Begriff der Körpertheilchen vollkommen eliminiren. Das ist eine Anschauung, durch welche das Fortarbeiten auf dem Gebiete, das wir bis jetzt eigentlich schon erobert haben, bedroht wird.

Es ist sehr fraglich, ob diese auf einem gewissen Pessimismus beruhende Anschauung sich ein weiteres Feld erobern wird. Ich glaube vielmehr, dass man fortfahren wird, auf Grundlage der atomistisch gefundenen Thatsachen und Schlussfolgerungen, wengleich nur langsam, Schritt für Schritt weiter zu bauen und zweifle nicht, wenn auch wir hier Anwesende es nicht erleben sollten, dass sich die angestrebte, oder sagen wir bescheidener, eine steigende Befriedigung unseres Causalitätsbedürfnisses auf diesem Wege ergeben wird.

Discussion zu dem vorstehenden Vortrage.

Vorsitzender Hofrath v. Radlger:

Vorerst ist es mir eine ehrenvolle Pflicht, dem Herrn Vortragenden unseren besten Dank auszusprechen; dann aber möchte ich mir erlauben, da niemand Anderer das Wort ergreift, dies selbst zu thun und den Herrn Vortragenden um die Bestätigung und Mittheilung seiner Anschauungen über gewisse, äußerst interessante Beobachtungen zu bitten, welche in jüngster Zeit bekannt wurden, und welche scheinen, eines gewissen Zusammenhanges mit den soeben erörterten krystallographischen Fragen nicht zu ermangeln. Ich ersuche den Herrn Vorsteher-Stellvertreter, Baudirector Ast, den Vorsitz zu übernehmen. (Vorstand-Stellvertreter, Bau-Director Ast, übernimmt den Vorsitz.)

Meine Herren! Ich bin weit entfernt, behaupten zu wollen, dass ich mich mit Chemie und Krystallographie andauernd beschäftige. Doch las ich vor kurzem in den „Fragmenten“, neue Folge, von John Tyndall (übersetzt von Anna v. Helmholtz und Estella du Bois-Reymond, 1895) eine Gedenkrede auf Louis Pasteur und dessen Leben und Wirken, welcher ich das Folgende und zwar theils wörtlich entnehme.

Ich erlaube mir dabei nur eine kurze Einleitung vorzuschicken und werde zum Schlusse auch einige Bemerkungen anfügen, welche den Stand der heutigen Wissenschaft gegenüber Pasteur's Zeit und meiner eigenen unmaßgeblichen Meinung Rechnung tragen sollen.

Wir wissen, dass das Licht in transversalen Aetherschwingungen besteht, welche bei gewöhnlichem Licht allseitig ausschlagen, also Kugelwellen formen, und ein Lichtstrahl, falls wir denselben vor unseren Augen vorbeiziehend wahrnehmen könnten, das Aussehen einer Perlenschnur hätte.

Gewisse Krystalle haben nun die Eigenschaft, das Licht zu „polarisiren“, d. i. die Schwingungen in eine Ebene zu vereinigen, wodurch der Strahl, der Vorstellung nach in der Fläche eines schmalen Bandes allein ausschlagend, fortschreitet.

Gewisse Krystalle, Flüssigkeiten und Dämpfe vermögen nun einen polarisirten Lichtstrahl auch noch ferners zu „drehen“, wonach die Schwingungen in einer steilen Schraubenfläche platzgreifen und das vorgestellte Band spiralförmig gewunden gedacht werden kann. Bringt man nun eine Bergkrystallplatte, die senkrecht zur Achse des Prismas geschnitten ist, in einen Strahl polarisirten Lichtes, so wird die Schwingungs- oder Polarisationsebene desselben um einen Winkel gedreht, der von der Dicke der Platte und der Brechbarkeit des Lichtes abhängig ist. Hiebei gibt es zwei verschiedene Arten von Bergkrystall, von denen die eine die Polarisationsebene nach rechts, die andere nach links dreht.

Man nannte sie dem entsprechend rechts- und linksdrehende Krystalle. Es ließ sich zunächst kein äußerer Unterschied in dem Bau der Krystalle nachweisen, wie auch kein chemischer Unterschied besteht, welcher etwa diese verschiedene Wirkung erklärt hätte. Bei genauer Untersuchung zeigten sich indessen an den Krystallen winzige Facetten (Combinationsflächen), die bei der einen Art nach einer rechtläufigen und bei der anderen nach einer linksläufigen Spirale angeordnet sind. Diese Spiralfacetten stören die Symmetrie des sechsseitigen Prisma und seiner zwei Endpyramiden. Sie bilden das äußere sichtbare Zeichen der innern unsichtbaren Krystallstructur, durch welche das polarisirte Licht beeinflusst wird.

Nun ist es bereits lange bekannt, dass gewisse Dämpfe und Flüssigkeiten, welche Stoffe organischer Herkunft in Lösung enthalten, gleichfalls die Eigenschaften besitzen, den polarisirten Lichtstrahl zu drehen, und das Saccharometer zur Bestimmung des Gehaltes einer Zuckerlösung benützt dieses Wissen. Ebenso drehen Citronenöl, alkoholische Kampherlösung, in Wasser gelöste Weinsäure etc. einen polarisirten Strahl, u. zw. ausschließlich nach rechts, während Terpentingöl, Kirschchlorbeerwasser und die wässerige Lösung von arabischen Gummi etc. nur linksdrehend wirken. Da es sich hier nicht um den Bau von Krystallen handeln kann, übertrug sich die Vorstellung der Unsymmetrie vom Krystall auf das Molecül.

Flüssigkeiten aber von unorganischer Herkunft drehen im Allgemeinen den polarisirten Lichtstrahl nicht, aber durch die Anwendung von Stromkreisen und Magneten gelang es zuerst Faraday 1845, eine Drehung der Polarisationsebene in sonst optisch unwirksamen Körpern und Flüssigkeiten vorübergehend zu erzwingen. Da man annehmen muss, dass die Drehung der Polarisationsebene eine Ursache habe, so war Faraday im Stande, im Handumdrehen diese Ursache in die Körper zu senken, und Stoffen, die im gewöhnlichen Zustande optisch passiv waren, die drehende Kraft zu verleihen, welche Pasteur für eine ausschließliche Eigenschaft des Lebendigen oder des organisch Entstandenen hielt. Man hat noch nie, sagte er, von der Ansicht ausgehend, dass eine unsymmetrische Lagerung der Atome die obige Ursache sei, im Laboratorium durch die üblichen chemischen Operationen ein dissymmetrisches Molecül dargestellt, mit andern Worten einen Stoff, der in Lösung (wo nur moleculare Kräfte zur Geltung kommen) das Vermögen besitzt, die Polarisationssebene zu drehen. Dieses Vermögen gehöre ausschließlich den Erzeugnissen der organischen Welt an; in unsymmetrischen Kräften als der Folge unsymmetrischer Anordnung der Atome im Molecül, ersah er die Quellen des Lebens.

Hiezu sei aber bemerkt, dass die Unsymmetrie in dem Molecüle nur eine Vorstellung oder Folgerung, die Drehung der Polarisationsebene durch bestimmte Stoffe aber die beobachtete Thatsache ist, auf welcher diese Vorstellung allein beruht. Mir scheint daher auch eine andere Vorstellung möglich und zu-

lässig, auf welche ich später übergehen werde. Auch wurden später optisch active Stoffe in chemischen Laboratorien hergestellt, und durchaus nicht alle organisch entstandenen Verbindungen wirken optisch activ.

Dass aber die Molecüle eines Lebewesens oder die einzelnen Bausteine eines Organismus sich von den Molecülen eines Minerals unterscheiden, lässt sich beinahe voraussetzen, da sonst der tiefgreifende Unterschied zwischen beiden wegfallen würde, und es ist gewiss ganz wohl denkbar, dass sich der Unterschied zwischen den beiden Arten von Molecülen dadurch verräth, dass eine Anzahl von organischen Verbindungen die lichtdrehende Kraft besitzen, während die Lösungen von mineralischen Stoffen dieser Kraft stets entbehren. Denn das unterscheidende Merkmal weist hier nur auf das Gebiet physikalischer Wirkungen, fern vom Spiel der sonst geheimnisvoll bleibenden, sogenannten Lebenskräfte hin.

Pasteur unternahm es nun zu versuchen, unsymmetrische Krystalle, also solche, welche die Eigenschaft organischer Herkunft an sich tragen, dadurch zu erhalten, dass er dieselben zur Zeit ihrer Entstehung dem elektrischen Strom aussetzte, und wir wissen, dass in neuerer Zeit aus Kohlenstoff und Wasserstoff unter der Einwirkung des elektrischen Flammenbogens Acetylen hergestellt wird, welches mit Sauerstoff die sonst nur im Sauerklee vorkommende Oxalsäure liefert.

Thatsache ist es, dass es schon lange, seit Wöhler, gelungen ist, eine Reihe von Stoffen künstlich darzustellen, von welchen man früher allgemein annahm, dass Pflanzen und Thiere allein fähig wären, sie zu bilden. Darf man diese künstlichen Producte organische nennen? Ist künstliches Coniin unbedingt gleichwerthig mit jenem, welches in der Schirlingspflanze wächst? Ist die künstlich dargestellte Weinsteinsäure der organisch entstandenen in Allem gleich? Chemisch ja. Auch Aussehen und specifisches und Moleculargewicht, specifische Wärme, Krystallform und Alles stimmt, und dennoch verbleibt ein leiser Zweifel, ob nicht das unorganische Product in seinem feinsten Wesen unterschiedlich vom Product organischer Herkunft gebaut sei, denn das erstere dreht den Lichtstrahl nicht, während das letztere dies kräftig vermag.

Und nun beginnt das große Verdienst Pasteur's. Vorerst suchte er bei der natürlichen rechtsdrehenden Weinsäure nach ähnlichen Facetten und fand sie, welche im Bergkrystall die Störung des völlig gleichartigen Baues der Krystallform anzeigen, und wies nach, dass die künstlich dargestellte Weinsäure nur deshalb optisch unwirksam sei, weil sie gleiche Mengen rechts- und linksdrehender Krystalle enthalte, die sich in ihrer Lösung genau neutralisiren.

Vor Pasteur war eine linksdrehende Weinsäure unbekannt. Er ward aber zu deren Entdeckung und vielleicht zur Eröffnung seines ganzen großen Forschungsgebietes durch folgenden Vorfall geführt: Der Besitzer einer chemischen Fabrik in Deutschland hatte beobachtet, dass Weinstein, das natürliche, mit verschiedenen organischen Stoffen verunreinigte weinsaure Kali in Gährung übergang, wenn es in Wasser gelöst der Sommerwärme ausgesetzt wurde. Dadurch veranlasst stellte Pasteur eine gewisse Menge reines weinsteinsaures, rechtsdrehendes Salz her, versetzte es mit Eiweißstoffen und fand, dass das Gemenge in Gährung übergang. Die anfangs klare Lösung wurde trübe, und er entdeckte, dass die Trübung auf der Vervielfältigung eines mikroskopischen Lebewesens beruhe, das in der Flüssigkeit seine geeignete Nahrung fand. Pasteur erkannte in diesem kleinen Lebewesen einen lebendigen Fermentstoff. Die vorhergehende Entdeckung des Hefepilzes, des alkoholischen Fermentes durch Andere, bestärkte ihn ohne Zweifel in diesem kühnen Schluss, wenn sie ihn nicht überhaupt dazu führte.

Pasteur ließ hierauf dieses kleine Lebewesen den für seinen Wachsthum nöthigen Kohlenstoff aus reinem künstlich dargestellten Weinstein entnehmen. Wie man sich erinnert, dreht die Lösung dieses Salzes in Folge der entgegengesetzten Eigenschaften der zwei Arten seiner Krystalle den polarisirten Lichtstrahl weder nach rechts noch nach links. Bald, nachdem die Gährung eingetreten war, machte sich eine Linksdrehung bemerk-

bar, ein Beweis, dass das vorher bestandene Gleichgewicht zwischen den beiden Arten von Krystallen gelöst war. Diese Drehung erreichte ein Maximum, und es fand sich nachher, dass alle rechtsdrehende Weinsteinsäure aus der Mischung verschwunden war. Der Ferment-Organismus war also nur im Stande, sich von der rechtsdrehenden in der Natur vorkommenden Form zu ernähren; diese ist für ihn verdaulich, die andere linksdrehende Form ist es nicht. Dessen Wahl wurde nicht durch einen Unterschied in der chemischen Zusammensetzung bestimmt, denn die Elemente und ihre Mengenverhältnisse waren in beiden Formen gleich. Aber diejenige Eigenthümlichkeit im Bau, durch welche der Stoff rechtsdrehend wirkt, macht ihn zugleich zu einem geeigneten Nahrungsmittel für den Gährungspilz. Dieser höchst merkwürdige Versuch wurde mit dem Samen des gemeinen Schimmels *Penicillum glaucum* erfolgreich ausgeführt.

Die Thatsache nun, dass ein und dasselbe Molecül in zweifacher Art zur optischen Wirkung gelangen kann, wobei tiefgehende Unterschiede damit verbunden sind, ob die Umgestaltung rechts- oder linksdrehend auftritt, wobei die eine Form zur Nahrung für einen bestimmten Organismus geeignet ist, während die Gegenform diese Eignung versagt — eröffnet unermesslich weite, neue Ausblicke in die Zukunft. Sie verdoppelt gleichsam den bis heute von der Natur uns gebotenen Reichthum an sogenannten organischen Producten, und die große Entdeckung Pasteur's baut unserer Erkenntnis nicht nur eine Brücke über die Kluft zwischen organischem und unorganischem Dasein, sondern öffnet uns vielleicht selbst ganz neue ungeahnte Gebiete!

Nun ist es Zeit, anzuführen, dass die chemische Wissenschaft die Fähigkeit eines Körpers, den polarisirten Lichtstrahl zu drehen, als davon abhängig erwies, dass dessen Molecüle:

1. Kohlenstoff- (oder Stickstoff-) Verbindungen sind, welche
2. ein unsymmetrisch eingelagertes Kohlenstoff-Atom enthalten.

Verbindungen mit zwei oder mehreren paarig vorkommenden Kohlenstoff sind optisch nie activ, was durch eigene Versuche erhoben wurde. Ebenso sicher ist es, dass die Atome der linken Verbindungen genau die entgegengesetzte dissymmetrische Anordnung der rechtsdrehenden Art besitzen.

Ich vermag nun in diesen beiden Eigenschaften der optisch activen Verbindungen keine zwingende Ursache zur Drehung eines Lichtstrahls oder der Fähigkeit zur Aufnahme in einen lebenden Organismus zu erkennen. Letztere besitzen auch Moleküle mit symmetrischem Bau, z. B. die Essigsäure und der Rohrzucker und weitaus nicht alle von unsymmetrischem Bau drehen den Strahl.

Die Fähigkeit zur optischen Activität mag ein Anzeichen für den tiefen Unterschied zwischen organischen und unorganischen oder besser gesagt zwischen der Welt der Kohlenstoffverbindungen und jener der übrigen Elemente sein, aber weder sie noch auch die Ansicht Pasteur's geben mir den zureichenden Grund zur Vorstellung des Aufbaues einer Zelle.

Ich werde es vielleicht wagen, bei einer anderen, späteren Gelegenheit meine eigene hypothetische Ansicht darüber auszusprechen, aber jetzt schließe ich mit dem Auszug aus Tyndall's Abhandlung, zu deren Mittheilung ich durch die vorangegangene Rede des Herrn Director Brezina veranlasst wurde, wobei die Aehnlichkeit der Betrachtungen über molecular-unsymmetrischen Bau den Ausgang bildete und ein Bergkrystall den Anstoß gab.

Director Dr. Brezina:

Ich bin dem geehrten Herrn Vorstand sehr dankbar, dass er mich auf einen Punkt aufmerksam gemacht hat, den ich allerdings auch hätte miterwähnen sollen. Ich habe es aus dem Grunde nicht gethan, weil diejenigen Eigenthümlichkeiten, welche Pasteur studirt hat und welche eben besprochen wurden, gewissermaßen Erscheinungen zweiter Ordnung sind. Wenn Sie — und ich erlaube mir Sie an das zu erinnern, was ich früher über die Raumgitter gesagt habe — ein solches Raumgitter betrachten, wie ich es da gezeichnet habe, so werden sie in demselben nichts finden, was irgendwie die Drehung erklären

würde, Sie werden nie sagen können, das sei ein linkes, das sei ein rechtes Gebilde; das kann nur dann der Fall sein, wenn das in den Maschen des Rauggitters sitzende Massentheilchen selbst eine bestimmte Structur, eine bestimmte Symmetrie besitzt und zwar eine geringere, als diejenige des Rauggitters an sich. Diese Möglichkeit findet sich schon in obiger Figur 2 angedeutet. Nimmt man an, dass die Gesamtheit dieser Atome oder Molecüle einer etwas weiter definirten Gleichmäßigkeit der Anordnung unterliegt, so kommt man durch eine weitläufige Untersuchung, deren Gang hier nicht auseinandergesetzt werden kann, dahin, 65 oder nach anderen sogar 230 Arten regelmäßiger Punktsysteme zu unterscheiden, welche sich in 32, den 7 Krystallsystemen angehörige Symmetrieclassen und Unterclassen sondern.

Man kann nun die materiellen Punkte, aus denen obige Punktsysteme bestehen (mögen es chemische Atome oder physikalische Molecüle sein,) immer so in Gruppen oder Krystallpartikel zusammenfassen, dass die Schwerpunkte dieser Partikel in den Knotenpunkten der parallelepipedischen Maschen liegen. Die Verschiedenheit von links und rechts nun kann man sich entweder in der Disposition der Atome oder Molecule im Krystallpartikel beruhend vorstellen oder in einer Seitlichkeit der Anordnung jener Punktsysteme von erweiterter Gleichmäßigkeit; und da man angenommen hat, dass eine Flüssigkeit niemals die reticuläre

Anordnung der Partikel zeigen kann, wohl aber jene Seitlichkeit, welche in der Beschaffenheit der Molecüle oder Partikel beruht, so kann eine Flüssigkeit moleculare Drehung nach links oder rechts haben, während der Krystall entweder eine moleculare oder eine reticuläre (auf dem Bau beruhende) Drehung zeigen kann. Was den Umstand anbelangt, dass man auf synthetischem Wege aus anorganischen Substanzen die Krystalle nicht mit einer molecularen Seitlichkeit gewinnen kann, so kann sich das daraus erklären, dass mit den jetzigen Methoden nur linke und rechte Theilchen gleichzeitig gebildet werden können, rechte und linke Seitlichkeiten einander neutralisiren.

Wenn aber ein solcher Krystall, den wir synthetisch gebildet haben, der Thätigkeit gewisser kleiner Organismen ausgesetzt wird, so haben letztere die Eigenschaft, nur die linke oder nur die rechte Modification der Molecüle zu zerstören und die andere übrig zulassen. Wenn wir daher einen solchen Krystall, der sich aus links- und rechtsdrehenden Partikeln aufgebaut hat, in Lösung bringen und der Action solcher kleiner Lebewesen aussetzen, so zehren diese die eine Gruppe von Molecülen auf, während sie der anderen Gruppe nichts anhaben können.

Ich bin dem Herrn Vorsitzenden sehr dankbar, dass er auf diese ziemlich complicirte Frage der Pasteur'schen Versuche hingewiesen hat.

