

Über den Bau der Atome

von

KARL LICHTENECKER.

Die Atome sind die Bausteine, aus denen der Chemiker seine Welt aufbaut. Er definiert sie als jene kleinen Teilchen der Materie, die bei chemischen Prozessen mit einander in Verbindung treten, beziehungsweise sich von einander ablösen. Sie sind deshalb schon zufolge der Definition durch chemische Prozesse nicht weiter teilbar oder zerlegbar. Der Gedanke an Unteilbarkeit war mit dem Begriff des chemischen Atoms so fest verbunden, daß man sich lange der Tatsache verschlossen hat, daß die Atome äußerst komplizierte Systeme sind, etwa vergleichbar einem großen Orchester oder einem Sonnensystem mit seinen Trabanten und Satelliten. Von den Atomen gehen nämlich physikalische Wirkungen aus, welche nur unter dieser Annahme verständlich und erklärbar sind. Ja, noch mehr, die physikalischen Phänomene, von denen hier die Rede ist, erlauben sogar gewisse Schlüsse über die innere Struktur, den Aufbau der Atome zu ziehen. Seit der Ausbildung der Elektronentheorie, die auf den verschiedensten Gebieten überraschende Bewahrheiten erfahren und auch zur Erschließung und Erklärung zahlreicher neuer Tatsachen geführt hat, haben diese Vorstellungen einen festen Grund gewonnen, auf dem in nächster Zeit vielleicht eine ganze Physik der Atome aufgebaut werden wird,

Alle Körper werden, wenn man ihren Wärmezustand, die Temperatur, genügend erhöht, glühend, sie senden nach außen Licht aus. Denken wir uns für den Augenblick, wir hätten noch gar keine nähere Vorstellung von der Natur des Lichtes und wir wollten durch einige Versuche ermitteln, was wir als den Träger des Vorgangs, den wir als Leuchten wahrnehmen, anzusehen haben. Wir wählen einen Körper im gasförmigen Zustande, etwa Natrium, das wir in der nichtleuchtenden Flamme eines Bunsenbrenners zum

Verdampfen bringen. Die früher schwach bläulich leuchtende Flamme sendet jetzt ein helles, gelbes Licht aus. Wir sondern mittels eines Spaltes ein Bündel dieses Lichtes aus, lassen es durch ein Glasprisma treten und dann auf einen vorgehaltenen Schirm auffallen. Wir sehen jetzt helle Streifen verschiedener Farben entstehen, das Spektrum des Natriumdampfes. In diesem Falle sind es zwei besonders lichtstarke gelbe Streifen, dicht nebeneinander; im Falle der Anwendung von Kalium z. B. eine rote, drei gelbe und eine violette Linie. Wir bringen an dem Schirme einen Maßstab an, der uns gestattet, die Lage und die gegenseitige Entfernung dieser einzelnen Streifen zu bestimmen und merken uns dieselben an. Man hat Apparate gebaut, welche es ermöglichen, diese Ablesungen mit einer ganz außerordentlichen Schärfe und Genauigkeit vorzunehmen. Untersuchen wir nun, welche Wirkung auf die Anordnung der Linien unseres Natriumspektrums irgend eine Änderung des Zustandes des leuchtenden Natriumdampfes hervorbringt. Wir verwenden zur Herstellung des Dampfes anstatt metallischen Natriums eine Natriumverbindung, etwa Kochsalz (Natriumchlorid), wir ändern weiters die Wärmequelle und bringen die zu verdampfende, natriumhaltige Substanz in die Flamme eines Knallgasbläses oder eines elektrischen Lichtbogens; wir bringen schließlich vielleicht den Versuchskörper in ein geschlossenes Glasgefäß, innerhalb dessen wir den elektrischen Funken eines Ruhmkorff-Induktoriums spielen lassen können, eine Anordnung, die uns gestatten würde, die Dichte, beziehungsweise den Druck des leuchtenden Dampfes zu ändern. Alle diese Versuche liefern ein und dasselbe Ergebnis: die Linien des Spektrums werden zwar je nach der Intensität der Lichtquelle mehr oder weniger lichtstark erscheinen, stets aber befinden sie sich unverrückbar an denselben Stellen; keine Zustandsänderung des leuchtenden Gases vermag auch nur die geringste Spur einer Verschiebung oder Änderung der Spektrallinien hervorzurufen.

Bunsen und Kirchhoff, die durch diese Untersuchungen für Physik und Chemie neue Forschungsgebiete erschlossen haben, berichten über das Ergebnis ihrer Beobachtungen wörtlich: „Bei dieser umfassenden und zeitraubenden Untersuchung, deren Einzelheiten wir übergehen zu dürfen glauben, hat sich herausgestellt, daß die Verschiedenheit der Verbindungen, in denen die Metalle angewandt wurden, die Mannigfaltigkeit der chemischen Prozesse in den einzelnen Flammen und der ungeheure Temperaturunter-

schied dieser letzteren keinen Einfluß auf die Lage der den einzelnen Metallen entsprechenden Spektrallinien ausübt.“¹⁾

Diese Konstanz der Spektrallinien macht die spektroskopische Untersuchung bekanntlich zu einem vorzüglichen analytischen Behelf des Chemikers, der das Vorhandensein außerordentlich geringer Mengen eines Stoffes durch das Auftreten der für diesen Stoff charakteristischen Spektrallinien auf diese Weise — durch chemische Spektralanalyse — feststellen kann; wir ziehen für unseren Zweck aus der gleichen Tatsache eine wichtige theoretische Folgerung. Die Lichtwirkung, die sich bei der Untersuchung durch das farbenzerstreuende Prisma bei den angedeuteten von Bunsen und Kirchhoff ausgeführten Experimenten als unveränderlich erweist, kann nur von dem ausgehen, was bei den vorgenommenen Veränderungen selbst ungeändert geblieben ist. Von dem leuchtenden Gase als Ganzem kann die Lichtwirkung also nicht ausgehen, denn dessen Zustand, seine Struktur hat sich z. B. bei der Änderung des Druckes verändert. — Nach der kinetischen Gas-Theorie bestehen die Gase aus kleinen Teilen, den Molekülen des Chemikers, die mit großen Geschwindigkeiten wirr durcheinander fliegen. Je höher die Temperatur des Gases ist, desto größer ist die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit der sich die Teilchen bewegen. Auch diese Bewegung der Moleküle kann die Lichtwirkung nicht hervorrufen, da diese sonst unbedingt mit der Temperatur des leuchtenden Gases veränderlich sein müßte. Überdies gibt es ja Lichtquellen, deren Leuchten gar nicht mit einer merklichen Erwärmung gegenüber der Umgebung verbunden ist; Beispiele hiefür sind die phosphoreszierenden Körper, etwa der Diamant, der im Dunkeln beobachtet, leuchtet, wenn man ihn zuvor durch einige Zeit intensivem Licht ausgesetzt hat, ferner die Leuchtbackterien, eine Reihe von Insekten und Meerestieren. Die Spektrallinien können also ihren Ursprung nur in Vorgängen haben, die sich innerhalb des Moleküls abspielen. Das Molekül eines Körpers besteht aus Atomen; bei den chemisch zusammengesetzten aus den Atomen der Bestandteile, in die sich die Verbindung zerlegen läßt; bei den chemisch einfachen Körpern, den Elementen, bilden im allgemeinen je zwei gleiche Atome ein Molekül. Es lag also die Annahme nahe, daß das Phänomen des Lichtes von Veränderungen — etwa Bewegungen — der Atome innerhalb des Moleküls hervorgerufen wird, daß also das Licht ein

¹⁾ G. Kirchhoff, Gesammelte-Abhandlungen S. 598.

wesentlich intramolekularer Vorgang sei. Man hat diese Annahme auch tatsächlich gemacht und ziemlich lange festgehalten; schließlich mußte sie jedoch fallen gelassen werden. Es war nämlich schon lange von einem Körper bekannt, daß sein Molekül im gasförmigen Zustande aus einem einzigen Atome besteht, dieses Element ist das Quecksilber. Die vor einigen Jahren neuentdeckten Elemente Argon, Krypton, Xenon, Helium, die man unter dem Namen Edelgase zusammenzufassen pflegt, zeigen die gleiche Eigentümlichkeit. Auch diese Elemente weisen charakteristische, in ihrer gegenseitigen Lage unveränderliche Spektrallinien auf, genau wie die übrigen, zweiatomigen Elemente. Bei diesen Körpern müssen sich die Licht erzeugenden Vorgänge natürlich innerhalb der Atome abspielen, und da kein zwingender Grund vorliegt, für Erscheinungen gleicher Art wesentlich verschiedene Entstehungsursachen anzunehmen, müssen wir das Licht, mag es von welchem Körper auch immer herrühren, als das Product intraatomistischer Prozesse ansehen.

Die Tatsache, daß auch chemische Verbindungen Gasspektren, die für sie charakteristisch sind, besitzen, steht damit nicht im Widerspruch. Die Spektren chemischer Verbindungen sind nämlich von denen der Elemente gänzlich verschieden und wesentlich komplizierter als diese; trotzdem stehen sie in naher Beziehung zu den Spektren ihrer Bestandteile. Während die Spektren der Elemente aus einzelnen getrennten Linien bestehen (Linienpektren) weisen die chemisch zusammengesetzten Stoffe Bänder auf, die sich aus zahlreichen dichten Linien zusammensetzen (Bandenspektren). Das Zustandekommen der Bandenspektren ist nicht auf selbständige Vorgänge zwischen den Atomen des Moleküls, sondern weit eher auf Störungen der innerhalb des Atoms vor sich gehenden Prozesse zurückzuführen, die durch analoge Prozesse in dem Nachbaratom desselben Moleküls hervorgerufen werden.

Überdies besitzt gerade das einatomige Quecksilber ein kompliziertes Bandenspektrum, ähnlich dem chemischer Verbindungen. Schon daraus geht hervor, daß Bandenspektren nicht durch intramolekulare Vorgänge entstehen müssen. Das hohe Atomgewicht dieses Elements (200) weist auf eine besondere Größe der Atome hin, die ein ähnliches spektroskopisches Verhalten zur Folge hat, wie es chemische Verbindungen von hohem Molekulargewicht zeigen.

Es ist ein Urteil von größter Wahrscheinlichkeit, daß das Atom, von dem derart komplizierte Wirkungen ausgehen, wie sie

in dem Gasspektrum offenbar werden, selbst kein in sich einfaches Urelement, sondern ein zusammengesetzter, sogar komplizierter Mechanismus ist. Um zu diesem Ergebnis zu gelangen, ist gar nicht nötig gewesen, die modernen Kenntnisse über die Natur des Lichtes heranzuziehen. Tatsächlich war auch schon Newton (1643 bis 1727) von der Kompliziertheit der chemischen Atome überzeugt, wenn er sagt:

„Die kleinsten Teilchen der Materie hängen durch die stärksten Kräfte mit einander zusammen und bilden größere Teilchen von schwächerem Zusammenhalt. Viele dieser Teilchen hängen wohl wieder zusammen und liefern noch größere Teilchen, deren Zusammenhang ein noch loserer ist und so weiter in langer Reihe, bis man schließlich zu jenen größten Teilchen kommt, an welchen sich die chemischen Prozesse abspielen, von denen die Färbung der Naturstoffe abhängt und durch deren Zusammensetzung Körper von wahrnehmbarer Ausdehnung entstehen.“¹⁾ Freilich ist Newtons Ansicht über diesen Gegenstand bis in die neueste Zeit wenig Beachtung geschenkt worden.

Verlassen wir den Standpunkt, als wüßten wir nichts über die Natur des Lichtes oder doch nicht mehr, als etwa zu Newtons Zeit bekannt war, und ziehen wir die großen Entdeckungen des verflossenen Jahrhunderts der Reihe nach in Betracht, so erfahren wir weit mehr über das Atom, als das, daß es der Sitz der licht-erregenden Vorgänge und daher ein keineswegs einfaches Gebilde ist.

Newton stellte sich vor, Licht komme dadurch zustande, daß kleine Teilchen von den leuchtenden Atomen fortgeschleudert werden; durch das Eindringen dieser Partikelchen ins Auge und die dadurch entstehende Reizung der Netzhaut sollte die Lichtempfindung ausgelöst werden. Dies ist die Emissionstheorie des Lichtes. Aber schon Christian Huyghens (1629—1695) faßte die Idee, daß sich das Licht nicht durch körperliche Träger, sondern dadurch fortpflanzt, daß in einem Medium periodische Änderungen vor sich gehen, die sich in die Ferne übertragen, wie die Bewegung der Wellen auf dem Wasser. Man kannte einen Vorgang, bei dem ein Gleiches zutrifft, den Schall. Jeder Körper, der tönt, befindet sich in rythmischer Bewegung, diese ruft in der Luft abwechselnd Verdichtungen und Verdünnungen hervor, die sich auf weite Strecken hin fortpflanzen und andere Körper, sogenannte

¹⁾ Annual report of the Smithonian Institution, 1901, Seite 238.

Resonatoren, in Schwingungen von gleichem Rythmus versetzen können, wie es die des schallerregenden Körpers waren. Ein solcher Resonator ist unser Ohr und das Medium, durch das sich der Schall fortpflanzt, ist die Luft. Unter die Glocke einer Luftpumpe gebracht, tönt ein Läutewerk umso leiser, je vollständiger man die umgebende Luft durch Pumpen entfernt. Durch den luftleeren Raum vermag sich der Schall nicht fortzupflanzen. Licht hingegen vermag auch solche Räume zu durchdringen. Ungehindert tritt es durch ein Glasgefäß, aus dem die darin befindlichen Gase bis auf geringfügige Spuren entfernt sind: es durchheilt den Weltenraum, der ebenfalls vollkommen luftfrei sein muß, denn die in ihm mit rasender Geschwindigkeit sich fortbewegenden Weltkörper erfahren keine merkliche Spur einer Reibung. Ist also die zweite der besprochenen Anschauungen von der Natur des Lichtes, die Wellen- oder Undulationstheorie, die richtige, so muß es außer der Materie, die wir mit Händen greifen, wägen, chemisch analysieren können, noch einen Stoff von wesentlich anderen Eigenschaften geben, den Träger der Fortpflanzung der optischen Erscheinungen, den Lichtäther.

Die Entscheidung ist längst zu Gunsten der Wellentheorie gefallen, insbesondere durch den Nachweis, daß das Licht interferieren kann, d. h. daß Licht zu Licht gefügt, unter Umständen Dunkelheit liefern kann, so wie zwei Wellenzüge sich an gewissen Stellen auslöschen können, nämlich dort, wo Wellental und Wellenberg zusammentreffen. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Wellen im Raume fortpflanzen, ist eine über unsere Vorstellungskraft hinausgehende große. Man hat sie nach einigen, gänzlich von einander unabhängigen Methoden zu 300.000 *km* in der Sekunde bestimmt.

Aus der Breite der unter bestimmten Bedingungen erzeugten Auslöschungs- oder Interferenzstreifen, läßt sich die Länge der Lichtwellen berechnen; dieselbe ist für die verschiedenen Lichtsorten verschieden, und zwar unter den sichtbaren Strahlen für rot am größten, für violett am kleinsten. Die Längen der Lichtwellen gehören zu den kleinsten, physikalisch gemessenen Größen; für die gelbe Doppelinie des Natriums betragen sie 589.01, beziehungsweise 589.61 μ . (1 $\mu = 0.000001$ *mm*). Das Linienspektrum eines Gases zeigt an, daß das Atom des betreffenden Elements die Fähigkeit hat, eine Anzahl Ätherschwingungen verschiedener, aber ganz bestimmter Wellenlänge (und mithin auch Schwingungszahl) hervorzurufen. Innerhalb des Atoms müssen sich daher periodische Änderungen voll-

ziehen, deren Periodenzahlen mit den Schwingungszahlen der Lichtsorten des Gasspektrums übereinstimmen. Da die für Beobachtung und Vorstellung geläufigsten Änderungen Bewegungen sind, ist es naheliegend, sich ein mechanisches Bild vom Aufbau des Atoms zu machen, so zwar, daß man sich das Atom als ein System vorstellt, dessen einzelne Teile Schwingungen bestimmter Schwingungsdauer um gewisse Gleichgewichtslagen ausführen. In neuester Zeit hat A. Filippini¹⁾ solche mechanische Bilder für einige einfachere Fälle aufgestellt und der Berechnung unterzogen, die eine Reihe von Ergebnissen zu Tage förderte, die mit Erfahrungstatsachen in überraschendem Einklang stehen. Es wurde bereits erwähnt, daß die Spektren chemischer Verbindungen zu denen ihrer Bestandteile in naher Beziehung stehen. Gewisse Spektral-Linien sehen wir in den verschiedensten Verbindungen eines und desselben Elements immer wieder auftreten. Hierbei erfahren jedoch diese Linien meistens eine, wenn auch nur kleine Verschiebung gegenüber den zugehörigen Linien im Spektrum des betreffenden Elements als solchen. Diese Verschiebung ist gegen das rote Ende des Spektrums hin gerichtet und wächst mit steigendem Molekulargewicht der Verbindung. Auch bei Koppelung schwingender mechanischer Systeme treten nun Periodenänderungen auf, welche diesen Linienverschiebungen der Verbindungsspektren durchaus analog sind.

In die eigentliche Natur der das Leuchten verursachenden intratomistischen Vorgänge gewährt aber erst die elektromagnetische Theorie des Lichtes tieferen Einblick. Daß die Fortpflanzung des Lichtes ein elektromagnetischer Vorgang ist, ist seit den Versuchen von Heinrich Hertz, dem die experimentelle Herstellung elektromagnetischer Wellen mit allen wesentlichen Eigenschaften der Lichtwellen gelang, nicht mehr zu bezweifeln. Vor zehn Jahren wies Zeemann den von der Theorie vorausgesagten aber lange vergeblich gesuchten Einfluß eines magnetischen Kraftfeldes auf die Linien des sichtbaren Spektrums nach. Jede Spektrallinie teilt sich, falls die Richtung des magnetischen Feldes mit der Strahlrichtung des Lichtes übereinstimmt, in zwei, falls die beiden Richtungen auf einander senkrecht stehen, in 3 Linien. Genau das muß eintreten, wenn sich elektromagnetische Störungen innerhalb eines Magnetfeldes ausbreiten. Die Erregung der elektromagnetischen Wellen, die Hertz hergestellt hat, kommt durch ungemain

¹⁾ Deutsch zugänglich durch: A. Garbasso, Vorles. über theoretische Spektroskopie. Lpz. 1906.

rasche Schwingungen elektrischer Ladungen zustande. Entlädt man eine Leidener Flasche oder einen Plattenkondensator, so erfolgt der Vorgang des Elektrizitätsausgleiches bekanntlich nicht etwa so, daß die positive Belegung Elektrizität an die negative so lange abgibt, bis beide Platten elektrisch indifferent sind, vielmehr erweist sich die ursprünglich positive Platte in den unmittelbar folgenden Augenblicken zunächst negativ, dann wieder positiv, wenn auch schwächer als vor Beginn des Entladungsvorgangs, dann wieder negativ und so fort, bis zum allmöglichen Abklingen des Prozesses. Schon mit Hilfe eines rotierenden Spiegels kann man den Entladungsfunken in eine Reihe dicht nebeneinander liegender Funkenbilder, die immer geringere Helligkeit besitzen, zerlegen. Erfolgt dieser periodische Wechsel der Ladungen beim Entladen einer gewöhnlichen Leidener Flasche auch sehr rasch, viel zu rasch, als daß wir ihn direkt mit dem Auge oder Ohre feststellen könnten, so ist er doch anderseits noch viel zu langsam zur Erzeugung elektrischer Wellen, die unserer Beobachtung bequem zugänglich wären. Dadurch, daß man die elektrische Kapazität der Körper, zwischen denen der Entladungsvorgang sich abspielt und die dabei auftretende elektromagnetische Hemmung (Selbstinduktion) möglichst klein macht, vermag man die Dauer einer Oscillation bis auf Milliontel von Sekunden herabzudrücken. Die kürzesten elektromagnetischen Wellen, die man auf diese Weise bisher erhalten konnte, messen aber immerhin noch nach Centimetern.

Da die Wellen des Lichtstrahles nichts anderes als elektromagnetische Wellen sind, muß man auch sie verursacht denken durch Oscillationen elektrischer Ladungen. Schon aus der überaus kleinen Wellenlänge des Lichtes können wir einen Schluß ziehen auf die ungemein kleinen Beträge, die Kapazität und Selbstinduktion bei diesen, die Erscheinung des Lichtes hervorrufenden Oscillationen aufweisen. Tatsächlich müssen sich ja auch diese Prozesse, wie wir gesehen haben, innerhalb der Atome abspielen, wodurch für die Größe der Kapazität ein bestimmter oberer Grenzwert gegeben ist. Das Zeemannsche Phänomen ermöglicht überdies direkt die Größe der elektrischen Ladungen, deren Oscillationen die Lichtwellen hervorrufen, im Verhältnis zu ihrer Masse, zu berechnen. Es ergibt sich bei dieser Rechnung eine Zahl, die sehr befriedigend übereinstimmt mit der Größe der elektrischen Ladung der Elektrizitätspartikelchen, die bei anderen physikalischen Prozessen, bei der Elektrolyse und bei der Elektrizitätsleitung durch ver-

dünnte Gase, an die Atome oder Atomgruppen gebunden erscheinen und die den Namen Ionen, beziehungsweise Elektronen erhalten haben.

Dadurch, daß bei den Zeemannschen Doppellinien die dem violetten Ende des Spektrums zugewandte Spektrallinie in dem Sinne polarisiert ist, in dem ein das Magnetfeld erzeugender Strom kreisen müßte, ist auch das Vorzeichen der innerhalb des Atoms oscillierenden Ladungen bestimmt; dieselben müssen nämlich notwendig negativ sein. Auch dieser Umstand stimmt wunderbar überein mit den Ergebnissen, zu denen das Studium der Gasentladungen geführt hat und die gleichfalls den negativen Elektronen eine ungleich größere Beweglichkeit zuweisen als den positiven Partikelchen, den sogenannten Restatomen. Dieser Name soll andeuten, daß das positive Teilchen das ist, was von einem ursprünglich nach außen elektrisch indifferenten Atom übrig bleibt, wenn sich das negative Elektron von demselben abspaltet. Daß aber die Konstitution der Atome keine so einfache sein kann, wie aus der soeben gegebenen Darstellung hervorgehen würde, ergibt sich aus der großen Kompliziertheit ihrer Spektren. In letzter Zeit hat eine Anzahl der bedeutendsten Forscher es der Mühe wert gehalten, auf Grund der Elektronentheorie Atommodelle zu konstruieren, die das Zustandekommen der verschiedenen Gasspektren erklären würden. Stoney⁴⁾ hat seine eben so kühne als erfolgreiche Theorie auf dem Gedanken aufgebaut, daß die innerhalb des Atoms in elliptischen Bahnen kreisenden Elektronen ganz analoge Störungen ihrer Bahnen gegenseitig hervorrufen, wie die Planeten eines Sonnensystems. Da die Atome so überaus widerstandsfähig gegenüber allen Versuchen, sie zu zertrümmern oder in einander überzuführen sind, müssen die Konstellationen der planetaren Elektronen eine hohe Stabilität besitzen; diesen Gedanken benutzte J. J. Thomson¹⁾, um aus der unbeschränkten Mannigfaltigkeit der denkbaren Modelle eine Auswahl treffen zu können. Seine Bilder vermögen uns sogar eine Vorstellung davon zu geben, wie etwa die geheimnisvolle Periodizität der Elemente, die sog. Mendelejeffschen Reihen, zustande kommen könnte.

Damit sind wir an den äußersten Enden der wissenschaftlichen Spekulation angelangt und der feste Boden des Experiments, der Erfahrungstatsache, beginnt zu schwinden. Oder sollte den Menschen vergönnt ein, auch diese äußersten Tiefen des Chaos zu durchforschen und messend zu analysieren? Die wunderbaren Errungenschaften der letzten Jahrzehnte, der letzten Jahre lassen eine vorilige Skepsis verstummen.

¹⁾ A. Garbasso, a. a. O.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [54](#)

Autor(en)/Author(s): Lichtenecker Karl

Artikel/Article: [Über den Bau der Atome 37-45](#)