

schriften volkstümlich gemacht, eine mehr und mehr sich ausbreitende Beschäftigung in den freien Stunden des arbeitsamen Berufsmenschen geworden. Das Gesehene in künstlerischer Form festzuhalten, ist vielen Bedürfnis, doch ist die Fähigkeit, den Zeichenstift zu führen, nur wenigen durch Anlage und Begabung gegeben. Die eindringlichsten Lehrer der Naturwissenschaften haben schon immer das größte Gewicht darauf gelegt, ihre Schüler zum Zeichnen des Gesehenen, und sei es auch in der primitivsten Form, anzuhalten. Denn wie jeder Mensch schreiben lernt, so kann auch jeder Mensch lernen, das, was er sieht, in erkennbarer Form mit dem Zeichenstift darzustellen. Das Buch von *Bruns* hat ein Bedürfnis für alle die ausgefüllt, welche das Bestreben haben, ihre eigenen Beobachtungen im Bilde festzuhalten, und die aus sich selbst heraus nicht recht wissen, wie dies anzufangen sei. Das Zeichenbuch ist die schönste Erinnerung an geübte Augenfreuden. Wie *Ruskin* in seinen Elementen des Zeichnens gar keine Voraussetzungen als Fleiß macht für den, der zeichnen lernen will, aber keine Anlage und keine Geschicklichkeit verlangt, so lehrt *Bruns* vom einfachsten, für einen jeden Ausführbaren ausgehend, das Zeichnen naturwissenschaftlicher Gegenstände. Das naturwissenschaftliche Zeichnen kann gelernt werden. *Bruns* sagt mit Recht, daß die Fehlerquellen in der Darstellung nicht in Unschärfe des Auges oder Ungeschicklichkeit der Hand, sondern in der mangelnden Fähigkeit liegen, von den Sinneseindrücken klare Vorstellungen zu bilden und sie miteinander zu vereinigen. Diese Fähigkeit zu lehren, bemüht sich in diesem vortrefflichen, Schritt für Schritt vorwärtsgelenden Werke ein naturwissenschaftlich und künstlerisch hochgebildeter Zeichner. Die mit einfachsten Mitteln dargebotenen, vom Verf. selbst gezeichneten Tafeln lehren, mehr noch als die wörtliche Ausführung, die Methoden der Schwarzweißdarstellung gesehener Flächen und Körper.

Bruns beginnt mit der Darstellung primitiver Zeichnungen. Diese Zeichnungen sind aus dem Gedächtnis, nicht nach dem Vorbild hergestellt, dasjenige, was den Zeichner am meisten bewegt, das Wild für den Jäger der Urzeit, das Renntier für den Lappen, die Bewegungen beim Spiel für den Eskimo, erscheinen am naturwahrsten. Diese uns so sehr natürlich erscheinenden Darstellungen gehen bei höherer Kultur in stilisierte Bilder über, welche in Andeutungen auch heute noch, namentlich in der Kartographie und vielen anderen graphischen Abbildungen zu finden sind. Diese Zeichnungen aus dem Gedächtnis finden im Modell nur eine Unterstützung für das Gedächtnis, im übrigen sind Lage und Raumverhältnisse konventionell. Die Zeichnung nach ebenen Gebilden ist bei der Darstellung naturwissenschaftlicher Gegenstände der Anfang und muß vom einfachsten ausgehen. Beschreibungen sind hierbei gefährlich, weil die Zeichnung sich hierbei zu sehr dem Schema, der typischen Form, anlehnen würde. Auch Kopieren fertiger Zeichnungen ist gefährlich, durch das Kopieren kann man so wenig zeichnen lernen, wie ein Analphabet durch Abmalen eines Schriftstückes schreiben lernt. In klarer Form lehrt *Bruns* die Darstellung ebener Gebilde, den Kontur, die Flächendeckung, die Auswahl wichtiger und Auslassung nebensächlicher Punkte. Dann geht er zu schwereren Dingen über, zum Projizieren, zur Auffassung sich überschneidender, gedrehter und gewundener Achsengebilde, zur Perspektive, der Spiegelung und zu all den kleinen und größeren Hilfsmitteln, welche für die Darstellung von Wichtigkeit sind. Er bespricht die

Reproduktionsverfahren und die Technik, die für sie so verschieden ist, die Schwarzweißzeichnung, die Schattierung, das Silhouettenzeichnen, das mikroskopische Zeichnen, die Anordnung mehrerer Gegenstände auf einem Blatt unter Berücksichtigung ästhetischer Gesichtspunkte, wobei sogar die Beschriftung in künstlerischer Form nicht aus den Augen gelassen wird. Wer sich im Zeichnen versucht, wird hier von leichten bis zu den schwierigsten Aufgaben schrittweise fortgeführt, und auch schon der recht kundige Autodidakt wird in diesem Werk die wertvollsten Hilfen kennen lernen und namentlich vieles erleichtert finden, was ihm Mühe bereitete oder noch nicht gelang, weil er nicht wußte, wie er der technischen Schwierigkeit Meister werden sollte. Eine Reihe von Tafeln aus alten und neueren naturwissenschaftlichen Bilderwerken der berühmtesten Autoren, *Leeuwenhoek*, *Swammerdam*, *Malpighi*, *Haeckel*, um nur die bekanntesten zu nennen, und vielen anderen, zeigt, wie die vom Verf. dargelegten Methoden schon seit Jahrhunderten angewandt worden sind. Das Buch wird vielen Freude machen und einen Leitfaden für die eigenen Kunstübungen darstellen.

F. Pinkus, Berlin.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

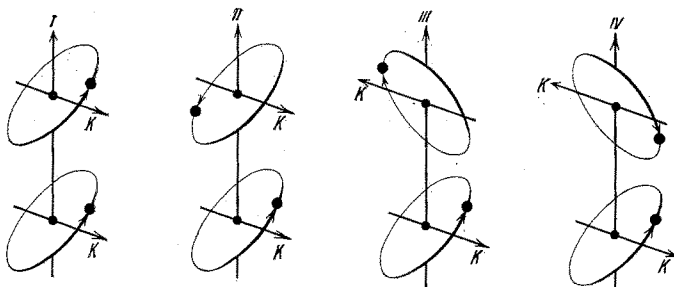
Über das Modell der Wasserstoffmolekel.

Im 23. Heft des laufenden Jahrganges dieser Zeitschrift hat Herr A. Eucken das Problem der Wasserstoffmolekel wieder aufgenommen, das seit dem deutlichen Versagen des sogenannten Bohr-Debyeschen Modells gegenüber der Dissoziationswärme nur wenig diskutiert worden ist; er schlägt ein neues Modell vor, bei dem die Elektronen zwischen den Kernen nahezu geradlinig pendeln und nur darum mit den Kernen nicht zusammenstoßen, weil diese um ihren Schwerpunkt rotieren. Dieser Ausweg aus den Schwierigkeiten ist sehr geistreich und scheint vielversprechend; auch lassen sich, wie Herr Eucken ausführt, Gründe dafür angeben, daß die Molekel stets, auch beim absoluten Nullpunkt, rotiert.

Ich bin aber der Meinung, daß sich dieser Vorschlag nicht aufrecht erhalten läßt, weil er den Prinzipien der Quantentheorie widerspricht; diese sind inzwischen von Bohr und anderen in so vielen Fällen erfolgreich angewandt worden, daß man nicht ohne die zwingendsten Gründe davon abgehen wird. Die Zeit, wo es der Phantasie des Forschers freistand, Atom- und Molekelmodelle nach Willkür zu ersinnen, ist wohl vorüber; man ist vielmehr jetzt in der Lage, durch Anwendung der Quantenregeln mit einer gewissen, wenn auch noch keineswegs vollständigen Sicherheit die Modelle zu konstruieren. Für den Aufbau der Wasserstoffmolekel kommt in erster Linie das Adiabatenprinzip in Betracht. Man denke sich zwei in irgendwelcher Orientierung im Raume befindliche normale, einquantige Wasserstoffatome; sodann stelle man sich vor, daß die Kerne langsam einander genähert werden, bis eine merkliche Wechselwirkung der beiden Atome eintritt. In diesem Augenblick liegt ein locker gekoppeltes System vor, und es macht keine Schwierigkeiten, die Wechselwirkung mit den Methoden der Störungstheorie zu berechnen. Sehr bequem ist hierzu ein Näherungsverfahren der Himmelsmechanik, das Herr W. Pauli jun. und ich für die Zwecke der Quantentheorie eingerichtet haben (Z. f. Phys. 10, S. 137, 1922). Man muß nun vor allem beachten, daß das System der beiden

H-Atome *ausgeartet* ist; die Winkelgeschwindigkeiten der beiden Elektronen um ihre Kerne sind ja einander gleich. Man darf daher nicht mehr die Wirkungsintegrale der einzelnen Atome J_1 und J_2 , die zu den Umlaufwinkeln w_1 und w_2 kanonisch konjugiert sind, einzeln quanteln, sondern muß zu neuen kanonischen Variablen übergehen, nämlich $w = w_1$, $w' = w_1 - w_2$ mit den entsprechenden Impulsen $J = J_1 + J_2$, $J' = J_2$. Sodann hat w' für das unendlich locker gekoppelte System die mittlere Bewegung Null, und man hat auf diese Variable die Methode der säkularen Störungen anzuwenden. Ähnliche Überlegungen gelten für die andern Paare von Winkelvariablen und Impulsen. Man kann nun leicht einsehen, daß es nur 4 Typen von Bahnen mit einfachen Periodizitätseigenschaften gibt.¹⁾ Bei diesen bilden die Bahnnormalen der beiden Atome gleiche Winkel i mit der Verbindungslinie der Kerne, und es ist $\cos i = \frac{P}{J}$ wo P den gesamten Impuls um diese Linie und J die oben eingeführte Quantensumme bedeutet. Die vier Bahntypen unterscheiden sich dadurch, daß die positive Richtung der Knotenlinie K (Schnittlinie der

(Fall III). Weiter sind nur noch drei Möglichkeiten vorhanden. Die Quantensumme J ist nämlich nach dem Adiabatenprinzip gleich $2h$ zu setzen, weil für die einquantigen Atome $J_1 = J_2 = h$ gilt. Sodann bleiben für den Impuls um die Kernachse nur die drei Werte $P = 0, h, 2h$, die den Bahnstellungen $\cos i = 0, \frac{1}{2}, 1$ entsprechen. Im ersten Falle hat man das von *Lenz* vorgeschlagene Modell, wo beide Elektronen dauernd in einer Meridianebene durch die Kernachse laufen; der letzte Fall führt bei hinreichender Annäherung der Kerne auf das Bohr-Debyesche Modell, wo beide Elektronen in derselben, senkrecht auf der Kernachse stehenden Ebene laufen. Ersteres System ist wahrscheinlich, letzteres sicher mechanisch nicht stabil und darum von *Bohr* selbst längst aufgegeben. Es bleibt also nur der Fall $P = h$, $\cos i = \frac{1}{2}$, $i = 60^\circ$; ich hoffe zeigen zu können, daß dieser stabil ist. Nimmt man an, daß das für großen Kernabstand konstruierte Modell bei Annäherung der Kerne im großen und ganzen erhalten bleibt, so empfiehlt sich die Konfiguration III durch mehrere erwünschte Eigenschaften: Das Gleichgewicht der Kerne tritt nach unseren Kenntnissen über das Trägheitsmoment bei einem Ab-



Bahnebene mit der zur Achse senkrechten Ebene, positiv am aufsteigenden Knoten) in beiden Atomen gleich oder entgegengesetzt sein kann und daß die Elektronen an entsprechenden oder gegenüberliegenden Stellen der Bahnen stehen können. (S. Fig.)

Es ist anschaulich klar, und man rechnet auch leicht nach, daß nur einer der vier Fälle stabil ist, nämlich der, wo die Knotenlinien entgegengesetzt sind, die Elektronen aber an homologen Stellen stehen

¹⁾ Der kleinste Wert, den das Wirkungsintegral J' der ausgearteten Winkelvariablen w' annehmen kann, ist Null; indem man J' auf Grund der säkularen Störungen berechnet, erkennt man, daß aus $J' = 0$ sogleich $w' = \text{konst.}$ folgt, und die Bewegungsgleichungen lassen dann nur die Werte $w' = 0$ und $w' = \pi$ zu. Es stellen sich also von selbst Phasenbeziehungen zwischen den Elektronen der beiden Atome her. Dasselbe muß in allen Fällen gelten, wo mehrere gleiche Atome zu einem Molekel- oder Kristallverband zusammentreten. Dieses Ergebnis erscheint mir sehr wichtig. A. Landé hat bereits vor einiger Zeit (Z. f. Phys. 4, S. 410; 6, S. 10, 1921) ein Diamantmodell durchgerechnet, bei dem die einander entsprechenden Elektronen aller Atome sich nicht nur in äquivalenten Bahnen, sondern auch in gleicher Phase bewegen. Diese Annahme des Atomsynchronismus scheint sich also auf die Prinzipien der Quantentheorie stützen zu lassen.

stand ein, der von der Größenordnung des Radius des normalen H-Atoms ist; dann kommt aber das Elektron eines Atoms dem Kern des andern sehr nahe, und es ist zu erwarten, daß die Dissoziationsenergie größer ausfällt als bei dem Bohr-Debyeschen Modell. Ferner hat *Bohr* bei seinen Atomuntersuchungen erfolgreich das Prinzip angewandt, daß diejenigen Bahnen nicht vorkommen, deren Ebenen zusammenfallen, und daß von den übrigen die mit kleinstem Moment dem Normalzustand entspricht. Diese Regel führt in unserem Falle gerade auf das Modell $P = h$, $i = 60^\circ$. Endlich gelangt man, wenn man die Kerne allmählich zusammenrücken läßt, gerade zu dem Modell des Parheliums im Normalzustand, das neuerdings von *Bohr* angegeben worden ist und aus vielen Gründen als die wahrscheinlichste Konfiguration des Heliums gelten muß.

Ich glaube daher, daß man so lange das hier aus den Prinzipien der Quantentheorie abgeleitete Modell als das wahrscheinlich richtige ansehen muß, als nicht etwa die genaue Durchrechnung Widersprüche mit der Erfahrung ergibt. Das von *Eucken* vorgeschlagene Modell aber widerspricht der Forderung, daß die Molekel aus den Atomen auf adiabatischem Wege herstellbar sein muß und ist daher wohl abzulehnen.

Göttingen, 27. Juni 1922.

M. Born.