

dieser Moleküle als Superposition von Strukturen angesehen werden, die bestimmten, verschiedenen Konstitutionsformeln entsprechen (Beispiel: Beim Benzol kann der Grundzustand als Superposition der beiden *Kekulé*- und der 3 *Dewar*-Formeln angesehen werden; daneben sind noch sogenannte „polare“ Strukturen zu berücksichtigen). Man sagt dann, der Zustand sei „mesomer“ in bezug auf die an der Superposition beteiligten Strukturen. Die Zustände eines solchen Moleküls können aber noch in anderer Weise als durch Superposition der Strukturen beschrieben werden, indem man nämlich den Elektronen, die den zweiten Strichen der Doppelbindungen entsprechen, bestimmte Elektronenschwingungen („Elektronenbahnen“) zuschreibt, die sich durch das ganze Molekül erstrecken („molecular orbitals“, nach *Mulliken*). Diese „Bahnen“ sind für den Grundzustand des Moleküls in ihrer energetischen Reihenfolge zu besetzen, wobei — analog wie bei den Atomen — gemäß dem *Paulischen* Ausschließungsprinzip jede Bahn mit nicht mehr als 2 Elektronen besetzt werden kann, die dann entgegengesetzten Spin besitzen müssen. Unter diesen Bahnen sind solche, die die Atome binden, und solche, welche sie lockern. Durch Besetzung der Bahnen ergeben sich je nach dem vorliegenden Fall abgeschlossene oder nicht abgeschlossene Elektronengruppen, analog wie bei den Atomen des Periodischen Systems. Z. B. ergibt sich in der Reihe C_nH_n ($n = 5, 6, 7$) eine abgeschlossene Elektronengruppe für die Zahl von 6 Elektronen, die den zweiten Strichen der Doppelbindungen zuzuordnen sind. Der Ring C_6H_6 , bei dem ein Elektron zur abgeschlossenen Sechsergruppe fehlt, verhält sich zum Benzol analog wie ein Halogen zum darauffolgenden Edelgas. In der Tat bildet er ionoid aufzufassende Alkalimetallverbindungen wie das Cyclopentadienkalium $[C_5H_5]^-K^+$.

Mit der Mesomerie ist ein charakteristischer energetischer Effekt für die Bindungsenergie der Atome verknüpft: Die Bindungsenergie ist stets größer, d. h. die Atome sind stets fester gebunden, als sie es wären, wenn die Doppelbindungen isolierte wären, d. h. als wenn eine bestimmte Strukturformel den Grundzustand des Moleküls richtig wiedergeben würde. Der Betrag, um den diese Bindungsenergie größer ist als für isoliert gedachte Doppelbindungen, wird als „Sonderanteil“ der Bindungsenergie bezeichnet. (In der amerikanischen und englischen Literatur wird der Ausdruck „Resonanzenergie“ angewendet; doch ist diese Benennung nach dem Vortr. abzulehnen.) Das Auftreten dieses Sonderanteils der Bindungsenergie bedingt die geringe Dissoziationsenergie von Verbindungen wie des Hexaphenyläthans, und damit deren Dissoziation in freie Radikale (z. B. des Hexaphenyläthans in zwei Triphenylmethyl). Dieser Sonderanteil der Bindungsenergie ist nämlich für die getrennten Radikale erheblich größer als für deren Dimere. Wesentlich ist hierfür die räumliche Symmetrie der Elektronenschwingungen der Elektronen, die den zweiten Strichen der Doppelbindungen zuzuordnen sind und damit der Symmetrie ihrer Ladungsverteilung. Letztere ist Null in der Ebene der durch diese Elektronen verbundenen C-Atome und hat ein Maximum ober- und unterhalb der Ebene, in der diese C-Atome liegen. Diese Ladungsverteilung stabilisiert auch die ebene Anordnung der C-Atome in diesen Verbindungen, so z. B. im Äthylen und im Triphenylmethyl. In ähnlicher Weise wie die energetische Stabilität der freien Radikale ist diejenige der vom Triphenylmethyl sich ableitenden Farbstoffionen zu deuten. Dabei ist für letztere noch das Vorhandensein von Gruppen wie NH_2 , OCH_3 usw. wesentlich, welches den Sonderanteil der Bindungsenergie in den Ionen der Farbstoffradikale erhöht.

Colloquium am 15. November 1938, Berlin-Dahlem.

K. Molière, Berlin: „Über den Einfluß der Absorption auf den Brechungseffekt der Elektronenstrahlen.“

Bei der Reflexion von Elektronenstrahlen an den beiden polaren Tetraederflächen (111) und ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) der Zinkblende wurden für die niederen Reflexionsordnungen Unterschiede in den Brechungsindizes bzw. verschiedene Werte des nach der modifizierten *Bragg*schen Formel errechneten „scheinbaren inneren Potentials“ gefunden³⁾. Für hohe Ordnungsahlen scheint der Brechungsindex für beide Flächen identisch zu

³⁾ P. A. Thießen u. K. Molière, Ann. Physik, erscheint demnächst.

sein. Die Flächen wurden, unter Bezugnahme auf die Röntgenmessungen von *Coster*, *Knol* und *Prins*⁴⁾ mit Hilfe des piezoelektrischen Effektes identifiziert.

Da bei jeder reinen Interferenzerscheinung das Vorhandensein eines Symmetriezentrums sich im Beugungsbild nicht bemerkbar machen kann (*Friedelsche* Regel), müssen zur Erklärung der erwähnten Unterschiede andere Ursachen, z. B. Absorption des Elektronenstrahles, herangezogen werden. Auf theoretischem Wege (durch eine einfache, formale Modifikation des *Betheschen* Ansatzes) wurde versucht, über den Einfluß der Absorption auf die Lage der Intensitätsmaxima Aussagen zu machen. Obwohl die Rechnung gewisse grobe Näherungsannahmen enthält, scheint es sicher zu sein, daß zwar die Absorption eine starke Verschiebung der Maxima nach größeren Winkeln (also im Sinne einer Erniedrigung des scheinbaren inneren Potentials) hervorrufen kann. Dagegen vermag der Ansatz die experimentell gefundenen Verschiedenheiten an den polaren Gegenflächen der Zinkblende nicht zu erklären.

Als Ursachen für den gefundenen Effekt kommen also vermutlich Unterschiede im Feinbau der beiden Oberflächen in Betracht. Ob es sich im einzelnen um verschiedene Häufung von Fehlstellen (submikroskopische Rauigkeit) oder verschiedene adsorbierte Fremdstoffschichten an den beiden Oberflächen handelt, kann zunächst nicht entschieden werden.

H. Witzmann, Berlin: „Die Messung der Porosität von Filtern“⁴⁾.

³⁾ *Coster*, *Knol* u. *Prins*, Z. Physik 68, 345 [1930].

⁴⁾ Erscheint demnächst ausführlich in dieser Ztschr.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik

Gemeinsame Sitzung am 23. November 1938 in der T. H. Berlin-Charlottenburg.

C. F. v. Weizsäcker, K. W. I. für Physik, Berlin-Dahlem: „Elementumwandlungen als Quelle der Sternenergie.“

Das Alter der Sonne läßt sich, übereinstimmend nach verschiedenen Methoden, zu einigen 10^9 Jahren abschätzen. Es ist ein altes Problem der Astronomie, woher die Sonne die Energie genommen hat, die sie im Laufe dieser gewaltigen Zeiträume abstrahlte. Erwähnt sei hier nur, daß die Energieerzeugung z. B. durch Kontraktion nur für $1/100$ des bisherigen Lebensalters der Sonne diese Ausstrahlung hätte decken können. Heute hat sich wohl allgemein die Ansicht durchgesetzt, daß die Kernumwandlungen die wichtigste Quelle der Sonnenenergie sind. Diese Annahme reicht zur Erklärung der Sonnenstrahlung aus, wie eine Überschlagsrechnung zeigt: im einfachsten Fall, bei welchem die Sonne ursprünglich aus Wasserstoff bestand und sich dieser allmählich in schwerere Elemente umwandelte, würde sich eine Mindestlebensdauer der strahlenden Sonne von $3 \cdot 10^{12}$ Jahren ergeben, also ein durchaus ausreichendes Alter der Sonne. Hier tritt aber sogleich eine weitere Frage auf: Wenn die Sonne ursprünglich nur aus Wasserstoff bestanden hätte, wäre dann unter den Druck- und Temperaturbedingungen in der Sonne — die in gleicher Weise wie heute sicher schon sehr lange bestehen — ein Elementaufbau zu erwarten, der schließlich zu einer Elementverteilung in der Sonne führen würde, wie sie heute vorhanden ist, wäre vor allem ein Aufbau der zweifellos reichlich vorhandenen schwereren Elemente (z. B. Ca, Fe und viele andere) möglich? Der Vortr. glaubt diese Frage auf Grund einer eingehenden Diskussion der möglichen Kernaufbauprozesse¹⁾ verneinen zu müssen. Denn selbst wenn die zu einem solchen Aufbau notwendigen, bisher nicht als stabil nachgewiesenen Kerne He und Li der Masse 5 existieren, würde ein sich bildender Kern von der Masse 8 sogleich in 2 α -Teilchen zerfallen und einen weiteren Aufbau unmöglich machen. Ferner kann man zeigen, daß auch beim Vorhandensein von Kohlenstoff mit der Masse 12 ein weiterer Kernaufbau scheitern würde an der Tatsache, daß C^{13} nur als Katalysator

¹⁾ Vgl. Physik. Z. 89, 633 [1938].

für die Entstehung von α -Teilchen aus Protonen²⁾ wirkt, nicht aber ein Aufbau stabiler höherer Elemente aus C^{12} möglich ist. Wir müssen uns also offenbar zunächst mit der Tatsache abfinden, daß ein Aufbau der schweren Elemente aus Wasserstoff bei den augenblicklichen Druck- und Temperaturbedingungen in der Sonne nicht möglich ist; diese Elemente müssen also in einer ähnlichen Verteilung, wie wir sie jetzt vor uns haben, schon lange dagewesen sein. Andererseits sei aber nochmals darauf hingewiesen, daß die möglichen Kernprozesse, die sich auf die Umwandlung von Wasserstoffkernen in He-Kerne beschränken („Verbrennung von Wasserstoff“), durchaus in bezug auf die dabei frei werdende Energie ausreichen, den Ausstrahlungszustand der Sonne auf genügend lange Zeit unverändert zu erhalten.

Im weiteren Verlauf des Vortrages diskutiert dann der Vortr. vom Standpunkt der Kernforschung aus das sog. *Russell-Diagramm*, das die Abhängigkeit der absoluten Leuchtkraft eines Sternes (Größe des Sterns) von seiner Spektralklasse (Temperatur des Sterns) darstellt. Die Eintragung der uns bekannten Sterne in dieses Diagramm hat bekanntlich eine Ordnung aller Sterne in 3 Hauptgruppen ergeben: a) die Hauptserie, bei der die Sterne entsprechend ihrer Temperatur strahlen, b) die Gruppe der „roten Riesen“, die bei kleiner Temperatur relativ stark strahlen, c) die Gruppe der „weißen Zwerge“, die bei hoher Temperatur relativ wenig strahlen.

Die „roten Riesen“ sind besonders junge Sterne; ihre starke Strahlung läßt sich bei ihrer geringen Temperatur nur so deuten, daß fast ausschließlich durch Zusammenstöße je zweier Protonen Deuteronen (schwerer Wasserstoff) entstehen, da alle anderen Kernprozesse bei der kleinen thermischen Energie der beteiligten Kerne außerordentlich unwahrscheinlich sind. Um diese Erklärung zu prüfen, müßte versucht werden spektroskopisch festzustellen, ob die „roten Riesen“ besonders reich an schwerem Wasserstoff sind.

Die Sterne der Hauptserie gleichen weitgehend unserer Sonne; die Strahlungsenergie wird (bei ihrer gegenüber den „roten Riesen“ merklich höheren Temperatur) größtenteils durch Kernaufbauprozesse geliefert, bei denen (evtl. unter „katalytischer“ Mitwirkung schwererer Elemente) aus Protonen und Deuteronen α -Teilchen entstehen. Solange ein genügender Wasserstoffvorrat im Stern vorhanden ist, wird er seine Ausstrahlung gerade so einregulieren, daß sie durch die Energieerzeugung infolge solcher Kernprozesse gedeckt wird. Wenn aber dieser Wasserstoffvorrat erschöpft ist, wird die Energieerzeugung im Innern des Sterns so stark nachlassen, daß die Strahlung von innen nicht mehr dem Gravitationsdruck von außen standhalten kann, der Stern klappt zusammen und es entstehen dabei Sterne der dritten Gruppe des *Russell-Diagramms*, die „weißen Zwerge“. Es liegt nahe, diesen Übergang eines Sterns von der Hauptserie zu den „weißen Zwergen“ mit dem Nova-Phänomen³⁾ in Zusammenhang zu bringen.

Zum Schluß geht der Vortr. dann noch einmal auf die Frage nach der Entstehung der schweren Elemente in den Sternen ein. Da diese in großer Menge sowohl in der Sonne als auch in den Spektren anderer Sterne gefunden werden, muß man die Entstehung dieser Elemente wohl in eine Zeit zurückverlegen, wo die Materie sich unter ganz anderen Bedingungen befand wie heute. Aus der größenordnungsmäßig gleichen Häufigkeit verschieden schwerer Elemente läßt sich die Temperatur, die damals geherrscht haben muß, zu etwa 10^{11} Grad abschätzen; nur bei einer so extrem hohen Temperatur nämlich könnten auch die schweren radioaktiven Elemente in genügender Häufigkeit entstanden sein. Die Häufigkeitsverteilung im einzelnen, wie wir sie heute kennen (z. B. das starke Hervortreten gerader Atomnummern!) könnte sich dann in einem Abkühlungsprozeß bei etwa $4 \cdot 10^9$ Grad eingestellt haben. In der uns heute bekannten Welt gibt es solche Temperaturen nicht. Sie könnten vielleicht vorübergehend entstanden sein in einer Materiansammlung („Stern“) von viel größeren Dimensionen, als sie heute die Sonnen unserer Welt haben. Nach allem, was wir wissen, würde ein sehr viel größerer Stern als die heute vorhandenen aber nicht stabil sein, weil Strahlungs- und Druckausgleichsvorgänge, die zur

Regulierung des Energiehaushalts im Stern notwendig sind, wegen der großen Ausdehnung eines solchen Sterns nicht schnell genug vor sich gehen könnten: ein solcher großer Stern würde pulsieren und wahrscheinlich bei immer größeren Pulsationen schließlich zerplatzen. Die Trümmer eines Sterns, der bei einer Mittelpunktstemperatur von 10^{11} Grad zerplatzt, würden mit großen Geschwindigkeiten (bis zu $1/10$ Lichtgeschwindigkeit) nach allen Richtungen auseinanderfliegen. Da hemmende Wirkungen im Weltenraum auf solche wegfliegenden Trümmer nicht ausgeübt werden, müßten diese Trümmer auch heute noch ihre Geschwindigkeit und Richtung beibehalten haben. Von allen Systemen, die wir uns daraufhin in unserer Welt ansehen, erreichen nur die Spiralnebel so hohe Geschwindigkeiten, wie die Beobachtung der Rotverschiebung ihres Lichtes zeigt; überdies fliegen sie tatsächlich nach allen Richtungen auseinander, und diejenigen, die schon am weitesten weg sind, haben auch die höchsten Geschwindigkeiten, wie es bei einer solchen Explosion sein müßte⁴⁾.

Hierbei handelt es sich durchaus nicht um eine rein gedankliche Spielerei, denn es besteht eine gewisse Prüfungsmöglichkeit für diese Theorie: Nach der eben auseinandergesetzten „Explosionstheorie“ dürfte die Geschwindigkeit der Trümmer, d. h. die Geschwindigkeit der schnellsten Spiralnebel, die Größe von $1/10$ Lichtgeschwindigkeit nicht wesentlich überschreiten, während die übliche Deutung der Rotverschiebung aus den Eigenschaften der *de Sitterschen* Welt („Expandierendes Weltall“) eine solche Beschränkung der Spiralnebelgeschwindigkeiten nicht kennt. Leider liegt nun diese Grenzgeschwindigkeit gerade an der Grenze der Leistungsfähigkeit unserer heutigen Spiegelteleskope. Es ist aber durchaus zu hoffen, daß der neue in Amerika im Bau begriffene 5-m-Refraktor⁴⁾, mit dem wir etwa doppelt so weit als bisher in den Weltenraum werden hineinsehen können, auch in dieser Frage eine Entscheidung möglich macht.

⁴⁾ Vgl. *ten Bruggencate*, diese Ztschr. **51**, 926 [1938].

RUNDschau

Die Arbeit der Internationalen Kommission zum Studium der Fettstoffe

Die internationale Kommission zum Studium der Fettstoffe wurde 1931 in Genf durch Beschluß der Delegierten der nationalen Fettkommissionen verschiedener Länder eingesetzt. Ihre Aufgabe ist die Behandlung aller chemischen Fragen, welche die Fettstoffe und ihre Derivate betreffen, in erster Linie die Vereinheitlichung der Analysemethoden für die Betriebs- und Handelskontrolle; dabei werden die zur Kennzeichnung der Öle und Fette benutzten Begriffe genau umgrenzt, wie z. B. Wassergehalt, Unverseifbares, Säurezahl u. a. Bereits von einzelnen nationalen Kommissionen ausgearbeitete Standardmethoden oder Verfahren einzelner Autoren werden durch das Zentralbüro in Paris gesammelt und den anderen nationalen Kommissionen — zusammen mit Materialproben — zur Nachprüfung zugeleitet. Auf Grund des Prüfungsergebnisses machen diese gegebenenfalls Abänderungsvorschläge, welche auf den jährlichen Tagungen diskutiert und im Falle der Zustimmung (durch Vierfünftelmehrheit, wobei jedes Land eine Stimme besitzt) für das laufende Jahr angenommen werden. (Vor der endgültigen Annahme werden die Vorschläge in den Fachzeitschriften zu einer letzten öffentlichen Diskussion veröffentlicht.) Gehen in der Folgezeit neue Vorschläge zum gleichen Gegenstand ein, werden diese wiederum an Hand von verteilten Proben geprüft und — wenn sie eine Verbesserung darstellen — an Stelle der alten Verfahren eingeführt. So wurden bis jetzt bei den Fetten die Bestimmung der Polybromidzahl, Hydroxylzahl, Rhodanzahl, Säurezahl, Verseifungszahl, der Harzsäuren, des Unverseifbaren und des Erstarrungspunktes vereinheitlicht. Bei den Seifen sind es neben der Feuchtigkeit die Gesamtfettsäuren, Harzsäuren, feste organische Fremdstoffe, Gesamtalkali, freies und Carbonatalkali, Chlorid- und Aschegehalt. Das Arbeitsprogramm für das Jahr 1938/39 umfaßt die Bestimmung der flüchtigen löslichen und unlöslichen Fettsäuren, des Phytosterins und Cholesterins in den Speisefetten und die Fettbestimmung in Ölsaaten, -kuchen, -schrot usw.

²⁾ Neutronen stehen für den Kernaufbau unter den Bedingungen in der Sonne nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung.

³⁾ Vgl. *Grottrian*, diese Ztschr. **50**, 315 [1937].