linien durch das elektrische Feld gemacht. Die damaligen Beobachtungen wurden mit einem verhältnismäßig lichtschwachen Gitter und mit elektrischen Feldstärken bis zu 30 000 Volt $\times$ cm⁻¹ ausgeführt. Es wurden unter diesen Versuchsbedingungen bei der blauen Wasserstofflinie H₃ zwei parallel und zwei senkrecht zum Feld schwingende Komponenten beobachtet („p- und s-Komponenten“), bei der Linie H₄ drei intensive s-Komponenten, zwei intensive und zwei schwache p-Komponenten, bei H₅ vier p- und vier s-Komponenten. Diese Zerlegung von Linien unter den angegebenen Versuchsbedingungen möchte ich als „Grobzerlegung“ bezeichnen.

Durch Verbesserung meiner optischen Methoden und vor allem durch Anwendung starker elektrischer Felder (70 000 Volt $\times$ cm⁻¹) ist mir ein weiterer Fortschritt in der Zerlegung von Wasserstofflinien durch das elektrische Feld gelungen. Die Zerlegung unter den neuen Bedingungen sei „Feinzerlegung“ genannt. Die elektrische Feinzerlegung der Wasserstofflinie H₃ hat bis jetzt 11 p-Komponenten und 11 s-Komponenten in angenähert symmetrischer Anordnung um die unzerlegte Linie ergeben. Die Intensität der p-Komponenten nimmt von innen nach außen zu, diejenige der s-Komponenten erst zu, dann wieder ab.

Die Feinzerlegung der Linie H₄ hat bis jetzt 12 p-Komponenten, 11 s-Komponenten ergeben; von den letzteren ist die mittlere wahrscheinlich doppelt. Die Intensität der Komponenten ändert sich gesetzmäßig mit dem Abstand von der unzerlegten Linie.

Die Feinzerlegung der Linie H₅ hat bis jetzt 14 p-Komponenten und 14 s-Komponenten, also im ganzen 28 Komponenten geliefert.

Die prinzipielle Bedeutung dieser Resultate liegt zutage. Es erscheint kaum mehr möglich, die 28 Freiheitsgrade¹⁾, welche das elektrische Feld an der Linie H₃ enthüllt, auf Grund der Annahme zu deuten, daß an der Emission der Linie H₃ nur ein einziges Elektron im Wasserstoffatom beteiligt ist. Vielmehr liegt nachstehende Deutung der aufgefundenen Feinzerlegung nahe.

Im Wasserstoffatom, das nicht durch ein elektrisches Feld deformiert ist, kommen mindestens 14 Elektronen (aus Symmetriegründen 28 Elektronen) vor, welche in der Frequenz von H₃ zu schwingen und zu emittieren vermögen. Infolge ihrer räumlichen Anordnung erfahren diese 14 Elektronen durch das elektrische Feld eine verschiedene Deformation relativ zu den Atomaxen und darum auch eine verschiedene Änderung ihrer ursprünglich gemeinsamen Frequenz.

Die Ähnlichkeit, welche die relative Anordnung der Komponenten einer fein zerlegten Wasserstofflinie mit einer aus Linien zusammengesetzten Bande hat, legt die Vermutung nahe, daß ein Bandenspektrum eines Elementes ein Serienspektrum ist, das durch das sehr starke elektrische Feld eines angelagerten Valenzelektrons feinzerlegt ist.

Damit komme ich zu einem zweiten experimentellen Resultat meiner neuen Untersuchungen. Während früher an Stickstoffbanden und mehreren Bandenlinien des Wasserstoffs ein Einfluß des elektrischen Feldes nicht zu bemerken war, ist es jetzt gelungen, bei einer Reihe von Bandenlinien des Wasserstoffs eine Einwirkung des elektrischen Feldes festzustellen. Während gewisse Bandenlinien auch weiterhin sich

gegenüber dem elektrischen Feld unempfindlich zeigen, werden andere nach kürzeren oder längeren Wellen unzerlegt verschoben; wieder andere werden gleichzeitig in merkwürdiger Weise und ganz anders als die Serienlinien zerlegt.

Die Feinzerlegung der Serienlinien des Wasserstoffs untersuche ich gemeinsam mit Herrn Dr. Kirschbaum, die Zerlegung der Bandenlinien gemeinsam mit Herrn Dr. Lunelund.

Die erste eingehendere Beschreibung der neuen Ergebnisse auf Grund der Wiedergabe von Spektrogrammen findet sich in meiner demnächst bei S. Hirzel in Leipzig erscheinenden Schrift: „Elektrische Spektralanalyse chemischer Atome“.

Physik. Institut d. Techn. Hochschule Aachen,
14. Mai 1914. J. Stark, Aachen.

Nachtrag zu dem Aufsatz „Die Radioelemente und das periodische System“¹⁾.

Von Privatdozent Dr. K. Fajans, Karlsruhe²⁾.

Zu den wichtigsten Konsequenzen der Einreihung der Radioelemente in das periodische System gehört die Auffassung, daß Elemente von verschiedenem Atomgewicht und Lebensdauer identische chemische Eigenschaften besitzen können. Im letzten Kapitel des zitierten Aufsatzes wurde nun die Möglichkeit diskutiert durch Untersuchung der Atomgewichte der Endprodukte radioaktiver Reihen diese Auffassung direkt experimentell zu prüfen. Entsprechende Versuche wurden auf meine Veranlassung von meinem früheren Mitarbeiter, dem Karlsruher Assistenten Dipl.-Ing. M. Lembergt unter der Leitung des berühmten Atomgewichtsforschers, Prof. Dr. Th. W. Richards, in seinem Laboratorium in Cambridge (U. S. A.) ausgeführt, und sie führten zu einer glänzenden Bestätigung der Erwartungen der Theorie.

Wie ich mit Einverständnis der genannten Herren mitteilen kann, ist es mit Sicherheit nachgewiesen worden, daß *Blei verschiedenen Ursprungs beträchtliche Unterschiede im Atomgewichte aufweist, ohne jedoch, soweit die bisherigen Erfahrungen reichen, weder in chemischer noch in spektroskopischer Hinsicht Verschiedenheiten zu zeigen.*

Richards und Lembergt werden bald ausführlich ihre Versuche publizieren, es seien hier nur kurz deren Resultate angeführt, um sie mit der Theorie zu vergleichen³⁾.

Wie in meinem Aufsatz erwähnt wurde, sollen nach der Theorie die Umwandlungen der letzten radioaktiv nachweisbaren Elemente der drei Reihen alle zu Gliedern der Bleiplejade führen. Die sogenannten Endprodukte der drei Reihen sollen also die chemischen Eigenschaften des Bleies haben. Was die zu erwartenden Atomgewichte dieser Bleie anbelangt, so sei erinnert, daß das Endprodukt der Uranradiumreihe — Radiumblei — sich rechnerisch aus dem Atomgewicht des Radiums zu 206,0 ergibt, während die zwei Endprodukte der Thoriumreihe — das Thoriumblei — das Atomgewicht 208,4 haben sollen. Was endlich das Atom-

¹⁾ Diese Zeitschrift Seite 429 und 463 (1914).

²⁾ Zugleich Autoreferat über den auf der Hauptversammlung der Bunsengesellschaft in Leipzig am 23. V. 1914 gehaltenen Vortrag.

³⁾ Eine nähere Diskussion vgl. K. Fajans, „Über die Endprodukte radioaktiver Zerfallsreihen“, Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Mai 1914.

¹⁾ Gemäß dem Fehlen der Polarisierung im Längseffekt hat man sogar mit 42 Freiheitsgraden zu rechnen.

gewicht des aus Uran über Aktinium¹⁾ entstehenden Bleies — des Aktinumbleies — anbelangt, so hängt sein theoretischer Wert von dem unbekannten Atomgewicht des Aktiniums ab. Wie ich kürzlich auf Grund eines näheren quantitativen Vergleiches der Lebensdauer der Isotopen in Abhängigkeit von ihrem Atomgewicht zu zeigen versucht habe²⁾, ist für das Atomgewicht des Aktiniums der Wert von ca. 227 wahrscheinlicher als der in der Tabelle 2 meines Aufsatzes angegebene Wert 226. Das Atomgewicht des Aktinumbleies würde somit ca. 207 betragen.

Das aus thorfreien Uranmineralien gewonnene Blei — Uranblei — muß also nach dem Obigen ein Gemisch des Radiumbleies und des Aktinumbleies bilden, wobei das letztere wegen des ungünstigen Verzweigungsverhältnisses (wahrscheinlich auch kleinerer Lebensdauer) nur einige Prozente vom ersteren ausmachen kann.

Zur Untersuchung des Atomgewichtes des Uranbleies übergab ich Herrn *Lembert* zwei Bleipräparate, die beide aus praktisch thorfreien Uranmineralien stammten: Das eine aus Carnotit von Colorado zeigte ein Atomgewicht $206,60 \pm 0,01$, das andere aus Joachimsthaler Pechblende ergab denselben Wert $206,60 \pm 0,03$. Für das Atomgewicht des gewöhnlichen Bleies resultierte in naher Übereinstimmung mit der Internationalen Atomgewichtstabelle der Wert $207,15 \pm 0,01$. Das Uranblei hat also jedenfalls ein niedrigeres Atomgewicht als das gewöhnliche Blei. Qualitativ steht dieses Resultat, wie leicht einzusehen, in bester Übereinstimmung mit den Erwartungen der Theorie. Der quantitative Vergleich ist aber dadurch sehr erschwert, daß über das Atomgewicht des Aktinumbleies noch Unsicherheit herrscht. Es erscheint aber nicht sehr wahrscheinlich, daß die große Differenz, die zwischen dem Wert 206,6 und dem für das Radiumblei berechneten (206,0) besteht, ganz auf Kosten des nur in kleiner Menge vorhandenen Aktinumbleies kommen kann. Es ist nicht ausgeschlossen, daß das aus Carnotit und Pechblende gewonnene Blei nicht reines Uranblei radioaktiven Ursprunges vorstellt, sondern durch gewöhnliches bei der Mineralbildung primär abgeschiedenes Blei verunreinigt ist. Interessant ist, daß für das Atomgewicht eines von Prof. *Boltwood* aus reinem Uraninit in kleiner Menge gewonnenen Bleies ein, wenn auch wegen der Spärlichkeit des Materials nicht sehr genauer, aber doch merklich niedrigerer Wert $206,35 \pm 0,1$ erhalten wurde. Zur vollständigen Klärung der Frage sind noch sehr weitläufige Untersuchungen an Blei möglichst verschiedenen Ursprunges, das besonders aus möglichst reinen Mineralien abgeschieden werden muß, nötig.

Was nun die Frage des Thorbleies anbelangt, so scheint seine Gewinnung frei vom Uranblei kaum möglich zu sein, da es keine unranfreien Thormineralien gibt. Das aus Thormineralien abgeschiedene Blei wird also immer ein Gemisch des Thorium- und Uranbleies vorstellen, wobei deren Verhältnis nicht nur von dem Verhältnis des Thors und Urans im Mineral, sondern auch von dem unbekannten Verhältnis der Lebensdauer dieser Bleie abhängt. Da nun das Uran schneller als das Thor zerfällt, und das Uranblei langlebiger als das Thorblei ist (vgl. den Aufsatz), so müßte man außerordentlich uranarme Thormineralien haben, um

das Thorblei in beträchtlichem Überschuß zu bekommen. Diese sind aber sehr schwer zu beschaffen. Von den bisherigen Resultaten sei nur erwähnt, daß das Atomgewicht des Bleies aus Thorianit den Wert $206,83 \pm 0,02$ ergab, der zwar höher ist als der für das Blei der thorfreien Uranmineralien erhaltene, aber immer noch niedriger als der des gewöhnlichen Bleies.

Die Entdeckung von leicht zugänglichen Bleien mit verschiedenen Atomgewichten macht es zum ersten Male möglich, direkt zu untersuchen, wie weit die Eigenschaften der Glieder einer Plejade übereinstimmen. Versuche nach dieser Richtung sind schon im Gange. Es sei nur erwähnt, daß, da die Spektren der zwei Bleie identisch zu sein scheinen, es außerordentlich wahrscheinlich ist, daß sie in allen Eigenschaften, die mit der Konfiguration der Elektronen im Atom, zumindestens der äußeren³⁾, zusammenhängen, sich identisch verhalten werden, während sie in Eigenschaften, die direkt von der Masse abhängen, Unterschiede aufweisen müssen. So wird wohl in 100 ccm Wasser von den zwei Bleichloriden die gleiche Zahl von Molekülen gelöst; da aber die Moleküle verschieden schwer sind, muß die Löslichkeit in Grammen ausgedrückt merklich verschieden sein. Es eröffnen somit solche Untersuchungen einen neuen Weg zur Ermittlung des Zusammenhanges verschiedener Eigenschaften der Atome und der Moleküle.

Besprechungen.

Volkman, Paul, Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere in das der analytischen Mechanik. 2. Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1913. XVI, 412 S. Preis geh. M. 13,—, geb. M. 14,—.

Die zweite Auflage der Volkmannschen Vorlesungen hat gegenüber der ersten im Jahre 1899 erschienenen Auflage mannigfache Änderungen erfahren. Zunächst ist der philosophische Teil (Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis) an den Schluß des Werkes gekommen, während er die Einleitung der ersten Auflage gebildet hat. Diese Änderung ist sicher zu begrüßen, da der Leser, nachdem er das Material durchgearbeitet hat, sicher viel mehr Interesse für das Erkenntnistheoretische haben wird, als der Anfänger, der noch nicht gelernt hat, Begriffe und Axiome klar zu präzisieren. Der Sinn für das Erkenntnistheoretische wird durch das Volkmannsche Buch auch bei weniger philosophisch veranlagten Lesern gefördert, da der Verfasser die Entwicklung der Begriffe, der Prinzipie und Naturgesetze in historischer Beleuchtung darstellt. Das Werk ist also kein systematisches Lehrbuch in dem Sinne, wie es z. B. axiomatisch, streng logisch aufgebaute Lehrbücher der Mechanik gibt (in dem durch die verschiedensten, nicht selten sich widersprechenden Hypothesen durchwobenen Systeme der theoretischen Physik hat man sich bisher wohlweislich gehütet, Ähnliches zu versuchen). Nach Ansicht des

¹⁾ Es sei hier erwähnt, daß die Aktiniumreihe im Verhältnis 8/92 von der Uranradiumreihe abgezweigt wird.

²⁾ I. c.

³⁾ Durch den höchst interessanten Befund von *E. Rutherford* und *Andrade* (Phil. Mag. Mai 1914), daß die Wellenlängen der weichen γ -Strahlen des in die Bleiplejade gehörenden Radiums B mit den Wellenlängen der im Blei künstlich erzeugten charakteristischen Strahlung übereinstimmen, ist es gezeigt, daß diese Identität sich auch auf einen Teil der inneren Elektronen ausdehnt.