richtigkeit ist dies aber geschehen, und 0° ist daher auch die *Normaltemperatur* im metrischen System. Die Temperatur, bei der die Messungen und Maßvergleichen stattfinden, ist die *Prüf-temperatur*. Nur bei größeren Maßen usw. und bei der Forderung allerhöchster Genauigkeit müssen Prüftemperatur und Normaltemperatur zusammenfallen, nur streng theoretisch müßten sie gleich sein.

Die Wissenschaft benutzt als Bezugstemperatur die Normaltemperatur des metrischen Systems, sie drückt damit alle Maßangaben in wahren metrischen Einheiten aus. Die Prüftemperatur richtet sich nach der Lage des Falles. Die *Industrie* hat sich im Gegensatz hierzu zuerst über eine einheitliche Prüftemperatur, und zwar eine solche von 20 C, geeinigt. Die Wissenschaft führt in der Regel *absolute*, die *Industrie relative* Messungen aus. Bei den relativen Messungen ist die Bezugstemperatur theoretisch ohne Belang, sie tritt nur bei den Maßangaben in Erscheinung. Trotz der Prüftemperatur von 20° C kann sie sowohl 0° als 20° C betragen, eine andere Temperatur kommt nicht in Betracht. Ausschlaggebende Gründe sprechen weder für 0° noch für 20° C. Die Industrie hat daher freie Bahn, sie muß selbst entscheiden, was ihrem Interesse am besten entspricht. Selbst entscheiden muß sie auch, ob der jetzige Zeitpunkt für eine Regelung der Temperaturfrage günstig ist. Dafür spricht, daß durch die Kriegslieferungen die Lehrwerkzeuge stark abgenutzt sind und ohnehin neu beschafft werden müssen, dagegen spricht, daß eine zwischenstaatliche Regelung schon im Gange ist. Geschieht sie anders wie in Deutschland, dann muß die deutsche Industrie sich nochmals umstellen, wodurch Millionenwerte verloren gehen.

Zur Begriffsbestimmung des chemischen Elementes.

Von Prof. Dr. K. Fajans, München.

Vor einiger Zeit habe ich in einer ausführlichen Abhandlung¹⁾ auseinandergesetzt, welche Konsequenzen sich aus der Erscheinung der Isotopie für den Begriff des chemischen Elementes ergeben. Vor allem habe ich zu zeigen versucht, daß, wenn man den bisherigen Begriff des chemischen Elementes möglichst unverändert beibehalten will, die Isotope als verschiedene Elemente und nicht, wie von manchen Autoren empfohlen wurde, als dasselbe Element betrachtet werden müssen. Weiterhin wurde angegeben, wie man die Boyle'sche Elementdefinition dieser Auffassung der Isotope als verschiedene Elemente anpassen kann.

Gegen die von mir vorgeschlagene Definition ist von mehreren Seiten Widerspruch erhoben worden, u. a. in dieser Zeitschrift²⁾ von Dr. H. Remy, der sich zwar der Betrachtung der Iso-

tope als verschiedene Elemente anschließt, die von mir gegebene Definition jedoch für „erkenntnistheoretisch bedenklich“ hält. Dr. Remy ist der Ansicht, daß die bisher übliche Fassung der Definition „dem heutigen Stande unseres Wissens noch vollkommen gerecht“ wird.

Man hat bisher gewöhnlich das Element als einen Stoff definiert, der nicht weiter zerlegt werden kann. Die von mir vorgebrachte Definition lautet hingegen: „*Ein chemisches Element ist ein Stoff, der durch kein physikalisches oder chemisches Mittel in einfachere Bestandteile zerlegt wurde und nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist.*“ Zu besonderen Bedenken hat diese Definition deshalb Anlaß gegeben, weil sie in den Elementen *unzerlegte* Stoffe sieht, während die übliche Definition von *unzerlegbaren* Stoffen sprach. Dr. Remy meint, daß dadurch meine Definition „mit allen Denkgewohnheiten des Chemikers aufs schärfste in Widerspruch“ tritt. Auch Dr. O. Stern hat in einer Diskussion auf der Hauptversammlung der Bunsengesellschaft³⁾ aus demselben Grunde meine Definition als wissenschaftlich unannehmbar bezeichnet. Schließlich meint F. Paneth, daß „eine Definition des chemischen Elementes sich auf Unzerlegbarkeit, nicht auf Unzerlegtheit stützen muß“⁴⁾.

In direktem Gegensatz zu diesen Ansichten steht der Ausspruch von W. Ostwald: „Der Begriff des Elementes im chemischen Sinne ist also der eines *unzerlegten*, nicht der eines *unzerlegbaren* Stoffes“, auf den ich mich in meiner Arbeit⁵⁾ ohne nähere Begründung berufen habe. Dies geschah einerseits deshalb, weil mir die von Ostwald selbst gegebene Begründung⁶⁾ vollkommen ausreichend erschien, hauptsächlich aber deshalb, weil ich diese unzweifelhaft richtige Ostwald'sche Ansicht für Allgemeingut der Chemiker hielt⁷⁾.

Wie der erhobene Widerspruch jedoch zeigt, besteht über diesen wichtigen Punkt in der Auffassung des fundamentalsten Begriffes der Chemie noch nicht die genügende Klarheit. Es dürfte deshalb nicht überflüssig sein, hier näher auf diese Frage einzugehen.

Um weiteren Mißverständnissen vorzubeugen, möchte ich vor allem ausdrücklicher als dies in meiner Abhandlung geschehen ist, folgendes hervorheben: Der Zweck meiner *Definition* ist nicht die Aufstellung eines Begriffes von besonderer philosophischen Schönheit, sondern sie soll in erster Linie nur ausdrücken, welche Stoffe die Chemiker in der nächsten Zukunft als Elemente bezeichnen werden⁸⁾. Aber auch dem, was die

¹⁾ Vgl. Zeitschrift f. Elektrochemie (1918).

²⁾ Die Naturwissenschaften 6, 646 (1918)

³⁾ l. c. S. 341.

⁴⁾ Grundriß der allgemeinen Chemie, 3. Auflage, S. 12 (1899).

⁵⁾ So vertritt z. B. Holleman in seinem verbreiteten Lehrbuch eine ähnliche Ansicht.

⁶⁾ Hier wie in der Folge gilt als Voraussetzung, daß man die Isotope als verschiedene Elemente betrachten wird.

¹⁾ Jahrb. der Radioakt. und Elektronik 14, 314 (1917); 15, 101 (1918).

²⁾ 6, 525 (1918).

Chemiker bis jetzt als Elemente bezeichnet haben, entspricht diese Definition in einem viel höheren Grade als die übliche Form der Definition.

Es kann ja keiner Diskussion unterliegen, daß die Chemiker stets auf die Liste der Elemente nicht unzerlegbare, sondern unzerlegte Stoffe gesetzt haben. Um dies zu belegen, braucht man gar nicht auf die Zeiten zurückzugreifen, wo die Kenntnisse der Zusammensetzung der Stoffe noch so mangelhaft waren, daß die heute leicht zerlegbaren Stoffe, wie Wasser oder die Alkalien, als Elemente angesehen worden sind. Es genügt, aus neuerer Geschichte nur daran zu erinnern, daß man z. B. das Didym so lange als Element bezeichnet hat, bis es im Jahre 1885 durch *Auer von Welsbach* in Praseodym und Neodym zerlegt wurde. Und dieser Brauch, unzerlegte und nicht unzerlegbare Stoffe zu den Elementen zu rechnen, wird unzweifelhaft auch weiterhin, wenigstens in den nächsten Jahren, bestehen bleiben. Die Entdeckung der Erscheinung der Isotopie hat uns ja erst die Möglichkeit gezeigt, daß die meisten der jetzt als Elemente bezeichneten Stoffe vielleicht Gemische von Isotopen vorstellen. Die großen Schwierigkeiten, die die prinzipiell mögliche Trennung der Isotope zurzeit noch bereitet, wird voraussichtlich auf Jahre hinaus die Entscheidung der Frage hinausschieben, welche von den heutigen Elementen auch durch die Trennungsmethoden der Isotope, wie fraktionierte Diffusion im Gaszustande usw., unzerlegbar sind und welche sich zerlegen lassen. Würde man der Auffassung von Dr. *Remy* und anderen folgend, entgegen dem bisherigen Brauche nicht unzerlegte, sondern nur unzerlegbare Stoffe als Elemente bezeichnen, so müßte man mit Dr. *Remy* „freimütig gestehen“, daß man von den meisten bis jetzt als Elemente bezeichneten Stoffen gar nicht weiß, ob sie Elemente sind oder nicht. Wenn auch die Anhänger einer auf die Unzerlegbarkeit gestützten Definition gelegentlich allgemeiner Betrachtungen über den Elementbegriff ein solches Geständnis vielleicht ablegen werden, wird trotzdem jeder Chemiker, der eine Elemententabelle aufstellt oder näher über Elemente spricht, auch weiterhin solche Stoffe, wie Chlor, Magnesium usw. usw. mitberücksichtigen, obwohl er von ihnen gar nicht weiß, daß sie unzerlegbar sind, sondern nur behaupten kann, daß sie nicht zerlegt wurden. Wollte man die Ansichten von Dr. *Remy* konsequent durchführen, so müßte man, wie aus dem Folgenden noch klarer hervorgehen wird, auf die Aufstellung einer Liste der Elemente zurzeit fast ganz verzichten.

Woher kommt es nun, daß die Chemiker gewöhnlich das Element als einen unzerlegbaren Stoff definiert haben und trotzdem als Elemente Stoffe bezeichnen, von denen sie nur wissen, daß sie unzerlegt und nicht daß sie unzerlegbar sind?

Der Grund liegt meiner Ansicht nach einfach darin, daß zwar die Chemiker bei der Anwendung des Elementbegriffes auf reale Stoffe mit ge-

sundem Instinkt den Zweck des Elementbegriffes richtig herausfühlen, in der Definition selbst jedoch nicht scharf genug das formulieren, was sie in Wirklichkeit als Element bezeichnen. Die Frage nach dem Zweck des Elementbegriffes ist natürlich entscheidend sowohl für die Wahl zwischen den Auffassungen der Isotope als dasselbe oder als verschiedene Elemente, als auch bei der Aufstellung einer richtigen Definition.

Nun wurde bereits in meiner zitierten Arbeit folgender Satz begründet¹⁾: „Die fundamentale Bedeutung und der Hauptzweck des Elementbegriffes für die Chemie liegt vor allem darin, daß dieser Begriff zusammen mit dem Begriff des Verbindungsgewichtes (Atomgewichtes) als Grundlage für eine erschöpfende qualitative und quantitative Analyse der Zusammensetzung der Stoffe dient.“ *Die Zahl der bekannten Elemente muß danach jeweils identisch sein mit der Zahl der unterscheidbaren Bestandteile der Stoffe.* Es entspricht vollkommen diesem Zweck des Elementbegriffes, daß die Chemiker das Didym, obwohl es sich in der Folge als zerlegbar herausgestellt hat, bis 1885 in der Liste der Elemente führten. Denn nicht nur konnte man die Zusammensetzung aller vom Didym ableitbaren Verbindungen auf den Bestandteil — das Element — Didym zurückführen, sondern die Chemiker waren gar nicht imstande, andere Bestandteile anzugeben, solange Didym nicht zerlegt worden ist. Nachdem aber die Zerlegung erfolgt ist, genügt das Didym zur Darstellung der Zusammensetzung verschiedener Praseodym-Neodym-Gemische nicht mehr, da letztere die zwei neuen Bestandteile — Elemente — in verschiedenen Verhältnissen enthielten. Und als sich zeigte, daß man die Zusammensetzung des Didyms durch Praseodym und Neodym restlos ausdrücken kann, wurde das Didym überhaupt aus der Liste der Elemente gestrichen, denn aus dem Zweck des Elementbegriffes ergibt sich auch das Bestreben, die Zusammensetzung aller materiellen Gebilde auf eine möglichst kleine Zahl von Bestandteilen, Elementen, zurückzuführen²⁾. Es leuchtet ein, daß genau das gleiche augenblicklich z. B. für Chlor gilt, ganz gleichgültig ob es in Isotope zerlegbar ist oder nicht, denn solange es nicht zerlegt wird, ist es für uns der letzte Bestandteil, das Element, aller seiner Verbindung

Herrn Dr. *Remy* sind diese Tatsachen natürlich wohl bekannt. Den offenbaren Widerspruch, in dem sie mit der auf die Unzerlegbarkeit gegründeten Definition stehen, sucht er dadurch zu erklären, daß er einen Unterschied macht zwischen dem, was die Chemiker *praktisch* als Elemente bezeichnen und dem, was sie *theoretisch* für Elemente halten. Dadurch stellt er sich aber, wenn auch ungewollt, auf den Boden meiner von ihm kritisierten Definition, die, wie erwähnt wurde, nur das ausdrücken will, was die Chemiker in Wirklichkeit als Elemente bezeichnen. Dr.

¹⁾ l. c. S. 316—317.

²⁾ l. c. S. 316.

Remy meint aber offenbar, daß die Elementdefinition sich nicht mit diesen „praktischen“, sondern mit den „theoretischen“ Elementen befassen sollte, und wir wollen uns deshalb fragen, was man sich darunter vorstellen kann.

Soll das „theoretische Element“ nicht, wie der philosophische Urstoff, eine reine Abstraktion bleiben, sondern wirklichen, früher oder später faßbaren Stoffen entsprechen, so ist die von Dr. Remy empfohlene Definition: „Ein chemisches Element ist ein Stoff, der nicht weiter zerlegt werden kann“ mindestens nicht scharf genug. Wir werden niemals behaupten können, daß ein Stoff *absolut* unzerlegbar ist. Im besten Falle können wir nur feststellen, daß ein Stoff durch die *zurzeit bekannten Mittel* unzerlegbar ist. Es sei hier gleich hervorgehoben, daß durch diese vorsichtiger und naturwissenschaftlich allein berechnete Fassung auch in die Definition des „theoretischen Elementes“ das historische Moment hineinkommt, welches als scheinbar gewichtiger Einwand gegen die von mir gegebene Definition des „praktischen Elementes“ geltend gemacht worden ist: hier wie dort müssen wir mit der Möglichkeit rechnen, daß ein Stoff, der heute als Element bezeichnet wird, es morgen nicht mehr bleibt, und zwar beim „theoretischen Element“ in dem Falle, wo neue Methoden gefunden werden¹⁾, die imstande sein werden, die bisher unzerlegbaren Stoffe zu zerlegen, beim „praktischen Element“ dann, wenn ein bisher unzerlegter Stoff zerlegt wird, gleichgültig ob nach neuen oder alten Methoden.

Ein so aufgefaßter Begriff des „theoretischen Elementes“, dessen Hauptkriterium die *Unzerlegbarkeit durch alle zurzeit bekannten Methoden* ist, schwebt den Chemikern in der Tat vor, wenn sie allgemeine Betrachtungen über Elemente anstellen. Das ist erklärlich, denn auch dieser Begriff hat einen bestimmten Zweck. Er entspricht nämlich den Grenzstoffen, die den Chemikern auf ihrem Wege zu einer möglichst weitgehenden Zerlegung der Materie mit Hilfe der ihnen zurzeit zur Verfügung stehenden Mitteln erreichbar erscheinen. Deshalb werde ich in diesem Aufsatz diese Stoffe der Einfachheit halber „Grenzstoffe“ nennen, da die Bezeichnung „theoretische Elemente“ leicht ganz andere Vorstellungen suggerieren könnte. Diese Grenzstoffe bilden nämlich nicht das letzte theoretische Ziel, sondern nur die nächste Etappe auf dem Wege zum Urstoff.

Daß übrigens die Chemiker bei der Beurteilung der zu ihrer Zeit erreichbaren Grenze der Zerlegbarkeit mitunter voreilig waren, zeigt gerade die neueste Entwicklung. Bis vor kurzem glaubte man ja allgemein, daß die meisten der heute als Elemente bezeichneten Stoffe durch keines der zur Verfügung stehenden Mittel zerlegbar sind. Und nun stellt sich heraus, daß diese Ansicht möglicherweise falsch ist, denn die seit langem bekannte Methode der fraktionierten Diffusion, die

eine Zerlegung dieser Stoffe ermöglichen müßte, wenn sie Gemische von Isotopen sind, wurde noch fast gar nicht angewandt. Also nicht einmal an *alle* bekannte Methoden denken die Chemiker, wenn ihnen die Grenzstoffe vorschweben. Von jetzt an werden wir dabei die bisher übersehene Diffusionsmethode als Kriterium mit berücksichtigen, können aber nicht sicher sein, daß wir nicht andere bekannte Mittel außer acht lassen, die vielleicht erlauben würden, die Zerlegung noch weiter zu treiben.

Von philosophischer Schönheit kann also auch bei diesem Begriff des Grenzstoffes keine Rede sein. Doch existiert er, hat einen bestimmten Zweck, und das Verhängnis liegt nur darin, daß die Chemiker für die zwei so verschiedenen Begriffe, wie den des „praktischen“ und den des oben charakterisierten „theoretischen Elementes“ oder Grenzstoffes dieselbe Bezeichnung „Element“ benutzen. Der Widerspruch, den die von mir vorgeschlagene Definition hervorgerufen hat, ist einzig und allein auf diesen Mißstand zurückzuführen. Sollte man geneigt sein, eine zweite Bezeichnung einzuführen, so kann nicht zweifelhaft sein, daß der bisherige Name „Element“ für die „praktischen Elemente“ reserviert bleiben muß, denn diese Bezeichnung muß natürlich auf diejenigen Stoffe passen, die in der jeweiligen Tabelle der Elemente vorkommen, nicht auf diejenigen, die später einmal darin geführt werden. Die Unterscheidung zwischen den „praktischen“ Elementen und den Grenzstoffen kam bis jetzt so selten vor, daß für eine besondere Bezeichnung keine Notwendigkeit vorlag. Ob sich in der Zukunft ein Bedürfnis danach bemerkbar machen wird, läßt sich schwer beurteilen. In diesem Aufsatz werde ich aber noch mehrmals Gelegenheit haben, auf die „Grenzstoffe“ zurückzukommen, und werde also darunter Stoffe verstehen, die wir uns als *diejenige Grenze der Zerlegbarkeit denken, die mit Hilfe der zurzeit als besonders geeignet erscheinenden Methoden erreicht werden kann*. Die Grenzstoffe sind danach, um den treffenden Ausdruck von Ostwald²⁾ zu benutzen, Stoffe gleicher Ordnung, gleichen Komplexitätsgrades, was von den jeweiligen Elementen nicht allgemein behauptet werden kann.

Die Ansicht von Dr. Remy, meine Definition des „praktischen Elementes“ oder, wie wir jetzt wieder sagen können, *des Elementes* stehe mit allen Denkgewohnheiten der Chemiker im schärfsten Widerspruch, dürfte nach dem Obigen nur deshalb bis zu einem gewissen Grade berechtigt sein, weil die Chemiker mitunter die Gewohnheit hatten, bei dem Wort „Element“ an etwas anderes zu denken als sie in Wirklichkeit täglich damit bezeichnet haben. Hält man aber die zwei Begriffe „Element“ und „Grenzstoff“ scharf auseinander, so erledigen sich fast alle von Dr. Remy gegen meine Definition des Elementes erhobenen Einwände mehr oder minder von selbst. So

¹⁾ Vgl. W. Ostwald, l. c.

²⁾ l. c.

meint er z. B., daß, wenn die Chemiker meine Definition annehmen, sie keinen Grund mehr haben werden, sich weiter um die Zerlegung der Stoffe zu bemühen, da diese schon durch die Tatsache der Unzerlegtheit als Elemente statuiert sind. Zu dieser irrthümlichen Meinung ist Dr. Remy nur deshalb gelangt, weil er beim Kritisieren einer Definition, die sich mit Elementen beschäftigt, an Grenzstoffe dachte. Die von mir vorgeschlagene Definition setzt voraus, daß wir stets nach einfacheren Bestandteilen der Stoffe suchen, und da nach ihr das Element nicht unzerlegbar, sondern unzerlegt ist, ist es selbstverständlich, daß die Chemiker bemüht sind, die Elemente immer weiter zu zerlegen.

Auf einen Punkt muß aber noch näher eingegangen werden. Die Definition sagt, daß ein Stoff auch dann nicht als Element angesehen wird, wenn er zwar noch nicht zerlegt worden ist, aber als Gemisch anderer Stoffe erkannt wurde. Dieser Zusatz, durch den die Definition sich äußerlich besonders stark von der bisher üblichen unterscheidet, ist deshalb zurzeit notwendig, weil wir eine Anzahl von Fällen kennen, in denen Gemische von Isotopen zwar nicht zerlegt, aber mit voller Sicherheit als Gemische erkannt worden sind¹⁾. Als Beispiele seien hier vor allem Gemische von Radioelementen miteinander oder mit gewöhnlichen Elementen, wie Thorium und Radiumthorium, Mesothorium und Radium, Radium D und Blei usw. genannt. Weiterhin gehören aber dazu bewußt gemischte Bleiarten und auch ein aus einem sowohl Uran als Thor enthaltenden Mineral isoliertes Gemisch von Uranblei und Thorblei. Schließlich sei auch auf die neue, kürzlich von mir angegebene²⁾ Methode hingewiesen, die wahrscheinlich ermöglichen wird, Gemische von Uranblei und gewöhnlichem Blei, die aus Uranmineralien gleichen Alters abgeschieden werden, ohne Zerlegung als zusammengesetzt zu erkennen.

Es dürfte aber für jeden, der sich über den oben erwähnten Zweck des Elementbegriffes im klaren ist, einleuchtend sein, daß man einen Stoff, der mit Sicherheit als Gemisch erkannt wurde, nicht als Element ansehen darf. Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf hinweisen, daß dieser Punkt auch für die Frage, ob man die Isotope als verschiedene oder als dasselbe Element auffassen soll, von großer Bedeutung ist. Betrachtet man nämlich die Isotope als dasselbe Element, so muß man natürlich auch ihr Gemisch als dasselbe Element, also als ein Element ansehen. Der Widerspruch, in dem man schon dadurch mit dem Zweck des Elementbegriffes und mit den primitivsten Vorstellungen über die Elemente gerät, wird noch durch folgendes verstärkt. Bei der Auffassung der Isotope als dasselbe Element kann man nicht mehr die Zusammensetzung aller Stoffe mit Hilfe der angenommenen Zahl der Elemente

ausdrücken. Die Zusammensetzung der Chloride von Thoriumblei (^{238}Pb) und Uranblei (^{238}Pb) läßt sich nicht auf den gemeinsamen Bestandteil Blei zurückführen, sondern wir müssen zwei durch ihr Atomgewicht unterscheidbare Bestandteile — Elemente — annehmen. Und dasselbe gilt für die radioaktiven Isotope³⁾. Wenn also, wie hier beiläufig bemerkt sei, der Elementbegriff seinem bisherigen Zweck auch weiterhin entsprechen soll, muß man die Isotope als verschiedene Elemente ansehen.

Obige Betrachtung hat natürlich zur Voraussetzung, daß man in der Tat einen Stoff mit genügender Sicherheit als zusammengesetzt erkennen kann, ohne eine Zerlegung ausgeführt zu haben. Das ist mit Hilfe radioaktiver Analysemethoden durchaus möglich. Von Dr. Remy wird dies allerdings bestritten; er meint, daß, wenn man die radioaktiven Methoden zur Analyse der Stoffe als gleichberechtigt neben den chemischen zulassen würde, die Entscheidung über die Reinheit der Elemente vom Chemiker zum Physiker überginge. Ich möchte hier nicht näher darauf eingehen, weshalb die Chemiker den radioaktiven Analysemethoden vertrauen dürfen, das habe ich in meiner Arbeit²⁾ in Kapitel „Die Bedeutung der radioaktiven Eigenschaften der Elemente für die Chemie“ bereits auseinandergesetzt. Hier genügt der Hinweis, daß die Chemiker in der Tat bereits seit längerer Zeit diesen Methoden volles Vertrauen schenken, was ich nur mit einem, und zwar dem neuesten Beispiel belegen möchte. Otto Hahn und Lise Meitner haben vor einiger Zeit nachgewiesen, daß man aus Uranpechblende Tantalpräparate erhalten kann, die radioaktiv sind. Diese Präparate produzieren allmählich das seit längerer Zeit bekannte Element Actinium, ein Befund, der allerdings nur mit Hilfe radioaktiver Methoden beigebracht werden konnte, da man bis jetzt das Actinium nur durch solche erkennen kann. Irgendwelche Zerlegungsversuche wurden mit diesen Tantalpräparaten noch nicht ausgeführt. Auf Grund dieser Tatsachen haben die genannten Forscher die Behauptung aufgestellt, daß in ihren Tantalpräparaten ein neues Element enthalten ist, das sie Protactinium nannten, und dem sie mit Sicherheit eine bestimmte Stelle im periodischen System zugewiesen haben.

Kein einziger Chemiker hat gegen diese Schlüsse protestiert oder sie selbst als irgendwie unsicher bezeichnet. Das zeigt deutlicher als alle theoretischen Betrachtungen, daß die Chemiker den radioaktiven Methoden bereits ein großes Vertrauen entgegenbringen. Und wenn es wohl sicherlich viele Chemiker gibt, die, wie Dr. Remy mit Unrecht von allen Chemikern sagt, „das Gebiet der kurzlebigen Radioelemente nicht als zu ihrem Bezirk gehörig“ ansehen, weil hier ihre

¹⁾ Näheres vgl. I. c. S. 341 u. ff.

²⁾ Ztschr. für Elektrochemie 24, 163 (1918).

³⁾ I. c. S. 321.

²⁾ I. c. S. 325.

Methoden versagen, so sind sie offenbar einsichtig genug, um in solchen Fällen, wo zur Erforschung der Zusammensetzung der Stoffe besondere Methoden notwendig sind, das Urteil denjenigen Chemikern¹⁾ zu überlassen, die solche Methoden beherrschen. Die radioaktiven Stoffe gehören genau so gut zur Chemie wie die anderen, denn die erste Aufgabe der Chemie ist die Untersuchung der Zusammensetzung der Stoffe, und diese Aufgabe könnte ohne Berücksichtigung der radioaktiven Elemente und Methoden nicht erschöpfend genug gelöst werden.

Da also aus dem obigen Beispiel eindeutig hervorgeht, daß die Chemiker Stoffe, die sie, wie das erwähnte radioaktive Tantal, als Gemische erkannt haben, nicht als Elemente betrachten, auch wenn diese Stoffe noch zerlegt wurden²⁾, muß jede Elementdefinition, die ausdrücken will, was die Chemiker als Elemente bezeichnen, dem Sinne nach mit der von mir angegebenen übereinstimmen³⁾. Mit Absicht habe ich es vermieden, in der Definition hervorzuheben, welche Kriterien zur Erkennung der Gemischnatur dienen können. Sollten in einem gegebenen Falle Meinungsverschiedenheiten darüber auftauchen, ob ein Stoff ein Gemisch ist oder nicht, so wird eben, wie so oft in der Geschichte der Chemie, noch unentschieden bleiben, ob der betreffende Stoff zu den Elementen gerechnet werden soll oder nicht. Die Definition verhindert aber, daß Stoffe, über deren Gemischnatur alle einig sind, als Elemente angesehen werden.

Aus obigem folgt auch, wie nebenher bemerkt sei, daß das Hauptbedenken, das *F. Paneth* gegen die Auffassung der Isotope als verschiedene Elemente aufreht erhält und auf die Behauptung stützt, „daß wir dann kein experimentell feststellbares Kriterium dafür besitzen, ob ein Stoff ein Element oder ein Gemisch ist“⁴⁾, nicht gerechtfertigt ist. Die radioaktiven Analysenmethoden, die in den allermeisten Fällen der Isotopengemische

diese Frage eindeutig entscheiden, sind ebenso experimentell wie die gewöhnlichen chemischen Zerlegungsmethoden.

Zum Schluß möchte ich nur noch erwähnen, daß, wenn Dr. *Remy* vorschlägt, von „Stofftypen“ statt von „Elemententypen“ zu sprechen, er den Zweck übersieht, den letztere Bezeichnung verfolgt. Sie soll nicht ausdrücken, daß im allgemeinen Stoffe, sondern daß insbesondere die Elemente den gleichen chemischen Typus aufweisen können. Der Begriff „Stofftypus“ ist breiter und umfaßt auch die einander entsprechenden Verbindungen der Isotopen, wie z. B. PbSO_4^{206} und PbSO_4^{208} .

Zusammenfassung.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Chemie ist die Zurückführung der Zusammensetzung aller Stoffe auf eine möglichst kleine Zahl von Bestandteilen — Elementen. Um dies zu ermöglichen, versucht man die Stoffe durch alle zurzeit zur Verfügung stehenden Methoden, von denen man einen Erfolg erwartet, zu zerlegen. Das jeweilige Ziel dieser Bestrebungen ist die Erreichung von Stoffen — „Grenzstoffen“ —, die durch die genannten Methoden nicht weiter zerlegbar sind. Die in diesem Sinne unzerlegbaren Stoffe, die zum Teil nur spekulativen Charakter besitzen, wurden bis jetzt in theoretischen Überlegungen „Elemente“ genannt. Da man aber praktisch die Aufzählung der Bestandteile der Materie nur bis zu den zurzeit unzerlegten Stoffen durchführen kann, geben die Chemiker, dem Zwecke des Elementbegriffes entsprechend, in ihren Tabellen der Elemente nicht jene unbekannten „Grenzstoffe“, sondern die Stoffe an, die noch nicht zerlegt wurden. Dieser Brauch der Chemiker, mit demselben Wort „Element“ einerseits jene unzerlegbaren, andererseits diese unzerlegten Stoffe zu bezeichnen, sollte der begrifflichen Klarheit wegen verlassen werden, wobei nicht zweifelhaft sein kann, daß die Bezeichnung „Element“ für die realen, nicht für die spekulativen Stoffe beibehalten bleiben muß. Da es weiterhin Stoffe gibt, die, obwohl sie zurzeit noch nicht zerlegt worden sind, mit Sicherheit als Gemische mehrerer Bestandteile erkennbar sind, und deshalb nicht zu den Elementen gerechnet werden können, läßt sich das, was die Chemiker als Elemente bezeichnen, folgendermaßen definieren: „Ein chemisches Element ist ein Stoff, der durch keine physikalische oder chemische Methode in einfachere Bestandteile zerlegt und nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist“.

Die Definition hat zur Voraussetzung, daß man die Isotope als verschiedene Elemente betrachtet. Diese Betrachtungsweise ergibt sich aber mit Notwendigkeit, wenn der Elementbegriff auch weiterhin seinem bisherigen Zweck entsprechen soll.

¹⁾ Die Entdeckung der allermeisten Radioelemente erfolgte in den letzten Jahren durch Chemiker, nicht, wie Dr. *Remy* meint, durch Physiker. Es seien nur die Namen *Hahn*, *Boltwood*, *Soddy* und meines Mitarbeiters *Göhring* genannt.

²⁾ Die Beweiskraft dieses Beispiels wird nicht im geringsten dadurch vermindert, daß, wie aus der Stellung des Protactiniums im periodischen System geschlossen werden kann, seine Trennung vom Tantal durch chemische Methoden, etwa fraktionierte Fällungen, gelingen muß. Übrigens kennt man die Stellung des Protactiniums im periodischen System weniger auf Grund seines noch ungenügend erforschten chemischen Verhaltens, als aus seinen genetischen Beziehungen zum Actinium und den radioaktiven Verschiebungssätzen, die es ja nahe gelegt haben, das gesuchte Element aus der Pechblende mit Tantal abzuscheiden.

³⁾ Natürlich läßt sich derselbe Sinn auch anders formulieren. Einfacher wäre z. B. zu sagen, daß ein Element ein Stoff ist, der nicht als zusammengesetzt erkannt worden ist, doch habe ich die eingangs angegebene Form vorgezogen, weil sie von der bisherigen Definition weniger abweicht.

⁴⁾ Die Naturwissenschaften 6, 647 (1918).