

Werk

Titel: Zur Begriffsbestimmung des chemischen Elements

Autor: Remy , Heinrich

Ort: Berlin

Jahr: 1918

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006 | LOG_0316

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Sechster Jahrgang.

6. September 1918.

Heft 36

Zur Begriffsbestimmung des chemischen Elements.

Von Dr. Heinrich Remy, Paderborn.

Die von Boyle aufgestellte Definition der chemischen Elemente als *derjenigen Stoffe, die nicht weiter zerlegt werden können*, hat sich gegenüber dem ehemals tief im Bewußtsein der Menschheit verankerten aristotelisch-scholastischen Elementbegriff, trotz dessen nicht abzuleugnenden naturphilosophischen Tiefsinns, wegen ihrer auf reine Empirie gegründeten Klarheit und ihrer eminent praktischen Brauchbarkeit siegreich durchgesetzt und durch ein Viertel Jahrtausend unangefochten behauptet; in allerneuester Zeit jedoch ist sie wieder Gegenstand ernsthafter Diskussion geworden.

Anlaß dazu hat zunächst die Entwicklung der radiologischen Forschung gegeben. Diese machte die Annahme notwendig, daß *Stoffe völlig gleichen chemischen Verhaltens* nicht nur durch ihre radioaktiven Eigenschaften sich scharf voneinander unterscheiden, sondern auch in ihren Atomgewichten erhebliche Differenzen untereinander aufweisen, andererseits hingegen *Stoffe gleichen Atomgewichts* ganz verschiedene Eigenschaften zeigen können. Dadurch wurde der Glaube an die Eindeutigkeit des Atomgewichts für die Charakterisierung eines chemischen Grundstoffs zum mindesten stark erschüttert. Als dann bald darauf der analytischen Chemie der exakte Nachweis gelang, daß z. B. Blei, welches aus verschiedenen Gesteinsarten gewonnen ist, deutlich voneinander abweichende Atomgewichte (zwischen 206,0 und 207,9) besitzt und daß gleichwohl die so erhaltenen unterschiedlichen Bleiarten in ihrem „chemischen“ Verhalten, d. h. in Valenz, Affinität, elektrochemischem Potential, Atomvolumen, (molarer) Löslichkeit, Verbrennungswärme, Massenwirkung, ja selbst in ihrem charakteristischen Röntgenspektrum¹⁾ auch in ihrem charakteristischen Verhalten in ganz beliebiger Weise einander vertreten können, da wurde die Frage aktuell, ob solche Stoffe, die wie diese verschiedenen Bleiarten hochgradige Übereinstimmung in ihrem sonstigen Verhalten mit beträchtlichen Unterschieden in ihren Atommassen verbinden, als *verschiedene chemische Elemente* zu bezeichnen seien oder ob man sie als *ein und dasselbe Element* anzusprechen habe.

Um die beste Antwort hierauf zu finden, wollen wir zuerst auf die Vorstellung eingehen, die

sich die heutigen Chemiker im allgemeinen vom Wesen eines Elementes machen, um dann an die Betrachtung des Gehaltes der Boyleschen Definition heranzutreten und aus ihr den bindenden Schluß zu ziehen.

Die Chemiker haben sich im Laufe der Zeit daran gewöhnt, die Elemente nicht nur als letzte *analytisch auffindbare Einheiten*, sondern auch als *Einheiten qualitativen¹⁾ und quantitativen Verhaltens* anzusehen, indem sie annahmen, daß jedes Element durch ganz bestimmte, einander eindeutig zugeordnete Eigenschaften gekennzeichnet sei. So hielten sie die chemische Eigenart, das Spektrum, vor allem aber das *Atomgewicht* für schlechthin charakteristische Eigentümlichkeiten eines chemischen Grundstoffs. Auf diese Art gaben sie dem ursprünglich rein experimentell gedachten Boyleschen Elementbegriff, obgleich sie ihn formell unverändert beibehielten, doch einen reicheren Inhalt, als er ihn ursprünglich besaß. Das war an und für sich gewiß statthaft, und solange es dem durch die Erfahrung Gegebenen gerecht wurde, stand es mit der Boyleschen Definition durchaus nicht in Widerspruch; ebenso wenig wie der durch das Studium der geometrischen Eigenschaften gewonnene reichere Begriff vom Dreieck mit der ursprünglichsten und einfachsten Definition desselben in Kontrast tritt. Diese innere Weiterentwicklung des Elementbegriffs führte sogar gewissermaßen zu einer Synthese zwischen dem empirisch abgeleiteten Boyleschen und dem aus dem logischen Bedürfnis entsprungenen Elementbegriff der alten Zeiten.

Soweit aber hierbei der Satz zugrunde gelegt wurde, daß zwei Stoffe, die in einigen Eigenschaften übereinstimmen, dies auch bezüglich aller anderen Eigenschaften tun,²⁾ wurde in die Vorstellung vom chemischen Element eine Anschauung verwoben, die auf einer innerlich nicht genügend begründeten und deshalb unzulässigen Verallgemeinerung von Erfahrungstatsachen beruhte. Nachdem heute exakte analytische Bestimmungen zu dem Ergebnis geführt haben, daß Stoffe, an denen sich sonst keinerlei Differenzen im Verhalten nachweisen lassen, doch deutlich verschiedene Atomgewichte besitzen, und man andererseits aus gewichtigen Gründen genötigt ist, einigen Stoffen von deutlich verschiedenem chemi-

¹⁾ Der Ausdruck „*qualitativ*“ wird in dieser Abhandlung immer in dem Sinne: „frei von jeder Beziehung auf die *Mass*“ angewandt werden, da man nach dem Sprachgebrauch des Chemikers unter „*quantitativen*“ Beziehungen in der Regel lediglich die die *Massen* betreffenden versteht.

²⁾ Vergl. W. Ostwald, Grundriß der allgem. Chemie, S. 1 (Leipzig, 1899).

¹⁾ Vergl. M. Siegbahn, Jahrb. d. Rad. u. Elektronik XIII, 332 (1916).

sehen Verhalten (wie beispielsweise dem Radium *E* und Radium *F*) praktisch gleiche Atomgewichte zuzuerkennen, hat diese Anschauung von der eindeutigen Zuordnung der Einzelqualitäten eines Stoffs jede Stütze in der Erfahrung verloren¹).

Hiernach muß also die Vorstellung, daß Einzelqualitäten für das gesamte Verhalten eines Stoffs bestimmend seien, unter allen Umständen aufgegeben werden. Jedoch kann der Chemiker seinem logisch-anschaulichen Bedürfnis gleichwohl noch dadurch Genüge leisten, daß er auf den Gesamtkomplex der Eigenschaften sein Augenmerk richtet, um auf diese Weise zu Einheiten zu gelangen, die zwar nicht schon durch jedes singuläre Merkmal, stets aber deutlich bei Berücksichtigung der Summe der wichtigsten Eigenschaften von einander unterscheidbar sind. Diese Besinnung gestattet dem Chemiker auch heute noch, mit der Vorstellung vom „Element“ die von einem ganz bestimmten, nur dem ins Auge gefaßten Stoffe eigentümlichen Verhalten (= Gesamtverhalten) zu verbinden, wie er es bisher zu tun gewohnt war. Er braucht also gar nicht so umstürzlerisch zu sein, einer derart wesentlichen Konstanten wie dem Atomgewicht überhaupt jede Bedeutung für die Charakterisierung eines Stoffes abzusprechen. Er trägt den neuen Erkenntnissen vollauf Rechnung, wenn er nur verlangt, daß alles Stoffliche, welches unter den Begriff des gleichen Elements untergeordnet werden soll, in jeder Beziehung — gleiche äußere Umstände vorausgesetzt — übereinstimme, und er nicht schon aus dem Vergleich einzelner Eigenschaften auf die Identität des Ganzen schließt. Dann behält jede wesentliche Eigenschaft ihre Bedeutung für die Charakterisierung einer Substanz, freilich nicht für sich allein betrachtet, sondern bei gleichzeitiger Berücksichtigung auch der anderen Merkmale.

Von diesem Gesichtspunkte aus ergibt sich, daß der Chemiker sowohl Stoffe gleichen Atomgewichts, aber sonst verschiedener Qualität, als auch Stoffe, die bei sonst (im wesentlichen) gleichem qualitativen Verhalten verschiedene Atomgewichte zeigen, als *verschiedene Elemente* zu bezeichnen hat, wenn er eine ganz radikale Umgestaltung seiner bisherigen Elementvorstellung vermeiden, vielmehr diese den Ergebnissen der Neuzeit entsprechend weiterentwickeln will.

Zu dem gleichen Resultat gelangt man aber auch vom rein formalen Standpunkte aus, d. h. auf Grund des Wortlauts der Boyleschen Definition. Das hat K. Fajans unlängst in einer schönen und ausführlichen Abhandlung²) über diesen Gegenstand einleuchtend dargelegt. Die Boylesche Definition stützt sich ganz und gar auf den Be-

griff der Zerlegbarkeit. Stoffe, die nicht weiter zerlegt werden können, sind Elemente; und wenn Stoffe noch in einfachere Bestandteile zerlegbar sind, darf man sie nicht als Elemente ansprechen. Fajans weist nun darauf hin, daß auch diejenigen Grundstoffe, welche bei sonst völlig gleichem Verhalten sich nur durch ihre Atomgewichte unterscheiden, stets von einander getrennt werden können. Nur muß man bei ihnen Methoden anwenden, die sich auf die Verschiedenheit der Masse gründen, zum Beispiel Diffusion im Gaszustande, Zentrifugieren oder elektromagnetische Analyse der Kanalstrahlen. Der Umstand, daß diese Methoden bis jetzt noch kaum benutzt sind, bildet kein Hindernis, sie in den Bereichen, wo sie sich als Trennungsmittel zweckmäßig erweisen, einzuführen. Auch bisher hat ja die Chemie sich in der Auswahl ihrer Trennungsvorgänge keineswegs beschränkt, sondern sie hat stets die gewählt, die für den gerade vorliegenden Zweck als die einfachsten und brauchbarsten erschienen. Gründete man auch die Trennung in der Regel auf die Schwerlöslichkeit bestimmter Verbindungen, so hat man doch bei den seltenen Erden, wo diese Methoden versagten, ohne Bedenken auch zu fraktionierten Kristallisationen gegriffen, bei den Edelgasen zur fraktionierten Verflüssigung und Destillation; und sogar das Verhalten bei der fraktionierten Diffusion ist bereits vor längerer Zeit als Kriterium für die Reinheit eines Elements (des Heliums) benutzt worden. Bislang ist es also niemandem in den Sinn gekommen, die Wahl der Zerlegungsmethoden irgendwie beschränken zu wollen. Der Boyleschen Definition liegt eine solche Beschränkung durchaus fern. Gerade in dem Umstande, daß sie es ermöglicht hat und weiterhin möglich macht, „die Zusammensetzung aller materiellen Gebilde auf eine relativ kleine Zahl von Bestandteilen, Elementen zurückzuführen“, lag und liegt ihr hoher Wert, nur hierdurch wird eine vollkommen eindeutige Analyse beliebiger Substanzen möglich gemacht¹).

Die Tatsache jedoch, daß es Gruppen von Grundstoffen gibt, deren Glieder sich (außer vielleicht noch durch ihr radioaktives Verhalten, das den Chemiker als solchen weniger interessiert) nur durch ihre Atomgewichte (deutlich) unterscheiden, in allen Eigenschaften dagegen, die nicht von ihrer Masse abhängen (soweit es bis jetzt nachweisbar ist), übereinstimmen, läßt es für den Chemiker praktisch erscheinen, auf den Gebieten, in denen das Atomgewicht keine besondere Rolle spielt, von den nur dieses betreffenden Unterschieden der einzelnen Glieder abzusehen und im allgemeinen eine Substanz, die aus lauter solchen stofflichen Einheiten zusammengesetzt ist, welche sich außer durch ihre Massen in ihrem gesamten Verhalten in keiner Weise unterscheiden, — eine Substanz also, die in ihrem qualitativen Verhalten in jeder Beziehung einheitlich erscheint, auch als einheitlich aufzufassen. Unzweckmäßig und durch-

¹) Aufrechterhalten ließe sie sich höchstens noch durch Berufung auf mit den heutigen Mitteln nicht wahrnehmbare Abweichungen in dem scheinbar gleichen Verhalten und in den Atomgewichten.

²) Jahrbuch d. Radioakt. u. Elektronik XIV, 314 (1917), XV, 101 (1918). Vergl. auch Fajans u. Lemberg, Zeitschr. f. anorg. Chemie 95, 329 (1916).

¹) Fajans loc. cit. S. 322, 315 u. 316.

aus nicht im Sinne der Boyleschen Definition wäre es jedoch, eine solche Substanz als *Element* anzusprechen.

Zwar meint *F. Paneth*¹⁾, der diese letztere Bezeichnungsart verteidigt, daß sie bei den Chemikern bereits allgemein üblich sei; nur die Radiochemiker hätten sich an die andere Nomenclatur gewöhnt, aber ihnen dürfe nicht auf Kosten der allgemeinen Chemie Rechnung getragen werden. — Es wird jedoch wohl nur *scheinbar* der Fall sein, daß die meisten Chemiker es vorziehen, qualitativ einheitlich reagierende Stoffgemische als Elemente zu bezeichnen. Für den Chemiker galt ja bisher eine qualitativ einheitliche Substanz stets auch als quantitativ einheitlich. Wenn er sich ein Element als Urform eines bestimmten Komplexes von Qualitäten (unter denen am hervorstechendsten für ihn die eigentlichen chemischen Reaktionen sind) vorstellte, so schloß er damit die quantitativen Beziehungen keineswegs aus. Auch für diese nahm er Identität bei den verschiedenen Atomen des gleichen Elementes an. Nachdem nun die genauere Untersuchung gezeigt hat, daß dem nicht so ist, konnte wohl leicht der eine oder andere Forscher dazu kommen, die neuen Erfahrungen dadurch möglichst eklatant zum Ausdruck zu bringen, daß er als ihr Ergebnis die Tatsache hinstellte, daß ein und dasselbe Element verschiedene Atomgewichte haben könne, jedoch nicht ohne das Bewußtsein, einen Ausspruch zu tun, der dem Gefühl des Chemikers durchaus widerstreitet²⁾. Richtiger im Sinne der bisherigen Auffassung vom Wesen des Elements, wiewohl gerade darum weniger auffällig, werden die neuen Resultate in der Weise dargestellt, daß man sagt: Es gibt chemische Elemente, die in ihrem qualitativen Verhalten vollständig miteinander übereinstimmen; diesen kommt jeweils auch die gleiche Moseleysche Ordnungszahl zu, sie sind deshalb im Periodischen System an der gleichen Stelle einzuordnen und werden darum als isotope Elemente oder kurz als Isotope³⁾ bezeichnet.

Daß es in vielen Fällen praktisch ist, qualitativ einheitlich reagierende Substanzen, auch wenn sie Gemische von Isotopen sind, als einheitlich aufzufassen, wurde schon oben gesagt. Selbstverständlich muß man dann auch die Möglichkeit haben, diese Einheiten gleichen qualitativen Verhaltens bequem zu bezeichnen. *Fajans* schlägt dafür den Ausdruck „*Elemententypen*“ vor. Vielleicht ist es noch besser, einfach von „*Stofftypen*“ zu reden, und zwar nicht nur wegen der größeren sprachlichen Handlichkeit dieses

Worts, sondern auch deshalb, weil es nicht, wie das von *Fajans* gewählte, eine Überordnung des Begriffs „*Typus*“ über den des Elements unter allen Umständen ausdrückt, die manchmal hinderlich erscheint. Man braucht (z. B. im Unterricht) nicht notwendig von dem Begriff des Elements auszugehen, um dann nachher die Elemente gruppenweise zu Typen zusammenzufassen, sondern man kann ebensowohl die Mannigfaltigkeit der gegebenen Dinge zunächst überhaupt nur auf Stofftypen zurückführen, die sich durch ihr qualitatives Verhalten deutlich von einander unterscheiden und daher im allgemeinen auch bequem von einander zu trennen sind. Bei beliebiger Gelegenheit kann man dann hervorheben, daß diese Stofftypen nicht immer schon die *letzten* Baumaterialien der Körperwelt darstellen, sondern daß man erst bei Berücksichtigung *aller* Unterscheidungsmöglichkeiten, insbesondere auch der Masse, zu den eigentlichen Urstoffen, den *chemischen Elementen* gelangt. Nach dem derzeitigen Stande unseres Wissens sind die meisten Stofftypen mit chemischen Elementen *identisch*; in einer nicht unbedeutlichen Anzahl von Fällen kann jedoch eine als „stofftypisch“ erkannte Substanz eine Mischung verschiedener Elemente sein, die durch gleiches qualitatives Verhalten ausgezeichnet sind.

Wenn *Paneth* die Stoffe gleichen qualitativen, oder wie er auch sagt, gleichen „chemischen“ Verhaltens als *Elemente* bezeichnet, so kann er das nur unter Abänderung der Boyleschen Definition. Er schlägt dafür folgende Fassung vor: „*Ein Element ist ein Stoff, der durch kein chemisches Verfahren in einfachere zerlegt werden kann. Stoffe, die dieser Definition genügen, gelten als dasselbe Element, wenn sie einmal miteinander gemischt, durch kein chemisches Verfahren wieder getrennt werden können.*“ Der zweite Satz, der im ersten Augenblick wie eine überflüssige Wiederholung des ersten anmutet, ist ein notwendiger Bestandteil der *Paneths*chen Definition, ohne den dieselbe nicht eindeutig wäre. Denn nach dem ersten Satz *allein* würde man durch beliebiges Mischen von Isotopen zu einer unbegrenzt großen Anzahl von chemischen Elementen und „zu einer völligen Entwertung des Elementbegriffs“⁴⁾ gelangen. Das liegt aber nicht an der Unzulänglichkeit der Boyleschen Definition, sondern an der Abänderung, die *Paneth* an ihr durch die Beschränkung auf „chemische“ Verfahren vornimmt. Abgesehen davon, daß es kaum möglich ist, eine allgemein gültige Grenze zwischen „chemischen“ und rein „physikalischen“ Vorgängen zu ziehen, und auch keine einzige chemische Trennung ohne physikalische (beispielsweise mechanische) Operationen ausführbar ist, erscheint auch deshalb die Beschränkung auf chemische Verfahren unstatthaft, weil die Unterschiede der Massen, wie sich theoretisch zeigen läßt, auch — wenngleich geringe — Differenzen

¹⁾ Zeitschr. f. Phys. Chemie, 91, 171 (1916).

²⁾ So bezeichnet *O. Hönlisch*, der gleichfalls die *Paneths*che Ausdrucksweise anwendet, diese Anschauungen selbst als „revolutionierend“ (Zeitschr. f. Elektrochem. 22, 18 (1916)). *Revolutionierend* muten die neuartigen Ergebnisse jedoch nur an durch die dafür gewählte wenig zweckmäßige Ausdrucksweise.

³⁾ *F. Soddy*, Die Chemie der Radioelemente II, S. 13 (Leipzig. 1914).

⁴⁾ *Paneth* loc. cit. S. 182.

in den anderen Eigenschaften der Atome zeitigen müssen¹⁾. Ob nicht diese bei weiterer Verfeinerung unserer Methoden uns auch noch zur „chemischen“ Trennung von verschiedenen Elementen gleichen Stofftyps führen werden, läßt sich noch gar nicht sagen. — Strebt man nach wissenschaftlicher Exaktheit, so wird man auch solche Möglichkeiten nicht völlig außer Acht lassen dürfen.

Der Begriff des *Chemischen Elements* ist von Boyle in vorbildlicher Weise naturwissenschaftlich exakt definiert und sollte es bleiben. Der Begriff des *Stofftyps* schließt sich dagegen mehr an die aristotelische Naturauffassung an²⁾, nur daß er nicht einem metaphysischen, sondern einem praktischen Bedürfnis entsprungen ist, nämlich dem für ein bestimmtes, zusammengehöriges Gebiet des Verhaltens *Typen* zugrunde zu legen. Es ist schon oben gesagt worden, daß die heutigen Chemiker in ihrer Vorstellung vom Wesen des Elements die Sachlichkeit und Schärfe des rein experimentell abgeleiteten Begriffs mit der Anschaulichkeit des philosophisch erschlossenen, der auf die typischen Merkmale sich stützt, zu verbinden bestrebt waren. Diese Möglichkeit gewährt ihnen die unveränderte Boylesche Definition auch heute noch; denn unbeschadet der „Stofftypen“ ermöglicht sie es bei noch feinerer Unterscheidung die chemischen Elemente als *Urtypen* aufzustellen. Ein Element läßt sich unter diesem Gesichtspunkte als *letzte stoffliche Einheit für einen unveränderlichen Komplex von Eigenschaften* beschreiben. Die *einzelnen* Eigenschaften sind *nicht* typisch für das Element. Verschiedene Elemente können einen Teil der Eigenschaften mit einander gemein haben, einen andern dagegen nicht. Verschiedene Elemente können gleiches Atomgewicht haben, sich aber qualitativ ganz verschieden verhalten; sie können jedoch auch bei gleichem qualitativen Verhalten von verschiedenem Atomgewicht sein.

Ob es doch vielleicht Eigenschaften gibt, die durch ihre Differenzen immer auch die Verschiedenheit aller anderen Eigenschaften bedingen, vermag erst die Experimentalforschung der Zukunft zu entscheiden. Jedenfalls ist es bei dem heutigen Stande unseres Wissens unzulässig, von vornherein die Möglichkeit auszuschließen, daß Atome, von denen das eine durch Aussendung von β -Strahlen aus dem anderen entsteht, nicht doch etwas verschiedene Masse haben; denn durch das Entweichen eines Elektrons aus dem Atomverbande muß entsprechend der großen hierbei umgesetzten Energiemenge eine weitgehende Umlagerung des inneren Kraftfeldes und eine entsprechende Umgruppierung der Elektronen des Atomrestes veranlaßt werden, die sehr wohl auch

auf dessen Masse von Einfluß sein kann¹⁾. Liegt die so bewirkte Veränderung der Masse im Bereich der Meßbarkeit, so könnte das Atomgewicht am Ende doch noch einmal wieder als typisches Charakteristikum des chemischen Elements zu Ehren kommen.

Solche Erfahrungen, wenn sie jemals gemacht werden sollten, würden unsere oben beschriebene Elementvorstellung lediglich nach ihrer inhaltlichen Seite stetig weiterentwickeln, die Boylesche Definition jedoch und die aus ihr im vorstehenden gezogenen Konsequenzen völlig unangestastet lassen.

Kommen wir hiermit zu dem Ergebnis, daß die klassische Elementdefinition *Boyles* auch heute noch in unveränderter Form aufrechtzuerhalten ist, so glaubt hingegen *Fajans* sie korrigieren zu müssen. Er will sie durch den folgenden Satz ersetzen: „*Ein Element ist ein Stoff, der durch kein physikalisches oder chemisches Mittel in einfachere Bestandteile zerlegt wurde und auch nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist.*“ Man darf nach *Fajans* „in der Elementdefinition nicht behaupten, daß ein Element durch kein bekanntes Mittel zerlegt werden kann, sondern nur, daß es durch kein Mittel zerlegt wurde“. Diese mit allen Denkgewohnheiten des Chemikers aufs schärfste in Widerspruch tretende und allein durch die Berufung auf *W. Ostwald* nicht genügend gerechtfertigte Aufstellung *Fajans*' könnte als Ausfluß eines extremen Positivismus anmuten, wie er in dieser Form eigentlich nur in bestimmten Kreisen französischer Theoretiker so recht heimisch ist; aber anscheinend ist *Fajans* zu ihr weniger von philosophischen Spekulationen ausgehend gelangt, als in dem Bestreben, eine praktische Schwierigkeit aus dem Wege zu räumen, die seiner Ansicht nach die Boylesche Elementdefinition bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens mit sich bringt. Es sind nämlich bisher noch nicht sämtliche bekannten Zerlegungsmethoden auf die üblicherweise als Elemente bezeichneten Stoffe angewandt worden. Wir dürfen deshalb die Möglichkeit nicht von vornherein ausschließen, daß eine mehr oder weniger große Zahl davon sich später als Isotopengemische erweisen wird. — Das ist zweifellos richtig. Aber ich sehe nicht ein, inwiefern die Annahme, daß ein Teil der heute noch für elementar gehaltenen Substanzen sich später einmal doch noch als zusammengesetzt herausstellen könnte, unseren Elementbegriff in seiner Anwendbarkeit beeinträchtigen müßte. Auch früher sind doch bereits in vielen Fällen Zweifel an der elementaren Natur von anfangs für einfach gehaltenen Substanzen aufgetaucht. Diese haben gerade dazu geführt, daß der Chemiker sich nicht auf einige wenige Methoden der Zerlegung beschränkte, sondern möglichst alle ihm zur Verfügung stehenden Mittel anzuwenden

¹⁾ *Fajans* loc. cit. S. 330, 331, 337 u. 338.

²⁾ Vergl. *W. Herz*, Grundzüge der Geschichte der Chemie (Stuttgart, 1916) S. 9: „Die Alten haben wohl mit den Ausdrücken Feuer, Wasser, Luft, Erde weniger die stoffliche Erde, das stoffliche Wasser usw. ausdrücken wollen, als ihre typischen Eigenschaften.“

¹⁾ Vergl. hierzu *J. Stark*, Prinzipien der Atomdynamik I, S. 71 (Leipzig, 1910).

sichte, um sich von der Reinheit eines Elements zu überzeugen. Auch haben gerade sie wichtige Entdeckungen veranlaßt. Zweifel an der elementaren Natur des atmosphärischen Stickstoffs führten zur Auffindung des Argons. Ebenso bietet die Entdeckung der anderen Edelgase, die Geschichte der Reinigung der seltenen Erden, wie auch schon die Geschichte der früheren Chemie zahlreiche Belege dafür, daß die Auffassung des Elements streng im Boyleschen Sinne ebensowenig darauf gehindert noch nicht bekannt war, als Elemente anzusehen, wie sie jederzeit es freistellte, theoretisch an der elementaren Natur eines Stoffes zu zweifeln, an dem noch nicht alle bekannten Zerlegungsmöglichkeiten versucht waren.

Ein Zweifel an der Lückenlosigkeit des bisher Erreichten muß stets gestattet sein, damit überhaupt ein Fortschritt in der Wissenschaft möglich bleibt — das gilt nicht nur für die Chemie —. Ist aber der Chemiker gleich durch seine Definition gezwungen, jeden Stoff, der bis heute noch nicht zerlegt wurde, nicht nur praktisch, sondern auch in seinen wissenschaftlichen Erwägungen als Element zu betrachten, so hat er hinfort keinen Anlaß mehr, sich um weitere Zerlegung irgend einer bis jetzt noch nicht aufgespaltenen Substanz zu bemühen, da diese bereits durch die Tatsache, daß sie noch nicht aufgespalten wurde, als Element statuiert ist, selbst wenn sie, in den geheimnissvollsten Tiefen der Erde ruhend, noch gar nicht in die Hände des Analytikers gelangt sein sollte. Verlangt man von einem Element nichts weiter, als daß es ein Stoff sei, der noch nicht zerlegt wurde und nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist, so wird die Entdeckung noch einiger neuer Elemente nicht besonders schwierig sein — freilich die wissenschaftliche Einsicht in die Natur auch wenig fördern; denn die uns noch fehlenden 5 Stofftypen, deren Dasein das Periodische System im Verein mit den Schlüssen aus den charakteristischen Röntgenspektren erwarten läßt und deren Entdeckung die schönste Krönung dieses Gebiets der Chemie bilden würde, werden auf die Art sicher niemals gefunden werden. Gerade der latent stets vorhandene Zweifel an der elementaren Natur besonders noch wenig untersuchter Stoffe, der in Aktion tritt, sobald nur irgend ein Merkmal, beispielsweise eine charakteristische Eigentümlichkeit des Spektrums, ihm eine Handhabe bietet, ermöglicht es uns, auch jetzt noch neue Entdeckungen von Elementen nicht für ausgeschlossen zu halten. Nach der Definition von *Fajans* müßte ein Forscher, seine Zerlegungskunst zu versuchen, nicht der Zweifel drängen: Ist dieser Stoff wirklich ein Element, sondern die Frage: wird dieser Stoff, wenn du ihn recht bearbeitest, wohl trotzdem ein Element bleiben? Der Forscher müßte also an sein Werk mit der ausdrücklichen Absicht herangehen, ein Element zu zerstören. Man wird wohl nicht annehmen wollen, daß auch nur ein einziger von

den Entdeckern der Elemente nach *Boyle* sich in solchen Gedankengängen bewegt hat.

Es ist interessant, zu welchen Konflikten die von *Fajans* vorgenommene erkenntnistheoretische Beschränkung der Boyleschen Definition gerade in ihrer Anwendung auf das Isotopenproblem führt, um das sich doch die ganze Diskussion über den Elementbegriff bewegt. Obgleich wir mit Bestimmtheit sagen können, daß jedes Isotopengemisch zerlegt werden kann, da wir Methoden kennen, die richtig angewandt, dies Ziel erreichbar machen müssen: wären wir, wenn ein Element ein Stoff ist, der noch durch kein Mittel zerlegt wurde, heute trotzdem gezwungen, jedes beliebige Isotopengemisch als besonderes Element anzusprechen, da bis jetzt eine Zerlegung von Isotopen noch fast in keinem Falle¹⁾ gelungen ist (weil man es nämlich mit den geeigneten Methoden noch nicht versucht hat). Wir könnten dann durch Mischen von Elementen gleichen Stofftyps beliebig viele neue Elemente herstellen und kämen dadurch allerdings zu einer „völligen Entwertung des Elementbegriffs“. Diese Schwierigkeit sucht nun *Fajans* zu überwinden durch den Zusatz: „und nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist“. Dadurch gerät er aber von der *Scylla* in die *Charybdis*. Denn er gibt durch diesen Zusatz die analytische Zerlegung als entscheidende Prüfungsmethode preis, obgleich er an früherer Stelle selbst betont, „daß der Elementbegriff seinem Zweck deshalb so vortrefflich entsprochen hat, weil das Element die Grenze der analytischen Kunst des Chemikers bildete in bezug sowohl auf die Zerlegungsmöglichkeit als auch auf die Unterscheidungsmöglichkeit“. Der Satz, daß ein Element ein Stoff sei, der nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt ist, würde die Kompetenz im Urteil über die Reinheit eines Elements vom Chemiker in die Hände des Physikers hinüberspielen. Denn wie *Fajans* ausdrücklich radioaktive Methoden zur Erkennung der Gemischnatur gestattet, so müssen nach dem Wortlaut seiner Definition auch alle anderen physikalischen Methoden erlaubt sein, insbesondere auch spektrographische. So sehr nun auch der moderne Chemiker diese als Hilfsmittel bei seinen Arbeiten zu schätzen weiß, so wird er doch immer die Möglichkeit der Zerlegung als entscheidendes Kriterium für die Gemischnatur eines Stoffes betrachten und sich nicht gerne auf die Dauer bei derartig fundamentalen Nachweisen mit indirekten Methoden begnügen wollen²⁾.

¹⁾ Eine Ausnahme bildet vielleicht der Neontyp. Vergl. *Soddy*, Chemie der Radioelemente II, S. 62 (Leipzig, 1914).

²⁾ Hiermit soll natürlich nicht abgeleugnet werden, daß in vereinzelt Fällen, wie bei den ganz kurzlebigen radioaktiven Substanzen, der Chemiker sich veranlaßt sehen kann, sich praktisch an die Ergebnisse der physikalischen Meßmethoden zu halten; aber eben aus dem Grunde, weil hier seine Methoden versagen, sieht er das Gebiet der kurzlebigen Radioelemente auch nicht mehr als zu seinem Bezirk gehörig an.