

Zeitschrift für angewandte Chemie

I. Bd., S. 57—64

Aufsatzteil

6. März 1917

Forschungen auf dem Gebiete der Radioaktivität in den Jahren 1915 und 1916.

Von Professor Dr. F. HENRICH.

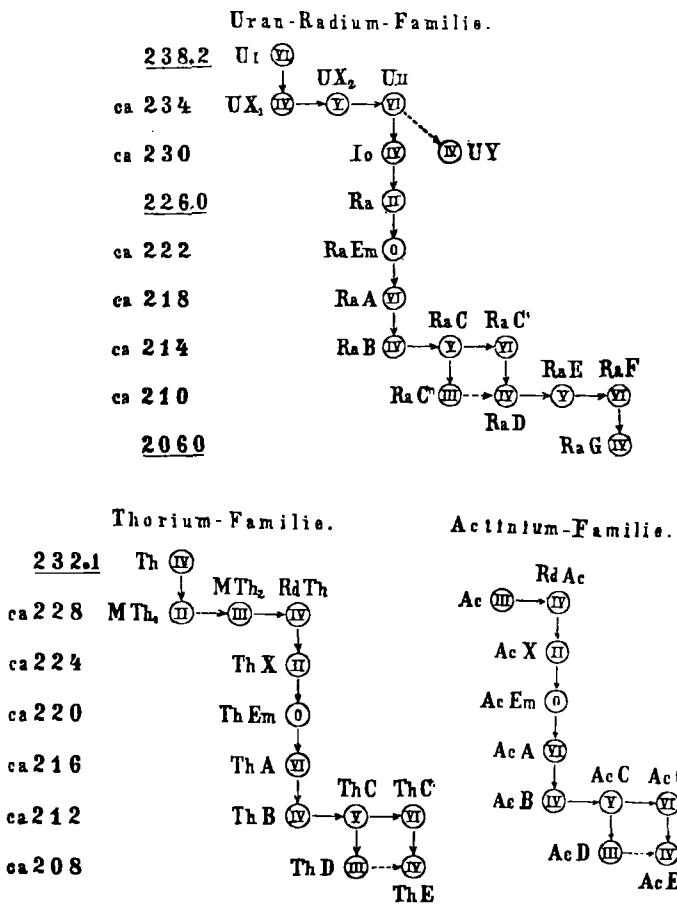
(Eingeg. 7.12. 1916.)

Inhalt: Wandlungen in den Grundanschauungen der Chemie. Die Atomzerfallshypothese. Feststellung verschiedener Atomgewichte bei Bleisorten aus uranfreien und uranhaltigen Mineralien. Isotope, d. h. Elemente, die bei völlig identischen chemischen Eigenschaften verschiedene Atomgewichte haben. Begriff einer Plejade. Isotope und das periodische System der Elemente. Vorschläge über eine neue Definition von Element und Atom. Die Isotopen unter dem Gesichtswinkel des Rutherford-Bohrschen Atommodells. Kerneigenschaften und Elektroneneigenschaften. Elektrochemisches Verhalten von Isotopen. Austausch von Atomen zwischen fester und flüssiger Phase. Magnetische Suszeptibilität, verschiedene Flüchtigkeit von Isotopen. Verhalten bei der Diffusion im Gaszustand und beim Zentrifugieren. Über die Löslichkeit der Salze von Isotopen und eine Methode zur relativen Atomgewichtsbestimmung. Über den Zusammenhang von Atomvolumen und Radioaktivität. Bildliche Darstellungen der Gesetze des Atomzerralls. Versuche, einesseits radioaktive Umwandlungen zu beeinflussen, andererseits Elemente durch Bestrahlung mit Kathodenstrahlen zu verändern. α -Partikel mit abnormer Reichweite. Beziehung zwischen Zerfallskonstante und Reichweite. Ionisation durch α -Strahlen des Poloniums. Reichweite von α -Strahlen in Flüssigkeiten. Zählung der β -Strahlen und Erzeugung von γ -Strahlen. δ -Strahlen. Analytische Trennung der Radioelemente. Chemische und physiologische Wirkungen der Strahlen. Exakte Neubestimmung des Atomgewichts des Urans. Untersuchungen über die Aufnahme von UX durch Kohle. Ionium. Experimenteller Nachweis der Bildung von Radium aus Ionium. Löslichkeit der Radiumemanation. Forschungen über die Abscheidung des aktiven Niederschlags auf verschiedenen Metallen. Wasserstoffverbindung des Poloniums. Die Uran-Radiumreihe. Die Aktiniumreihe. Exakte Neubestimmung des Atomgewichts des Thoriums. Untersuchungen über den aktiven Thoriumniederschlag. Die Thoriumzerfallsreihe. Technische Anwendungen radioaktiver Stoffe. Patente. Erklärung einer meteorologischen Erscheinung.

Schon früh hat man beim Studium der radioaktiven Erscheinungen vorausgesagt, daß der Fortschritt auf diesem Gebiet einmal wesentliche Änderungen in unseren Anschauungen über die Natur der Materie mit sich bringen werde. Diese Voraussage hat sich vollauf bestätigt, und schon beginnen die Resultate radiochemischer Forschungen an den Grundlehren der Chemie zu rütteln. Gleich zu Anfang des Jahrhunderts wurde mit dem Dogma der Unteilbarkeit der Atome unter den Chemikern aufgeräumt. Die Hypothese des Atomzerralls von Rutherford und Soddy bewährte sich in kurzer Zeit beim Studium der Radioelemente in so hervorragender Weise, eröffnete so aussichtsreiche Perspektiven, daß anfängliche Zweifel bald überwunden waren. Wir können heute mit großer Sicherheit alle bekannten Radioelemente vom Th, Ur und Ac (Aktinium) durch Atomzerrall ableiten, wobei alles darauf hindeutet, daß auch Aktinium ein Zerfallsprodukt des Urans ist. Die einzelnen Radioelemente zerfallen dabei in andere entweder unter Aussendung von α -Strahlen (He-Atomen mit doppelter positiver Ladungseinheit), wobei sich ihre Masse jedesmal um 4 Einheiten verringert, oder von β -Strahlen (Elektronen), die keine hier in Betracht kommende Massenverminderung bedingen. Der radioaktive Atomzerrall macht (wenigstens scheinbar) Halt bei den drei Elementen ThD_2 (neuerdings auch ThE genannt), RaG und AcD_2 (oder, wie man auch sagt, AcE), die man Endprodukte des radioaktiven Zerralls nennt, weil sie selbst keine Strahlungen mehr zeigen, also nicht mehr radioaktiv erscheinen. Im folgenden sind die drei Zerfallsreihen in einer neuen, recht zweckmäßigen Darstellung von O. Höning schmidt¹⁾, wobei die Zahlen die Atomgewichte bedeuten, wiedergegeben (siehe nächste Spalte).

Aber diese Endprodukte sowie sämtliche anderen Elemente lassen sich durch physikalische Methoden (hochgespannte Ströme, ultraviolettes Licht u. a.) weiter spalten und geben dabei als Spaltstücke

einerseits negative Elektronen, andererseits schwerere, positiv geladene Reste, so daß man annehmen muß, daß die Atome aller Elemente aus diesen Teilen bestehen. Der Unterschied zwischen Radioelementen und gewöhnlichen Elementen besteht darin, daß erstere selbsttätig unter Abgabe ungeheuerer Energiemengen zerfallen, letztere dagegen unter Aufwand sehr großer Kraftquellen dazu gezwungen werden müssen. Im Sinne der heutigen Auffassung sind also Atome keine unteilbaren Körper mehr, sondern sie lassen sich in positive und negative Teilchen zerlegen; dabei ist es nicht ausgeschlossen, daß auch der positive Atomkern noch komplex ist. Diese den Physikern schon länger geläufige Auffassung wurde durch das Studium der radioaktiven Erscheinungen auch den Chemikern vertraut. Das war die



erste Wandlung in den Grundlehren der Chemie. Die zweite betrifft das periodische Gesetz der Elemente. Auf sie ist in den früheren Beiträgen bereits hingewiesen. Sie sei jetzt zusammenfassend dargestellt. Dabei weiche ich, um den Chemikern leichter verständlich zu werden, von der üblichen historischen Darstellung ab und gehe gleich von den Endresultaten der Entwicklung aus.

Um grundlegende und bewährte Theorien oder Gesetze umzustürzen, müssen die dagegen sprechenden Tatsachen gewichtig und experimentell einwandfrei dastehen. Diese Tatsachen sind die folgenden. Man hat metallisches Blei einerseits aus Bleiglanz und andererseits aus Uranmineralien Carnotit, Uranpecherz aus Joachimsthal, Morogoro (Ostafrika), Uraninit (Bröggerit u. a.) dargestellt und es so gereinigt, daß spurenhafte Verunreinigungen nicht mehr von Einfluß auf das Atomgewicht sein konnten. Als man nun mit den Bleiproben verschiedener Herkunft das Atomgewicht des Bleis bestimmte, da fand man erhebliche Differenzen in den Atomgewichten. Diese chemische Grundkonstante betrug beim Blei aus Bleiglanz $207,15 \pm 0,02$, $207,18 \pm 0,006$ (wie früher immer beobachtet), beim Blei aus Carnotit $206,59 \pm 0,01$, bei Pechblende von Joachim-

¹⁾ Ber. 49, 1838 [1916].

tal $206,57 \pm 0,02$, bei Uraninit $206,4 \pm 0,06$ nach Versuchen von Th. W. Richards und M. E. Lemberg²⁾, beim Blei der Pechblende aus Morogoro $206,046 \pm 0,014$ (O. Höngschmid und St. Horowitz) beim Blei aus Bröggerit $206,06 \pm 0,003$. Diese Tatsachen wurden zunächst auf Anregung von K. Fajans durch M. E. Lemberg im Laboratorium des berühmten Atomgewichtsforschers festgestellt und dann von O. Höngschmid mit den feinsten Mitteln moderner Experimentierkunst im Wiener Institut für Radiumforschung wiederholt und bestätigt. Nach den Angaben dieser Autoren ist es ganz ausgeschlossen, daß die Differenzen durch ungenügende Reinigung bedingt werden. Sie müssen danach in der Natur der Produkte begründet sein³⁾.

Einen zweiten Fall untersuchten O. Höngschmid und St. Horowitz⁴⁾ beim Thorium. Sie bestimmten einerseits das Atomgewicht von Th aus höchst gereinigten uranfreien und andererseits aus uranhaltigen Thoriummineralien. Dabei fanden sie im ersten Fall die Zahl 232,1, im zweiten 231,1. Auch hier kann nach den Angaben der Autoren unvollkommene Reinigung die Ursache der Abweichung nicht sein.

Diese Unterschiede der Atomgewichte erklären sich leicht aus dem Studium des radioaktiven Atomzerfalls. In uranhaltigen Mineralien entsteht als ein Zerfallsprodukt das langlebige Ionium, dessen Atomgewicht sich zu 230 berechnet. Ionium ist aber chemisch in keiner Weise von Thorium zu trennen, und so muß das Atomgewicht des Thoriums aus uranhaltigen Th-Mineralien zwischen 230 und 232,1 liegen. Analog ist es mit dem Blei. Das Endprodukt des Atomzerfalls der Uranreihe ist Ra G, dessen Atomgewicht sich zu 206,2 berechnet (Atomgewicht des Ur 238,2 minus 8×4). Ra G zeigt aber alle chemischen Eigenschaften des Bleis, ist von ihm chemisch nicht zu unterscheiden, und darum nimmt man an, daß das Blei aus Uranmineralien d's Ra G ist. Die Abweichungen im Atomgewicht von Pb und Th aus uranfreien und uranhaltigen Mineralien erklären sich also dadurch, daß erstere kein gewöhnliches Blei oder gewöhnliches Th, sondern Ra G bzw. ein Gemisch von Th und Io enthalten, die sich von Pb und untereinander chemisch nicht trennen lassen. Das Neue, Überraschende der letzten Ergebnisse der Radiochemie ist also die Tatsache, daß es Elemente von verschiedenem Atomgewicht, aber identischen chemischen Eigenschaften gibt. In den beiden mitgeteilten Fällen ist diese Tatsache so exakt festgestellt, wie sie mit den augenblicklichen Mitteln der Forschung nur festgestellt werden kann, aber bei einer ganzen Reihe von Fällen ist bei Radioelementen, die wegen ihrer geringen Menge der Wägung unzugänglich sind, die chemische Untrennbarkeit von mehreren Seiten qualitativ nachgewiesen. Solche Elemente von verschiedenem Atomgewicht, aber gleichen chemischen Eigenschaften, die darum untrennbar sind, nennt man nach einem Vorschlag von Soddy Isotope. Eine Gruppe von Isotopen heißt nach Fajans Plejade. In den folgenden Zeilen findet man die Isotopen im Rahmen der Plejaden in den Horizontalreihen aufgeführt.

Ra-Emanat., Ac-Emanat., Th-Emanat.

Ra, Meso-Th₁, Ac X, Th X

Ac, Meso-Th₂

Ac D, Th D, Ra C₂

Radio-Ac, Radio-Th, Io, Th, U X₁

Ra G, Pb, Ac D₂, Th D₂, Ra D, Ac B, Th B, Ra B

Ra E, Ac C₁, Th C₁, Ra C₁

U₁, U₂

Ra F, Ac C₂, Th C₂, Ra C', Ac A, Th A, Ra A.

Wir werden später auf diese neue chemische Erfahrung, die Isotopen, noch näher zu sprechen kommen. Zunächst wollen wir nur eine Eigenschaft derselben betrachten, nämlich die, daß sie bei völlig identischem, chemischem Verhalten verschiedenes Atomgewicht haben. Diese Tatsache widerspricht dem periodischen System der Elemente. Wenn die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen des Atomgewichts sein sollen, so müssen sich die Eigenschaften eben mit dem Atomgewicht ändern. Wenn jedem Wechsel des Atomgewichts eine Änderung der Eigenschaften entsprechen soll, so ist es ausgeschlossen, daß Elemente von zwei verschiedenen Atomgewichten absolut gleiche chemische Eigenschaften haben. Und umgekehrt müßten nach diesen Prämissen Elementen mit gleichem

²⁾ Z. anorgan. Chem. 88, 429 [1914].

³⁾ Zweiflern rate ich, die Originalabhandlungen zu lesen, auf die ich darum besonders hinweise: Z. anorg. Chem. 88, 444 [1914]; Wiener Monatshefte 36, 355 [1915].

⁴⁾ Z. Elektrochem. 22, 21 [1916]; Wiener Monatshefte 37, 309 (1916); Angew. Chem. 29, II, 157 [1916].

Atomgewicht stets identische chemische Eigenschaften zukommen. Auch das ist aber nach den Erfahrungen der Radiochemie mehrfach nicht der Fall. Die Radioelemente U X¹, U X₂ und U II haben gleiches Atomgewicht, aber völlig verschiedene chemische Eigenschaften, und analog ist es mit Ra B, Ra C, Ra C' und anderen (siehe Schema, S. 57). Solche, zwar nicht mit wägbaren Mengen, aber von mehreren Seiten übereinstimmend festgestellten Widersprüche mit dem periodischen System müßten zu Versuchen einer anderen Formulierung führen.

So viele Bestätigungen das periodische System bereits erfahren hat, so viele wertvolle Dienste es den Chemikern in systematischer Hinsicht leistete, so war man doch stets davon überzeugt, daß es in seinen üblichen Anordnungen noch keine vollkommene Gesetzmäßigkeit darstelle. Das beweisen die vielen stets neu unternommenen Versuche, es abzuändern, die bisher nicht zum Stillstand kamen. Vor allem zeigten sich drei Elementenpaare, die so eingeordnet werden mußten, daß das Element mit höherem Atomgewicht vor das mit niedrigem kam, wenn das Gesetz gelten sollte. Es waren das Ar und K, Co und Ni, Te und J. Anfangs glaubte man, daß eine fehlerhafte Bestimmung der Atomgewichte dieser Elemente die Ursache jener Ausnahmen wären, aber alle Neubestimmungen konnten die Unstimmigkeit nicht aus der Welt schaffen. Dann war die Einreihung der Metalle der Eisengruppe keine naturgemäße, und bei den seltenen Erden schien das periodische System so unterbrochen zu sein, daß man nicht entscheiden konnte, wie viele Elemente in diesem Bereich zu erwarten sind. Im letzteren Falle half man sich nach Vorschlägen von Brauner, Biltz u. a. so, daß man eine Reihe von seltenen Elementen an einem Platz im System unterbrachte. Biltz machte an die betreffende Stelle ein Σ. Brauner dachte sich diese Elemente auf einer Koordinate senkrecht auf der Ebene des Systems angeordnet.

Das periodische System war also von jeher reformbedürftig, und es ist das große Verdienst verschiedener Forscher, es zu einer Vervollkommenung gebracht zu haben, bei der die alten wie die neuen Unstimmigkeiten teils verschmolzen, teils herabgemindert wurden. Vor allem ist mit der Einreihung der Radioelemente in das periodische System, besonders durch Fajans⁵⁾, Soddy⁶⁾ u. a., der erste Schritt vorwärts gemacht worden. Soddy, Fajans, v. Hevesy, Russell fanden, daß bei der Umwandlung der Radioelemente der chemische Charakter des neu entstehenden Elementes sich dem Mutterelement gegenüber gesetzmäßig ändert. Durch α-Strahlenumwandlung wird stets ein Element erzeugt, das nach seinem chemischen Verhalten um zwei Gruppen im periodischen System zurückliegt. Wird aber bei der Umwandlung ein β-Strahl abgeschleudert, so rückt das neu entstandene Element im periodischen System gleichsam eine Gruppe vor. Th z. B., das der vierten Gruppe des periodischen Systems angehört, geht durch α-Strahlenumwandlung in Ms-Th₁ über, das die chemischen Eigenschaften des Radiums zeigt und darum zur zweiten Gruppe gerechnet werden muß. Ms-Th₁ dagegen, der zweiten Gruppe des periodischen Systems zugehörig, geht durch β-Strahlenumwandlung in Ms-Th₂ über, dessen chemische Eigenschaften es der dritten Gruppe des periodischen Systems zuweisen. Aus ihm bildet sich durch β-Strahlenumwandlung Ra-Th, das der Gruppe IV nach seinem chemischen Verhalten zugeteilt werden muß, wie in derselben Gruppe, der auch Th angehört. Aus Ra-Th entsteht durch α-Strahlenumwandlung Th X, das infolgedessen der Gruppe II zuzuteilen ist, usw. bis Th B und Th E, die wie Th wieder zur Gruppe IV gehören (s. S. 57).

Die Durchführung dieser Gesetzmäßigkeit zeigte nun, daß Isotope stets in die gleiche Gruppe des periodischen Systems kommen, und man teilte den zusammengehörigen Isotopen immer einen Platz im periodischen System zu, so daß also je eine Plejade je einen Platz einnahm, eine Plejade also als ein Element galt. Wie kam man aber über die Unstimmigkeit mit den Atomgewichten hinweg? Hier halfen neue Untersuchungen über die sog. Röntgenstrahlenspektren, auf die wir zunächst etwas näher eingehen müssen.

Von Laue, Friedrich und Knippeling⁷⁾ fanden, daß Röntgenstrahlen beim Auftreffen auf einen Krystall Interferenzerscheinungen hervorrufen, deren Ursache die als Gitter wirkenden Atome des Krystalls sind. W. H. und L. W. Bragg⁸⁾ stellten nun für die Reflexion von Röntgenstrahlen an der Netzebene eines Krystalls die Gleichung:

$$n\lambda = 2d \cos \varphi$$

⁵⁾ Physikal. Z. 14, 131 [1913].

⁶⁾ Die Chemie der Radioelemente Bd. II.

⁷⁾ Jahrb. der Radioakt. und Elektronik 11, 308 [1914].

⁸⁾ Ebenda S. 346.

auf, in der φ der Einfallswinkel der Strahlen, d eine Konstante, die für den betr. Krystall gilt, λ die Wellenlänge, n die Zahlen 1, 2, 3, 4 usw. sind. Diese Gleichung drückt aus, daß ein Interferenzmaximum für eine Wellenlänge λ stets dann eintritt, wenn die \cos des Eintrittswinkels φ der Gleichung genügen. Für Maxima verschiedener Ordnung ($n = 1, 2, 3, \dots$) müssen also die $\cos \varphi$ im Verhältnis der ganzen Zahlen stehen. Nachdem es den Braggs (Vater und Sohn) bei einem Kochsalzkrystall gelungen war, den Zahlenwert von d zu ermitteln, wurde es möglich, die Wellenlänge λ einer bestimmten Röntgenstrahlung in absolutem Maße zu ermitteln.

Nun hat jedes Element unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen ein „charakteristisches Röntgenstrahlenspektrum“. Es sendet Strahlen mehrerer Wellenlängen aus, die in ihrer Intensität und Frequenz stets in demselben Verhältnis zueinander stehen, so daß es leicht ist, die korrespondierenden Linien verschiedener Elemente zu erkennen. Es zeigte sich dabei allgemein, daß die Frequenz korrespondierender charakteristischer Linien eines Elementes mit steigendem Atomgewicht größer wird. H. G. Moseley⁹), ein junger englischer Physiker, der bei den Kämpfen an den Dardanellen den Tod fand, untersuchte die korrespondierenden Linien des Röntgenstrahlenspektrums und fand dabei eine merkwürdige Gesetzmäßigkeit. Er trug in ein Koordinatensystem als Ordinaten die sog. Ordnungszahlen (oder Atomnummern) der Elemente, d. h. die Zahlen, die man erhält, wenn man das Element mit niedrigstem Atomgewicht, H mit 1, das nächst höhere He mit 2, das dann folgende Li mit 3 usw. bezeichnet. Als Abszisse trug er die Quadratwurzel aus der Frequenz, die entsprechende charakteristische Röntgenlinien zeigen, für jedes Element auf. Es zeigte sich, daß die aus zusammengehörigen Ordinaten und Abszissen erhaltenen Punkte für die einzelnen Elemente annähernd auf einer geraden Linie liegen, d. h.: Die Quadratwurze, aus der Frequenz charakteristischer Röntgenlinien steht in linearer Abhängigkeit von der Ordnungszahl (Atomnummer) der Elemente; während sich zum Atomgewicht keine eindeutige Beziehung zeigte. Das spricht dafür, daß jedem Element eine fundamentale Größe (Konstante) zukommt, die sich von einem Element zum nächsten um genau den gleichen Betrag (also linear) ändert. Wie es nun Mendejeff gelang, auf Grund seines Systems die Existenz und Eigenschaften noch unentdeckter Elemente vorauszusagen, so auch mit dem Gesetz von Moseley, ja noch mehr. Wie mitgeteilt, ist das periodische Gesetz der Elemente bei den seltenen Erden unterbrochen, und man kann nicht voraussagen, wie viele Elemente hier zu erwarten sind. Die Gesetzmäßigkeit in den Röntgenspektren erleidet aber keine Ausnahme. Durch seine charakteristische Röntgenstrahlung ist auch jedem Element aus der Gruppe der seltenen Erden ein bestimmter Platz angewiesen, und die lineare Beziehung bleibt vollkommen erhalten, wenn wir zwischen Neodym und Samarium eine einzige Lücke lassen, die einem noch unentdeckten seltenen Element entspricht. Wenn man außerdem noch weitere vier Lücken bei den sämtlichen Elementen läßt, so gilt die lineare Beziehung für alle Elemente. Danach wären nur noch fünf neue Elemente zu entdecken, und wir erhalten folgende Tabelle für die Reihenfolge im Sinne des Moseleyschen Gesetzmäßigkeiten¹⁰.

1 H	17 Cl	33 As	49 In	65 Tb	81 Tl
2 He	18 Ar	34 Se	50 Sn	66 Dy	82 Pb
3 Li	19 K	35 Br	51 Sb	67 Ho	83 Bi
4 Be	20 Ca	36 Kr	52 Te	68 Er	84 Po
5 B	21 Sc	37 Rb	53 I	69 Tu I	85 —
6 C	22 Ti	38 Sr	54 X	70 Tu II	86 Em
7 N	23 V	39 Y	55 Cs	71 Yb (Ad)	87 —
8 O	24 Cr	40 Zr	56 Ba	72 Lu (Cp)	88 Ra
9 F	25 Mn	41 Nb	57 La	73 Ta	89 Ac
10 Ne	26 Fe	42 Mo	58 Ce	74 W	90 Th
11 Na	27 Co	43 —	59 Pr	75 —	91 Bv
12 Mg	28 Ni	44 Ru	60 Nd	76 Os	92 U
13 Al	29 Cu	45 Rh	61 —	77 Ir	
14 Si	30 Zn	46 Pd	62 Sm	78 Pt	
15 P	31 Ga	47 Ag	63 Eu	79 Au	
16 S	32 Ge	48 Cd	64 Gd	80 Hg	

Die Striche bedeuten dabei die noch zu entdeckenden Elemente.

Den Isotopen kommt, wie gesagt, jedesmal ein Platz (Atomnummer) im periodischen System zu, und in der That haben Rutherford und C. Andrade gefunden, daß die Isotopen Ra B und Pb das gleiche Röntgenspektrum haben.

⁹ Phil. Mag. 28, 787 [1914].

¹⁰ Vgl. Paneth Z. physik. Chem. 91, 179 [1916].

Welches ist nun aber die fundamentale Konstante, die sich, im Gegensatz zum Atomgewicht, von einem Element zum anderen stets um den gleichen Betrag ändert? Sie ist nach der Rutherford-Bohrschen Atomtheorie die sog. „Kernladungszahl“, d. h. die Zahl der Elementarladungen, die der positive Atomkern enthält. Die Sache wird klarer, wenn wir uns diese Atomtheorie oder, besser gesagt Theorie der Atomstruktur ins Gedächtnis zurückrufen. Seitdem man erkannt hatte, daß sich aus allen Elementen z. B. durch hochgespannte Ströme negative Elektronen abspalten lassen, hat man sich Vorstellungen über den inneren Bau der Atome gemacht. Versuche, die Atome der Elemente nur aus Elektronen aufzubauen, hatten keinen bleibenden Erfolg. Da man bei der Spaltung der Atome aller Elemente einsteils negativ geladene Elektronen, anderenteils einen positiven Rest erhielt, so war es das naturgemäßste, anzunehmen, daß ein Atom aus beiden Teilen besteht. Die Elektronen haben nur die verschwindende Masse von $1/1800$ Wasserstoffatom, und darum muß die Hauptmasse des Atoms, die eben sein Gewicht ausmacht, im positiven Kern sitzen. Man drückte das bei den ersten Atommodellen dadurch aus, daß man den positiven Kern gegenüber den Elektronen bildlich sehr ausgedehnt darstellte. Doch hat sich dies Atommodell nicht halten lassen. Geiger und Marsden hatten nämlich beim Studium der Eigenschaften von α -Strahlen beobachtet, daß einige schnelle α -Strahlen Atome gleichsam durchschießen können und dabei eine Ablenkung von mehr als einem rechten Winkel aus ihrer Bahn erleiden. Eine solche Ablenkung kann aber nur durch ein so starkes positiv elektrisches Feld hervorgerufen werden, daß die positive Ladung des Atomkerns nicht auf einen so großen Umfang verteilt sein kann, wie es das oben erwähnte Atommodell vorstellt. Sie muß vielmehr auf einen sehr kleinen Raum verteilt sein (etwa 10^{-13} cm). Dieser Erkenntnis Rechnung tragend, geben Rutherford und Bohr folgendes Atommodell: Jedes Atom besteht aus einem positiv geladenen Kern, der von einem Schwarm von Elektronen umgeben ist, die in konzentrischen Ringen um ihn kreisen und die durch die Anziehungskräfte des Kerns zusammengehalten werden. Die gesamte negative Ladung der Elektronen ist dabei gleich der positiven Ladung des Kerns. Der Kern kann bei radioaktiven Umwandlungen α - (und β -Teilchen) abgeben, wobei natürlich im ersten Fall seine Masse sich ändert. Die positive Ladung des Atomkerns ist danach als eine algebraische Summe der den Kern zusammensetzenden positiven und negativen Teilchen aufzufassen. Der Kern ist der Sitz eines wesentlichen Teils der Atommasse und hat geringe Dimensionen im Vergleich zum Gesamtatom. Die Ladung dieses Kernes wechselt nun von Element zu Element, so wie es Moseleys Tabelle angibt. Im Aufstieg von einem Element zu dem mit dem nächst höheren Atomgewicht erhöht sich dabei die Kernladung stets um den gleichen Betrag, also linear, und nach Van den Broek ist die Kernladung gleich der Ordnungszahl der Elemente in Moseleys Reihenfolge. Hier reihen sich denn auch die berühmten Ausnahmen im periodischen System, Argon und Kalium, Tellur und Jod, Kobalt und Nickel harmonisch ein. Obwohl Kobalt ein höheres Atomgewicht hat als Nickel, besitzt es eine um eine Einheit niedrigere Kernladung als dieses und bildet im linearen Gesetze die Regel und keine Ausnahme mehr. Analog ist es mit K und Ar, sowie Te und J. Wie steht es nun mit der Kernladungszahl von Isotopen? Rutherford und C. Andrade haben diese Größe bei den Isotopen Ra B und Pb durch Untersuchung der Röntgenstrahlenspektren bestimmt und gefunden, daß sie bei beiden Elementen gleich groß ist, obwohl sie sich um acht Einheiten im Atomgewicht unterscheiden. Damit ergab sich die Möglichkeit einer Neufassung des periodischen Systems und einer passenden Einordnung der Isotopen. An Stelle des Atomgewichts tritt die positive Ladung des Atomkerns, die sog. Kernladung, und dann haben alle zusammengehörigen Isotopen, also eine Plejade, nur je einen einzigen Platz (Atomnummer) im periodischen System: Die Eigenschaften der Elemente sind periodische Funktionen der Kernladung. Nach K. Fajans, dem wir, wie schon früher mitgeteilt, die Einreihung der Radioelemente in das periodische System verdanken, ist zur Zeit die zweckmäßigste Anordnung der Elemente die, welche die Tabelle auf Seite 60 zeigt.

Die fettgedruckten Zahlen sind die Atomnummern (Ordnungszahlen), die normal gedruckten die Atomgewichte der Elemente. Hier ist bei Isotopen das Atomgewicht des langlebigsten Gebietes der Plejade eingesetzt. Dabei kann man sich die Isotopen an den zugehörigen Stellen des Systems auf einer Senkrechten zur Ebene dieses Systems in der Reihenfolge ihrer Atomgewichte angeordnet denken. „Die gewöhnliche Tabelle des periodischen Systems wäre dann eine Projektion eines wirklich räumlich gedachten Systems,

	0	VIII		I		II		III		IV		V		VI		VII	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F									
1,008	4,00	6,94	9,1	11,0	12,00	14,01	16,00	19,0									
10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl										
20,2	23,00	24,32	27,1	28,3	31,04	32,06	35,46										
18 A	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn										
39,88	39,10	40,07	44,1	48,1	51,0	52,0	54,93										
26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br								
55,84	58,97	58,68	63,57	65,37	69,9	72,5	74,96	79,2	79,92								
36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 —										
82,92	85,45	87,63	88,7	90,6	93,5	96,0											
44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 J								
101,7	102,9	106,7	107,88	112,40	114,8	118,7	120,2	127,5	126,92								
54 X	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 —	62 Sm	63 Eu								
130,2	132,81	137,37	139,0	140,25	140,6	144,3	150,4	152,0									
64 Gd	65 Tb	66 Ds	67 Ho	68 Er	69 Tu	70 Yb	71 Lu	72 —	73 Ta	74 W	75 —						
157,3	159,2	162,5	163,5	167,7	168,5	173,5	175,0		181,5	184,0							
76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 —								
190,9	193,1	195,2	197,2	200,6	204,0	207,20	208,0	(210,0)									
86 Em	(222,0)	87 —	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Bv (UX ₂)	92 U	238,2									
			226,0	(227)	232,15	(234)											

Neben den Bezeichnungen der Elemente sind die Ordnungszahlen (Atomnummern), darunter die Atomgewichte angegeben.

längs dessen dritter Achse die Kernladung konstant wäre und hauptsächlich nur das Atomgewicht und die Lebensdauer als Variable auftreten würden. In der Projektionsebene wären nach der früher vertretenen Auffassung die langlebigsten Glieder der Plejaden zu fixieren" (Fajans, Physikal. Zeitschr. 16, 456ff. [1915]). Die seltenen Elemente sind von den anderen im System gleichsam abgetrennt. Sie folgen zwar dem Moseley'schen Gesetze, aber die normale Periodizität der Eigenschaften in Abhängigkeit von der Kernladung ist bei ihnen unterbrochen, um erst beim Ta wieder normal zu werden.

Nachdem so die Radioelemente harmonisch in das periodische System eingeordnet und das System selbst vervollkommen waren, erhob sich die Frage, ob nicht auch die üblichen Definitionen von Element und Atom geändert werden müssen. Beim Atom war nach den gemachten Erfahrungen nicht gut davon abzusehen, und darum bezeichnete man als Atome die kleinsten Teilchen, in die ein Element durch äußere Einwirkungen zerlegt werden kann. Aber auch den Begriff und die Definition eines Elementes glaubte F. Paneth¹¹⁾ abändern zu müssen. Unsere Definition des Elementbegriffs stammt von Boyle, der als Element jeden Stoff bezeichnete, der ganz allgemein nicht weiter zerlegt werden kann. Lavoisier war etwas bescheidener und bezeichnete als Element das höchste Ziel, das die chemische Analyse erreicht. Boyle hatte auch schon atomistische Ansichten geäußert, die aber in den chemischen Anschauungen der Folgezeit keinen Boden faßen. Erst Dalton's Atomtheorie keimte auf. Nach seiner Ansicht müssen alle Atome eines Elements gleiches Gewicht haben, und eine Hauptforderung seiner Theorie war die, daß es soviel Arten als solut gleicher Atom gibt wie Elemente. Bei den Isotopen trifft diese Definition nicht mehr zu. Die Atome von Isotopen haben verschiedenes Gewicht, sie können somit nicht absolut gleich sein. Wie kam es, daß man Blei aus Bleiglanz und Blei aus Uranpecherz bisher für identisch hielt? Weil die chemischen Reaktionen und besonders die sog. Identitätsreaktionen beider Bleiproben übereinstimmten. Und wie hier, so hat man angenommen, daß wenn einige Eigenschaften zweier Körper übereinstimmen, die anderen es dann auch tun. Wilhelm Ostwald hat diesen Erfahrungsatz folgendermaßen formuliert¹²⁾: „Wenn zwei Stoffe bezüglich einiger Eigenschaften übereinstimmen, so tun sie es auch bezüglich aller anderen Eigenschaften“. Nun wo wir wissen, daß solche zwei Bleisorten trotz identischer Reaktionen verschiedene Atomgewichte haben, gilt dieser Satz nicht mehr allgemein. Darum ist es nach Paneths Ansicht nötig, die Boyle'sche

Definition eines Elementes zu ergänzen durch eine bestimmte Annahme darüber, wann zwei Stoffe, die sich chemisch nicht weiter zerlegen lassen, denselben Namen erhalten können. Müssen sie immer in allen Eigenschaften übereinstimmen, oder ist in bestimmten Fällen auch die überwiegende Mehrzahl der Eigenschaften dafür ausreichend?

Können die Eigenschaften eines Elementes in gewissen Grenzen schwanken? Nach Paneth führt die erste Alternative zur völligen Entwertung des Elementbegriffes. „Nehmen wir folgendes Beispiel¹³⁾: Ein Chemiker habe Blei vom gewöhnlichen Atomgewicht 207,2 dargestellt und bezeichne es, da es nicht weiter zerlegt werden kann, als Element A. Aus einem anderen Material erhalte er ein sehr ähnliches Element vom Atomgewicht 206,0, das er Element B nennt. Beide Elemente schmilzt er nun in demselben Gefäß und erhält dadurch einen Stoff, der genau so wie die beiden ersten allen Anforderungen entspricht, die an ein chemisches Element gestellt werden, aber ein in der Mitte liegendes Atomgewicht, sagen wir 206,6, zeigt. Er muß nun diesem Stoff, da er sich im Atomgewicht von beiden anderen unterscheidet, wieder einen neuen Namen, C, geben: Er hat aus zwei Elementen ein neues hergestellt! Der Satz, daß Elemente unerschaffbar sind — auf dem im wesentlichen der Wert des chemischen Elementbegriffs beruht — wird damit also hinfällig. Ebenso ist es auch möglich, Elemente zu zerstören; z. B. kann das Element B nach einmaligem Vermischen mit gewöhnlichem Blei nie wieder gewonnen werden, das Element vom Atomgewicht 206,0 ist dauernd unwiderbringlich verschwunden.

Ja noch mehr als das: Durch Mischen der beiden Elemente A und B in verschiedenen Verhältnissen könnte jeder Chemiker eine unbeschränkte große Zahl von bleihähnlichen Stoffen mit Atomgewichten zwischen 206,0 und 207,2 darstellen, die sämtlich als eigene Elemente anzusehen wären, und die einzeln zu unterscheiden nur die unvermeidlichen Fehler der Atomgewichtsbestimmungen hindern würden. Dadurch würde die Entwertung des chemischen Elementbegriffes vollendet, denn nicht nur die Unerschaffbarkeit und Unzerstörbarkeit, sondern auch die beschränkte Zahl der chemischen Grundstoffe müßte somit aufgegeben werden.

Nun könnte man versuchen, diesen Folgerungen auszuweichen, indem man das Merkmal der Unzerlegbarkeit als nicht ausreichend erklärt und als Elemente nur „einheitliche“ Stoffe bezeichnet, nicht „Legierungen“ zweier Elemente von verschiedenem Atomgewicht. Diese Einschränkung ist aber praktisch nicht durchführbar, weil wir ja auch bei Blei, das aus Mineralien gewonnen wurde, nicht wissen,

¹¹⁾ Z. f. physik. Chem. 91, 171 [1916].

¹²⁾ Grundriß der allgemeinen Chemie 1899, 1.

¹³⁾ Z. physik. Chem. 91, 182 [1916].

ob es nicht aus zwei Arten von verschiedenem Gewicht besteht, also auch eine „Legierung“ in diesem weiteren Sinne ist, ja es ist sogar recht wahrscheinlich, daß das Blei aus Pechblenden deshalb so verschiedene Atomgewichtswerte zeigt, weil es in der Regel ein Gemenge aus „gewöhnlichem Blei“ und Radium G ist, und wir müssen die Möglichkeit zugeben, daß sogar das gewöhnliche Blei selber ein Gemenge ist, in dem die Bestandteile stets im gleichen Verhältnis vertreten sind. Es leuchtet ein, daß es ein arger Rückschritt wäre, die Definition des Elements wieder auf eine Eigenschaft zu gründen, die nicht festgestellt werden kann. Und wenn man das Wort Element auf Stoffe aus lauter gleichartigen Atomen beschränken wollte, wäre das auch gewiß sofort notwendig, für alle *c h e m i c h* nicht weiter zerlegbaren Stoffe, statt der seit *Boyle* üblichen Bezeichnung Element sofort eine neue zu suchen, da dieser Begriff durch die Entdeckung der Isotopie ja nichts von seiner Wichtigkeit für die Chemie eingebüßt hat. An der *Boyle*schen Definition wird man also jedenfalls festhalten wollen; dann aber zwingt, wie wir oben sahen, die Forderung, daß ein Element in allen Eigenschaften vollständig definiert sein muß, zum Aufgeben einiger Hauptlehrsätze der Chemie.“

Paneth glaubt nun, allen diesen Schwierigkeiten zu entgehen, wenn er, um zwei Elemente mit demselben Namen zu bezeichnen, nicht die Gleichheit aller, sondern nur die Gleichheit der chemischen Eigenschaften fordert. Er schlägt darum vor, *zwei Elemente dann mit demselben Namen zu bezeichnen, wenn sie, einmal miteinander gemischt, durch kein chemisches Verfahren wieder getrennt werden können*. Damit ist ausgesprochen, daß wir Isotope als ein- und dasselbe chemische Element ansehen, denn ihre Untrennbarkeit bildet ja ihre charakteristische Eigenschaft. Durch diese Feststellung werden wir davor bewahrt, den Satz von der Uner-schaffbarkeit und Unzerstörbarkeit der Elemente aufgeben zu müssen, „z. B. sind die oben A, B und C genannten Stoffe alle dasselbe Element Blei, und durch ihre Vermischung wird zwar das Atomgewicht geändert, aber kein neues Element erzeugt, denn Verschiedenheit des Atomgewichts bei chemischer Untrennbarkeit ist kein Anlaß, nicht mehr von demselben Element zu sprechen.“

So wird auch eine unbegrenzte Vermehrung der chemischen Elemente vermieden, denn selbst Plejaden gibt es günstigstenfalls so viele, als Plätze im periodischen System der Elemente vorhanden sind. Wenn *Moseley*s Resultate richtig sind, sind vom Wasserstoff bis zum Uran 92 Kernladungen vorhanden, und jeder Kernladungszahl entspricht ein Stoff mit bestimmten chemischen Eigenschaften, die ihn von allen Stoffen mit gleicher Ladungszahl untrennbar, von allen Stoffen mit anderer Ladungszahl aber trennbar machen. Danach gäbe es 92 chemische Elemente, von denen, wie gesagt, fünf noch nicht entdeckt sind.

Ein weiterer Vorteil von *Paneths* Vorschlag wäre der, daß das charakteristische Spektrum ein Merkmal des chemischen Elementes bleibt, denn einerseits Ra G und gewöhnliches Blei, andererseits Thorium und ein Gemisch von 70% Thorium und 30% Ionium waren sowohl im sichtbaren wie im ultravioletten Teile des Spektrums durchaus identisch. Analoges gilt vom elektrochemischen Verhalten der Isotope.

Dagegen erfordert *Paneths* Fixierung des Elementbegriffs, daß das Atomgewicht keine für ein Element charakteristische Größe ist, sondern daß es um mehrere Einheiten schwanken kann, und ebenso ist es mit den radioaktiven Unterschieden, denn Isotope haben verschiedene Strahlung.

Man unterscheidet nach *Paneth* darum in der Chemie jetzt zweckmäßig „Reinelemente“ und „Mischelemente“; letztere können durch Atomgewicht und radioaktives Verhalten erkannt werden. Reinelemente im Sinne dieser Bezeichnungsweise sind Ra D, Ra G, Th B u. a., Mischelemente dagegen Radioblei und Uran. „Blei“ kann sowohl Reinelement als auch Mischelement sein. Der Name bezeichnet nur den analytisch-chemischen Artbegriff. Bleiproben von verschiedenem Atomgewicht, deren atomistische Zusammensetzung nicht näher bekannt ist und die keinen eigenen radiochemischen Namen führen, bezeichnet man am besten als verschiedene „Arten“ des Elements Blei, auch als Isotope des Bleis, nicht aber als isotope Elemente. Konsequenterweise muß man Ausdrucksweisen wie: die betreffenden Elemente gehören zur Blei-„Plejade“, vermeiden. Richtig dagegen ist es, zu sagen: diese „radioaktiven Stoffe“ gehören zu einer Plejade, sie sind isotop. „Isotope“ und „Glieder einer Plejade“ sind Ausdrücke mit gleichem Sinn.

Isotope sieht man darum nicht als verschiedene Elemente, sondern als Arten eines und desselben Elementes an. Zum Schluß

rekapitulieren wir die neuen Definitionen *F. Paneths*¹⁴), wobei abzuwarten bleibt, ob sie allgemeine Annahme finden:

Ein Element ist ein Stoff, der durch kein chemisches Verfahren in einfacher zerlegt werden kann. Stoffe, die dieser Definition genügen, gelten als ein- und dasselbe Element, wenn sie, einmal miteinander gemischt, durch kein chemisches Verfahren wieder getrennt werden können.

Atom sind jene Bausteine der Materie, bis zu denen die chemische Zerteilung vordringen kann, die selber aber bei allen chemischen Reaktionen unversehrt bleiben.

Von den beiden so definierten Begriffen sind nach den heutigen Anschauungen dann folgende Aussagen zu machen:

Die Zahl der chemischen Elemente beträgt 92, von denen fünf noch nicht entdeckt sind.

Für jedes Element sind charakteristisch seine chemischen und elektrochemischen Eigenschaften, sein Licht- und Röntgenspektrum und seine Kernladungszahl. Atomgewicht und radioaktive Eigenschaften sind keine Konstanten des Elements.

Es gibt mehr Arten von Atomen als Elemente. Gegenwärtig sind 120 nachgewiesen; die Zahl der noch nicht entdeckten ist unbekannt.

Ein Element kann aus lauter gleichartigen Atomen bestehen (Reinelement) oder aus Atomen, die sich in Gewicht oder Radioaktivität oder beiden Eigenschaften unterscheiden (Mischelement); in der chemischen Massenwirkung können isotope Atome einander vollkommen vertreten, so daß in den Formeln der Chemie und Elektrochemie als Konzentration eines Mischelements einfach die Summe der verschiedenen Atomarten dieses Elementes einzusetzen ist.

Der radioaktive Zerfall eines Atoms führt unmittelbar immer zu einem Atom eines anderen Elements, doch kann durch weiteren Zerfall wieder ein Atom des ursprünglichen Elements entstehen.

Im Gegensatz von *Paneth* halten *Fajans* und *Lembe*¹⁵) es für bedenklich, den Begriff des chemischen Elementes vom Atomgewicht loszulösen. Sie sind der Ansicht, daß es genüge, die Begriffsbildung und Nomenklatur, wie sie seit der Einreichung der Radioelemente in das periodische System üblich sind, schärfer zu präzisieren und auszubauen. Sie schlagen vor, den Begriff des chemischen „Elementen Typus“ einzuführen und Typuseigenschaften (Plejadeneigenschaften) von Arteigenschaften zu unterscheiden. Demselben chemischen Typus können mehrere chemische Individuen, die Glieder einer Plejade, angehören. Sie unterscheiden sich von einander vor allem durch ihre Atomgewichte und radioaktiven Eigenschaften (Lebensdauer usw.), dann in allen Eigenschaften, die direkt von der Masse abhängen und wahrscheinlich in minimalem Grade auch in allen übrigen Eigenschaften. Nur die positive Ladung ihrer Atomkerne ist gleich. Gleich oder annähernd gleich sind bei einem Typus die qualitativen chemischen Reaktionen, das sichtbare und ultraviolette Spektrum, die molare Löslichkeit der Salze, das Normalpotential, das Atomvolumen u. a.; Arteigenschaften sind dagegen das Atomgewicht, die radioaktiven Eigenschaften, die Dichte der festen Salze und ihrer gesättigten Lösungen u. a.

Um den Begriff eines chemischen Elementes festzulegen, wäre es am besten, wenn er sich mit dem Begriff des einheitlichen Individuums decken würde, das durch alle gewöhnlichen physikalischen und chemischen Methoden unzerlegbar ist. Es ist aber zu bedenken, daß die möglichen Trennungsmethoden der Isotopen, wie Zentrifugieren usw. bisher fast gar nicht angewandt worden sind. Infolge dessen können wir nicht wissen, ob die meisten gewöhnlichen Elemente einheitliche Individuen oder Gemische von Isotopen vorstellen. Darum schlagen *Fajans* und *Lembe* folgende Definition vor: „Ein chemisches Element ist ein Stoff, der durch physikalische und chemische Methoden nicht zerlegt wurde und nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist“. Ein Gleichgewichtsgemisch von Isotopen kann man dann als „Mischelement“ oder „komplexes Element“ bezeichnen.

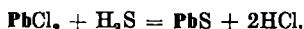
Was die Nomenklatur anbelangt, so ist sie für die radioaktiven Elemente durch die genetischen Beziehungen festgelegt. Bei den nicht radioaktiven Elementen, die in wägbaren Mengen erhalten werden und durch chemische Untersuchung erkannt werden, wie die oben besprochenen Bleiarten, ist es nach *Fajans* und *Lembe* am besten, die genetischen Bezeichnungen nicht zu gebrauchen. Hier spricht man am besten von einer Bleiart oder einem Blei von

¹⁴) Z. physik. Chem. 91, 198 [1916].

¹⁵) Z. anorg. Chem. 95, 331ff [1916].

bestimmtem Atomgewicht und setzt in der chemischen Verbindung ^{26,57} zweckmäßig das Atomgewicht darüber, z. B. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Oder man bezeichnet verschiedene Bleiarten durch Pb' , Pb'' usw. oder Pb , wenn gewöhnliches Blei vom Atomgewicht 207,2 gemeint ist.

In der qualitativen Analyse, wo es nicht auf das Element, sondern nur auf den chemischen Typus ankommt, genügt es meist, das Symbol Pb zu setzen. Will man aber besonders hervorheben, daß eine gewisse Reaktion oder Eigenschaft dem ganzen Typus zukommt, so benutzt man, nach F a j a n s und L e m b e r t, zweckmäßig Festschrift z. B.



In dieser Gleichung soll also angegeben werden, daß alle Arten Blei mit Schwefelwasserstoff ein Sulfid bilden, nichts aber über das Gewichtsverhältnis ausgesagt werden.

Es ist bereits die Frage aufgeworfen worden, ob sich nicht andere Elemente ähnlich verhalten wie Blei, d. h. ob sie, aus verschiedenen Mineralien abgeschieden und gereinigt, nicht verschiedene Atomgewichte zeigen. T h. W. R i c h a r d s ¹⁸⁾ hat auf diese Frage bereits seit Jahren sein Augenmerk gerichtet, aber Verschiedenheiten bisher noch nicht auffinden können. Kupferproben aus Deutschland und Lake Superior (Amerika) lieferten genau identische Atomgewichtswerte. Ebenso war es mit Proben von Calciumcarbonat aus Vermont (Amerika) und aus Italien. In beiden Fällen zeigte das Calcium dasselbe Atomgewicht. Bei einer sehr ausführlichen Untersuchung über das Atomgewicht von Natrium wurde Natriumchlorid aus verschiedenen Proben deutschen Steinsalzes, sowie von Sole aus den Bergwerken der Solvay Process Company in Syracuse (N. Y.) erhalten und ebenso Silber verschiedenem Ursprungs verwendet. Obwohl alle diese Präparate sich sowohl in ihrer Behandlungsweise als auch in ihrem geographischen Ursprung stark voneinander unterscheiden, ergaben sie doch übereinstimmende Atomgewichte innerhalb der Fehlergrenzen. Neuerdings bestimmten dann B a x t e r und T h o r w a l d s o n ¹⁷⁾ das Atomgewicht außerterrestrischen Eisens aus dem Cumpascuite und fanden, daß es innerhalb der experimentellen Fehler übereinstimmende Werte mit dem terrestrischen Eisen gibt. Nach den bisherigen Untersuchungen liefern also Kupfer, Silber, Eisen, Natrium und Chlor ungeachtet verschiedenem geographischen Ursprungs konstante Atomgewichte.

Kürzlich haben dann G. P. B a x t e r und F. L. G r o v e r ¹⁸⁾ bei Arbeiten über das Atomgewicht des Bleis nochmals gewöhnliches Blei aus Bleiproben verschiedenen mineralogischen und geographischen Ursprungs genau auf ihr Atomgewicht untersucht und gefunden, daß alle das gleiche Atomgewicht 207,2 besitzen.

Betrachten wir nun die neueste Errungenschaft der chemischen Forschung, die Isotopen, etwas näher. Kürzlich hat K. F a j a n s die Eigenschaften derselben an Hand des R u t h e r f o r d - B o h r-schen Atommodells abgeleitet ¹⁹⁾, und eine Reihe von Untersuchungen hat sich mit dem Verhalten der Isotopen beschäftigt. Bei den Atomen von Isotopen sind zunächst scharf auseinander zu halten die Eigenschaften des Atomkerns und die der Elektronen („Kern“- und „Ring“-Eigenschaften). Bei dem Kern von Isotopen dürfen wir die Ladung des Kerns mit seiner Zusammensetzung (Struktur) nicht verwechseln. Isotope einer Plejade haben das Gemeinsame, daß die positive Kernladung oder, besser gesagt, die algebraische Summe der sie zusammensetzenden positiven und negativen Ladungen, gleich ist. Die Zusammensetzung des Kerns ist aber nach Masse und Struktur durchaus verschieden. Der Kern von Ra G enthält z. B. zwei α -Teilchen und vier negative Elektronen weniger als der Kern seines Isotopen Ra B. Nur die positive Ladung nicht, die Masse und Konstitution des Kerns braucht bei Isotopen gleich zu sein. Dagegen sind die außerhalb des Kerns befindlichen Elektronen eines Atoms von Isotopen einer Plejade sowohl nach Zahl wie nach Konfiguration bis auf winzige Unterschiede gleich. Und ebenso muß der Radius des äußersten Elektronenrings, also auch der des Gesamtatoms bei Isotopen bis zu einem hohen Grad von Genauigkeit gleich sein. Da nun die chemischen Eigenschaften durch die Elektronen bedingt werden, so kann man theoretisch ganz geringe Unterschiede im chemischen Verhalten von Isotopen erwarten, man hat sie aber praktisch noch nicht auffinden können. Bis jetzt haben alle diesbezüglichen Untersuchungen absolut gleiches chemisches und elektrochemisches Ver-

halten der Isotopen einer Plejade ergeben. Auch im Spektrum hat man bei Thorium, Ionium und den Bleiisotopen keinerlei Unterschiede finden können. Besonders frappant zeigt sich die völlige Vertretbarkeit von Isotopen einer Plejade beim elektrochemischen Verhalten.

G. v. H e v e s y und F. P a n e t h ²⁰⁾ haben dies Verhalten mittels der Zersetzungsspannung im Wiener Institut für Radiumforschung in folgender Weise geprüft: Sie schieden zunächst Ra E mit und ohne Zusatz von Wismut elektrolytisch ab und fanden, daß die Zersetzungsspannung durch Zusatz von Wismut in der Richtung und um den Betrag verschoben wird, wie es nach der N e r n s t-schen Theorie bei Zusatz desgleichen (Ra E) Ions zu erwarten wäre. Analog war es bei der Abscheidung von Th B mit und ohne Bleizusatz. Weiter fanden sie, daß die Abscheidung der minimalen Mengen von Radioelementen, die sich unterhalb der Zersetzungsspannung niederschlagen, durch die Anwesenheit der Isotopen verhindert wird, was sich gleichfalls am besten dadurch erklären läßt, daß Isotope sich vertreten können. Dann ließen sie Radiumemanation in Quarzgefäßen zerfallen und schlugen das Ra D elektrolytisch als Superoxid nieder. Sie erhielten so einige Tausendstelmilligramm elektromotorisch wirksame Mengen Ra D, die sie nun zu einer Kette:

Ra D-Superoxid | Ra D-Nitratlösung | Normalelektrode

zusammensetzten. Diese Kette zeigte dieselbe elektromotorische Kraft wie eine die Bleisuperoxid an Stelle von Ra D-Superoxid enthielt. Ein Zusatz von Bleiionen zur Ra D-Nitratlösung veränderte den Potentialsprung in der gleichen Weise, wie ihn nach der N e r n s t-schen Theorie ein entsprechender Zusatz von Ra D-Ionen ändern würde. Analog fanden v. H e v e s y und P a n e t h ²¹⁾, daß, wenn das zweite Glied der vorher auskompensierten Kette:

PbO₂ | Pb(NO₃)₂ | Vergleichselektrode

durch eine gleichnormale RaG(NO₃)₂-Lösung ersetzt wird, sich die Kompensation innerhalb der Versuchsgenauigkeit nicht ändert.

In der N e r n s t-schen Formel für das Elektrodenpotential:

$$\varepsilon = \frac{RT}{nF} \ln \frac{c}{C}$$

ist darum als Ionenkonzentration c die Summe der isotopen Ionen einzusetzen, und das gleiche ist auch beim Massenwirkungsgesetz zulässig.

Sind aber die Glieder der Bleipleyade elektrochemisch völlig vertretbar, so dürfte eine Kette:

PbO₂ | Pb(NO₃)₂ | RaG(NO₃)₂ | RaGO₂

keine erhebliche elektromotorische Kraft zeigen. In der Tat ist sie kleiner als 10 Mikrovolt.

Z. K l e m e n s i z w i c z ²²⁾ hat flüssiges RaB (bzw. ThB) Bleiamalgam mit der Lösung einer Säure fraktioniert gewaschen und dabei gefunden, daß das Verhältnis von RaB oder ThB zum Blei sowohl bei der ersten wie bei der zehnten Fraktion bis auf $1/4\%$ gleich ist. Daraus konnte auf Grund der N e r n s t-schen Formel gefolgt werden, daß das Normalpotential von RaB und ThB bis auf 2×10^{-5} Volt mit dem des Bleis übereinstimmt.

An dieser Stelle sei über interessante Resultate berichtet, die v. H e v e s y ²³⁾ im Wiener Institut für Radiumforschung über den Austausch der Atome zwischen festen und flüssigen Phasen ausführte. Nach unseren kinetischen Anschauungen findet für den Fall, daß eine Flüssigkeit mit ihrem gesättigten Dampf in Berührung ist, ein ständiger Austausch zwischen den Molekülen der beiden Phasen statt. In Analogie hierzu ist zu erwarten, daß ein ähnlicher Austausch der Moleküle stattfindet, wenn ein Bodenkörper mit seiner gesättigten Lösung in Berührung ist. Das ließ sich bei Isotopen experimentell prüfen. Blei, das sich in Bleinitratlösung befand, wurde mit seinem Isotopen ThB gemengt (indiziert) und festgestellt, wie viel vom letzteren in einer gegebenen Zeit in die andere Phase übergetreten ist. Bei Pb | Pb(NO₃)₂ ist der Austausch ein sehr reger und beruht in der Hauptsache darauf, daß an einzelnen Stellen des Metalls etwas Blei in Lösung geht, an anderen Stellen aber Blei aus der Lösung ausfällt. Zwischen einer Bleisuperoxidfläche und einer Bleinitratlösung ist der Austausch aber viel geringer. Bei einer $1/100$ -n. Lösung betrug er unter den Versuchsbedingungen v. H e v e s y s im Laufe einer Minute nur den dritten Teil einer molekularen Bleisuperoxidschicht. Erst nach einer

¹⁸⁾ Z. anorg. Chem. 88, 429 [1914].

¹⁷⁾ J. Am. Chem. Soc. 33, 337 [1911].

¹⁸⁾ J. Am. Chem. Soc. 37, 1027 [1915].

¹⁹⁾ Physikal. Z. 16, 456ff. [1915].

²⁰⁾ Wiener Monatshefte 36, 75 [1915].

²¹⁾ Wiener Akademieberichte Abt. IIa 1915, 381.

²²⁾ Compt. rend. 158, 1899 [1914].

²³⁾ Wiener Akademieberichte Abt. IIa 1915, 131.

Stunde war die ganze molekulare Oberflächenschicht ersetzt. Bei der Verwendung des stabilen Bleisuperoxyds kam man dem idealen Fall des „kinetischen Austausches“, d. i. dem Austausch zwischen zwei Phasen beim völligen thermodynamischen Gleichgewicht, viel näher als bei dem leicht angreifbaren metallischen Blei. —

Da chemisch und im Atomgewicht benachbarte Elemente wie seltene Erden zuweilen in bezug auf die magnetische Suszeptibilität erheblich differieren, so war es von Wichtigkeit, das magnetische Verhalten von Isotopen zu prüfen. Dies tat Stefan Meyer²⁴⁾ im Wiener Institut für Radiumforschung mit den Materialien der Atomgewichtsbestimmung von O. Höngschmid und St. Horowitz, nämlich reinstem Blei und praktisch bleifreiem RaG aus krySTALLisiertem Uranpecherz. Es zeigte sich, daß beide Isotopen (als Chloride) die gleiche magnetische Suszeptibilität besitzen. Stefan Meyer rechnet deshalb auch die Atommagnetismen als Elektronenringeigenschaft im Sinne des Rutherford-Bohrschen Atommodells.

Analog war es mit Versuchen über die verschiedene Flüchtigkeit von Isotopen. Nach einer Reihe vergeblicher früherer Versuche hat Stanislaw Loria²⁵⁾ diese Frage im Wiener Institut für Radiumforschung beim ThC und RaC zu beantworten versucht. Er fand, daß die Verdampfungskurven beider Isotopen innerhalb der Versuchsgenauigkeit zusammenfallen.

Unterschiede muß man dagegen bei Isotopen erwarten, wenn die Masse in Frage kommt. Außer dem Atomgewicht kommt hier die Diffusion im Gaszustande und das Verhalten beim Zentrifugieren in Frage, durch die eine Trennung möglich sein müßte, die indessen noch nicht erreicht ist. Positive Resultate erhielten K. Fajans, J. Fischer²⁶⁾ und M. Lembert²⁷⁾ dagegen bei Untersuchungen über die Löslichkeit der Salze von Isotopen. Löslichkeitsunterschiede ermöglichten bekanntlich bei den seltenen Erden subtile Trennungen. Sie haben sich aber bei Isotopen einer Plejade bisher nicht feststellen lassen. Wenn nun die molare Löslichkeit der Salze solcher Isotopen, das Molekularvolumen die Volumänderung bei der Bildung ihrer Verbindungen gleich sind, so muß die Dichte von Salzlösungen der Glieder einer Plejade proportional dem Molekulargewicht sein. Fajans und seine Mitarbeiter bestimmten zur Beantwortung dieser Frage die Dichte gesättigter Lösungen der Nitrate von gewöhnlichem Blei Pb ($a = 207,15$), von Blei aus Carnotit Pb' ($a = 206,51$) und von Blei aus Joachimsthaler Pechblende Pb'' ($a = 206,57$) bei 24,45°. Sie fanden dabei folgende Werte für

Pb(NO ₃) ₂	1,444 499 \pm 0,000 013
Pb'(NO ₃) ₂	1,443 587 \pm 0,000 016
Pb''(NO ₃) ₂	1,443 586 \pm 0,000 015

Die molare Löslichkeit der Nitrate von Pb(NO₃)₂ und Pb'(NO₃)₂ fanden sie bis auf drei Viertel pro Tausend übereinstimmend zu 1,6172 Mol. Pb(NO₃)₂ / l bei 24,45° und die molare Zusammensetzung der oben genannten Lösungen bis auf 11/4% als gleich zu 0,03205 Mol. Pb(NO₃)₂ / Mol. H₂O. Daraus und aus dem Atomgewicht jener Bleiarten läßt sich der zu erwartende Gewichtsunterschied zwischen einem bestimmten Volumen der Lösungen berechnen und mit den Resultaten obenstehender Dichtebestimmungen vergleichen. Man erhält dann den Gewichtsunterschied zwischen je 10 cm³ der gesättigten Nitratlösungen bei gewöhnlichem Blei und Carnotitblei unter Berücksichtigung der Tatsache, daß sie auf 10 cm³ 0,01617 Mol. Blei enthalten:

ber. 9,04 \pm 0,26 mg
gef. 9,12 \pm 0,29 mg

bei gewöhnlichem Blei und Pechblendeblei:

ber. 9,35 \pm 0,52 mg
gef. 9,13 \pm 0,28 mg.

Aus diesen gut übereinstimmenden Resultaten formulieren Fajans und Lembert folgendes Prinzip einer Methode zur relativen Atomgewichtsbestimmung von Bleisotopen: Der Unterschied im Gewicht eines bestimmten Volumens der gesättigten Nitratlösungen zweier Bleiarten steht in demselben Verhältnis zum mittleren Gehalt der Lösungen an Blei, wie der Unterschied im Atomgewicht der betreffenden zwei Bleiarten zu ihrem mittleren Atomgewicht.

²⁴⁾ Wiener Akademieberichte Abt. IIa 1915, 187.

²⁵⁾ Wiener Akademieberichte Abt. IIa 1915, 1077.

²⁶⁾ Z. f. anorg. Chem. 95, 284 [1916].

²⁷⁾ Z. f. anorg. Chem. 95, 297 [1916].

Daß die Dichtbestimmung in festem Zustand ebenso wie die in gesättigter Lösung bei Isotopen zur relativen Atomgewichtsbestimmung dienen kann, hat eine Untersuchung von Th. W. Richards und Ch. Wadsworth²⁸⁾ gezeigt. Sie bestimmten die Dichte zweier Bleiarten in metallischem Zustand. Das eine war gewöhnliches Blei vom Atomgewicht 207,2, das andere eines, das aus australischen radioaktiven Mineralien hergestellt war und ein Atomgewicht von 206,3 hatte. Beide waren auf das sorgfältigste gereinigt worden. Es ergaben sich für die pyknometrisch bei 19,94° bestimmten Dichten die Werte: Pb (207,2) = 11,337 bzw. Pb (206,3) = 11,289. Diese Dichten berechnen sich durch Division in das Atomgewicht die Atomvolumina: Pb (207,2) = 18,277 und Pb (206,3) = 18,274. Das Atomvolumen ist also bei beiden Bleiarten mit großer Annäherung gleich. Diese Tatsache steht im Einklang mit den Forderungen des Rutherford-Bohrschen Atommodells.

In Anschluß hieran sei noch eine interessante Arbeit von Stefan Meyer²⁹⁾: „Über die Atomvolumenkurve und über den Zusammenhang zwischen Atomvolumen und Radioaktivität“ besprochen. Verfasser hat in zeitgemäßer Abänderung eine Atomvolumenkurve gezeichnet, die als Abszisse die Atomnummern (Kernladungszahl), als Ordinate den Quotient von Kernladungszahl und Dichte (als Atomvolumen) enthält, und diskutiert diese Kurve unter Zugrundelegung des Rutherford-Bohrschen Atommodells. Er fand, daß diese Atomvolumenkurve keinen glatten Verlauf nimmt, sondern sprunghafte Änderungen zeigt, wenn die Valenz eines Elementes zunimmt. Der Verlauf ist darum sinngemäßer darzustellen als zusammengesetzt aus gegeneinander verschobenen Kurvenstücken. Bei höheren Atomgewichten treten Knicke in der Kurve auf, die Anhaltspunkte für die Aufstellung des Konstitutionsmodells bei diesen Atomen versprechen. Mit Rücksicht auf die Radioaktivität ist es bemerkenswert, daß die radioaktiven Elemente Kalium und Rubidium besonders große Atomvolumina zeigen. Beim Verlauf des radioaktiven Zerfalles der Uran-, Thorium- und Aktiniumreihe wird ein Maximum des Atomvolumens überschritten und ein Hinstreben gegen das Minimum, aber es ist kein Überschreiten desselben bemerkbar. Die Lebensdauer nimmt für die α -Strahlen jeder Reihe mit steigendem Atomvolumen ab, mit fallendem Atomvolumen nimmt sie von den A-Körpern an wieder zu.

Für gleichartige Strahler, abgesehen von den Verzweigungsprodukten C', zeigt sich bei Entwicklung mit ansteigendem Atomvolumen folgendes: „Rückkehr in die gleiche Plejade ergibt ein Element kürzerer Lebensdauer (minder stabil) als das primäre; bei Entwicklung mit sinkendem Atomvolumen: Rückkehr in die gleiche Plejade ergibt ein Element längerer Lebensdauer (stabil) als das vorhergehende Isotop. In den Verwandlungsfolgen $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \beta' \rightarrow \alpha$ hat immer das erste β -Produkt die größere Lebensdauer als das zweite; die rückläufige Entwicklung bei UX₁ und allen B-Stoffen setzt in einem relativen Minimum des Atomvolumens ein. Der duale Zerfall der C-Körper findet sich an den Stellen der Doppelvalenz III—V, demnach an ganz analogen Orten, wo für analog situierte Elemente die sprunghaften Änderungen im Verlaufe der Atomvolumenkurve zu bemerken sind.“

Im allgemeinen ist es recht begrüßenswert, wenn versucht wird, die Prozesse des radioaktiven Zerfalls zu verbildlichen, und man nimmt auch kleine Inkonsistenzen gern mit in Kauf, falls eine plausible Vorstellung vermittelt wird, wenn das gegebene Bild in den großen Linien stimmt. Solcher Versuche sind in den letzten Jahren zwei gemacht worden, aber nur einer dürfte dieser Forderung entsprechen. Die Verbildlichung, die Giuseppe Oddo der „Molekularstruktur der radioaktiven Atome“³⁰⁾ gibt, ist rein formal und paßt sich den radioaktiven Erscheinungen nur unvollkommen an. Oddo's Gedankengang sei darum nur kurz angedeutet: Beim Atomzerfall des Urans werden vom Uran gerechnet acht, vom Ionium gerechnet bis zum Endprodukt sechs Heliumatome abgespalten. „Ich vergegenwärtigte mir nun, daß sechs und acht die Zahl der Wasserstoffatome ist, die im Benzol bzw. Naphthalin enthalten sind, und wollte sehen, ob man nicht auch für diese (radioaktiven) Grundelemente eine ähnliche Struktur annehmen könnte, wobei das einfache oder doppelte Sechseck von dem Teil des Moleküls gebildet wird, der schließlich als nicht radioaktiv zurückbleibt, und wobei die Heliumatome die Stelle von Wasserstoffatomen einnehmen. Der Zerfall käme dann dadurch zustande, daß alle Heliumatome, eines

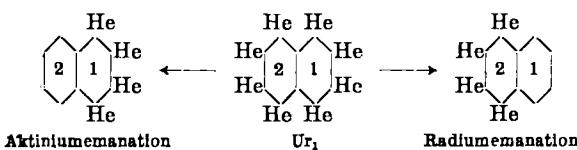
²⁸⁾ J. Am. Chem. Soc. 38, 221 [1916].

²⁹⁾ Wiener Akademieberichte Abt. IIa 1915, 249; vgl. auch Th. W. Richards und Ch. Wadsworth: „Die Dichte des Bleis aus radioaktiven Mineralien, Angew. Chem. 29, II, 293 [1916].

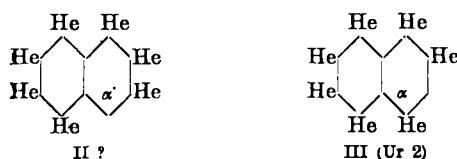
³⁰⁾ Z. anorg. Chem. 87, 253 [1914].

nach dem anderen, abgegeben würden, und daß daneben die Emission unwägbarer Elektronen einherginge. Dadurch würde im ersten Fall neuen Elementen Platz geben, deren Atomgewicht fortschreitend um je vier kleiner wäre, als das des vorhergehenden, während sich im anderen Falle wahre Stellungsisomere ergäben.“ Oddo legt nun dem Uranatom eine naphthalinartige Formel zugrunde, bei der die beiden Sechsecke verschieden an Form, Größe usw. sind, um dadurch plausibel zu machen, daß sich zwei Reihen von Radioelementen davon ableiten können. An den Ecken sitzen acht Heliumatome, die erst am einen dann am anderen Sechseck abgespalten werden. Dabei können ebenso viele Isomere entstehen, wie bei den entsprechenden organischen Substitutionsprodukten. Folgende Beispiele mögen die Vorstellungsweise Oddos erläutern:

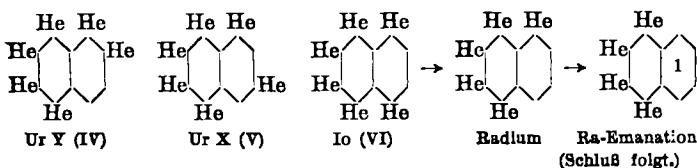
1. Übergang des Ur 1 in cinesteils Radiumemanation, anderenfalls Aktiniumemanation (letzterer ist nicht bewiesen):



2. Spaltet sich aber aus Ur 1 in α -Stellung des Sechsecks zuerst 1 ein He-Atom ab, so entsteht der Körper II, von dem Oddo annimmt, daß er sich in das Isomere III umwandelt, das Ur 2 darstellt



Spaltet sich in α bei III wieder He ab, so entsteht UY (IV), das nun durch Verschiebung der He-Atome im Kern 1 in Isomere V und VI übergehen kann, die UX und IO darstellen, welch letzteres nach Verlust eines und zwecks weiteren He-Atoms in Radium und Radiumemanation übergeht:



Gehaltsbestimmung des „Ferrum hydrogenio reductum“.

Von L. W. WINKLER, Budapest.

(Eingeg. 4.12. 1916.)

Der Gehalt an metallischem Eisen in dem mit Wasserstoff reduzierten Eisen läßt sich einfach dadurch bestimmen, daß man eine Probe an der Luft glüht und die Gewichtszunahme beobachtet. Da das im reduzierten Eisen für gewöhnlich vorhandene Oxyd beim Glühen keine wesentliche Gewichtsveränderung erleidet, so ist die durch Sauerstoffaufnahme bedingte Gewichtszunahme ein ziemlich genaues Maß des Gehaltes an metallischem Eisen. Die Versuche zeigten, daß 100 Gewichtsteile reduziertes Eisen beim anhaltenden Glühen an der Luft sich zu 142,0 Gewichtsteilen Oxyd umwandeln. Es bildet sich also im wesentlichen Ferrioxyd; der Glührückstand würde nämlich 142,9 Gewichtsteile betragen unter der Annahme, daß reines Fe_2O_3 entsteht (für Fe_2O_3 berechnet sich 138,2).

Dieses Verfahren hatte der Verfasser schon vor vielen Jahren zur Gehaltsbestimmung des reduzierten Eisens in einem ungarischen Fachblatte¹⁾ vorgeschlagen; es wurde später auch von dem ungarischen Arzneibuche (III. Ausgabe) als Untersuchungsverfahren angenommen. In Deutschland dürfte es aber unbekannt sein und soll daher im folgenden ganz kurz beschrieben werden:

Es werden von dem zu untersuchenden „Ferrum hydrogenio reductum“ in ein dünnwandiges Porzellanschälchen²⁾ genau 1 g eingewogen, darauf wird 15—20 Minuten lang mit einem Bunsenbrenner

¹⁾ Gyégyászerészeti Közlöny 8, 258 u. 313 [1892].

²⁾ Man kann vorteilhaft auch einen leichten Porzellantiegeldeckel mit aufgebogenem Rande benutzen, auf welchen man das Eisenpulver in dünner Schicht ausbreitet.

heftig geglüht; nach dem Erkalten wird gewogen. Zur Sicherheit kann man auch noch ein zweitesmal glühen und wägen. Der Gehalt an metallischem Eisen wird aus folgender Zahlenreihe entnommen, deren Werte unter der Annahme berechnet sind, daß das metallische Eisen beim Glühen an der Luft eine Gewichtszunahme von 42,0% erfährt.

Glührückstand	Met. Eisen	Glührückstand	Met. Eisen
1,42 g	100,0%	1,36 g	85,7%
1,41 „	97,6%	1,35 „	83,4%
1,40 „	95,3%	1,34 „	81,0%
1,39 „	92,9%	1,33 „	78,6%
1,38 „	90,5%	1,32 „	76,2%
1,37 „	88,1%	1,31 „	73,8%

1 mg Gewichtszunahme = 0,25% met. Eisen.

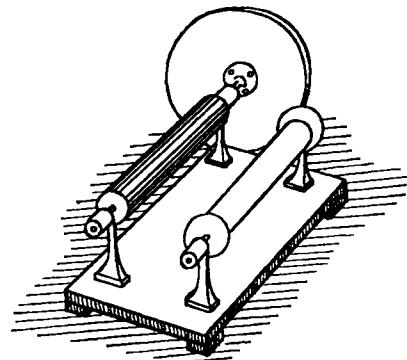
Das beschriebene Verfahren empfiehlt sich besonders seiner Einfachheit halber; das Ergebnis ist auf etwa 0,5% genau.

[A. 182.]

Eine Kugelmühle für Kleinbedarf.

Von Prof. E. RUFF, Königsberg.

Kugelmühlen sind nicht nur im Großbetrieb, sondern auch im Laboratorium für Mahl- und Mischzwecke vielfach verwendbar. Wenn sie in letzterem nur selten benutzt werden, so mag das daher röhren, daß die Apparatur für den Kleinbedarf wenig durchgebildet ist. Wohl sind die erforderlichen Porzellantüchsen in aller Vollkommenheit vorhanden,¹⁾ aber die in einschlägigen Preislisten verzeichneten Antriebsvorrichtungen für eine oder zwei Büchsen sind insofern unpraktisch, als die Büchsen nicht gerollt, sondern gedreht werden. Das erfordert ein umständliches Einspannen in Käfige oder Mäntel von den Büchsen entsprechender Größe. Ferner macht diese Antriebsweise Vorgelege oder mehrfache Schnurübersetzungen erforderlich, wenn man mit elektrischem Kleinmotor arbeitet, der für diese Zwecke die billigste und handlichste Kraftquelle ist.



Läßt man die Büchsen rollen, so braucht man weder Vorgelege, noch Käfige, und jegliche Einspannarbeit fällt fort.

So besteht beigezeichnetes Kugelmühlenlager einfach aus einem Paar Holzwalzen von 23 cm Länge, 5 cm Dicke und 7,5 cm Mantelabstand.

Es können darauf Porzellänbüchsen von $\frac{3}{4}$ —51 Inhalt bewegt werden. Die mit Schnurscheibe ausgestattete Antriebswalze ist weich beledert und wirkt als Mitnehmer. Die mit Randblechen versehene Walze ist antriebslos und dient zur Büchsenführung. Der technisch übliche Antrieb beider Walzen wird durch die Belederung entbehrlich.

Von Büchsen bis zu Litergröße und 15 cm Länge können gleichzeitig zwei aufgelegt werden, indem man dieselben mit ihren Hals-einschnürungen über die Randbleche der Lagerwalze hinausragen läßt. Ebenso verfährt man bei einer Fünffilterbüchse.

Als Triebkraft genügt ein Motor von $\frac{1}{10}$ PS entsprechend einem stündlichen Stromaufwand von $1\frac{1}{2}$ —2 Pf.

Motor und Walze werden durch einfachen Schnurlauf verbunden. Die erforderliche Geschwindigkeitsreduktion ergibt sich aus den Radiendifferenzen von Schnurscheibe, Walze und Büchse. Überdies ist die Schnurscheibe gestuft.

Die Vorrichtung ist von Warmbrunn, Quilitz & Co., Berlin NW. 40, beziehbar. [A. 10.]

¹⁾ Vgl. Liste der Berliner Porzellanmanufaktur.