

Neuere Erkenntnisse über den Aufbau der Atome.

Von

Stefan Meyer.

Vortrag, gehalten den 24. März 1926.

Jeder kennt das schöne Sternbild des Orion. Zu oberst links steht der Stern Beteigeuze. Sein Durchmesser beträgt dreihundertmal den der Sonne; jener der Sonne ist rund hundertmal so groß als der der Erde. Sein Licht braucht 200 Jahre, um zu uns zu gelangen, das heißt, was unser Auge jetzt von ihm sieht, wurde ausgesandt etwa zur Zeit, als Karl VI. die Pragmatische Sanktion erließ, als Katharina das Erbe Peters des Großen antrat usf. Das Licht legt in der Sekunde 300.000 km zurück; ein Lichtjahr (ein Jahr = 3·26 Millionen Sekunden) bedeutet sonach eine Entfernung von rund 10^{13} km (10 Billionen km). 200 Lichtjahre entsprechen daher einer Entfernung von rund $2 \cdot 10^{15}$ km zweitausend Billionen km). Wie klein erscheint uns neben solchen Entfernungen der Mensch!

Nun hat der große Wiener Physiker Loschmidt gelehrt, wie viele Atome, kleinste Bausteine, die Körper enthalten. Ein „Mol“ (das ist so viele Gramme, als das Atomgewicht angibt) enthält $6 \cdot 10^{23}$ Partikeln (600.000 Trillionen). Ein Mensch von etwa 60 kg Gewicht hat dann nicht weniger als rund $2 \cdot 10^{27}$ derartiger kleinster Teilchen. Denken wir uns diese Teilchen in gleichen Distanzen von hier bis zu Beteigeuze

aufgereiht, so kommen auf 1 km 10^{12} Partikeln oder auf jeden Millimeter eine Million! Wie ungeheuer groß erscheint diese Zahl, wie winzig die einzelnen Teilchen! Mit diesen kleinsten Teilchen wollen wir uns heute befassen.

Es gelang zu beweisen, daß auch diese Partikeln nicht, wie es die Bezeichnung ursprünglich andeutete, „Atome“, unteilbare kleinste Bausteine sind, daß sie vielmehr selbst wieder zusammengesetzt sein müssen aus noch kleineren Teilchen, die sich im Gesamtgefüge in charakteristischer Weise bewegen und durch ihr Gefüge die wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente aufdeuten.

Die Tatsache, daß die Atome mit den höchsten bekannten Verbindungsgewichten, Uran, Thor, Protactinium, Radium etc. spontan aus ihrem Aufbau teils zweifach positiv geladene Heliumatome (Heliumkerne, α -Teilchen), teils einfach negativ geladene Elektronen auszuschleudern imstande sind und der Rest ein Atom anderer chemischer Eigenschaften wird, mit anderen Worten, daß unter allmählichem Abbau der Grundstoffe Elementverwandlungen vor sich gehen, drängte die Anschauung, daß alle Atome aus kleineren Urbestandteilen aufgebaut seien, neuerdings in den Vordergrund. Die Grundlage hierfür war in den Beziehungen, die sich im sogenannten „natürlichen“ oder „periodischen“ System der Elemente fanden, schon lange vorhanden. Da Helium wieder aus Wasserstoffkernen (Protonen) und Elektronen zusammengesetzt gedacht werden kann, kommen zunächst für den allgemeinen Aufbau der

Stoffe jedenfalls auch Protonen in Frage, wenngleich ihre spontane Ausschleuderung aus radioaktiven Stoffen bisher niemals beobachtet werden konnte. Dies gilt um so sicherer, als die Elementtypen sich bezüglich ihrer Atomgewichte im wesentlichen nach Formeln der Art $4n$, $(4n + 1)$, $(4n + 2)$, $4n + 3$ (worin n die fortlaufenden ganzen Zahlen bedeuten) beschreiben lassen. Ob dabei die genannten Teilchen selbst als die primären Bausteine zu gelten haben oder wiederum aus noch kleineren Teilchen bestehen, oder ob andererseits, so wie dies bei den α -Teilchen der Fall ist, auch noch andere Komplexe aus Protonen und Elektronen, z. B. der relativen Masse 2 oder 3 oder noch andere vorkommen können, bleibt vorläufig unentschieden.

Radioaktive Untersuchungen, insbesondere die Studien über die Durchdringung der Materie durch heranschließende α -Teilchen hatten E. Rutherford zu der Vorstellung geführt, daß die Atome aufgebaut zu denken seien mit einem Kern von im Inneren der winzigen Dimension der Durchmesser von 10^{-13} bis 10^{-12} cm. Dieser Kern, der die gesamte positive Ladung (Protonen und Heliumkerne) enthält, wird in relativ weiten Abständen mit Durchmessern bis etwa 10^{-8} cm von Elektronen umschwärmt und die für gewöhnlich angegebenen Atomgrößen entsprechen dem letztgenannten Werte des Gesamtbildes. Die gesamte negative Ladung dieser Hüllenelektronen kompensiert die positive Ladung des Kernes nach außen zur Neutralität.

Die primitivsten, nach unseren derzeitigen Ansichten „unsterblichen Wesen“ (Substanzen) oder Bausteine der Materie sind also die Protonen und Elektronen. Erstere sind Wasserstoffkerne, deren Durchmesser mit bloß etwa 10^{-16} cm eingeschätzt werden, von der Masse im relativen Maß der Chemie gleich 1,00777, im Absolutgewicht von $1,66 \cdot 10^{-24}$ g mit der positiven Ladung von $4,774 \cdot 10^{-10}$ elektrost. Einheiten: Die Elektronen kann man, soweit man hier überhaupt von bestimmten Größen sprechen darf, als vom Durchmesser von ca. $2 \cdot 10^{-13}$ cm ansehen, mit einer für ruhende oder langsam bewegte Teilchen zugehörenden Masse von $1/1845$ im Maße der Chemie oder rund $9 \cdot 10^{-28}$ g und der negativen Ladung eines Elementarquantums von $4,774 \cdot 10^{-10}$ elektrost. Einh.

Man hat sowohl durch Packungsanordnungen von Kugelhaufen (statisch) als durch dynamische Modelle versucht, aus diesen Urbestandteilen zu Vorstellungen für die Natur der verschiedenen Elemente zu gelangen, wobei entweder die Protonen als Hauptbausteine und die Elektronen als Kitt oder umgekehrt gedacht waren. Solche Bilder bringen zwar immer einige (kristallographische, chemische, optische und andere) Eigenschaften dem Verständnis näher, aber sie führten doch nicht viel weiter.

H. G. J. Moseley hätte bei röntgenspektroskopischen Untersuchungen eine lineare Beziehung zwischen der Wurzel aus der Frequenz der charakteristischen Strahlung und der Anordnungsnummer bei der fort-

laufenden Reihung der Elemente entdeckt. Diese „Ordnungszahl“ der Elemente erwies sich als identisch mit der Zahl der positiven Kernladungen des betreffenden Stoffes. Fußend auf den Ergebnissen der Röntgenspektroskopie hat es dann insbesondere N. Bohr verstanden, das Rutherford'sche Kern-Hüllen-Modell auszugestalten und ein Aufbauprinzip für alle chemischen Elemente aufzustellen. Beginnend mit $H = 1$, $He = 2$ positiven Kernladungen und umkreisenden Elektronen, immer weiter durch Aufnahme je eines Protons in den Kern und eines Elektrons in die Hülle, sukzessive zu den höheren Elementgebilden aufsteigend, gelangt man schließlich so bis zu den höchsten Atomnummern Th mit 90, Pa mit 91 und endlich U mit 92. Diese Einlagerung der Bausteine erfolgt periodisch, derart, daß mit Abschluß eines Edelgases Ne, A, Kr, X jeweils immer ein festeres Innengebilde bestehen bleibt, um welches die weitere Aufnahme von Bausteinen analog der vorhergehenden Periode geschieht, wie dies aus den Zahlenreihen der nachstehenden Tabelle erhellt. Die Elektronenbahnen werden dabei als Kreise und Ellipsen verschiedener Exzentrizität gedacht, wobei die Verhältnisse von Quantengesetzen beherrscht werden, und die β -Teilchen bewegen sich mit sehr großer Umlaufgeschwindigkeit in diesen Bahnen. In der Tabelle bezeichnen K, L, M, N, O, P, Q die einzelnen „Schalen“, wie sie sich jeweils mit Abschluß eines Edelgases bilden. In der Bezeichnung n_k bedeutet n die Hauptquantenzahl, welche die Bahnweite definiert,

k die die Exzentrizität der Bahn bestimmende Nebenquantenzahl. Die Summe aller rechts stehenden Elektronen ist natürlich gleich der links angeführten Ordnungs- oder Kernladungszahl.

Schale:	K	L	M	N	O	P	Q	
$n_k =$	1_1	$2_1 2_2$	$3_1 3_2 3_3$	$4_1 4_2 4_3 4_4$	$5_1 5_2 5_3 5_4 5_5$	$6_1 6_2 6_3 6_4 6_5 6_6$	$7_1 7_2$	
Element								
1 H	1							
2 He	2							
3 Li	2	1						
4 Be	2	2						
5 B	2	2	1					
—	—	—	—					
10 Ne	2	4	4					
11 Na	2	4	4	1				
12 Mg	2	4	4	2				
13 Al	2	4	4	2	1			
—	—	—	—	—	—			
18 A	2	4	4	4	4			
19 K	2	4	4	4	4	1		
20 Ca	2	4	4	4	4	2		
21 Sc	2	4	4	4	4	1	2	
22 Ti	2	4	4	4	4	2	2	
—	—	—	—	—	—	—	—	
29 Cu	2	4	4	6	6	6	1	
30 Zn	2	4	4	6	6	6	1	
31 Ga	2	4	4	6	6	6	2	1
—	—	—	—	—	—	—	—	
36 Kr	2	4	4	6	6	6	4	4

Schale:	K	L	M	N	O	P	Q
$n_k =$	1_1	$2_1 2_2$	$3_1 3_2 3_3$	$4_1 4_2 4_3 4_4$	$5_1 5_2 5_3 5_4 5_5$	$6_1 6_2 6_3 6_4 6_5 6_6$	$7_1 7_2$
Element							
37 Rb	2	4 4	6 6 6	4 4	1		
38 Sr	2	4 4	6 6 6	4 4	2		
39 Y	2	4 4	6 6 6	4 4 1	2		
40 Zr	2	4 4	6 6 6	4 4 2	2		
—	—	—	—	—	—		
47 Ag	2	4 4	6 6 6	6 6 6	1		
48 Cd	2	4 4	6 6 6	6 6 6	2		
49 In	2	4 4	6 6 6	6 6 6	2 1		
—	—	—	—	—	—		
54 X	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4		
55 Cs	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4	1	
56 Ba	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4	2	
56 La	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4 1	2	
58 Ce	2	4 4	6 6 6	6 6 6 1	4 4 1	2	
59 Pr	2	4 4	6 6 6	6 6 6 2	4 4 1	2	
—	—	—	—	—	—	—	
71 Cp	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 1	2	
72 Hf	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 2	2	
—	—	—	—	—	—	—	
79 Au	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	1	
80 Hg	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	2	
81 Tl	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	2 1	
—	—	—	—	—	—	—	
86 Em	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	
87 ?	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	1
88 Ra	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	2
89 Ac	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 1	2
90 Th	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 2	2
91 Pa	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 (3)	(2)
92 U	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 (4)	(2)

Bei den größeren Atomgewichten enthalten die Kerne nicht bloß Protonen, sondern auch Elektronen, was schon daraus hervorgeht, daß gewisse radioaktive Substanzen β -Teilchen aus dem Kern zu emittieren vermögen. Nur der Überschuß der positiven Ladungen, gegenüber den negativen der im Kern vorhandenen Elektronen, gibt dann die maßgebliche positive Kernladung, ausgedrückt in Elementarladungen, oder die erwähnte Ordnungszahl an.

Man wird damit dazu veranlaßt, auch im Innern der komplizierteren Kerne, wie bei den radioaktiven Substanzen, sich verschiedene Energie-Niveaus vorzustellen. Je nachdem aus welcher Kerntiefe ein α - oder β -Teilchen austritt, wird es verschiedene Energie (Anfangsgeschwindigkeit) besitzen und speziell für die Analyse der primären β -Strahlen war diese Vorstellung bereits sehr fruchtbringend.

Allgemeine Illustrationen von Atombildern, die natürlich nur eine angenäherte Vorstellung der räumlich vor sich gehenden Vorgänge geben können und nicht beanspruchen, die wirkliche Konstitution wiederzugeben, sondern sie nur andeuten können, geben Figuren nach H. Holst und H. A. Kramers. (Vgl. Die Naturwissenschaften XI, 556, 1923.)

Solche Abbildungen gehen dabei nicht auf die Struktur der 100.000 mal kleineren Kerne ein, die nur als Mittelpunkte figurieren. Sie stellen zudem nur die Normal- oder Ruhezustände der Elektronenbahnen der Atome dar. Bei höheren Temperaturen und zu

Strahlungen angeregt, gibt es schon im einfachsten Falle bei Wasserstoff (ein Proton und ein Elektron) für seine verschiedenen möglichen Zustände eine Reihe von Kreis- und Ellipsenbahnen für das eine Elektron, und zwar nur eine distinkte, von Quantengesetzen beherrschte Auswahl. Das gleiche gilt natürlich für alle Elemente und es würde zu unabsehbar komplizierten Figuren führen, wollte man dies graphisch darzustellen versuchen. Überdies sind die Elektronenbahnen in Wirklichkeit keine geschlossenen, sondern zeigen auch noch langsamere Präzessionen.

Für die chemischen Reaktionen sind die Elektronen der äußersten Besetzungszonen maßgeblich. Werden durch dieselben zwei oder mehrere Atome untereinander zu Molekeln verkittet, so sind weiterwirkend gegen das Innere kleinere Deformationen in den Elektronenkonfigurationen zu gewärtigen.

Aus derartigen Vorstellungen gelingt es gleichsam, ein Skelett der Atome und Bilder für deren einfachste „Anatomie“ zu erhalten. Damit ist aber nur der erste Schritt getan, denn solch ein Atom ist kein unveränderliches Gebilde. In der Wechselwirkung mit der Umgebung (Äther) und deren Strahlungen finden immer wieder Beeinflussungen statt. Von manchen dieser Prozesse haben wir Kenntnis, so wenn durch Vermittelung der Valenzelektronen der äußersten Schale Verbindungen mehrerer Atome zu Molekelverbänden eintreten; wenn durch Aufnahme oder Abgabe von Energie und Platzwechsel der Elektronen

in verschiedene Bahnen Licht- oder Wärmestrahlungen der Atome erregt werden und dergleichen. Im großen und ganzen kennen wir aber von den „Lebensvorgängen“, den Äußerungen der Wechselbeziehungen zwischen den Atomen und ihren Umgebungen, dem Medium, in denen sie pulsieren, zurzeit erst wenig.

Wir wissen jedenfalls, daß die kompliziertesten Gebilde dieser Art, die Elemente mit den größten Atomgewichten keine dauernd festgefügt sind, sondern nach bestimmten Wahrscheinlichkeitsgesetzen Bruchstücke aus ihrem Kern ausschleudern. Die Ursachen dieses Instabilwerdens und Zerfalles kennen wir nicht. Diese Ausschleuderung erfolgt mit so großer Wucht, daß es sich dabei um Energieumsätze von Größenordnungen handeln muß, die in ihrer Konzentration alle sonst bekannten chemischen Prozesse enorm übersteigen. Die Partikeln, welche dabei emittiert werden, erwiesen sich bisher einheitlich als He-Kerne (α -Teilchen) oder Elektronen (β -Teilchen). Ob aber die Heliumkerne schon vorgebildet im Kern vorhanden waren oder erst unmittelbar vor ihrer Emission sich aus 4 Protonen und 2 Elektronen bildeten und gerade diese Bildung Anlaß zur Expulsion gibt, ist unentschieden.

Von Bedeutung ist in dieser Hinsicht die Energiebilanz zwischen Heliumkern und 4 Wasserstoffkernen + 2 Elektronen, aus denen es entstanden gedacht wird. Aus den Atomgewichten $H = 1,0078$ und $He = 4,000$ und dem der Elektronen (je $0,0005$) folgt $4H^+ + 2\beta$

— $\text{He}^{++} = 4 (1,0078 - 0,0005) + 0,001 = 4,000$
 $= 0,030$ im Maßsystem der Chemie $= 4,95 \cdot 10^{-26} \text{ g}$;
 das heißt, daß beim Aufbau als sogenannter Packungs-
 effekt ein Massenverlust von $4,95 \cdot 10^{-26} \text{ g}$ eintritt.
 Der entsprechende Energiebetrag beläuft sich auf $4,45 \cdot 10^{-5} \text{ Erg}$. Das ist demnach der bei der Bildung des He-Kernes aus Protonen und Elektronen abgegebene Energiebetrag und ein mindestens ebenso großer wäre demgemäß erforderlich, um Heliumkerne wiederum in seine Bestandteile zu zerschlagen. Die größten Energiekonzentrationen stehen uns in den α -Teilchen aus Radium C' und Thorium C' zur Verfügung mit $1,22 \cdot 10^{-5}$, bzw. $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ Erg}$. Sie sind ersichtlich zu klein, um eine Zerschlagung der Heliumkerne hervorbringen zu können.

Während demnach Helium als ein so festgefügtes Atom angesehen werden muß, daß derzeit kein Hilfsmittel zur Verfügung steht, es in seine Bestandteile zu zerlegen, reichen die angeführten Energiekonzentrationen der rasch fliegenden α -Teilchen radioaktiver Stoffe dazu aus, andere minder fest gepackte Komplexe zu zertrümmern. Es ist zuerst E. Rutherford gelungen, zu beweisen, daß in dieser Weise durch Beschießen mit α -Teilchen in jenen Fällen, wo es zu einem Kerntreffer kommt, Stickstoff zerschlagen werden kann, derart, daß sein Atom ein Proton, einen Wasserstoffkern verliert. Weiterhin ist es dann durch die fortgesetzten Arbeiten in Cambridge und Wien gelungen, festzustellen, daß eine große Anzahl von Grundstoffen

in solcher Weise zertrümmerbar sind. Als weggeschleuderte Atomsplitter erkannte man bisher mit Sicherheit immer nur Wasserstoffkerne und Elektronen.

Ehe auf die Einblicke und Ausblicke, die diese Ergebnisse eröffnen, eingegangen werden kann, muß noch einer weiteren Erkenntnis Erwähnung getan werden, die man gleichfalls radioaktiven Beobachtungen verdankt.

Man mußte sich nämlich davon überzeugen, daß die Individuen eines Elementes, seine einzelnen Atome, nicht durchaus ganz gleich zu sein brauchen.

Gehen wir auf das Bild ein, das wir uns vom Uran-Atom UI (Atomgewicht A. G. = ca. 238) machen können. Im Kern befindet sich eine gesamte positive Ladung von $+ 92 e$ ($e = \text{Elementarquantum}$). Außerhalb des Kernes, das eigentliche Atomvolumen erfüllend, sind $92 e$ negative Ladungen vorhanden, in irgendwelchen Anordnungen, möglicherweise schalenweise gruppiert zu 2, 8, 18, 32, 18, 8, 6 in lebhaft kreisenden Bahnen. Wir wollen hier bloß festhalten, daß 6 von ihnen, als „Valenz-Elektronen“ sich in der äußersten „Schale“ befinden — nicht etwa starr an einem ebenen Ring, sondern irgendwie in komplizierter Weise sich bewegend. Ein α -Teilchen mit $+ 2 e$ werde aus dem Kern emittiert. Das Restatom hat dann nur mehr das A. G. von rund $238 - 4 = 234$; die Kernladung $+ 90 e$. Zur Neutralisation verlassen zwei Elektronen die äußere Schale, das entstehende Element ist dann nur mehr vierwertig. Wir nennen es UX_1 . Es

ist selbst nicht stabil und verwandelt sich weiter, indem aus dem Kern ein β -Teilchen ausgeschleudert wird; das heißt, das nunmehr entstehende Element (UX_2) hat dann die Kernladung $+91 e$. Sein Atomgewicht ist gegenüber UX_1 nicht merklich verändert. Zur Neutralisation wird aus der Umgebung ein Elektron $-e$ angesaugt und gliedert sich in die äußerste Schale ein, die Valenz steigt auf fünf. Auch UX_2 ist unstabil; aus seinem Kern wird abermals ein β -Teilchen ausgestoßen, wiederum muß zur Neutralisation ein Elektron in die Valenzschale aufgenommen werden, das neuentstandene Atom (UII) ist sechswertig, seine Kernladung auf $+92 e$ gestiegen.

Ganz allgemein läßt sich sagen: Emission einer α -Partikel aus dem Kern drückt die Valenz des entstehenden Stoffes um zwei Einheiten herab; Emission eines Kern- β -Teilchens hebt sie um eine Einheit. (Verschiebungsregel.)

Die sich für die radioaktiven Stoffe ergebenden Beziehungen zeigt die Tabelle 2 auf Seite 74.

Während vor der Entdeckung der radioaktiven Stoffe jeder Platz im periodischen System der Elemente ausschließlich durch nur einen Grundstoff besetzt war, finden sich jetzt an der gleichen Stelle mehrere, z. B. im Falle der Ordnungszahl 82 mit Pb acht Substanzen: Man nennt derartige Stoffe „isotop“, eine Gesamtheit derselben eine „Plejade“. Als „Elementtypus“ ist in der Tabelle 2 jenes Element der betreffenden Plejade angeführt, das stabil ist oder die längste Lebens-

dauer besitzt, von dem also jeweils am meisten existiert.

Die allgemeinen chemischen Eigenschaften isotoper Stoffe sind innerhalb der gegenwärtig erreichten Meßgenauigkeiten bis ins kleinste Detail identisch, ebenso ihre Normalpotentiale, ihre Diffusionskonstanten in Lösungen, die magnetische Suszeptibilität, das sichtbare und ultraviolette sowie das Röntgenzentrum, die Leitfähigkeit und Supraleitfähigkeit bei tiefen Temperaturen usf. Es ist daher in keiner Weise möglich, solche Elemente, wenn sie einmal beisammen sind, voneinander zu trennen oder ihr Mischungsverhältnis zu ändern, soweit es sich um Benützung von Eigenschaften handelt, welche durch die bei ihnen offenbar identische Konfiguration der Elektronenanordnung bedingt werden. Unterschiede bestehen nur in den Atomgewichten (z. B. im Falle des „Blei“ zwischen 214 und 206) und daraus für Kerneigenschaften ableitbare Erscheinungen und in ihrem radioaktiven Gebaren, ihrer Stabilität.

Die Isotopie ist übrigens, wie dann F. W. Aston nachweisen konnte, nicht auf radioaktive Stoffe beschränkt. Es konnte gezeigt werden, daß Li, B, Ne, Mg, Li, Cl, A, K, Ca, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Zr, Ag, Cd, Sn, Ne, Sb, Te, X, Ce, Nd, Hg „Mischelemente“ — Isotopengemische sind, während H, He, Be, C, N, O, F, Na, Al, P, S, Se, Ti, V, Cr, Mn, Co, As, Y, In, J, Cs, Ba, La, Pr, Bi als einheitliche „Reinelemente“, mit Individuen lauter

gleichen Atomgewichtes, aufgefaßt werden. Damit erklären sich ungezwungen auch starke Abweichungen in der Ganzzahligkeit der Atomgewichte — richtiger „Verbindungsgewichte“ — etwa die des Cl mit 35,46

III b	IV b	V b	VI b	VII b	o	I a	II a	III a	IV a	V a	VI a	Valenz- Numer
ThC'' → ThD	ThB → ThC → ThC'	ThA	ThEm	ThX	MsTh ₁ → MsTh ₂	RdTh	Th	(ThU?)				Thor- Familie
AcC'' → AcD	AcB → AcC → AcC'	AcA	AcEm	AcX	Ac	RdAc	U _Y	Pa	(AcU?)			Actinium- Familie
RaG	RaE → RaF	RaA	RaEm	Ra		Io	U _{X₁} → U _{X₂}	U _n	U _i			Uran- Radium- Familie
RaC'' → RaD	RaB → RaC → RaC'											Ordnungs- zahl
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	Element- typus
Tl.	Pb	Bi	Po	—	Em	—	Ra	Ac	Th	Pa	U	

aus entsprechender prozentualer Zusammensetzung aus seinen beiden Komponenten vom Atomgewicht 35 und 37, ohne daß der Gedanke eines Aufbaues aus Wasserstoffkernen aufgegeben zu werden braucht. Der Unter-

schied im Verhalten der altbekannten Elemente zu den radioaktiven ist in dieser Hinsicht nur der, daß die Verbindungsgewichte bei den alten Elementen ganz unabhängig von der Herkunft des Materials stets die gleichen zu sein scheinen, also z. B. für Cl stets 35,46, während bei radioaktiven Isotopen, bzw. aus radioaktivem noch vor unseren Augen stattfindendem Zerfall entstehenden Elementen alle möglichen Verbindungsgewichte innerhalb der durch die Grenzen der Atomgewichte der Substanzen einer Plejade bestimmten vorkommen können; z. B. praktisch für „Blei“ alle Verbindungsgewichte zwischen 206 und 208 (gewöhnliches Pb = 207,2). (Die übrigen „Bleiarten“ wie RaB, RaD etc. sind zu kurzlebig, also zu wenig von ihnen vorhanden, um neben RaG und ThD etwas auszugeben.)

Der radioaktive Zerfall erwies sich als unbeeinflussbar in seinem für jedes betreffende Element charakteristischen Tempo. Es erscheint mit unseren derzeit bekannten Hilfsmitteln, größte Temperaturänderungen, Druckvariationen, Anwendung stärkster magnetischer oder elektrischer Felder, Strahlungen etc. völlig unmöglich, diese Art von Elementverwandlungen zu verzögern, zu beschleunigen oder gar rückgängig zu machen. Man steht einem einseitig gerichteten Prozeß, einer stetig zunehmenden Entwertung der Materie gegenüber. Spontan scheint bloß in der Natur ein Abbau der im Atomkern aufgespeicherten Binnenenergie vor sich zu gehen.

Demgegenüber verlangen die Vorstellungen, wie sie sich in N. Bohr's Systematik der Elemente finden, die ein Aufbauprinzip enthalten, die Wiedererschaffung der Grundstoffe aus ihren primitiven Bausteinen. Ob solche Schöpfungsakte nur bei kosmischen Katastrophen eintreten können, oder ob sie in uns noch gänzlich unbekannterweise den Entwicklungsgang der Erde und der Himmelskörper ständig begleiten, sind unge löste Fragen.

Erste Andeutungen hierüber geben die bereits erwähnten Untersuchungen über die Atomzertrümmerungen. Wir müssen uns nach dem Schicksal fragen, das ein Atomkern erfährt, der zentral von einem α -Teilchen getroffen wird. Wir wissen, daß dann ein Proton aus dem Kern herausgeschlagen werden kann, das heißt, der Kern eine positive Einheitsladung verliert. Blicke dabei der Elektronengehalt des Kernes intakt, so müßte zur Neutralisation aus der Elektronenhülle ein Elektron verlorengehen, das heißt im Sinne der Verschiebungsregel entstünde ein Restatom mit einer um eine Einheit verringerten Valenz. So würde z. B. aus dem fünfwertigen $N = 14$ eine Art Kohlenstoff, ein C-Isotop der Masse 13. Verläßt aber gleichzeitig mit dem Proton ein β -Teilchen den Kern, dann bliebe die Kernladung oder Ordnungszahl unverändert und das neue Atom wäre ein Stickstoffisotop der Masse 13.

Es kommt aber auch vor, wie dies zuerst H. Petersson und G. Kirsch experimentell bewiesen, daß das heranprallende α -Teilchen im Atomkern haften bleibt,

während ein Proton herausfliegt. Wenn der in solcher Weise synthetisierte Kern stabil ist, so handelt es sich bei dem Zusammenstoß nicht eigentlich mehr um eine Amputation, sondern um einen Aufbau. Der neue Kern erhält aus dem Heliumteilchen einen Kernmassenzuwachs von vier Einheiten, verliert mit dem Proton dagegen eine, behält also in Summa eine um drei Einheiten vergrößerte Masse. Aus Stickstoff (14) würde damit eine Substanz der Atommasse 17. Wird bei dem Prozeß kein Kernelektron abgegeben, so wären mit dem α -Teilchen zwei positive Ladungen eingeführt, mit dem Proton eine abgeschieden worden, d. h. es bliebe eine Vermehrung um eine Einheit, die Ordnungszahl wäre um eins größer, aus Stickstoff (14) wäre ein Sauerstoffisotop der Masse 17 geworden.

Leider ist die Zahl der möglichen Kerntreffer so gering, daß keine Aussicht besteht, durch chemisch-analytische Mittel das Vorhandensein solcher Atomkrüppel (z. B. Stickstoffisotope der Masse 13) oder Neugebilde (z. B. Sauerstickstoffisotope der Masse 17) sicherzustellen. Die in der Atmosphäre vorhandenen radioaktiven Stoffe würden selbst im Verlaufe von 10^{10} Jahren (Lebensdauer der Erde) die Zahl der erzeugten Atomkrüppel im Verhältnis zu den normalen Stickstoffatomen nur wie $10^{-11}:1$ ergeben.

Es muß also ausdrücklich betont werden, daß ein allgemeiner Aufbau der Elemente quantitativ in dieser Weise nicht aufgedeutet werden kann, wenn nicht

andere uns noch unbekannte irdische oder außer-terrestrische Energiequellen ins Spiel treten.

Betrachten wir die Mengen der in der Natur vorkommenden Grundstoffe, so lehrt ein einfacher Überblick, daß diejenigen mit gerader Ordnungszahl die mit ungerader an Häufigkeit weit übertreffen; vielleicht ein Fingerzeig dafür, welche Gebilde die „wahrscheinlicheren“, die lebensstärkeren sind. Für ein Auswahlprinzip beim Aufbau fehlen freilich noch die Grundlagen.

So wenig energetische Anhaltspunkte wir zurzeit haben, so scheint doch ein Kreislauf nicht mehr außerhalb aller Vorstellungen: Geburt von α -Teilchen und Elektronen aus hochkonstituierten alternden radioaktiven Atomen einerseits; Entwicklung nach einem Aufbauprinzip aus Protonen, α -Teilchen, Elektronen sukzessive zu höheren Atomformen, freilich unter Zuhilfenahme uns noch unbekannter Energieformen, anderseits. Der Evolutionsgedanke, der in so vielen Gebieten siegreich war, scheint auch für die allerkleinsten unter den uns bekannten Gebilden Bedeutung zu gewinnen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [66](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Stefan

Artikel/Article: [Neuere Erkenntnisse über den Aufbau der Atome. 59-79](#)