

Über die
Mannigfaltigkeit der Materie.

Von

G. Weißenberger.

Vortrag, gehalten den 23. Februar 1916.

Die Frage nach der Mannigfaltigkeit der Materie oder nach den Grundstoffen, welche am Aufbau der Körperwelt beteiligt sind, hat schon die alten Völker beschäftigt. Das Fehlen jeder experimentellen Grundlage bringt es mit sich, daß die ersten Anschauungen, welche entwickelt wurden, sich nicht auf Tatsachen stützten, sondern lediglich den Grübeleien des Menschengeistes entsprungen waren. Vermittelt durch philosophische Betrachtungen entstand die Lehre, daß alle Dinge einer Urmaterie ihren Ursprung verdanken. Ihre größten Vertreter finden wir unter den älteren griechischen Denkern, wie Thales von Milet, Anaximenes und Heraklit. Empedokles von Agrigent erweiterte (440 v. Chr.) diese Hypothese, indem er vier verschiedene Erscheinungsformen des Urstoffes annahm: Erde, Wasser, Feuer und Luft. Die arabischen Alchimisten, denen die Einführung des Experimentes zur Erforschung der Naturstoffe zu danken ist und welche bereits über viele empirische Kenntnisse verfügten, stellten zur Erklärung des Glanzes der Metalle und ihrer Veränderlichkeit im Feuer die Begriffe des Quecksilbers und des Schwefels auf, worunter nicht die so bezeichneten chemischen Stoffe zu verstehen waren, sondern nur die beiden genannten, an den

Metallen zu Tage tretenden Eigenschaften der unbekannten Urmaterie. Das Mittelalter ist hinsichtlich der Forschung über die Grundstoffe ziemlich unfruchtbar geblieben, erst die Anwendung der Chemie auf die Medizin förderte neue Kenntnisse zu Tage. Gestützt auf diese sprach Boyle (1661) den Grundsatz aus, daß die nachweisbaren, nicht zerlegbaren Bestandteile der Körper als Elemente anzusehen seien. Er hielt aber an der Urmaterie fest und vertrat die Ansicht, daß die Elemente aus ihr aufgebaut seien.

Die fortschreitende Entwicklung der analytischen Chemie vermehrte die Zahl der bekannten Elemente beständig. Dalton gelangte (1803) auf Grund deduktiver Ableitungen und experimenteller Untersuchungen zu der Anschauung, daß jedes Element aus kleinsten Teilchen, Atomen, bestehe, die von unveränderlicher Größe sind und sich unter Bildung von Verbindungen vereinigen. Er unternahm es nun, die relativen Gewichte der Atome der einzelnen Elemente im Vergleich mit dem leichtesten Element, dem Wasserstoff, zu bestimmen, und erhielt trotz ungenügender Hilfsmittel und unzulänglicher Voraussetzungen in vielen Fällen brauchbare Werte. Durch die Unsicherheit der Atomgewichtsbestimmungen Daltons veranlaßt, rundete Prout (1815) die Zahlen ab und sprach die Behauptung aus, daß sich alle Atomgewichte, bezogen auf Wasserstoff, durch ganze Zahlen ausdrücken lassen. Daraus leitete er den Schluß ab, daß die Elemente sich durch Verdichtung aus Wasserstoff gebildet haben,

der Wasserstoff also der Urstoff sei. Die klassischen Untersuchungen der Folgezeit bewiesen, daß die Voraussetzung Prouts unrichtig war, denn exakte Bestimmungen der relativen Atomgewichte ergaben unter Beziehung auf die Wasserstoffeinheit in fast allen Fällen Abweichungen von den ganzen Zahlen, welche die Versuchsfehler übertrafen.

Das Bestreben, jeden Grundstoff genau zu kennzeichnen, führte zu einem gründlichen Studium aller Eigenschaften der Elemente. Dabei zeigte es sich, daß zwischen dem Atomgewicht und den übrigen Merkmalen einer Substanz ein gewisser Zusammenhang bestehen mußte. Schon Döbereiner hatte (1829) gefunden, daß sich Triaden von chemisch nahestehenden Elementen angeben lassen, die regelmäßige Unterschiede in ihren Atomgewichten oder nur geringe Differenzen in denselben aufweisen. Es sind dies die Gruppen:

Tabelle 1.

Element	Atomgewicht	Differenzen
Li (Lithium)	6·94	
Na (Natrium)	23·00	16·06
K (Kalium)	39·10	16·10
Ca (Kalzium)	40·07	
Sr (Strontium) . . .	87·63	47·56
Ba (Barium)	137·37	49·74

Element	Atomgewicht	Differenzen
S (Schwefel)	32·70	47·1
Se (Selen)	79·2	48·3
Te (Tellur)	127·5	
Cl (Chlor)	35·46	44·46
Br (Brom)	79·92	47·00
J (Jod)	126·92	
Fe (Eisen)	55·84	2·84
Ni (Nickel)	58·68	0·29
Co (Kobalt)	58·97	
Ru (Ruthenium) . . .	101·7	1·2
Rh (Rhodium)	102·9	3·8
Pd (Palladium)	106·7	
Os (Osmium)	190·9	2·2
Ir (Iridium)	193·1	2·1
Pt (Platin)	195·2	

An Versuchen, in die vorliegenden Verhältnisse näher einzudringen, hat es in der Folge nicht gefehlt. Die Unsicherheit aber, die damals noch bei vielen Werten bestand, erschwerte die Auffindung von Gesetzmäßigkeiten und erst mit der Richtigstellung der Atomgewichte konnten weitere Schlüsse gezogen werden. 1864 versuchten Lothar Meyer und Newlands unab-

hängig voneinander, die Elemente nach steigendem Atomgewicht zu ordnen und aus dieser natürlichen Folge Zusammenhänge abzuleiten. Sie machten die wichtige Beobachtung, daß sich das chemische Verhalten bei dieser Anordnung nicht regellos verteilt, sondern daß nach dem Durchlaufen einer bestimmten Reihe Wiederholungen auftreten. Es ließen sich Perioden konstatieren, nach denen die Wiederholungen einsetzten, und Gruppen von Elementen angeben, deren Glieder durch je eine Periode voneinander getrennt waren, aber untereinander in auffälliger Weise übereinstimmten. Dieser erste Versuch war unvollkommen, da die Mängel der Atomgewichtszahlen in den gezogenen Schlüssen zur Geltung kamen, und begegnete deshalb nur geringem Verständnis. Newlands mußte sogar die Frage hinnehmen, ob er nicht versuchen wolle, die Grundstoffe nach ihren Anfangsbuchstaben zu ordnen; er würde dabei vielleicht noch größere Erfolge haben. Bald aber führte die Verallgemeinerung der genannten, in mehreren Fällen festgestellten Gesetzmäßigkeiten Lothar Mayer und unabhängig davon Mendelejeff (1869) dazu, auszusprechen, daß die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen ihres Atomgewichts seien. Sie reihten die Elemente in ein System ein, das die Wiederkehr ähnlicher Eigenschaften beim Durchlaufen der ansteigenden Atomgewichtsreihe deutlich zum Ausdruck bringt und daher das periodische oder natürliche System genannt wird.

Tabelle 2.

0	I	II	III	IV
He 3·99 (Helium)	Li 6·94 (Lithium)	Be 9·1 (Beryllium)	B 11·0 (Bor)	C 12·00 (Kohlenstoff)
Ne 20·2 (Neon)	Na 23·00 (Natrium)	Mg 24·32 (Magnesium)	Al 27·1 (Aluminium)	Si 28·3 (Silizium)
A 39·88 (Argon)	K 39·10 (Kalium)	Ca 40·07 (Kalzium)	Sc 44·1 (Skandium)	Ti 48·1 (Titan)
	Cu 63·57 (Kupfer)	Zn 65·37 (Zink)	Ga 69·9 (Gallium)	Ge 72·5 (Germanium)
Kr 82·92 (Krypton)	Rb 85·45 (Rubidium)	Sr 87·63 (Strontium)	Y 89·0 (Yttrium)	Zr 90·6 (Zirkon)
	Ag 107·88 (Silber)	Cd 112·40 (Kadmium)	In 114·8 (Indium)	Sn 119·0 (Zinn)
X 130·2 (Xenon)	Cs 132·81 (Cäsium)	Ba 137·37 (Barium)	La 139·0 (Lanthan)	Ce 140·25 (Cer)
			Yb 172·0 (Ytterbium)	
	Au 197·2 (Gold)	Hg 200·6 (Quecksilber)	Tl 204·0 (Thallium)	Pb 207·18 (Blei)
		Ra 225·97 (Radium)		Th 232·15 (Thorium)

Tabelle 2.

V	VI	VII	VIII
N 14·01 (Stickstoff)	O 16·00 (Sauerstoff)	F 19·0 (Fluor)	
P 31·04 (Phosphor)	S 32·07 (Schwefel)	Cl 35·46 (Chlor)	
V 51·0 (Vanadium)	Cr 52·0 (Chrom)	Mn 54·93 (Mangan)	Fe 55·84 (Eisen) Co 58·97 (Kobalt) Ni 58·68 (Nickel)
As 74·96 (Arsen)	Se 79·2 (Selen)	Br 79·92 (Brom)	
Nb 93·5 (Niob)	Mo 96·0 (Molybdän)		Ru 101·7 (Ruthenium) Rh 102·9 (Rhodium) Pd 106·7 (Palladium)
Sb 120·2 (Antimon)	Te 127·5 (Tellur)	J 126·92 (Jod)	
Ta 181·5 (Tantal)	W 184·0 (Wolfram)		Os 190·9 (Osmium) Ir 193·1 (Iridium) Pt 195·2 (Platin)
Bi 208·0 (Wismut)			
	U 238·18 (Uran)		

Die Betrachtung der Tabelle zeigt sofort die erwähnten Regelmäßigkeiten. Untereinander stehen die Elemente einer Gruppe, nebeneinander die einer Periode. In den beiden ersten Perioden befinden sich je acht Elemente, von denen die beiden untereinander stehenden sehr ähnlich sind. In den folgenden vier Reihen besitzen zwar auch die untereinander befindlichen einige Ähnlichkeit, aber augenfällig wird dieselbe erst, wenn man beim Vergleich eine Reihe überspringt, was dadurch ausgedrückt ist, daß die einander entsprechenden Elemente auf die gleiche Seite der Kolumne gerückt erscheinen (Stellung *a* und *b*). Die siebente und die achte Reihe sind noch lückenhaft. Die Grundstoffe der neunten Periode schließen sich, soweit sie bekannt sind, denen der sechsten an und die der zehnten denen der siebenten, man muß also hier zwei Reihen überspringen, um analoge Verhältnisse anzutreffen.

Trotzdem diese Gesetzmäßigkeiten klar zu Tage traten, hatte das System doch gewisse Härten, die nicht zu überwinden waren. Um einigen Elementen die durch ihre Eigenschaften geforderte Stellung geben zu können, mußte man verzichten, sie nach steigendem Atomgewicht zu ordnen, und einen Grundstoff mit höherem Atomgewicht vor einen solchen mit niedrigerem setzen. Es sind dies die Fälle:

Tabelle 3.

Element	Gruppe	Atomgewicht
A (Argon)	0	39·88
K (Kalium)	I	39·10
Co (Kobalt)	VIII ₂	58·97
Ni (Nickel)	VIII ₃	58·68
Te (Tellur)	VI _b	127·5
J (Jod)	VII _b	126·92

Ebenso konnte das System bezüglich der seltenen Erdelemente keine befriedigende Antwort geben. Es ist dies eine Gruppe von Grundstoffen, die einander sowohl hinsichtlich des chemischen Verhaltens, als auch im Atomgewicht nahestehen. Ihr chemischer Charakter weist sie alle in die dritte und vierte Gruppe, wo aber kein Platz für ihre Unterbringung ist. Ob es berechtigt ist, sie nach steigendem Atomgewicht einzureihen oder sie als eigene Gruppe anzusehen, dafür ließen sich aus dem System keine Anhaltspunkte entnehmen. Ebenso konnte der Wasserstoff keiner Gruppe angegliedert werden und sein Zusammenhang mit dem periodischen System blieb unbestimmt.

Das Vorhandensein von Beziehungen zwischen dem Wert des Atomgewichts und den übrigen Eigenschaften eines Elementes schien durch die Aufstellung des periodischen Systems wahrscheinlich gemacht, doch konnten sie, wie die vorangeführten⁶ Tatsachen zeigen, nicht einfacher Art sein. Der Reiz des Problems spornte zu zahllosen Versuchen an, quantitative Gesetze ausfindig zu machen. Sie blieben jedoch alle erfolglos, bis das Studium der Radioaktivität der Forschung neue Gebiete erschloß.

Unter den radioaktiven Elementen versteht man bekanntlich Grundstoffe, welche beständig unter Bildung neuer, leichterer Grundstoffe zerfallen und sich so langsam abbauen. Sie leiten sich von drei langlebigen Elementen ab, dem Uran, dem Thorium und dem Aktinium, und bilden so drei Reihen, deren Glieder untereinander eng zusammenhängen:

Tabelle 4.

[illegible]

Die Atomgewichte der meisten Radioelemente konnten nicht direkt bestimmt werden, doch lassen sie sich auf Grund der bekannten genetischen Beziehungen mit großer Sicherheit ableiten. Man unterscheidet zwei Arten von Umwandlungen: die α -Strahlen-Umwandlung und die β -Strahlen-Umwandlung. Bei ersterer wird ein α -Teilchen, das zwei positive Ladungen trägt, ausgeschleudert und das Atomgewicht fällt um 4·0 Einheiten, d. i. um das Atomgewicht des Heliums; die β -Strahlen-Umwandlung, welche in dem Verlust eines negativen Elektrons besteht, hat keine merkliche Änderung des Atomgewichts zur Folge. Da das Atomgewicht des Urans 238·18 ist und das des Thoriums 232·15, lassen sich also, ausgehend von diesen beiden Zahlen, die betreffenden Konstanten für die Glieder der beiden Reihen berechnen. Das Atomgewicht des Aktiniums steht noch nicht mit Sicherheit fest, es dürfte aber ungefähr 227 betragen.

Die so erhaltenen Atomgewichte der bis heute bekannten 36 Radioelemente liegen alle zwischen 206 und 238, also in dem Intervall des periodischen Systems von Thallium bis Uran. Dort stehen aber schon zwei nichtaktive Elemente, Blei und Wismuth, und zwei aktive, Radium und Thorium, es sind daher nur mehr sechs Stellen frei. Man mußte sonach zur Überzeugung kommen, daß es unmöglich ist, jedem Radioelement einen eigenen Platz im System zuzuweisen. Es war also von besonderer Wichtigkeit, die chemische Natur der neuen Stoffe festzustellen, um ihr Verhältnis zum natürlichen System aufzuklären.

Dieser Aufgabe stellten sich zunächst große Schwierigkeiten in den Weg, besonders deshalb, weil die überwiegende Mehrheit der Radioelemente eine viel zu kurze Lebensdauer hat, um in Mengen hergestellt werden zu können, wie sie zur Bestimmung der chemischen Eigenschaften bisher notwendig waren. Nur bei Uran, Radium, Thorium und der Radiumemanation konnte der chemische Charakter durch Untersuchung nach den üblichen analytischen Methoden ermittelt werden. Die übrigen Elemente waren noch nicht rein isoliert oder noch nicht in wägbaren Mengen gewonnen worden, bezw. überhaupt nicht in wägbarer Menge erhältlich. Es gelang den Bemühungen von Fleck, Russell, Fajans, Soddy und ihren Mitarbeitern, die gesuchten Beziehungen durch Zuhilfenahme elektrischer Meßverfahren zu ermitteln, deren Empfindlichkeit es möglich machte, außerordentlich kleine Mengen aktiver Substanz nicht nur zu erkennen, sondern auch quantitativ zu bestimmen. Auf Grund des so festgestellten chemischen Verhaltens war es möglich, die neuen Stoffe, zunächst ohne Rücksicht auf ihr Atomgewicht, in jene Gruppen des periodischen Systems, denen sie ihrer Natur nach angehörten, einzureihen. Dies führte alsbald zur Aufdeckung weiterer Regelmäßigkeiten, denn die genannten Autoren konnten zeigen, daß bei den radioaktiven Umwandlungen ganz bestimmte Verschiebungen im Charakter des Elementes eintreten, und zwar entsteht bei α -Strahlen-Umwandlungen ein Element, das um zwei Gruppen niedriger ist als seine Muttersub-

stanz, während die β -Strahlen-Umwandlung einen Übergang in die nächst höhere Gruppe zur Folge hat. Die Einordnung führt demnach zu folgendem Bild (siehe nachstehende Tabelle 5):

Entgegen der bisherigen Gewohnheit war es hier offenbar notwendig, eine Stelle des Systems nicht nur mit einem Element, sondern mit Gruppen von Elementen zu besetzen, die Fajans Plejaden nannte. Vergleicht man nun das chemische Verhalten der dieselbe Stelle einnehmenden Elemente, denen Soddy die Bezeichnung isotope Elemente beilegt, so zeigt sich, daß sie einander völlig gleichen. Die Übereinstimmung geht so weit, daß sie sich durch chemische Methoden nicht voneinander trennen lassen und nur ein Element vorzuliegen scheint. Sämtliche Bleiisotopen z. B. verhalten sich chemisch wie Blei selbst. Vom Standpunkt der analytischen Chemie sind also von den 36 Radioelementen nur jene Typen neu, die durch Plejaden an bisher unbesetzten Stellen des Systems dargestellt werden. Solcher Plejaden sind fünf vorhanden. Nur bei ihnen haben sich neue chemische Eigenschaften ergeben, bzw. sind solche zu erwarten. Nimmt man aus ihnen die langlebigsten Glieder, die Elemente Polonium (Radium F), Radium, Aktinium, Brevium (Uran X_2) und die Radiumemanation und setzt sie in das natürliche System an die entsprechenden Stellen; so nehmen die beiden letzten Perioden eine Form an, die mit der der übrigen Reihen vollkommen übereinstimmt, da das Atomgewicht von Gruppe zu Gruppe steigt.

Tabelle 5.

0	I		II		III		IV		V		VI	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	Au 197·2		Hg 200·6		Tl 204·0 Ac D 207·0 Th D 208·2 Ra C ₂ 201·0	Ra G 206·0 Pb 207·18 Ac E 207·0 Th E 208·2 Ra D 210·0 Ac B 211·0 Th B 212·2 Ra B 214·0	Bi 208·0 Ra E 210·0 Ac C 211·0 Th C 212·2 Ra C 214·0	Ra F 210·0 Ac C' 211·0 Th C' 212·2 Ra C' 214·0 Ac A 215·0 Th A 216·2 Ra A 218·0				
AcEm 219·0												
ThEm 220·2	Ac X 223·0			Ac 227·0		RdAc 227·0		U X ₂ 234·2		U II 234·2		
RaEm 222·0	Th X 224·2			MsTh ₂ 228·4		RdTh 228·2				U I 238·18		
	Ra 225·97					Jo 230·2						
	MsTh ₁ 228·2					Th 232·2						
						U X ₁ 234·2						

Tabelle 6.

0	I	II	III	IV	V	VI
—	Au 197·2 (Gold)	Hg 200·6 (Quecksilber)	Tl 204·0 (Thallium)	Pb 207·2 (Blei)	Bi 208·0 (Wismuth)	Po 210·0 (Polonium)
Em 222·0 (Emanation)	—	Ra 226·0 (Radium)	Ac 227·0 (Aktinium)	Th 232·2 (Thorium)	Bv 234·2 (Brevium)	U I 238·2 (Uran I)

Es liegt nahe, zu versuchen, die Resultate, welche an den radioaktiven Elementen gewonnen worden sind, auf das ganze System zu übertragen. Wenn wir annehmen, daß die Erscheinungen, welche in dem Intervall von Thallium bis Uran aufgefunden worden sind, in ihren wesentlichen Grundzügen auch bei den anderen Grundstoffen zutreffen, so ergibt sich, daß in allen Elementen nur Komplexe isotoper Stoffe vorliegen. Jene Ausnahmefälle im System, bei denen man gezwungen war, ein Element mit höherem Atomgewicht vor ein solches mit niedrigerem zu setzen, finden dann eine einfache Erklärung. Zieht man den oben erwähnten Befund in Betracht, daß das Atomgewicht nur dann von Gruppe zu Gruppe ansteigt, wenn man die langlebigsten Glieder der Plejaden allein ins Auge faßt, so folgt, daß man bei den drei Elementenpaaren die langlebigsten Glieder noch nicht kennt oder daß einige Glieder von verschiedenem Atomgewicht eine genügend große Lebensdauer aufweisen, um sich im Atomgewicht der Mischung ausschlaggebend bemerkbar zu machen, und das Suchen nach isotopen Elementen an allen Stellen des Systems wird zu einer bedeutungsvollen Aufgabe. Nachdem sich die Isotopen chemisch identisch verhalten, sind natürlich chemische Analysenmethoden dazu nicht geeignet. Die qualitative chemische Analyse reicht also offenbar nicht mehr aus, die Mannigfaltigkeit der Materie zu ergründen und alle existierenden Elemente zu charakterisieren.

Die Aufdeckung des Zusammenhanges der Radioelemente mit dem periodischen System führt zu einer wichtigen Folgerung. Da in einer Plejade Elemente mit verschiedenem Atomgewicht vereinigt sind, die völlig gleiches chemisches Verhalten zeigen, und anderseits Elemente mit gleichem Atomgewicht in verschiedenen Gruppen auftreten, kann das Atomgewicht nicht, wie bei der Aufstellung des periodischen Systems angenommen, eindeutig die Eigenschaften der Elemente bestimmen und man muß nach einer neuen Grundlage des Systems suchen. Zu diesem Ordnungsprinzip, welches zugleich das Wesen der Anordnung aufdeckt, führen die Anschauungen Rutherfords und Bohrs über den Aufbau der Atome, von dem Ihnen vor einigen Wochen Herr Dr. Flamm an dieser Stelle einiges berichtet hat.¹ Nach den genannten Forschern besteht das Atom aus einem positiv geladenen Kern, um den negative Elektronen kreisen. Für das chemische Verhalten eines Elementes ist nun die Zahl der elektrischen Elementarquanten maßgebend, welche die Ladung des Kernes ausmachen. Sie wird als Ordnungszahl bezeichnet. Moseley hat in den Wellenlängenmessungen an charakteristischen Röntgenstrahlungen, welche die Elemente unter dem Einfluß von Kathoden- und Röntgenstrahlen aussenden, ein Mittel gefunden, die relative Größe der Ordnungszahl experimentell zu bestimmen. Da verschiedene Gründe zu der Annahme

¹ Einiges über den Bau des Atoms. Vortrag, gehalten den 17. November 1915.

führen, daß die Ordnungszahl für Wasserstoff gleich 1 ist, folgt, daß sie für Helium 2 beträgt, für Lithium 3 usw., daß die Ordnungszahl also mit jeder Gruppe des periodischen Systems um eine Einheit steigt. Es läßt sich sonach der Inhalt des natürlichen Systems dahin definieren, daß die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen ihrer Ordnungszahlen sind.

Wenn man die Elemente auf Grund ihrer Ordnungszahlen aneinanderreicht, so ergibt sich, daß die Stellung des Argons vor dem Kalium, des Kobalts vor dem Nickel und des Tellurs vor dem Jod vollkommen richtig ist.

Tabelle 7.

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

Die seltenen Erden kommen in das Intervall zwischen Barium und Tantal zu stehen und weichen aus noch unbekannten Gründen von der Anordnung der übrigen Grundstoffe ab. Von besonderer Bedeutung ist es, daß sich nun die Lücken im System genau feststellen lassen und die Zahl der noch zu entdeckenden Elementartypen angegeben werden kann. Es werden somit der chemischen Forschung auch hier bestimmte Aufgaben gestellt. Mit der Besetzung der leeren Stellen ist die Zahl der Typen erschöpft, die Zahl der isotopen Elemente bleibt jedoch offen.

Die Auffindung der isotopen Elemente führt dazu, das periodische System zu erweitern. Die Zahl der möglichen Elementartypen ist gegeben durch die Stellen im System, die Anzahl der Elemente ist aber viel größer, so daß man, um alle Elemente unterzubringen, die Beschränkung auf eine Ebene fallen lassen und eine räumliche Anordnung schaffen muß. Die langlebigsten Glieder der einzelnen Plejaden liegen in der Grundebene; darüber kommen die übrigen Isotopen, nach ihrer Lebensdauer geordnet, zu stehen, wobei der Abstand über der Grundebene eine Funktion der Lebensdauer, bzw. des Atomgewichts ist. Die analytische Chemie vermag die Eigenschaften der Stoffe in diesem Schema nur nach zwei Dimensionen anzugeben, nach der dritten ist die Zuhilfenahme physikalischer Messungen notwendig.

Durch die Festlegung der Zahl der Elementartypen und die Eröffnung der Aussicht, noch viele

isotope Elemente aufzufinden, ist die Frage nach der Mannigfaltigkeit der Materie aber noch nicht erschöpft, weil die Elemente ja selber wieder zusammengesetzt sind. Das Studium der Radioaktivität hat gezeigt, daß die schweren Stoffe α -Teilchen, geladene Heliumatome, aussenden, daß also Helium ein Bestandteil der Elemente ist. Es kann jedoch nicht der einzige Bestandteil sein, denn sonst müßten sich die Atomgewichte aller Elemente aus Mischungen von Isotopen erklären, deren Atomgewicht ein ganzes Vielfaches von 4 ist. Lithium mit dem Wert 6.94 müßte demnach ein Isotopes vom Atomgewicht 4, also Helium selbst enthalten, was unmöglich ist. Man muß sonach mindestens noch einen zweiten Bestandteil annehmen und mehrfache Gründe führen dazu, den Wasserstoff als solchen anzusehen, wir kommen also wieder auf die Hypothese Prouts zurück. Tatsächlich sind Wasserstoffumwandlungen durch die Versuche von Marsden und Lantsberry wahrscheinlich gemacht worden. Das Wasserstoffatom und das Heliumatom, aus denen sich die Elemente aufbauen, sind aber auch wieder komplexe Gebilde und ihre letzten Bausteine scheinen Elektrizitätsteilchen zu sein. Wenn sich dies bestätigt, so findet sich hier der durch Jahrtausende gesuchte Urstoff.

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: 1916

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Weißenberger Georg

Artikel/Article: [Über die Mannigfaltigkeit der Materie. 391-413](#)