

Versuch zum Aufbau eines Schemas der im Weltall am häufigsten vorkommenden Isotope

Von

G. G. Kandilarov, Sofia 4, Iwan Assen II-Str. 45

Mit 1 Abbildung

(Eingegangen am 7. Dezember 1964)

Es ist bekannt, daß manche chemischen Elemente fast überall und in ungeheuren Mengen vorkommen, andere nur spärlich an einzelnen Stellen vorhanden sind, während wieder andere in verschwindend kleinen Spuren in der Natur erscheinen. Über das Problem der Häufigkeit der Elemente auf der Erde und im Weltall ist viel geforscht worden, jedoch muß man sich vorläufig mit ziemlich unsicheren Angaben begnügen.

In den äußersten Hüllen der Gestirne, in der Sternatmosphäre, in den kosmischen Nebeln und im interstellaren Raum sind bekanntlich in ungeheuren Mengen Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff u. a. nachgewiesen worden. Die *Eisenmeteoriten* bestehen hauptsächlich aus bloß zwei Elementen (etwa 90% Eisen und 8% Nickel), während die *Steinmeteorite* hauptsächlich aus vier Elementen (Sauerstoff, Silicium, Magnesium, Eisen), deren Gesamtmasse nach *Harkins*¹ bzw. *Winogradov*² über 92% ausmacht, zusammengesetzt sind.

Im allgemeinen also ist die Hauptmasse der uns bekannten kosmischen Körper aus einer verhältnismäßig *kleinen Anzahl* der in der Natur am häufigsten vorkommenden Elemente bzw. aus deren am meisten verbreiteten *Isotopen* zusammengesetzt. Nun erhebt sich die Frage, ob zwischen diesen im Weltall in ungeheurer Anhäufung vorkommenden Isotopen irgendein innerer genetischer Zusammenhang besteht, daß etwa eine Beziehung zwischen ihren Häufigkeiten und den entsprechenden Atomnummern und Massenzahlen hergestellt werden könnte. Die vorliegende Arbeit stellt einen Versuch dar, ein derartiges Schema aufzu-

¹ *P. Paneth*, Das natürliche System der chemischen Elemente. Hdb. Physik. *H. Geiger—K. Scheel*, Band 22, 454, 461 (1933) [Berlin].

² *A. P. Winogradov*, *Geochimija* 1962, 291.

stellen und zu prüfen, ob zwischen den Atomnummern, Massenzahlen und der Kernstruktur der häufigsten Isotopen einerseits und ihren Häufigkeiten andererseits irgendein Zusammenhang bestehe, der uns vielleicht das Verständnis ihrer Genesis im Weltall ermöglichen könnte*.

Wie erwähnt, können die vorläufig bekannten Angaben über die Häufigkeit der Elemente im Weltall kaum als sicher betrachtet werden. Immerhin habe ich die von *Goldschmidt* stammenden, in der Abbildung angegebenen Daten als Basis zur Lösung der oben angestellten Aufgabe benützt³.

Ordnet man die häufigsten Elemente und Isotope nach ihren Atomnummern bzw. Massenzahlen, so ergeben sich die Schemata I und II (S. 1110, 1112), in denen eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten und Besonderheiten beobachtet werden können**.

In einer früheren Abhandlung⁴ wurden nur die geraden Elemente und Isotopen betrachtet, in der vorliegenden werden zwei ergänzte Schemata dargelegt, die gleichzeitig die häufigsten geraden und ungeraden Elemente und Isotopen umfassen. In den Schemata sind die ungeraden Elemente und Isotopen etwas niedriger gestellt worden, da sie etwas seltener als die entsprechenden geraden in der Natur vorkommen.

Die kosmische Häufigkeit der meistverbreiteten *ungeraden* Isotopen kann nach *Goldschmidt*³ (bezogen auf Si = 10 000) bzw. nach *Winogradov*² (bezogen auf Si = $1 \cdot 10^6$) durch die folgenden Zahlen ausgedrückt werden:

Na — 510 bzw. $4,75 \cdot 10^4$	Al — 820 bzw. $7,79 \cdot 10^4$
P — 75 bzw. $2,52 \cdot 10^3$	Cl — 21 bzw. $3,12 \cdot 10^2$
Mn — 68 bzw. $5,71 \cdot 10^3$	K — 35 bzw. $3,4 \cdot 10^3$
Co — 29 bzw. $2,12 \cdot 10^3$	Cu — 4,2 bzw. $2,4 \cdot 10^2$

Geht man von diesen Angaben aus, so lassen sich die folgenden Gesetzmäßigkeiten und Besonderheiten (außer denen, die ich früher¹ gezeigt habe) erkennen:

1. Das Natrium, das Aluminium, der Phosphor, das Mangan und das Kobalt sind Reinelemente, während ³⁵Cl 75,4%, ³⁹K 93,08% und ⁶³Cu 69,1% des betreffenden Mischelements bilden^{3, 5}.

* Man hat ein Periodensystem der Atomkerne aufzustellen versucht (*R. A. Sonder*⁶, *E. P. Ozschigov*⁷).

** Siehe Abb. 1.

³ *K. Rankama*, *Isotope Geology* (Übersetzung). Moskau 1956, S. 18—21, 132, 133, 177.

⁴ *G. G. Kandilarov*, B. A. N. (Bulgar. Akad. Wiss.) *Trudowe warchu geologijata na Balgarija Ser. geochim. usw.* **3**, 41 (1962).

⁵ *W. W. Tscherdinzew*, *Rasprostr. chimitsch. elementow*, S. 308, 316. Moskau 1956.

⁶ *R. A. Sonder. Z. anorg. Chem.* **192**, 257 (1930).

⁷ *E. P. Ozschigov*, *J. obscht. chim.* **25**, 1637 (1955).

2. Die Ordnungszahlen dieser *ungeraden Elemente* differieren von einander um 2 oder ein Mehrfaches davon: 11, 13, 15, 17, 19, 25, 27, 29 . . . , d. h. $Z' = Z + 2x$, worin $x = 1, 2, 3, 4, \dots$

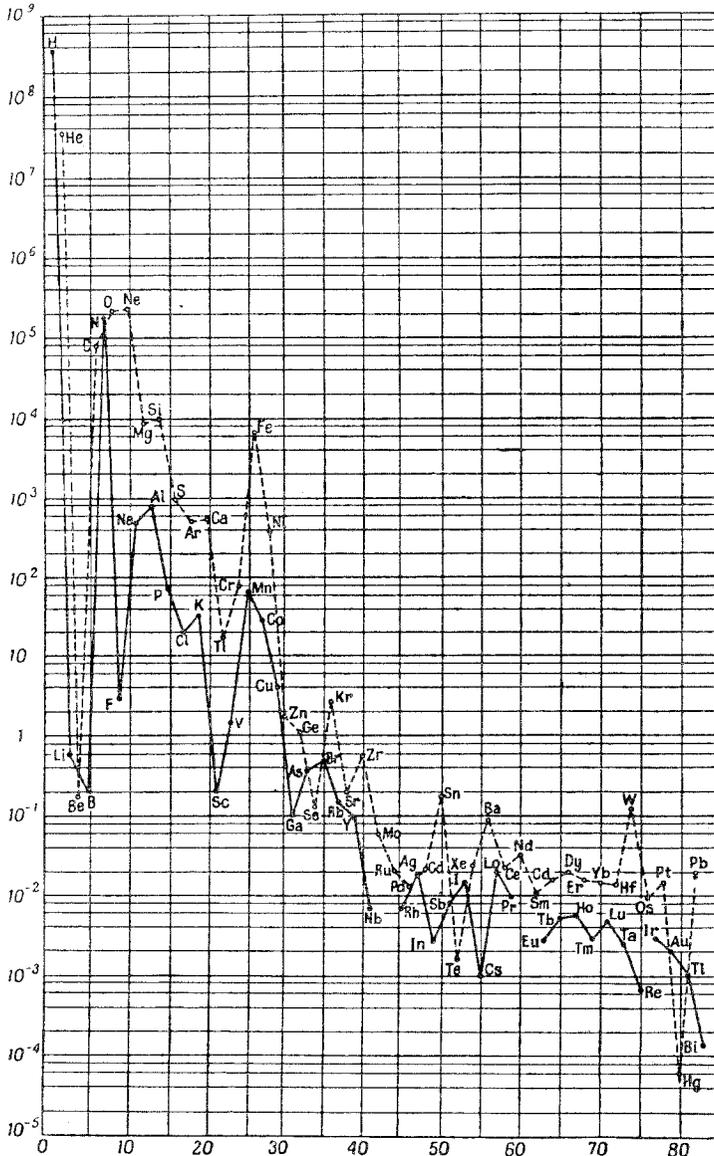


Abb. 1. Halblogarithmische Kurve der kosmischen Häufigkeit der Elemente als Funktion von Z . — Die hellen Kreise entsprechen geradem Z , die schwarzen ungeradem Z

gerade Neutronenzahl in ihren Atomkernen und sind Isotone der entsprechenden im Weltall am häufigsten vorkommenden geraden Isotope, von denen sie sich dadurch unterscheiden, daß sie je ein Proton weniger besitzen. Die Anzahl der Neutronen in diesen Isotonengruppen differiert um die Zahl 2 oder ein Mehrfaches von zwei.

Tabelle 1. Die häufigsten ungerade/geraden Isotone

	Isotone	A — Z	Differenz
II. Reihe	$^{23}_{11}\text{Na} - ^{24}_{12}\text{Mg}$	12	2
	$^{27}_{13}\text{Al} - ^{28}_{14}\text{Si}$	14	
	III. Reihe	$^{31}_{15}\text{P} - ^{32}_{16}\text{S}$	16
$^{35}_{17}\text{Cl} - ^{34}_{16}\text{S}^*$		18	2
$^{39}_{19}\text{K} - ^{40}_{20}\text{Ca}$		20	10
$^{55}_{25}\text{Mn} - ^{56}_{26}\text{Fe} - ^{58}_{28}\text{Ni}$		30	2
$^{59}_{27}\text{Co}$		32	2
IV. Reihe	$^{63}_{29}\text{Cu} - ^{64}_{30}\text{Zn}$	34	

* ^{34}S ist mit etwa 4,2% am Isotopenbestand des Schwefels beteiligt und vielleicht etwas mehr als Cl verbreitet (Abb. 1).

So stellt ^{23}Na ein Reinelement mit gerader Neutronenzahl (12) im Atomkern dar und ist ein Isoton des noch häufiger vorkommenden ^{24}Mg . Mangan-55 ist ein Isoton der stärker als es verbreiteten ^{56}Fe und ^{58}Ni , enthält in seinem Atomkern eine gerade Neutronenzahl (30) und befindet sich in einem der Häufigkeitsmaxima der ungeraden Elemente (Abb. 1). ^{59}Co , das zwei Neutronen mehr enthält, kommt jedoch verhältnismäßig weniger häufig vor.

Eine Ausnahme von dieser Regel macht ^{35}Cl , das ein Isoton des nicht sehr häufigen ^{34}S ist, sowie ^{35}Cl , ^{39}K und ^{63}Cu , die die Hauptbestandteile der betreffenden Mischelemente bilden.

Viele Elemente, zu deren Bestandszusammensetzung die in Rede stehenden ungerade/geraden Isotonengruppen gehören, kommen in der Natur zusammen vor. Z. B. Silicium und Aluminium, Magnesium und Natrium — in manchen Gesteinen; Natrium und Magnesium — im Meerwasser; Eisen, Nickel und andere — in den Eisenmeteoriten, im Erdkern, in manchen Erzen usw.

Schema I der im Weltall am häufigsten vorkommenden Elemente

Dieses Schema I umfaßt die häufigsten Elemente, die nach ihren Atomnummern geordnet sind. Es besteht aus einer Einzelreihe und zwei Doppelpfeilen. Die erste waagrechte Reihe bilden zwei, die zweite Reihe

unter dem es sich befindet. Sie kann aber auch als Summe der Ordnungszahlen von ${}_8\text{O}$ und ${}_{12}\text{Mg}$ dargestellt werden. Die Ordnungszahl von Eisen stellt den doppelten Wert ($2 \cdot 13 = 26$) der Ordnungszahl von Aluminium dar, unter dem es sich befindet. Sie läßt sich jedoch auch als Summe der Ordnungszahlen von Magnesium und Silicium ($12 + 14 = 26$) darstellen. Ebenso läßt sich die Ordnungszahl des Mangans als Summe der Ordnungszahlen von Magnesium und Aluminium ($12 + 13 = 25$) auffassen usw.

In der letzten waagrechten Reihe sind fünf ungerade Elemente zwischen den übrigen geraden Elementen einzeln eingeordnet (P, Cl, K, Mn, Co).

Schema II der im Weltall am häufigsten vorkommenden Isotope

Besonderes Interesse bietet das zweite Schema der im Weltall am häufigsten vorkommenden Isotope. Mit Ausnahme der im Schema eingeklammerten (ausgeschlossenen) weniger häufigen Isotope besteht das zweite Schema ebenso aus einer Einzelreihe und zwei Doppelreihen*, während die Anzahl der häufigsten *geraden* Isotope in den drei waagrechten Reihen (ebenso wie im Schema I) 2, 4, 6 ist. Auch hier bilden die *geraden* Isotope vier *senkrechte Spalten* mit analogen Abhängigkeiten ihrer Massenzahlen. So ist die Massenzahl jedes geraden Isotops in jeder Spalte der doppelte Wert des unmittelbar darüberstehenden Isotops. Außerdem lassen sich die Massenzahlen der geraden Isotope auch als eine Summe der entsprechenden Werte der links und rechts unmittelbar darüberstehenden geraden Isotopen darstellen.

Mit Ausnahme des Protiums und Heliums steht im Schema II *links unten* bei den meisten geraden Isotopen, ebenfalls in senkrechten Spalten, je ein *ungerades* Isotop, dessen Ordnungszahl und Massenzahl jeweils um Eins von der Ordnungszahl und Massenzahl des entsprechenden geraden Isotops differiert, so z. B.: ${}_{13}^{27}\text{Al}$ — ${}_{14}^{28}\text{Si}$, ${}_{25}^{55}\text{Mn}$ — ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ usw. Im Schema II sind diese ungerade/geraden Isotopenpaare untereinander geordnet. Z. B. steht ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ unter ${}_{14}^{28}\text{Si}$, ${}_{25}^{55}\text{Mn}$ unter ${}_{13}^{27}\text{Al}$ usw. Die Massenzahl jedes ungeraden Isotops stellt die Summe der Massenzahlen der unmittelbar darüberstehenden ungerade/geraden Isotopenpaare dar. So läßt sich die Massenzahl von ${}^{55}\text{Mn}$ als Summe der Massenzahlen von ${}^{27}\text{Al}$ und ${}^{28}\text{Si}$ ausdrücken usw.

Bis ${}^{40}\text{Ca}$ läßt sich die Neutronenzahl in dem Atomkern der betreffenden Isotope als Doppeltes der Neutronenzahl des unmittelbar darüber in derselben Spalte stehenden Isotops darstellen. So ergibt sich die Neutronenzahl des ${}^{28}\text{Si}$ (14) als das Doppelte der Neutronenzahl des ${}^{14}\text{N}$ (7). Jedoch läßt sich die Neutronenzahl der nach dem ${}^{40}\text{Ca}$ häufigsten Isotope aus der Gleichung $A - Z = 2n + 2$ (worin „n“ die Neutronenzahl des entsprechenden leichteren in derselben Spalte ste-

* s. S. 1110*.

henden Isotops bedeutet) berechnen. So läßt sich die Neutronenanzahl des ^{56}Fe (30) aus der des ^{28}Si (14), $(2 \cdot 14 + 2)$, berechnen usw.

Ferner lassen sich bis ^{40}Ca die Massenzahl und die Neutronenanzahl im Atomkern jedes einzelnen Isotops als arithmetisches Mittel der entspre-

Schema II der im Weltall am häufigsten vorkommenden Isotope*
Massenzahlen

	1									
	(2)									
	4									
	(8)		(10)			12			14	
								(13)		
	16		20			24			28	
(15)					23			27		
	32	(34)	40	40		48	52	55	56	58
31		35	39							59
63										
	64									

Neutronenanzahl (A — Z)

	H									
	(D)									
	1									
	He									
	(Be)		(B)	*		C		(C)	N	
	4		5			6		7	7	
	O		Ne		Na	Mg		Al	Si	
(N)	8		10		12	12		14	14	
	S	(S)	Ca	Ar		Cr		Fe	Ni	Co
P	16	18	20	20 + 2		26 + 2		28 + 2	28 + 2	30 + 2
16		18	20			24 + 2		28 + 2		
	Cu	Zn								
32 + 2	32 + 2									

* Die in den Schemata eingeklammerten chemischen Symbole und Ziffern stellen die Atomnummern bzw. die Massenzahlen verhältnismäßig weniger häufiger Elemente und Isotope dar, die aus den Schemata ausgeschlossen sind.

ehenden Größen der links und rechts danebenstehenden Isotope darstellen. So z. B. lassen sich die Massenzahl und die Neutronenzahl von ${}^{35}_{17}\text{Cl}_{18}$ als arithmetische Mittel der entsprechenden Größen der links und rechts befindlichen Isotope ${}^{31}_{15}\text{P}$ ($A - Z = 16$) und ${}^{39}_{19}\text{K}$ ($A - Z = 20$) darstellen.

In den waagrecht Reihen des Schemas II treten nach je 4, 8 und 16 Masseneinheiten Sprünge der Verbreitung der *ungeraden* Isotope auf. So differieren die im Weltall sehr häufigen ${}^{23}_{11}\text{Na}$ und ${}^{27}_{13}\text{Al}$ um vier Masseneinheiten, während die ${}^{31}_{15}\text{P}$ und ${}^{39}_{19}\text{K}$ (einschließlich des dazwischen stehenden ${}^{35}_{17}\text{Cl}$), die weniger häufig sind, um acht Masseneinheiten differieren. Zwischen ${}^{39}_{19}\text{K}$ und ${}^{55}_{25}\text{Mn}$ (Differenz von 16 Masseneinheiten) befinden sich schwächer verbreitete Isotope.

Mit Ausnahme des ${}^{35}_{17}\text{Cl}^*$ läßt sich die Anzahl der Neutronen in den *ungeraden* Isotopen bis ${}^{39}_{19}\text{K}$ als Summe der Neutronenzahl jener ungerade/geraden Isotopenpaare darstellen, die in der darüberliegenden Reihe unmittelbar über ihnen stehen. So enthalten ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ und das aus dem Schema ausgeschlossene ${}^{19}_{9}\text{F}$ in ihren Atomkernen je 10 Neutronen, deren Summe die Neutronenzahl (20) im Atomkern von ${}^{39}_{19}\text{K}$ ergibt usw.

Betreffs weiterer Gesetzmäßigkeiten und Besonderheiten der beiden Schemata wird auf meine frühere Arbeit hingewiesen⁴.

Das Isotopenschema und das Kernschalenmodell

Die Anzahl sämtlicher (gerader und ungerader) Isotope in den einzelnen waagrecht Reihen des Schemas betragen: 2, 6, 12, die die Gleichung $S = n + n^2$ (worin $n = 1, 2, 3$) befriedigen. Es ist nun auffällig, daß, wenn für n die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 eingesetzt werden, sich die Zahlen 2, 6, 12, 20, 30 ergeben, die der Neutronenzahl einiger der häufigsten Isotope entsprechen:

Differenz zwischen der Neutronenzahl:	2	4	6	8	10	
	${}^1_1\text{H}_0$	${}^4_2\text{He}_2$	${}^{12}_6\text{C}_6$	${}^{24}_{12}\text{Mg}_{12}$	${}^{40}_{20}\text{Ca}_{20}$	${}^{56}_{26}\text{Fe}_{30}$
			${}^{16}_8\text{O}_8$	${}^{28}_{14}\text{Si}_{14}$		
Differenz zwischen der Protonenzahl:	2	6	6	6	6	

Hätte man in dieser Reihe ${}^{12}_6\text{C}_6$ und ${}^{24}_{12}\text{Mg}_{12}$ gegen ${}^{16}_8\text{O}_8$ und ${}^{28}_{14}\text{Si}_{14}$ ersetzt, so würde sich gleichfalls die *Nigglsche Reihe*² ergeben³. Man sieht also, daß zu den verschiedenartigen Faktoren, welche zu großer Kernstabilität der betreffenden Isotope führen, auch eine bestimmte Anzahl von in gewissen Energieniveaus verteilten Nukleonen (denen ein günstiger Energiezustand zukommt) gehören könnte.

* Siehe * S. 1110.

³ A. I. Brodskij, Chimija isotopow, S. 25. Moskau 1957.

Nach dem von *Goepfert-Mayer—Jensen* u. a. vorgeschlagenen, in großen Umrissen geschilderten Schalenmodell der Atomkerne dürfen die ersten drei Kernschalen höchstens je 2, 6, 12 Protonen und Neutronen (und zwar die der ${}^4_2\text{He}_2$, ${}^{16}_6\text{O}_2$, ${}^{40}_{12}\text{Ca}_2$ -Isotope) enthalten.

So ist die ${}^4_2\text{He}_2$ -Kernschale mit 2 Protonen und 2 Neutronen voll ausgebildet*. Das ${}^{12}_4\text{C}_4$ ist das nach dem ${}^4_2\text{He}_2$ eine Stufe weniger häufige Isotop, das mit dem ${}^{14}_7\text{N}_7$ die erste waagrechte Reihe des Schemas bildet. Mit dem ${}^{16}_8\text{O}_8$, das zwei voll ausgebildete Schalen hat, fängt die zweite waagrechte Reihe des Schemas an. Sein nächster Nachbar, — das ${}^{20}_2\text{Ne}_2$ ** , enthält je 2 Nukleonen von den beiden Arten mehr, die die dritte Kernschale bilden. Nach seiner Häufigkeit stehen das ${}^{24}_2\text{Mg}_{12}$ und das ${}^{28}_{14}\text{Si}_{14}$ noch eine Stufe niedriger. Die dritte (äußerste) Kernschale des ${}^{24}_2\text{Mg}_{12}$ enthält je vier (dem ${}^{12}_4\text{C}_4$ entsprechenden) Nukleonen der beiden Arten. Hätte man zu dem ${}^{16}_8\text{O}_8$ -Kern noch weitere 6 Protonen und 6 Neutronen hinzugefügt, so würde sich die sehr feste dritte Kernschale des häufigen ${}^{28}_{14}\text{Si}_{14}$ -Kerns bilden, mit dem die zweite waagrechte Reihe des Schemas endet. Man braucht je noch weiteren 2 oder 6 Nukleonen zu dem ${}^{28}_6\text{Si}_6$ beizufügen, um die ${}^{32}_{6+2}\text{S}_{6+2}$ und ${}^{40}_{2 \times 6}\text{Ca}_{2 \times 6}$ -Isotope zu bilden (können), die jedoch eine weitere Häufigkeitserniedrigung zeigen. Das ${}^{40}_{20}\text{Ca}_{20}$, das drei voll ausgebildete Schalen hat, befindet sich zwischen dem ${}^{32}_{16}\text{S}_{16}$ und den Isotopen der Eisengruppe in der dritten waagrechten Reihe des Schemas. Beim ${}^{48}_{22}\text{Ti}_{26}$ tritt ein Häufigkeitsminimum ein.

Im allgemeinen sind die Isotopen†, welche 6 (oder 12) Protonen in ihren äußersten Kernschalen (${}^{16}_6\text{O}$, ${}^{28}_6\text{Si}$, ${}^{40}_{2 \times 6}\text{Ca}$, ${}^{56}_6\text{Fe}$) haben, durch größere Kernstabilität und demgemäß etwas größere Häufigkeit ausgezeichnet, die jedoch mit der Zunahme der Massenzahl bis zum ${}^{40}_{20}\text{Ca}_{20}$ abnimmt. Hingegen nimmt die Häufigkeit mit der Zunahme der Neutronenzahl in der (weiteren) Reihe ${}^{48}_{2}\text{Ti}_8$, ${}^{52}_4\text{Cr}_8$, ${}^{56}_6\text{Fe}_{10}$, ${}^{58}_8\text{Ni}_{10}$ zu ††. Da gerade das

* Von der alternativen Isotopenverbreitung in der ersten senkrechten Spalte des Schemas ausgehend, scheint es, als ob die ungeheure Anhäufung von ${}^4_2\text{He}_2$ im Weltall auf Kosten des ${}^2\text{D}$ (vielleicht zwei ${}^2\text{D}$ -Kerne mit entgegengesetzten Nukleonenspins bzw.-Rotationen schließen sich zu einen He-Kern zusammen), die des ${}^{16}\text{O}$ auf -Kosten des Be usw. gegangen sein könnte. (Hier möchte ich noch auf den hypothetischen Kernvorgang ${}^1\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^2\text{D} + e^0$ hinweisen, der, dem Protonenzyklus³ gemäß, als erste Phase der ${}^4\text{He}$ -Synthese betrachtet wird.)

** Mit dem Zeichen \sim soll je eine voll ausgebildete Schale eines Isotopenkerns symbolisiert werden; \approx sind also zwei volle Schalen usw.

† Vgl. die Isotopenreihen auf der Seite 5.

†† Hier ist weiter zu bemerken, daß die Neutronenzahl in den äußersten Kernschalen der Reihe ${}^{48}_{2}\text{Ti}_8$, ${}^{52}_4\text{Cr}_8$, ${}^{56}_6\text{Fe}_{10}$, ${}^{58}_8\text{Ni}_{10}$ den Differenzen der entsprechenden Zahlen in der Reihe

$${}^{12}\text{C}_6 \quad {}^{24}\text{Mg}_{12} \quad {}^{40}\text{Ca}_{20} \quad {}^{56}\text{Fe}_{30} \text{ gleich sind.}$$

Differenzen: 6 8 10

${}_{6}^{56}\text{Fe}_{10}$ \approx 6 Protonen (neben 10 Neutronen) in seiner äußersten Kernschale hat*, zeigt dieses Eisenisotop ein sehr hohes Häufigkeitsmaximum, das dem des ${}_{4}^{24}\text{Mg}_{4}$ und des ${}_{6}^{28}\text{Si}_{6}$ fast gleichkommt. Der Nukleonenzahl des ${}_{6}^{56}\text{Fe}_{10}$ -Kerns entspricht also ein Energiezustand, dem eine thermodynamisch sehr große Kernstabilität zukommt. Wegen seiner etwas größeren Protonenzahl ($6 + 2$ — wie es etwa beim ${}_{8}^{32}\text{S}_{6+2}$ der Fall ist) zeigt hingegen das Nickelisotop (${}_{2+6}^{58}\text{Ni}_{10}$) eine im Vergleich zum Eisenisotop niedrigere Häufigkeit. Eine noch etwas kleinere Häufigkeit weist das ungeradzahlig-geradzahlige ${}_{5}^{55}\text{Mn}_{10}$ -Isotop auf.

Hier sei noch darauf verwiesen, daß die Protonenzahl des ${}_{26}^{56}\text{Fe}_{30}$ gleich ist der Summe der Protonen von ${}_{12}^{24}\text{Mg}_{12}$ und ${}_{14}^{28}\text{Si}_{14}$; ebenso kann die Zahl der Neutronen in der äußersten Kernschale dieses Eisenisotops (${}_{6}^{56}\text{Fe}_{10}$) als Summe der entsprechenden Zahlen dieser Mg- bzw. Si-Isotopen (${}_{4}^{24}\text{Mg}_{4}$ und ${}_{6}^{28}\text{Si}_{6}$) dargestellt werden. Gerade diese Mg-, Si- und Fe-Isotope sind — zusammen mit ${}_{6}^{16}\text{O}_{6}$ — die Hauptbestandteile der Steintmeteorite und der Erdrinde. Andererseits bilden das ${}_{5}^{14}\text{N}_{5}$ (das $5 + 5$ Nukleonen in der äußersten Kernschale enthält), ${}_{14}^{28}\text{Si}_{14}$ und ${}_{26}^{56}\text{Fe}_{30}$ die vierte senkrechte Spalte des Schemas. Dabei sind das ${}_{7}^{14}\text{N}_{7}$ in der Erdatmosphäre und das ${}_{14}^{28}\text{Si}_{14}$ (nach ${}_{8}^{16}\text{O}_{8}$) in der Lithosphäre die häufigsten Isotope, während das ${}_{26}^{56}\text{Fe}_{30}$ den Hauptbestandteil des Nife-Metallkerns bildet.

Nun ergibt sich das Problem, ob zwischen den Kernen ${}_{12}^{24}\text{Mg}_{12}$, ${}_{14}^{28}\text{Si}_{14}$ und ${}_{26}^{56}\text{Fe}_{30}$ unter Umständen (wie etwa bei dem beim Aufleuchten einer Supernova herrschenden starkem Neutronenfluß, extrem hohen Temperaturen und Drucken usw., die im Laufe von ungeheuren Zeiträumen (Perioden) einwirken könnten), ein Kerngleichgewicht bestehen mag: ${}_{12}^{24}\text{Mg}_{12} + {}_{14}^{28}\text{Si}_{14} + 4$ Neutronen \rightleftharpoons ${}_{26}^{56}\text{Fe}_{30}$, wobei der Eisenkern durch Einfang von 4 freien Neutronen erzeugt werden könnte. Man würde noch an zahlreiche andere Kernvorgänge (wie etwa ${}_{7}^{14}\text{N} \rightarrow {}_{14}^{28}\text{Si} \rightarrow {}_{26}^{56}\text{Fe}$ usw.) denken können, die zu stabilen Isotopen-(Nuclid)-Synthesen führen könnten.

Diskussion

Geht man davon aus, daß die im Weltall häufigsten Isotope als thermodynamisch stabilste Endformationen (Nuclide) (die sich wenigstens unter den in einem gegebenen abgeschlossenen System herrschenden Bedingungen gebildet haben) betrachtet werden, so könnte dies vielleicht etwas Licht auf das Problem werfen, warum diese Isotopen am leichtesten und in ungeheuren Mengen gebildet wurden. Aus diesem Grunde wäre auch anzunehmen, daß diese Isotope die stabilsten Endprodukte eines eventuellen Zerfalls der höheren Isotope darstellen, wenn in der Natur überhaupt

ein derartiger Vorgang auch mit den sogenannten „stabilen“, den nicht-radioaktiven, Isotopen stattfindet.

Aus den aus den Schemata erkennbaren Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhängen läßt sich schließen, daß zwischen den im Weltall am häufigsten vorkommenden Isotopen, aus denen etwa 90% der Masse der kosmischen Körper aufgebaut ist, ein gewisser genetischer Zusammenhang besteht, der vielleicht andeutet, daß jedes Isotop in irgendeiner Weise vom anderen abstammt⁴. Dies berechtigt uns vielleicht zu der Hoffnung, daß man aus den sich im Weltall abspielenden Vorgängen, die zur gegenwärtigen Isotopenverteilung im Weltall führten, einen Einblick in die Genesis der zu einer ungeheuren kosmischen Anhäufung befähigten Isotopen (bzw. Nuclide) gewinnen könnte.

Eine derartige Konzeption setzt jedoch eine weitere gründlichere und vertieftere theoretische Behandlung des Problems voraus.

Anschrift des Verfassers: Prof. *G. G. Kandilarov*, Sofia 4 (Bulgarien), Iwan Assen II-Straße 45.