

Radiogene, spallogene und primordiale Edelgase in Steinmeteoriten III

H. HINTENBERGER, H. KÖNIG, L. SCHULTZ und H. WÄNKE

Max-Planck-Institut für Chemie (Otto-Hahn-Institut), Mainz

(Z. Naturforsch. **20 a**, 983—989 [1965]; eingegangen am 9. Juni 1965)

The total content as well as the isotopic composition of helium and neon of 36 stone meteorites have been determined. Except for meteorites with primordial rare gas content, the radiogenic component of ^4He has been calculated by subtracting the fourfold amount of ^3He from the total ^4He in order to allow for the spallation fraction of ^4He . From the content of radiogenic ^4He the U-Th-He-ages of the investigated meteorites have been calculated.

From the content of ^3He and ^{21}Ne cosmic ray exposure ages were calculated for all meteorites also.

With the new data of the 36 stone meteorites, presented in this paper, the total number of stone meteorites, of which rare gas measurements were carried out so far, amounts to 70 bronzite-chondrites and 93 hypersthene-chondrites. The earlier indications for marked differences in the distribution of the U-Th-He-ages as well as for the cosmic ray exposure ages between the bronzite-chondrites and the hypersthene-chondrites proved to be undoubtedly correct.

During our investigations, we found Elm Creek as one additional bronzite-chondrite with high amounts of primordial rare gases. In two other bronzite-chondrites (Cavour and Dommitt) primordial rare gases were also detected, but in rather small amounts.

Seit der Niederschrift unserer letzten Arbeit über Edelgasmessungen an Steinmeteoriten konnten wir Proben von weiteren 36 Meteoriten erhalten, die wir auf ihren Gehalt an leichten Edelgasen untersucht haben. In dieser Arbeit und in Zukunft sollen die beiden vorausgehenden Arbeiten von HINTENBERGER, KÖNIG und WÄNKE¹ bzw. HINTENBERGER, KÖNIG, SCHULTZ und WÄNKE² mit I und II bezeichnet werden.

Falldaten bzw. Funddaten und Herkunft der Proben können aus Tab. 1 entnommen werden. Unser Analysenverfahren haben wir bereits mehrmals beschrieben, so daß es unnötig ist, hier darauf einzugehen.

Alle Neonmeßdaten wurden für den Apparaturblindwert korrigiert (im Mittel ca. $2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3$). Beim Helium lag der Blindwert immer unter 1% und blieb daher unberücksichtigt. Eine Ausnahme bildet die Messung am Meteoriten Piercerville. Hier wurde von einer Korrektur des Blindwertes abgesehen, da dieser vergleichbar mit dem Meßwert war. Alle Angaben über diesen Meteoriten sind daher unsicher.

Die Ergebnisse der Edelgasanalysen sind in Tab. 2 aufgeführt. Wie schon aus unseren früheren Arbeiten zu entnehmen ist, enthalten die Proben von „Funden“ fast immer merkliche Anteile an Luftneon. Hierbei ist zu beachten, daß wir die Proben stets als ganze Stücke analysieren. Durch Pulverisieren der Proben wäre es zwar möglich, diese etwas besser zu entgasen, jedoch haben wir davon abgesehen, um bei den uredelgashaltigen Meteoriten Uredelgasverluste zu vermeiden.

Wiederum fand sich unter den Bronzit-Chondriten ein Meteorit mit großem Gehalt an leichten Uredelgasen, nämlich Elm Creek. Es handelt sich dabei, wie schon mehrfach ausgeführt^{5—7}, um eine unter den Bronzit-Chondriten ziemlich häufige Erscheinung. Auf Spallationsanteile korrigiert, finden sich für Elm Creek folgende Verhältnisse der Uredelgase: $^4\text{He}/^{20}\text{Ne} = 366$ und $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne} = 11,4$.

Von folgenden der untersuchten Meteorite lagen bereits Meßdaten von ZÄHRINGER⁸ bzw. von KIRSTEN, KRANKOWSKY und ZÄHRINGER⁹ vor: Beenhak, Ness County, Potter, Roy, Hugoton, Pultusk, Rose City und Wellman sowie

¹ H. HINTENBERGER, H. KÖNIG u. H. WÄNKE, Z. Naturforsch. **17 a**, 1092 [1962].

² H. HINTENBERGER, H. KÖNIG, L. SCHULTZ u. H. WÄNKE, Z. Naturforsch. **19 a**, 327 [1964].

³ G. T. PRIOR u. M. H. HEY, Catalogue of Meteorites, printed by order of the trustees of the British Museum, London 1953.

⁴ B. MASON, Geochim. Cosmochim. Acta **27**, 1011 [1963].

⁶ H. HINTENBERGER, E. VILCEK u. H. WÄNKE, Z. Naturforsch. **20 a**, 939 [1965].

⁷ H. WÄNKE, Z. Naturforsch. **20 a**, 946 [1965].

⁸ J. ZÄHRINGER, 11th Meteorite Conference of the Academy of Sciences, Moscow 1964.

⁹ T. KIRSTEN, D. KRANKOWSKY u. J. ZÄHRINGER, Geochim. Cosmochim. Acta **27**, 13 [1963].

⁵ H. E. SUÈSS, H. WÄNKE u. F. WLOTZKA, Geochim. Cosmochim. Acta **28**, 595 [1964].



Nr.	Name, Fundort	Falldatum	Gesamtgewicht in kg	U-C-Gr.	Herkunft der Probe	Kartei-Nr.
1	Achilles, Kansas, USA	Fund 1924	16	H	Prof. W. HERR	108/1
2	Akron Nr. 3, Colorado, USA	Fund 1963	4	L	Amer. Met. Lab. H 2.2	98/1
3	Alamogordo, New Mexico, USA	Fund 1938	13,6	H	Amer. Met. Lab. 77.124	74/1
4	Bath, South Dakota, USA	29. 8. 1892	21,2	H	Peabody Museum P 225 Prof. K. K. TUREKIAN	107/1
5	Beenham, New Mexico, USA	Fund 1937	44,4	L	Amer. Met. Lab. 414.229	5/1
6	Bowesmont, North Dakota, USA	Fund 1963	2,3	L	Amer. Met. Lab. H 6.3	99/1
7	Brownfield, Texas, USA	Fund 1937	325	H	Amer. Met. Lab. H 15.5	113
8	Bushnell, Nebraska, USA	Fund 1939	1,24	H	Amer. Met. Lab. 446.4	11/1
9	Cacilandia, Gojas, Brasilien	Fund	—	L	Museu Nacion., Rio de Janeiro, W. da SILVA CURVELLO	111/1
10	Calliham, Texas, USA	erkannt 1958	40,4	L	Amer. Met. Lab. 670.2	13/1
11	Carcote, Chile	erkannt 1888	0,287	H	Prof. G. KNETSCH, Würzburg	Pa 26/1
12	Castalia, North Carolina, USA	14. 5. 1874	7,3	H	Peabody Museum P 75 Prof. K. K. TUREKIAN	106
13	Cavour, South Dakota, USA	Fund vor 1943	—	H	US Nat. Museum, Washington Nr. 1411, Dr. HENDERSON	84/1
14	Chamberlin, Texas, USA	Fund 1941	2,4	H	Amer. Met. Lab. 414.9	16/1
15	Clovis, New Mexico, USA	Fund 1961	283	H	Amer. Met. Lab. H 8.2	114
16	Cotesfield, Nebraska, USA	Fund 1928	1,16	L	Deyrolle, Paris	19/1
17	Covert, Kansas, USA	Fund vor 1896	37	H	Amer. Met. Lab. 22.57	20/1
18	Densmore, Kansas, USA	Fund 1879	37	L	Prof. W. HERR	109/1
19	Dimmit, Texas, USA	Fund vor 1947	~13,5	H	US Nat. Museum, Washington Dr. HENDERSON	22/2
20	Elm Creek, Kansas, USA	Fund 1906	7	H	Deyrolle, Paris	25/1
21	Finney, Texas, USA	Fund 1962	10,4	L	Amer. Met. Lab. 707.2	96/1
22	Grant County, Kansas, USA	Fund 1936	2,3	L	Amer. Met. Lab. H 346.16	117
23	Harrisonville, Missouri, USA	Fund 1933	12,9	L	Amer. Met. Lab. 176	29/1
24	Hugoton, Kansas, USA	Fund 1927	335	H	Amer. Met. Lab. 280.331	32/1
25	Ibitira, Minas Gerais, Brasilien	30. 6. 1957	—	Achond.	Museu Nacion., Rio de Janeiro, W. da SILVA CURVELLO	110/1
26	Kelly, Colorado, USA	Fund 1937	44,3	L	Amer. Met. Lab. 398.23	37/1
27	Keyes, Oklahoma, USA	Fund 1939	142	L	Amer. Met. Lab. 407.8	77/1
28	Marion, Kansas, USA	Fund 1955	2,9	L	Amer. Met. Lab. 661.6	101/1
29	Monze, Nord-Rhodesien	5. 10. 1950	2,07	L	British Museum, London	Pa 64/1
30	Ness County, Kansas, USA	Fund 1894	17		Deyrolle, Paris	48/1
31	Pierceville, Kansas, USA	Fund 1939	2,125	L	Amer. Met. Lab. 675.17	78/1
32	Potter, Nebraska, USA	Fund 1941	261	L	Amer. Met. Lab. 476.215	55/1
33	Rose City, Michigan, USA	17. 10. 1921	~12	H	US Nat. Museum, Washington, Dr. HENDERSON	112/1
34	Roy, New Mexico, USA	Fund 1939	~50	L	Amer. Met. Lab. 234.44	59/1
35	Salla, Finnland	Fund 1960	2,9	L	Dr. WINK, Helsinki	105/1
36	Wellman, Texas, USA	Fund 1963	50,1	H	Amer. Met. Lab. H 12.4	115

Tab. 1. Fall- bzw. Funddaten und Klassifizierung der in dieser Arbeit untersuchten Meteorite. Die Mehrzahl der Angaben ist dem Katalog von PRIOR und HEY³ sowie der Arbeit von MASON⁴ entnommen. Für einige Meteorite hat Herr Dr. F. WLOTZKA den Gehalt von Fe_2SiO_4 im Olivin bestimmt. Akron Nr. 3 24 Mol-Proz., Bowesmont 23 Mol-Proz., Finney 23 Mol-Proz. und Salla 23 Mol-Proz. Alle vier Meteorite gehören daher zur Gruppe L.

von Bath, Cavour und Dimmit. Während die Übereinstimmung der Ergebnisse im allgemeinen befriedigend ist — siehe Tab. 2 —, weichen unsere Meßwerte für die letzten drei der aufgeführten Meteorite stark von den Ergebnissen der oben genannten Autoren ab. Besonders groß sind die Unterschiede für den Meteoriten Bath. Wir haben außer der in Tab. 2 erwähnten Probe von Bath noch eine weitere von anderer Herkunft analysiert und ganz ähnliche Ergebnisse erhalten. Eine Probenverwechslung

unsererseits erscheint also ausgeschlossen. Wir vermuten, daß die von KIRSTEN, KRANKOWSKY und ZÄHRINGER⁹ gemessene Probe in Wahrheit nicht vom Meteoriten Bath stammt.

Im Falle von Cavour und Dimmit liegen unsere 3He - und ^{21}Ne -Werte ähnlich den Werten von ZÄHRINGER⁸, jedoch finden wir einen doppelt so hohen bzw. viermal höheren 4He -Gehalt. Der Meteorit Cavour zeigt eindeutig eine Hell-Dunkel-Struktur. Diese Hell-Dunkel-Struktur ist allerdings

Meteorit	Fall- (Fund-) jahr	^3He	^4He	^{20}Ne	^{21}Ne	^{22}Ne	^4He $\frac{^3\text{He}}{^4\text{He}}$	^3He $\frac{^3\text{He}}{^{21}\text{Ne}}$	Lit.
<i>Bronzit-Chondrite</i>									
Achilles	Fund 1924	37,0	1204	11,87	8,01	9,06	32,63	4,62	
Alamogordo	Fund 1938	5,16	421	2,98	1,84	2,16	81,9	2,80	
Bath	Fund 1892	10,2	1258	2,39	1,93	2,11	123,4	5,28	
Bath		1,5	115	0,8	0,45	0,7	—	—	9
Brownfield	Fund 1937	36,0	1590	10,60	8,62	9,03	44,3	4,18	
Bushnell	Fund 1939	9,72	1075	4,51	3,13	3,46	110,8	3,11	
Carcote	erkannt 1888	49,6	1257	11,01	11,39	11,66	25,5	4,35	
Castalia	Fall 1874	29,1	1284	6,12	6,19	6,61	44,5	4,70	
Cavour	Fund vor 1943	3,28	753	2,14	0,82	1,00	230	4,00	
Cavour		4,2	443	0,76	0,71	0,87	—	5,9	8
Chamberlin	Fund 1941	9,64	1207	2,24	2,02	2,22	125,6	4,77	
Clovis	Fund 1961	4,81	51,2	2,97	2,27	2,40	10,86	2,12	
Covert	Fund vor 1896	24,3	1126	8,72	7,44	7,64	46,6	3,27	
Dimmit	Fund vor 1947	2,89	1185	14,68	1,53	2,55	411	1,89	
Dimmit		3,6	303	1,8	1,18	1,40	—	4,0	8
Elm Creek	Fund 1906	114,9	176885	503	22,3	63,3	1540	5,15	
Hugoton	Fund 1927	9,13	1201	3,66	1,87	2,59	131,7	4,88	
Hugoton		7,7	1120	1,97	1,90	1,90	—	4,1	8
Hugoton		—	—	2,22	2,38	2,52	—	—	10a
Rose City	Fall 1921	48,3	330	9,69	9,42	9,91	7,08	5,13	
Rose City		55	328	11,7	12,5	13,4	—	—	9
Wellman	Fund 1963	8,47	895	2,41	2,06	2,15	105,9	4,11	
<i>Hypersthen-Chondrite</i>									
Akron Nr. 3	Fund 1963	29,1	431	7,18	6,93	7,09	14,90	4,19	
Beenham	Fund 1937	4,35	563	1,07	0,79	0,83	129,7	5,89	
Beenham		3,6	448	0,87	0,71	0,79	—	5,1	8
Cacilandia	Fund	32,1	330	7,08	7,04	7,15	10,6	4,56	
Calliham	erkannt 1958	44,8	329	8,89	8,12	8,44	7,39	5,52	
Cotesfield	Fund 1928	31,6	438	6,86	4,81	5,53	14,02	6,57	
Bowesmont	Fund 1963	9,52	1051	3,39	2,62	2,73	110,6	3,63	
Densmore	Fund 1879	10,2	155	2,10	1,96	2,02	15,5	5,20	
Finney	Fund 1962	35,8	819	7,84	4,93	5,81	22,9	7,26	
Grant County	Fund 1936	65,3	1193	8,82	8,80	9,45	18,31	7,42	
Harrisonville	Fund 1933	7,21	287	3,52	3,05	3,12	39,9	2,36	
Keyes	Fund 1939	42,3	860	7,58	7,08	7,44	20,35	5,97	
Marion (Kansas)	Fund 1955	66,6	1483	12,56	12,19	12,85	22,3	5,46	
Monze	Fall 1950	6,14	95	2,47	1,44	1,56	16,6	4,26	
Ness County	Fund 1894	3,37	164	2,19	2,03	2,15	49,2	1,66	
Ness County		3,7	170	1,7	1,56	1,73	—	2,4	8
Pierceville	Fund 1939	0,03	35	0,58	0,30	0,33	1225	0,1	
Potter	Fund 1941	20,0	224	4,60	2,99	3,35	11,4	6,69	
Potter		14,4	180	3,45	3,75	4,15	—	—	9
Roy	Fund 1939	58,2	1661	10,91	9,52	10,17	28,55	6,11	
Roy		46	1480	6,6	7,5	7,51	—	6,5	8
Salla	Fund 1960	14,4	334	2,30	2,31	2,47	23,3	6,23	
<i>Amphoterit</i>									
Kelly	Fund 1937	20,4	1416	7,63	3,82	4,50	69,5	5,34	
Kelly		24	1490	3,92	4,07	4,45	—	5,9	8
<i>Achondrit</i>									
Ibitira	Fall 1957	18,1	3476	2,58	2,40	2,77	192	7,54	

Tab. 2. Edelgaskonzentrationen der in dieser Arbeit untersuchten Meteorite in $10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ NTP/g}$. Alle Neonwerte sind gemäß Apparaturblindwert korrigiert (ausgenommen Pierceville).

nur schwer zu erkennen. Der dunkle Anteil ist außerdem nur in sehr engen Zonen vorhanden, nämlich als Füllmaterial zwischen aneinander anschließen-

den hellen Agglomeraten. Auch Dimmit zeigt eine Andeutung von Hell-Dunkel-Struktur. Da beide Meteorite auch einen beträchtlichen ^{20}Ne -Überschuss

^{10a} H. STAUFFER, Geochim. Cosmochim. Acta **24**, 70 [1961].

zeigen, sind wir der Ansicht, daß es sich bei unseren Proben tatsächlich um solche mit uredelgashaltigen Anteilen handelt.

Im Gegensatz zu allen Uredelgasmengen, wie wir sie in Bronzit-Chondriten, deren Fall beobachtet wurde, gemessen haben, ist der Uredelgasgehalt in Cavour und Dimmit allerdings sehr gering. HINTENBERGER, VILCEK und WÄNKE⁶ sowie kürzlich auch EBERHARDT, GEISS und GRÖGLER^{10b} konn-

ten jedoch zeigen, daß die Uredelgase stets in den äußersten Oberflächenschichten der einzelnen Kri-
stalle sitzen. Durch Verwitterung der Minerale wer-
den daher starke Edelgasverluste leicht erklärt.

Von speziellem Interesse ist die Messung am neu-
entdeckten Meteoriten Ibitira. Wir erhielten diese
Probe von Dr. CURVELLO. Das Stück fiel durch sein
wenig meteoritenähnliches Aussehen auf. Edelgas-
messungen lieferten jedoch den eindeutigen Beweis

Meteorit	${}^4\text{He}_{\text{rad}}$ in $10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$	U-Th-He- Alter in 10^9 a	${}^3\text{He}$ ${}^{21}\text{Ne}$	${}^3\text{He}$ in $10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$	${}^3\text{He}$ -Alter in 10^6 a	${}^{21}\text{Ne}$ in $10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$	${}^{21}\text{Ne}$ -Alter in 10^6 a
<i>Bronzit-Chondrite</i>							
Achilles	1056	3,28	4,62	37,0	18,5	8,01	24,7
Alamogordo	400	1,50	2,80	5,16	2,58	1,84	5,68
Bath	1217	3,60	5,28	10,2	5,10	1,93	5,96
Brownfield	1446	4,02	4,18	36,0	18,0	8,62	26,6
Bushnell	1036	3,24	3,11	9,72	4,86	3,13	9,66
Carcote	1059	3,29	4,36	49,6	24,8	11,39	35,2
Castalia	1168	3,51	4,70	29,1	14,6	6,19	19,1
Cavour	—	—	4,00	3,28	1,64	0,82	2,53
Chamberlin	1135	3,44	4,77	9,64	4,82	2,02	6,23
Clovis	32	0,13	2,12	4,81	2,09	2,27	7,01
Covert	1029	3,23	3,27	24,3	12,2	7,44	23,0
Dimmit	—	—	1,89	2,89	1,45	1,53	4,72
Elm Creek	—	—	5,15	—	57,5	20,9	64,5
Hugoton	1164	3,50	4,88	9,13	4,57	1,87	5,77
Pultusk	1532	4,18	1,92	9,40	4,70	4,89	15,1
Rose City	137	0,54	5,13	48,3	24,2	9,42	29,1
Wellman	861	2,87	4,11	8,47	4,24	2,06	6,36
<i>Achondrit</i>							
Ibitira	3404	2,27	7,54	18,1	9,05	2,40	7,41
<i>Hypersthen-Chondrite</i>							
Akron	314	1,10	4,19	29,1	14,6	6,93	21,4
Beenham	545	1,97	5,89	4,35	2,18	0,79	2,44
Bowesmont	1036	3,24	3,63	9,52	4,76	2,62	8,09
Cacilandia	202	0,88	4,56	32,1	16,1	7,04	21,7
Cotesfield	312	1,20	6,57	31,6	15,8	4,81	14,8
Calliham	150	0,60	5,52	44,8	22,4	8,12	25,1
Densmore	114	0,44	5,20	10,2	5,10	1,96	6,05
Finney	676	2,37	7,26	35,8	17,9	4,93	15,2
Grant County	932	3,02	7,42	65,3	32,7	8,80	27,2
Harrisonville	258	1,00	2,36	7,21	3,65	3,05	9,41
Keyes	691	2,41	5,97	42,3	21,2	7,08	21,9
Marion	1217	3,60	5,46	66,6	33,3	12,19	37,6
Monze	70	0,3	4,26	6,14	3,07	1,44	4,44
Ness County	150	0,60	1,66	3,37	1,69	2,03	6,27
Pierceville	35	0,15	0,10	0,03	0,02	0,30	0,93
Potter	144	0,57	6,69	20,0	10,0	2,99	9,23
Roy	1428	3,99	6,11	58,2	29,1	9,52	29,4
Salla	276	1,07	6,23	14,4	7,2	2,31	7,13
<i>Amphoterit</i>							
Kelly	1334	3,73	5,34	20,4	10,2	3,82	11,8

Tab. 3. Radiogene Heliumgehalte und die daraus berechneten U-Th-He-Alter sowie die aus den ${}^3\text{He}$ - und ${}^{21}\text{Ne}$ -Gehalten berechneten Bestrahlungsalter.

^{10b} P. EBERHARDT, J. GEISS u. N. GRÖGLER, Vorabdruck 1965; erscheint in J. Geophys. Res.

hinsichtlich des meteoritischen Ursprungs. Einer semi-quantitativen RÖNTGEN-Fluoreszenzanalyse nach handelt es sich um einen Eukriten.

In Tab. 3 haben wir aus dem Gehalt von ${}^4\text{He}_{\text{rad}}$ das U-Th-He-Alter für die untersuchten Meteorite ausgerechnet. Hierbei haben wir wie schon früher einen U-Gehalt von $1,1 \cdot 10^{-8} \text{ g/g}$ (für den Eukriten Ibitira $5,86 \cdot 10^{-8} \text{ g/g}$) und eine dreieinhalfmal höhere Th-Konzentration zugrunde gelegt¹¹. Bei der Berechnung von ${}^4\text{He}_{\text{rad}}$ gingen wir wieder von der Annahme aus, daß durch Spallation viermal soviel ${}^4\text{He}$ gebildet wird als ${}^3\text{He}$. Die ebenfalls in Tab. 3 aufgeführten Bestrahlungsalter wurden mit einer ${}^3\text{He}$ -Produktionsrate von $2,00 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$ in 10^6 Jahren sowie mit einer ${}^{21}\text{Ne}$ -Produktionsrate von $0,324 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$ in 10^6 Jahren berechnet (siehe HINTENBERGER, KÖNIG und WÄNKE¹).

In Abb. 1 haben wir alle bisher an Bronzit- und Hypersthene-Chondriten gemessenen U-Th-He-Alter

aufgetragen. Wie schon in II bewiesen und von ZÄHRINGER⁸ kürzlich durch weitere Meßdaten bestätigt, bleibt auch mit unseren neuen Messungen der gefundene deutliche Unterschied in der Verteilung der Alterswerte zwischen Hypersthene- und Bronzit-Chondriten bestehen. In II hatten wir gefunden, daß von den 36 von uns damals gemessenen Hypersthene-Chondriten 72% ein radiogenes He-Alter von unter 2,5 Milliarden Jahren besitzen. Heute liegen Bestimmungen des U-Th-He-Alters an insgesamt 92 Hypersthene-Chondriten in der Literatur vor. Davon besitzen 68% ein radiogenes He-Alter unter 2,5 Milliarden Jahren. Die Verteilung der Alterswerte blieb praktisch gleich.

Bei den Bronzit-Chondriten waren in II von 18 Meteoriten nur 5 bzw. 28% mit einem radiogenen He-Alter unter 2,5 Milliarden Jahren gefunden worden. Jetzt sind es 11 von 64 bzw. 17%. Die starke Diskrepanz zwischen Hypersthene- und Bronzit-Chondriten blieb nicht nur bestehen, sie tritt sogar noch stärker hervor.

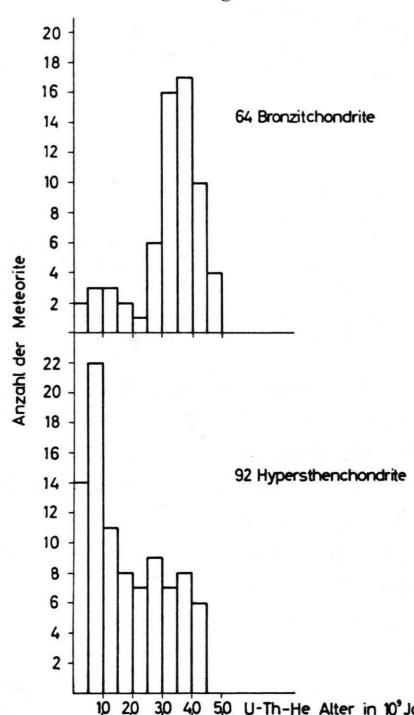


Abb. 1. Histogramm der U-Th-He-Alter aller bisher untersuchten Chondrite. Die Daten für 33 Bronzit-Chondrite und 53 Hypersthene-Chondrite entstammen eigenen Arbeiten. Die Angaben über die übrigen Meteorite wurden im wesentlichen aus den Arbeiten von KIRSTEN, KRANKOWSKY und ZÄHRINGER⁹ sowie ZÄHRINGER⁸ entnommen.

	U-Th-He-Alter 10^9 a	${}^3\text{He}$ ${}^{21}\text{Ne}$	Diffusionsverlust im Pyroxen	
			${}^4\text{He}_{\text{rad}}$	${}^3\text{He}$
Alamogordo	1,50 ²	2,80 ²	—	—
Beddgelert	0,40 ¹	4,48 ¹	92% ¹³	41% ¹³
Breitscheid	1,53	3,82	74% ¹²	78% ¹²
Clovis	0,13	2,21	—	—
Cullison	1,11 ²	1,42 ²	89% ¹³	76% ¹³
Darmstadt	0,7 ⁸	2,3 ⁸	—	—
Rose City	0,54	5,13	31% ¹³	0% ¹³
Seres	0,53 ¹	0,67 ¹	—	—
Texline	1,33 ²	4,58 ²	80% ¹³	67% ¹³
Weldon a	1,4 ⁸	3,0 ⁸	—	—

Tab. 4. Bronzit-Chondrite mit einem radiogenen Heliumalter von unter 2 Milliarden Jahren.

Alle Bronzit-Chondrite mit einem radiogenen He-Alter von unter 2 Milliarden Jahren sind in Tab. 4 zusammengestellt. Aus den niedrigen ${}^3\text{He}/{}^{21}\text{Ne}$ -Verhältnissen erkennt man sofort, daß die Meteorite Alamogordo, Clovis, Cullison, Darmstadt, Seres und Weldon a große Verluste an ${}^3\text{He}$ erlitten haben. Sicherlich ist gleichzeitig mit dem ${}^3\text{He}$ auch radiogenes ${}^4\text{He}$ verlorengegangen. Dieser Diffusionsverlust muß daher während oder nach der Einwirkung der Höhenstrahlung stattgefunden haben. Wie wir in anderen Arbeiten aus dem

¹¹ H. KÖNIG u. H. WÄNKE, Z. Naturforschg. **14 a**, 866 [1959].

¹² H. HINTENBERGER, E. VILCSEK u. H. WÄNKE, Z. Naturforschg. **19 a**, 219 [1964].

¹³ H. HINTENBERGER, L. SCHULTZ u. H. WÄNKE, in Vorbereitung; erscheint in Z. Naturforschg [1965].

Unterschied des ^3He - und ^4He -Gehaltes im Olivin und Pyroxen zeigen^{12, 13}, hat auch der Meteorit Texline aus dem Pyroxen (Häufigkeit ca. 50%) 67% des ^3He - und 80% des radiogenen ^4He verloren. Analog ergaben sich für Texline, Cullison und Breitscheid hohe, und zwar für ^3He und $^4\text{He}_{\text{rad}}$ etwa gleichhohe Diffusionsverluste; hingegen ist z. B. bei Texline aus dem $^3\text{He}/^{21}\text{Ne}$ -Verhältnis allein ein solcher Verlust nicht zu erkennen, da das ursprüngliche $^3\text{He}/^{21}\text{Ne}$ -Verhältnis in diesem Meteoriten offenkundig besonders hoch lag. Bei allen diesen Meteoriten erfolgte der Verlust von $^4\text{He}_{\text{rad}}$ während oder nach der Bildung von ^3He .

Der Meteorit Beddgelert zeigt zwar einen Verlust von ^3He , doch ist die Abnahme von $^4\text{He}_{\text{rad}}$ noch viel höher. Bei der überwiegenden Mehrheit der in Tab. 4 angeführten Meteorite fand daher der Verlust an $^4\text{He}_{\text{rad}}$ erst während der Einwirkung der Höhenstrahlung, eventuell durch eine große Annäherung an die Sonne, statt. Die niedrigen U-Th-He-Alterswerte sind in diesen Fällen also nicht durch Diffusionsverluste im Mutterkörper bedingt. Ein gleichzeitiger oder zumindest teilweise gleichzeitiger Verlust von ^3He und $^4\text{He}_{\text{rad}}$ kann mit Sicherheit nur für den Meteoriten Rose City ausgeschlossen werden; da für diesen Meteoriten der Verlust von $^4\text{He}_{\text{rad}}$ relativ klein ist, kann hier auch das U-Th-He-Alter nicht allzu sehr durch nachträgliche Diffusionsverluste verfälscht sein.

Für die Hypersthen-Chondrite, bei denen die jungen U-Th-He-Alter überwiegen, wurde dagegen noch kein Fall bekannt, bei dem größere Verluste von ^3He exakt bewiesen worden sind. Selbst im Meteoriten Parナallee mit dem auffallend niedrigen $^3\text{He}/^{21}\text{Ne}$ -Verhältnis von 2,73 fanden keine Diffusionsverluste von ^3He statt, wie wir an anderer Stelle bereits beweisen konnten (HINTENBERGER, SCHULTZ und WÄNKE¹³). Allerdings deutet das noch tiefere $^3\text{He}/^{21}\text{Ne}$ -Verhältnis von 1,66 für den Meteoriten Ness County möglicherweise auf einen ^3He -Verlust hin. Dieser Meteorit soll noch näher untersucht werden. Die wesentlichen Verluste von $^4\text{He}_{\text{rad}}$ (z. B. Parナallee, Pyroxen 65% Verlust) fanden daher in den meisten Fällen sicherlich vor dem Einwirken der Höhenstrahlung statt.

Auch die Verteilung der Bestrahlungsalter wurde getrennt für die Bronzit- und Hypersthen-Chondrite in zwei Histogrammen dargestellt (Abb. 2). Die

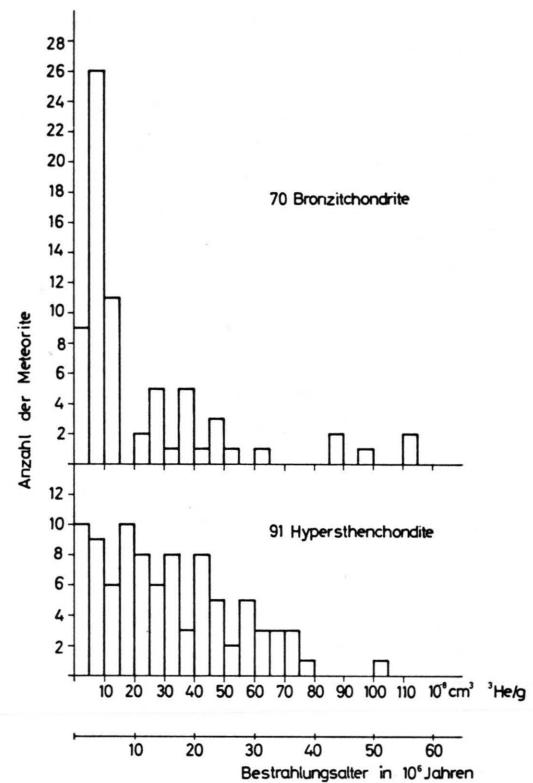


Abb. 2. Histogramm der Bestrahlungsalter aller bisher untersuchten Chondrite. Die Daten für 33 Bronzit- und 51 Hypersthen-Chondrite entstammen eigenen Arbeiten. Die Angaben über die übrigen Meteorite wurden im wesentlichen aus den Arbeiten von KIRSTEN, KRANKOWSKY und ZÄHRINGER⁹ sowie ZÄHRINGER⁸ entnommen.

Bronzit-Chondrite zeigen bei ca. 5 Millionen Jahren ein eindeutiges, sehr starkes Maximum. Diese Gruppierung, die sicherlich auf ein einziges Ereignis oder aber auf mehrere zeitlich eng aufeinanderfolgende Ereignisse hinweist, wurde schon von mehreren Autoren^{14, 15} erkannt. Diese Gruppierung bei ca. 5 Millionen Jahren ist auch der entscheidende Grund für den starken Unterschied der Bestrahlungsalter zwischen den Bronzit- und Hypersthen-Chondriten. Auch für die Hypersthen-Chondrite wurden Gruppierungen schon vorhergesagt^{14, 15}, sie sind auch wohl zu erwarten. Möglicherweise hat man es hier jedoch mit einer Aufeinanderfolge etwa gleichhoher Maxima zu tun, die das Bild ziemlich stark verwischen und es schwierig machen, tatsächliche Gruppierungen von statistischen Schwankungen zu unterscheiden.

¹⁴ J. GEISS, H. OESCHGER u. P. SIGNER, Z. Naturforschg. 15 a, 1016 [1960]

¹⁵ E. ANDERS, Space Sci. Rev. 3, 583 [1964].

Für ihre Mithilfe bei der Ausführung der experimentellen Arbeiten danken wir Fräulein H. HARASIN, Fräulein M. MONERJAN und Herrn B. SPETTEL. Die Arbeit wurde unterstützt durch die leihweise Überlassung von Geräten der Deutschen Forschungsgemeinschaft und durch das Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung, denen wir zu Dank verpflichtet sind.

Für die bereitwillige Überlassung von Meteoritproben danken wir herzlich den Herren Dr. W. S. CURVELLO,

Rio de Janeiro (Cacilândia, Ibitira), Dr. E. P. HENDERSON, Washington (Cavour, Diammit, Rose City), Prof. Dr. W. HERR, Köln (Achilles, Densmore), Prof. Dr. K. K. TUREKIAN, New Haven (Bath, Castalia) und Dr. H. B. WIIK, Helsinki (Salla). Die Meteorite Carcote und Monze entstammen der Sammlung F. A. PANETH. Der Großteil der übrigen Proben wurde vom American Meteorite Laboratory erworben.

Unelastische Streuung niederenergetischer Elektronen an Methan, Propan und n-Heptan

H. EHRHARDT, F. LINDER und G. MEISTER

Physikalisches Institut der Universität Freiburg

(Z. Naturforsch. **20 a**, 989—997 [1965]; eingegangen am 24. Mai 1965)

The inelastic scattering of 70 eV electrons (0.3 eV half width) by methane, propane, and n-heptane has been measured in the angular range of 0 to 145°. From these data the relative total cross sections versus energy loss of the electrons for propane and n-heptane are calculated. The energy distributions of the scattered electrons and the electrons ejected during the ionization processes are largely separated. In the case of n-heptane the ratio of the total number of processes leading to neutral excited states and the total number of processes leading to ionized states is determined. About 25% of the neutral excitations have energies below the first ionization potential, 75% above. Electronic levels of the ionized species are observed; some of them have been predicted by MO calculations. The amount of vibrational energy transferred to one electronic state is discussed, and the rapid change of the form of the energy transfer function with temperature (from 50 to 850 °C) is experimentally demonstrated.

Die Übertragung von Anregungsenergie auf vielatomige Moleküle beim Stoß langsamer Elektronen wurde bisher wenig untersucht, obwohl sie in der Radiochemie von außerordentlichem Interesse ist. Beim Durchgang hochenergetischer Strahlung (α , β , γ) durch Materie entstehen vorwiegend Elektronen bis ca. 100 eV, die ihrerseits Ionisations- und Dissoziationsprozesse bewirken. Solche primären Zerfallsprozesse lassen sich verhältnismäßig einfach bei niedrigen Drucken ($< 10^{-5}$ Torr) im Massenspektrometer untersuchen. Eine theoretische Beschreibung vermittels unimolekularer Zerfallsreaktionen, zugeschnitten auf die Entstehung der Massenspektren vielatomiger Moleküle, wurde von ROSENSTOCK und Mitarbeitern¹ angegeben.

Streuexperimente an einigen gesättigten Kohlenwasserstoffmolekülen mit Elektronen zwischen wenigen eV und einigen 100 eV wurden früher im Win-

kelbereich von 20 bis 140° (s. Anm. ²) und bei 0° (s. Anm. ³) ausgeführt. Die Messung der Streuung in große Winkel (oberhalb 20°) erfaßt nur einen Bruchteil (ca. 20%) aller unelastisch gestreuten Elektronen, während die Messung der Vorwärtsstreuung bei hoher Primärenergie praktisch nur die optisch erlaubten Übergänge anzeigt. Aus diesem Grund konnten LASSETTRE und FRANCIS³ ihre Messungen in Vorwärtsrichtung mit UV-Absorptionsspektren vergleichen und fanden im Fall des Methans⁴⁻⁶ Übereinstimmung. Wegen der verschiedenen Winkelbereiche zeigen die beiden oben angeführten Streuexperimente verschiedene Ergebnisse und geben nur grobe Hinweise auf die Form der Energieübertragungsfunktion, d. h. der Wahrscheinlichkeit der Übertragung eines gewissen Betrags der vorgegebenen Energie der stoßenden Elektronen.

¹ H. M. ROSENSTOCK, M. B. WALLENSTEIN, A. L. WAHRHAFTIG u. H. EYRING, Proc. Nat. Acad. Sci. (USA) **38**, 667 [1952]. — V. VESTAL, A. L. WAHRHAFTIG u. W. H. JOHNSTON, J. Chem. Phys. **37**, 1276 [1962].

² H. EHRHARDT u. U. ERBSE, Z. Phys. **172**, 210 [1963].

³ E. N. LASSETTRE u. S. A. FRANCIS, J. Chem. Phys. **40**, 1208 [1964].

⁴ A. B. F. DUNCAN u. J. P. HOWE, J. Chem. Phys. **2**, 851 [1934].

⁵ G. MOE u. A. B. F. DUNCAN, J. Amer. Chem. Soc. **74**, 3140 [1952].

⁶ P. H. METZGER u. G. R. COOK, J. Chem. Phys. **41**, 642 [1964].