

Die chemische Zusammensetzung von Gläsern und Chondrenmatrices im Chondriten von Tieschitz¹⁾

Von Gero Kurat

Naturhistorisches Museum Wien
A 1014 Wien (Österreich)²⁾

Mit 9 Abbildungen

Zusammenfassung

Elektronenstrahl-Mikrosonden-Analysen der Phasen von glasführenden und matrixführenden Chondren aus dem Meteoriten von Tieschitz ergaben, daß diese Chondren — ähnlich wie jene aus dem Meteoriten von Mezö-Madaras — einen komplexen Einfluß von Verdampfungs- und Kondensationsprozessen zeigen. Dies wird durch die oberflächenorientierte Abhängigkeit der Zusammensetzung eines Glases und einer Chondrenmatrix wahrscheinlich gemacht.

Die Chemismen der Gläser und Matrices sind extrem verschieden und liegen weit außerhalb des für die sogenannten „equilibrierten“ Chondrite zu erwartenden Bereiches. Dies schließt eine Ableitung der „equilibrierten“ Chondrite von „unequilibrirten“ mittels einer thermalen Metamorphose aus. Die „unequilibrirten“ Chondrite sind viel wahrscheinlicher eine Randfazies der normalen „equilibrierten“ Chondrite.

Abstract

Electron microprobe analyses of phases in glass bearing and some matrix bearing chondrules from the Tieschitz meteorite indicate that the bulk composition of the chondrules is probably strongly affected by vaporization and condensation processes. These processes are suggested because of the unusual composition of the glass and some matrices, and, furthermore, because of the regular dependence of the chemical composition of glass and matrix with distance from the surface of the chondrule. This effect is similar to the one previously observed in the Mezö-Madaras chondrite.

Chemical compositions of phases and chondrule matrices differ greatly from each other and are also far outside the range one would expect for the

¹⁾ Herr Prof. Dr. F. Heide zum 80. Geburtstag gewidmet.

²⁾ Zur Zeit am Institute of Meteoritics, Department of Geology, University of New Mexico, Albuquerque, N. M. 87106 (USA).

2006 9 17

"equilibrated" chondrules. A derivation of "equilibrated" chondrules and chondrites from "unequilibrated" ones by thermal metamorphism therefore seems to be impossible. It is believed that the "unequilibrated" chondrites represent some sort of a border-facies of the ordinary chondrites. The "unequilibrated" chondrules thereby seem to have suffered large chemical changes by volatilization and condensation.

Einleitung

Detaillierte Untersuchungen an einzelnen Chondren verschiedener Chondrite haben schon sehr viel zum besseren Verständnis der Genese der Chondrite beigetragen. Allerdings wurden derartige Untersuchungen bisher erst an wenigen Chondriten durchgeführt (vgl. z. B. Fredriksson 1963; Merrihue 1963; Keil et al. 1964; Fredriksson und Reid 1965; Schmitt et al. 1965; Kurat 1967a, b; Reid und Fredriksson 1967, 1968; Walter 1969; Dodd und Walter 1970). Mehr Daten werden benötigt, um die Vorstellungen über die Chondren- und Chondritengenese zu verfeinern.

Als Untersuchungsobjekt bot sich unter anderem der oft zitierte und in vieler Hinsicht interessante Chondrit von Tieschitz an. Er ist ein „unequilibrirter“ Chondrit der H-Gruppe (Wiik 1966) mit ausgeprägter chondritischer Textur (Makowsky und Tschermak 1878). Er führt viele Chondren und Chondrenbruchstücke, Gesteinsbruchstücke, Mikrobreccien und Bruch-

Tabelle 1

Elektronenstrahl-Mikrosondenanalysen verschiedener Phasen in glasführenden Chondren aus dem Meteoriten von Tieschitz

Tieschitz IV				Tieschitz VI				Tieschitz XII				Tieschitz XV				Tieschitz XVI				Tieschitz XVII				
Olivin	Glas	Olivin	Glas	Olivin	Glas	Spinell	Glas	Olivin	Glas	Spinell	Glas	Olivin	Glas	Spinell	Glas	Olivin	Glas	Pyroxen	Glas	Pyroxen	Glas			
von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	3	5	3	4	6	7	2	4	6	1,2	3,4	5	7				
SiO ₂	n. b.	n. b.	54,0	53,2	52,9	52,9	50,4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	2,3	50,2	51,0	51,4	53,2	51,0	53,8	51,9	54,8	57,7	54,6	53,1	52,7
TiO ₂	n. b.	n. b.	0,75	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	1,0	1,0	0,70	0,63	0,61	0,44	0,52	0,46	0,31	0,28	0,56	0,56	0,55
Al ₂ O ₃	n. b.	n. b.	19,8	20,2	21,4	24,8	25,2	n. b.	n. b.	0,2	0,3	0,4	20,2	18,0	15,8	15,2	17,7	12,9	13,4	12,5	1,8	16,3	16,0	16,0
Cr ₂ O ₃	n. b.	n. b.	n. b.	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,05	<0,05	0,7	0,7	, b.	n. b.	0,73	0,35	0,52	0,28	0,85	0,87	1,6	0,65	0,32	0,23	0,24
FeO*)	1,4	9,7	2,1	1,9	1,6	2,4	3,1	<0,05	<0,05	0,7	0,7	2,4	1,5	6,8	5,7	3,4	3,8	6,0	6,3	5,0	1,3	4,3	5,9	4,3
MnO	n. b.	n. b.	<0,05	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	1,7	12,7	2,4	10,0	0,4	0,16	0,1	0,1	0,1	0,1	0,10	0,10	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05
MgO	54,0	49,4	5,3	5,9	5,1	4,8	6,2	<0,05	<0,05	<0,05	6,0	5,6	8,7	10,6	10,7	7,8	8,1	7,3	9,3	6,3	36,5	5,5	4,3	6,8
CaO	0,24	0,14	6,6	8,8	6,4	3,4	1,7	53,2	46,8	26,6	n. b.	5,2	15,3	4,2	6,8	8,6	10,4	10,2	9,8	12,8	1,2	8,9	10,5	11,0
Na ₂ O	n. b.	n. b.	11,5	10,3	11,1	13,1	12,5	0,28	0,21	<0,05	<0,05	3,0	3,4	9,3	8,9	8,6	9,9	7,2	8,4	7,1	0,11	9,4	7,2	7,2
K ₂ O	n. b.	n. b.	0,33	0,58	0,47	0,48	0,79	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,4	0,10	0,18	0,25	0,35	0,27	0,20	0,05	0,24	<0,05	0,24	0,77	0,66
Summe	—	—	100,4	101,2	99,3	101,2	99,9	—	—	100,7	—	9,8	100,6	101,6	100,6	98,7	102,0	99,1	100,2	100,7	99,6	100,2	98,6	99,5
Fe/	0,014	0,099	0,182	0,153	0,450	0,219	0,249	0,018	0,132	0,048	—	,212	0,088	0,265	0,230	0,197	0,209	0,316	0,278	0,308	0,0196	0,305	0,435	0,262

*) Gesamt — Fe als FeO

stücke kohligen Materials, welche mittels einer feinkörnigen, kohligen Matrix (Kurat 1970a) miteinander verbunden sind. Gegenstand dieser Untersuchung sind nur einige Chondren, und zwar Chondren des selteneren Typs, wie glasführende Chondren. Diese fallen natürlich aus dem Rahmen der „gewöhnlichen“ („kristallinen“) Chondren und repräsentieren nicht den gesamten Chondriten. Ihre Abweichung vom „normalen“ macht sie jedoch interessanter, und eine Untersuchung läßt auch mehr zum Verständnis aller Chondren erwarten, da jede genetische Vorstellung auch die Extremfälle berücksichtigen muß. Zum Vergleich wurden auch zwei matrixführende Chondren untersucht.

Zur Analyse der Gemengteile wurde eine Elektronenstrahl-Mikrosonde vom Typ ARL verwendet. Die Messungen und Korrekturen wurden, wie schon früher angegeben (Kurat 1967b), durchgeführt. Nur die Matrix-Analysen konnten wegen des polyminalischen Charakters nicht korrigiert werden. Sie sind daher, trotz sorgfältiger Auswahl der Standards, mit einem etwas größeren Fehler behaftet.

Ergebnisse

A. Glasführende Chondren (Tabellen 1 und 2)

1. Tieschitz IV (Tie IV) (Abb. 1) ist eine guterhaltene, etwas ovale Chondre (max. Durchmesser 0,74 mm) mit langen Balkenoliven, welche fast alle fächerartig von einer Seite der Chondre ausgehen und diese durchziehen. Sie

2006 9 17

Tabelle 2
CIPW-Norm von Gläsern und Matrices in glasführenden Chondren aus dem Meteoriten von Tieschitz

	Tie IV Glas	Tie VI Glas			Tie XII Glas			Tie XV Glas			Tie XVI Glas			Tie XVII Glas			
	2	6	7	9	10	3	5	3	4	6	7	2	4	6	3,4	5	7
chr	—	0,3	0,3	0,3	0,3	—	—	0,8	0,3	0,6	0,3	0,9	0,3	1,7	0,4	0,3	0,3
il	4,0	—	—	—	—	1,2	1,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
or	2,0	3,0	2,5	2,5	4,0	2,0	0,6	1,0	1,5	2,0	1,5	1,0	0,5	4,5	4,4	4,5	3,5
ab	32,0	23,0	30,5	29,0	28,0	29,0	16,5	31,0	25,0	30,5	13,5	33,5	23,5	30,0	33,5	29,5	24,5
an	1,3	6,5	6,8	6,8	7,5	—	39,6	6,3	2,3	0,5	2,8	2,5	—	1,5	1,5	8,8	9,3
ne	37,8	37,2	37,2	45,9	44,4	42,6	6,6	27,3	29,4	27,3	40,5	17,4	27,3	18,6	27,7	20,4	22,5
dio	22,8	26,8	18,0	6,4	—	48,8	26,6	10,0	23,2	32,0	35,2	37,2	36,8	46,8	32,2	33,6	34,4
ol	3,0	3,2	4,7	9,0	16,9	4,2	6,9	22,7	17,4	6,3	5,7	6,6	10,4	—	2,7	2,1	4,7
wo	—	—	—	—	—	—	1,9	—	—	—	—	—	—	1,4	—	—	—
ns	—	—	—	—	—	—	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c	—	—	—	—	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Gläser und Chondrenmatrices im Chondriten von Tieschitz

239

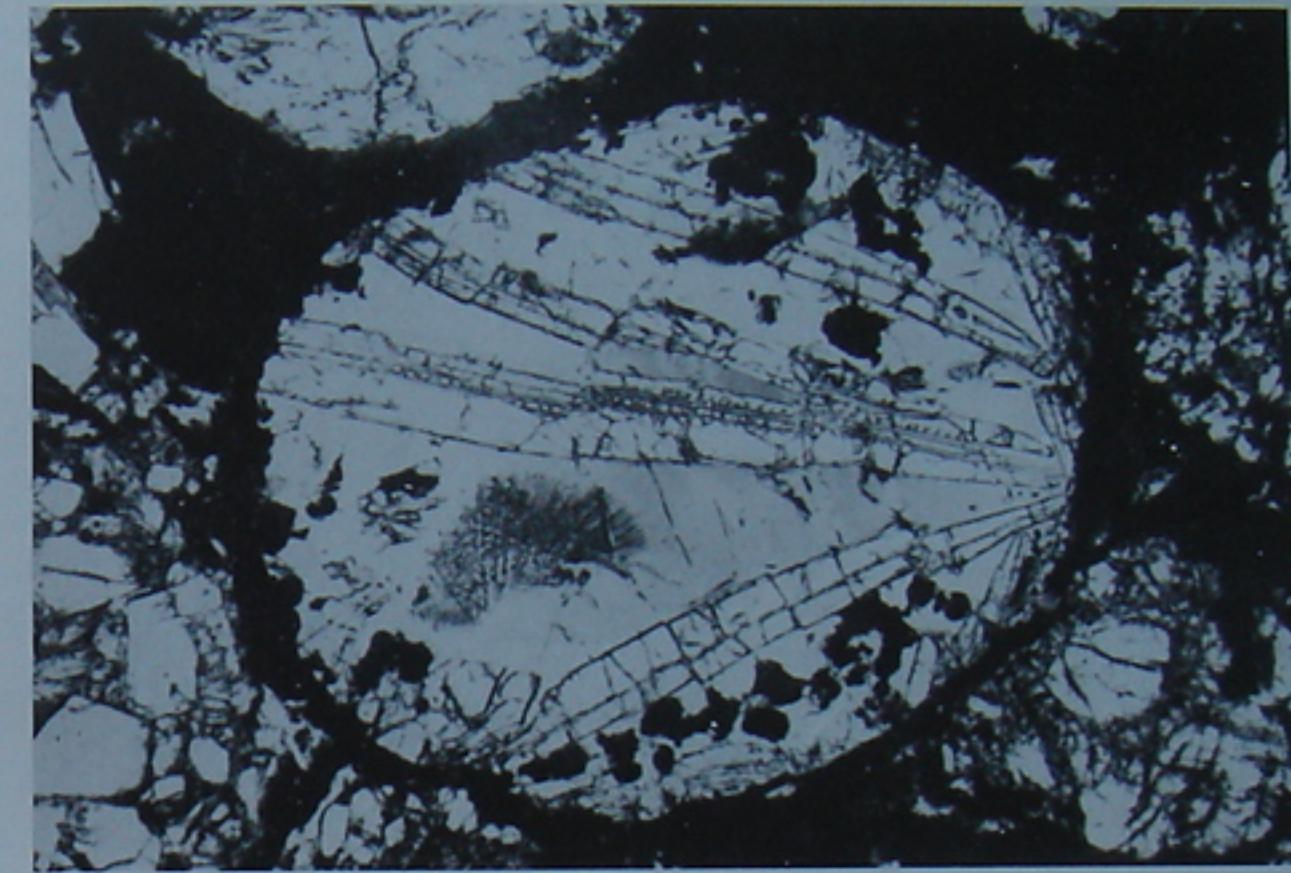


Abb. 1. Chondre Tie IV. Maximaler Durchmesser: 0,74 mm. Durchlicht. Langgestreckte, z. T. zerbrochene, einschlüssehaltige Olivine, ein büschelartiges Klinopyroxenaggregat und Sulfide (schwarz) liegen in einem rötlichen Glas, welches im Zentrum der Chondre eine leichte Trübung zeigt

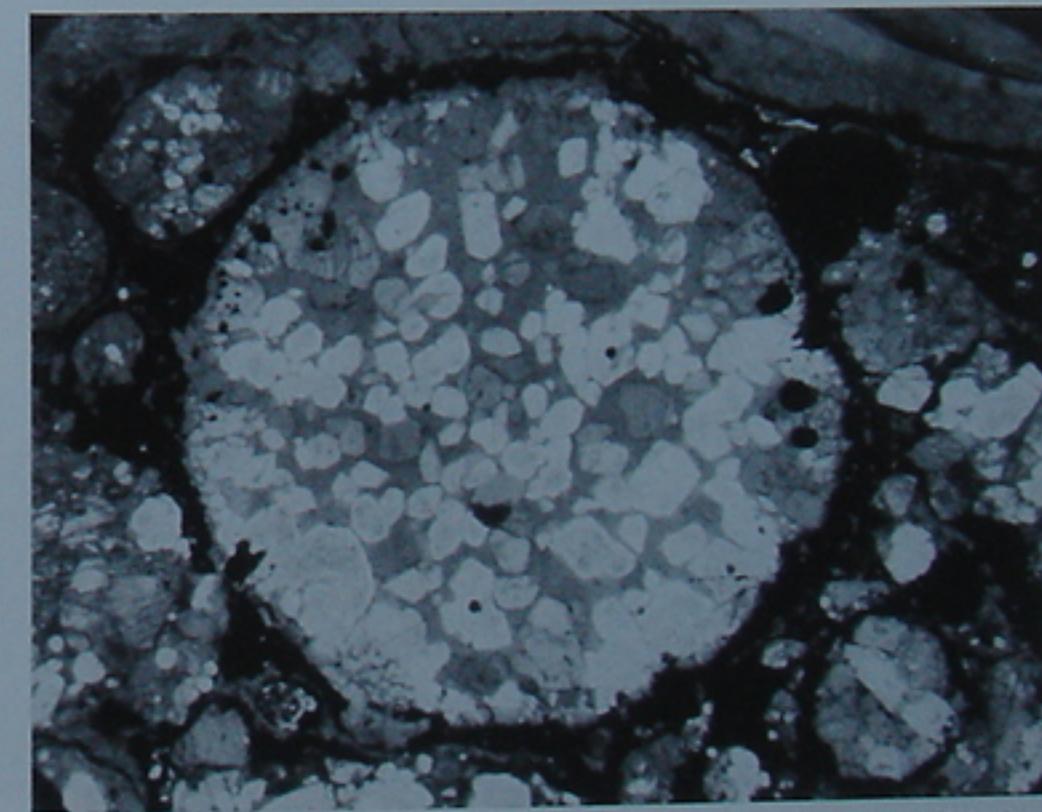


Abb. 2. Chondre Tie VI. Durchmesser: 1,55 mm. Durchlicht, teilweise X Nicols. Idiomorphe bis hypidiomorphe Olivine in rosa Glas. Die Kristall-Dicke an der Oberfläche ist wesentlich größer als im Chondrentypus.

2006 9 17

sind einschlüssereich und stark zonar. Unregelmäßig verteilt sind diffuse Nester von Troilit und Nickeleisen. Das Glas ist bläulichrot, stellenweise etwas trüb und führt an einer Stelle ein büschelartiges Aggregat von Klinopyroxen. Die chemische Zusammensetzung dieses Glases schwankt kräftig. Die angegebene Analyse wurde an zwei klaren Stellen erhalten. Das Glas ist sehr Na-reich und dementsprechend reich an normativem Nephelin.

2. Tie VI (Abb. 2) ist eine große Chondre (max. Durchmesser 1,55 mm), bestehend nur aus hypidiomorphen bis idiomorphen Olivinen und rosa Glas. Nickeleisentröpfchen sind häufig nahe der Oberfläche, in geringerer Häufigkeit auch im Chondreninneren. Ähnliches gilt auch für den Olivin, welcher deutlich häufiger an der Oberfläche als im Innern ist. Das Glas ist kräftig inhomogen und ändert seine Zusammensetzung mit dem Abstand zur Oberfläche — ähnlich einigen Chondren aus dem Meteoriten von Mezö-Madaras (Kurat 1967 b). Die kräftigsten Schwankungen zeigen der SiO_2 -, Al_2O_3 -, CaO - und Na_2O -Gehalt (Abb. 3). Die oberflächennäheren Partien sind wesentlich SiO_2 - und CaO -reicher sowie Al_2O_3 - und Na_2O -ärmer als das Glas im Chondreninneren.

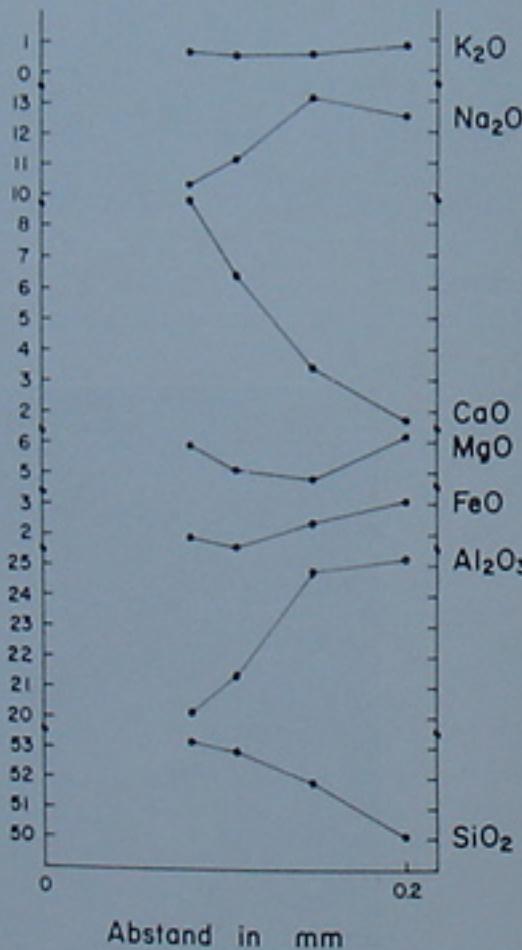


Abb. 3.
Variation der Glaszusammensetzung in
der Chondre Tie VI mit dem Abstand
vom Chondrenrand

3. Tie XII (Abb. 4) ist eine kleine (0,68 mm) Chondre mit oberflächlichen und zentralen Balkenoliven, welche sehr einschlüssereich und stark zonar sind. Nahe dem Zentrum findet sich auch ein hypidiomorphes, zonarer Klinopyroxen. Das Glas ist rot, mit einem bläulichen Stich, stellenweise etwas trüb und führt büschelartige Troilite. Es ist sehr Na-reich und stark ne-normativ. Ein Teil der Chondre wird von einem Ca-Al-reichen Matrix-Material gebildet, welches einen großen, korrodierten und tropförmig zonar gebauten Spinell führt. Eine



Abb. 4. Chondre Tie XII. Maximaler Durchmesser: 0,68 mm. Durchlicht. Rötliches Glas mit langgestreckten, einschlüssereichen Olivinen, Balkenoliven und Sulfid-Nestern. Rechts unten ein großer korrodiertes Spinell in hellgrauer anorthitreicher Matrix

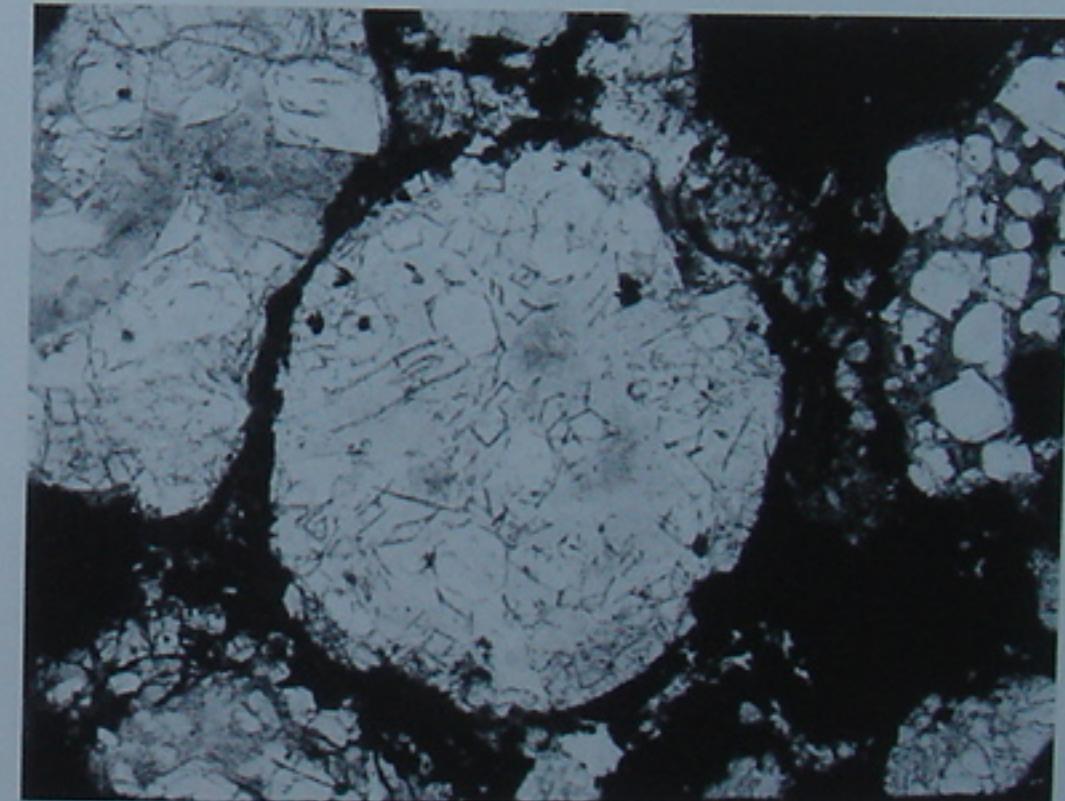


Abb. 5. Chondre Tie XV. Maximaler Durchmesser: 0,57 mm. Rechts unten ist ein Teil der Chondre Tie XVI zu sehen. Bemerkenswert ist die z. T. kräftige Trübung beider Gläser

Reaktionszone zwischen der an-reichen Matrix und dem ne-reichen Glas ist nicht zu sehen.

4. Tie XV (Abb. 5) führt viele hypidiomorphe bis idiomorphe Olivine, hypidiomorphe Einfachklinopyroxene und wenige kleine idiomorphe bis skelettartige Klinopyroxene in einem leicht rötlichen, teilweise etwas trüben Glas. Die Chondre ist etwas deformiert, von vielen Sprüngen durchzogen und hat einen maximalen Durchmesser von 0,57 mm.

5. Tie XVI (Abb. 5) führt idiomorphe bis xenomorphe Olivine und Einfachklinopyroxene, welche z. T. miteinander verwachsen sind, sowie wenig leicht rötliches Glas. Dieses ist unregelmäßig verteilt, inhomogen und stellenweise trüb (Klinopyroxen-Kristallite). Diskret verteilt in allen Phasen finden sich Troilit- und Nickeleisentröpfchen. Die Chondre ist leicht deformiert und hat einen maximalen Durchmesser von 0,87 mm.

Tabelle 3
Elektronenstrahl-Mikrosonden-Analysen verschiedener Phasen und Matrices von Chondren
aus dem Meteoriten von Tieschitz

	Tieschitz III						
	Matrix						
	1	2	3	4	6	9	11
SiO ₂	48,7	47,5	47,9	49,5	50,6	48,4	49,2
TiO ₂	0,90	0,85	0,90	0,71	0,86	0,91	1,0
Al ₂ O ₃	18,5	17,1	17,1	16,9	18,9	19,9	21,0
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—
FeO	2,3	2,5	2,9	2,0	1,3	1,3	1,4
MnO	0,09	0,11	0,10	0,15	0,10	0,10	0,5
MgO	11,5	13,3	12,7	11,5	10,4	10,1	8,5
CaO	17,1	16,5	16,6	16,7	16,8	16,8	16,4
Na ₂ O	1,5	1,2	1,3	1,6	2,0	1,8	2,0
K ₂ O	0,06	<0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,08
	100,6	99,1	99,6	99,1	101,0	99,4	99,6
Fe/Fe + Mg	0,101	0,0954	0,114	0,0888	0,0656	0,117	0,08
Na/K	50,8	—	33,8	53,2	59,7	46,0	36,2
CIPW-Norm							
il	1,2	1,2	1,2	1,0	1,2	1,2	1,4
ehr	—	—	—	—	—	—	—
or	0,5	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ab	9,0	9,0	11,0	13,5	15,0	11,0	15,5
an	42,0	40,5	39,8	37,8	40,5	44,8	47,0
ne	2,4	0,9	—	0,6	1,5	3,0	1,5
dio	32,0	31,6	32,4	36,6	31,6	29,2	26,0
ol	12,9	17,8	13,1	12,2	9,6	10,2	8,1

6. Tie XVII ist eine etwas deformierte Chondre (max. Durchmesser ca. 0,60 mm) mit hypidiomorphen Olivinen und etwas Nickeleisen an der Oberfläche, Balkenoliven und zwei großen hypidiomorphen Einfachklinopyroxenen im schwach rötlichen, stellenweise etwas trüben Glas.

B. Matrixführende Chondren (Tabelle 3)

1. Tie III (Abb. 6) führt große hypidiomorphe und kleine extrem skelettartige Olivine in einer feinfaserigen, leicht bräunlichen Matrix. Nahe der Chondrenoberfläche finden sich wenig Nickeleisen- und Troilittröpfchen. Die größeren Olivine sind kräftig zonar gebaut. Die Skelett-Olivine lassen keinen Zonarbau erkennen. Ihre Zusammensetzung entspricht der äußersten Zone der großen Olivine. Die Matrix ist inhomogen, zeigt jedoch keine systematischen Änderungen. Sie ist sehr reich an Ca und führt daher viel normativen an und Hio. Maximaler Durchmesser der Chondre ist 0.65 mm.

		Tieschitz XXI Matrix				
	bis	1	3	4	5	6
	—	51,4	51,8	51,8	50,4	50,2
	—	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	—	21,2	21,7	22,4	24,0	25,4
	—	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
34	7,2	1,3	1,2	1,5	2,3	2,6
	—	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
56	49,6	6,6	6,9	6,9	7,2	6,5
56	0,39	13,8	14,3	14,0	12,6	12,7
	—	3,9	3,8	3,5	3,5	3,3
	—	0,07	0,08	0,06	0,05	0,04
	—	98,6	100,1	100,5	100,4	101,0
086	0,0753	0,0996	0,089	0,109	0,152	0,183
	—	89,9	68,1	94,2	88,5	133,0
	—	—	—	—	—	—
	—	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	—	0,5	0,5	0,5	0,5	—
	—	26,5	24,5	26,0	25,5	26,0
	—	39,3	40,5	43,5	47,8	52,5
	—	4,8	5,1	2,7	3,0	1,5
	—	22,0	22,4	18,8	9,6	6,4
	—	6,5	6,6	8,3	13,2	13,2



Abb. 6. Chondre Tie III. Maximaler Durchmesser: 0,65 mm. Auflicht. Olivine in Ca-Al-reicher Matrix

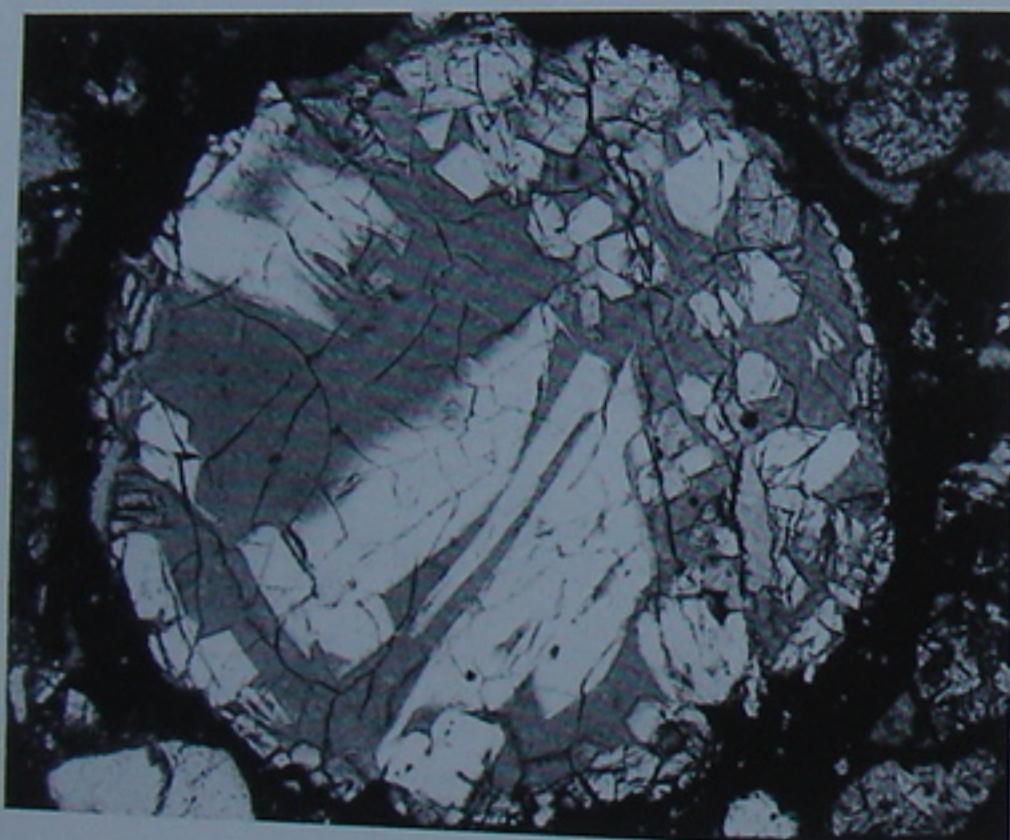


Abb. 7. Chondre Tie XXI. Maximaler Durchmesser: 0,71 mm. Durchlicht. Olivin und wenig Pyroxen in sehr feinkörniger, brauner Matrix

2. Tie XXI (Abb. 7) führt große hypidiomorphe und kleine idiomorphe Olivine. Diese liegen in einer braunen, glasartigen, jedoch schwach doppelbrechenden Matrix. Die Matrix ist sehr Al- und Ca-reich und führt daher viel normativen Feldspat (ca. 65—77 %). Die Zusammensetzung ändert sich systematisch mit dem Abstand zur Chondrenoberfläche — ähnlich wie im Glas der Chondre Tie VI (s. oben). Dabei nimmt zum Chondreninneren der SiO₂-, CaO- und Na₂O-Gehalt ab, wogegen der Al₂O₃- und FeO-Gehalt steigt (Abb. 8). Der maximale Durchmesser der Chondre ist 0,71 mm.

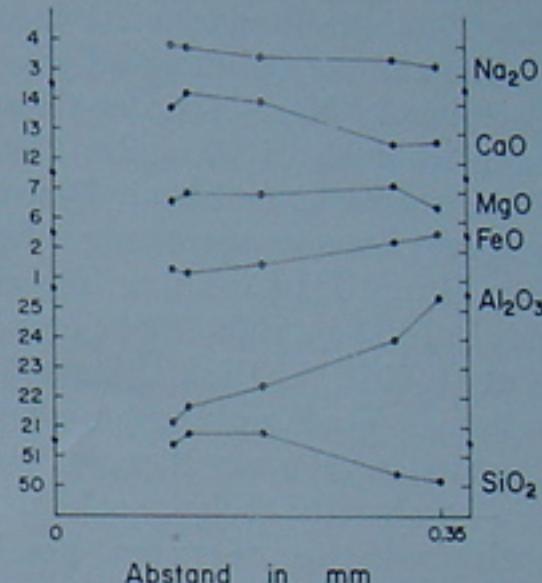


Abb. 8.
Variation der Matrixzusammensetzung
in der Chondre Tie XXI mit dem
Abstand von der Chondrenoberfläche

Diskussion

Die Gläser in Chondren aus dem Meteoriten von Tieschitz haben chemische Zusammensetzungen, welche wohl in den schon von anderen Chondriten bekannten Zusammensetzungsbereich fallen, sich von diesen jedoch auch etwas unterscheiden (Fredriksson und Reid 1965; Reid und Fredriksson 1967; Kurat 1967 b; Wilkening 1969). Vor allem der CaO-Gehalt ist überdurchschnittlich hoch und der SiO₂-Gehalt sehr niedrig, wodurch alle gemessenen Gläser ne-normativ sind. Auch im TiO₂- und Cr₂O₃-Gehalt unterscheiden sie sich vor allem von den Gläsern aus dem Chondriten von Mezö-Madaras (Kurat 1967 b). Diese Unterschiede deuten ein etwas verschiedenes Bildungsmilieu und eine daraus resultierende, etwas andere Genese der Chondren im Meteoriten von Tieschitz gegenüber jenen anderer Chondrite an. Zur Erklärung dieser Unterschiede genügt nicht nur die Annahme einer höheren Erstarrungstemperatur, welche nach der Fe-Verteilung zwischen Olivin und Glas ungefähr jener von Häkli und Wright (1967) an Basalten von Hawaii gemessenen entspricht ($\geq 1160^{\circ}\text{C}$), sondern auch die Annahme spezifischer Bedingungen bei der Chondrenbildung, d. h. bei der Bildung der Schmelztröpfchen. Der relativ hohe CaO-Gehalt aller Gläser in Tieschitz deutet darauf hin, daß Fraktionierungsprozesse zwischen den frischgebildeten Schmelztröpfchen (vor allem via Verdampfung und Kondensation) einen deutlich geringeren Wirkungsgrad hatten als bei der Bildung von Chondren einiger anderer Meteorite (z. B. Mezö-Madaras). Daß Prozesse dieser Art wirksam waren, zeigen deutlich die systematischen Inhomogenitäten im Glas der Chondre Tie VI und in der Matrix der

2006 9 17

Chondre Tie XXI. Diese Inhomogenitäten sind ähnlich jenen in Chondren von Mezö-Madaras (Kurat 1967b), jedoch etwas komplizierter. Das etwas komplexe Verhalten dieses Materials reflektiert wahrscheinlich eine komplexere Genese. Da die Inhomogenitäten oberflächenorientiert sind und keinerlei Zusammenhang mit dem angrenzenden, sehr Fe-reichen Matrix-Material (Kurat 1970a) erkennbar ist, kann nur eine Zu- und/oder Abfuhr von Material über die Gasphase angenommen werden. Die etwas komplizierte Elementverteilung in den Tieschitz-Chondren hat daher ihre Ursache wahrscheinlich in einem mehrfachen und verschiedengradigen Wirksamwerden dieser Prozesse, wofür es auch Beispiele in Mezö-Madaras-Chondren gibt. Interessant in diesem Zusammenhang ist auch die Chondre Tie XII, welche aus zwei extrem verschiedenen Partien besteht (s. oben). Der an-reiche, den großen Spinell führende Teil ist in seiner Zusammensetzung sehr ähnlich den in den kohligen Chondriten vom Typ II und III häufig vertretenen Ca-Al-reichen Einschlüssen (Christophe-Michel-Lévy 1968, 1969; Fuchs 1969; Keil et al. 1969; Marvin et al. 1970; Kurat 1970b). Diese Einschlüsse sind sehr wahrscheinlich Produkte eines extremen Verdampfungsprozesses, was durch die kräftige Anreicherung von in Chondriten seltenen Elementen mit hoher Siedetemperatur — wie Ti, Y und Zr — wahrscheinlich gemacht wird (Kurat 1970b). Dieser Teil wurde von der noch plastischen oder sogar geschmolzenen Chondre kurz vor deren Erstarrung aufgenommen. Er entstammt daher wahrscheinlich demselben Ausgangsmate-

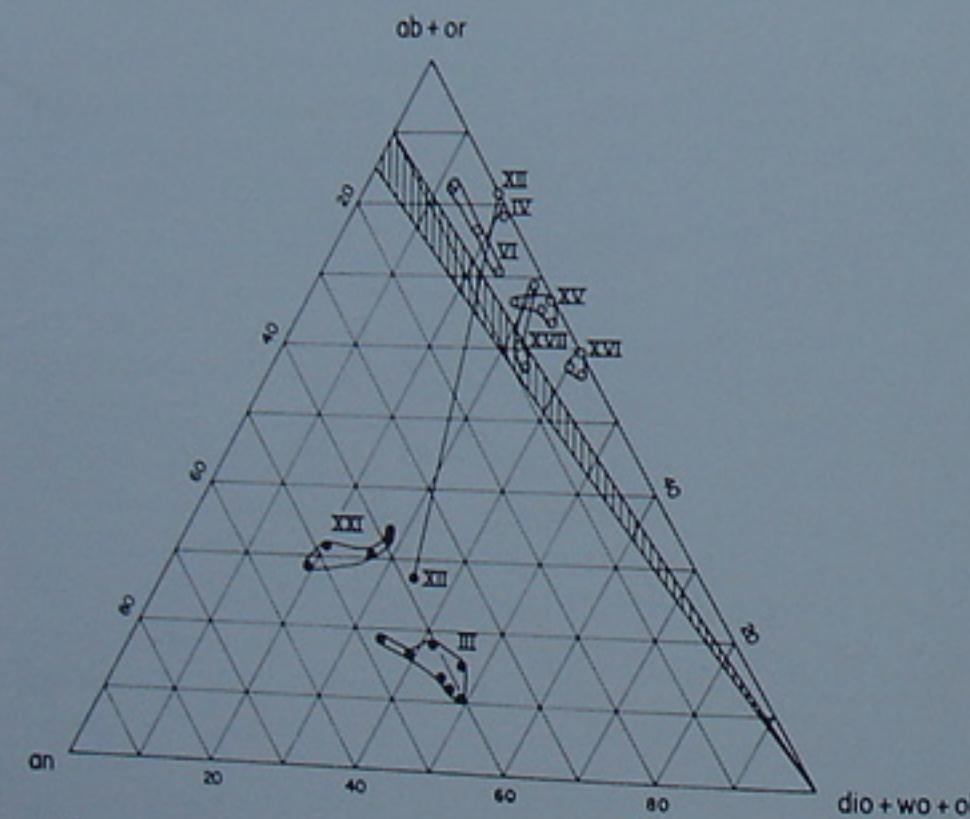


Abb. 9. Normatives ab + or - an - dio + ol + wo in Gläsern (○) und Chondrenmatrices (●) aus dem Chondriten von Tieschitz. Der normative ne wurde auf ab umgerechnet. Schraffierte Fläche ist jenes Feld, in dem alle Chondrenmatrices der sog. „equilibrierten“ Chondrite auf Grund des Anorthitgehaltes der Feldspäte in Chondriten (Van Schmus und Ribbe 1968) liegen müssen.

rial. Dabei konnte die Spinell-führende Partie ein unveränderter Teil des Ausgangsmaterials oder aber auch ein Produkt desselben Prozesses sein, welcher die Chondren produzierte. Letzteres wird auch durch die ausgefallene Zusammensetzung der Matrices (und daher auch der gesamten Chondren) von Tie III und Tie XXI unterstützt, welche sehr Al- und Ca-reich, also reich an schwerflüchtigen Elementen sind.

Der Zusammensetzungsbereich der Gläser und Matrices ist sehr groß (vgl. Abb. 9). Besonders die gemessenen Matrixzusammensetzungen, aber auch die Zusammensetzungen der Gläser liegen weit außerhalb jenes Feldes, welches von den Matrices der sogenannten „equilibrierten“ Chondrite belegt werden sollte. Dieses Feld ergibt sich aus verschiedenen proportionierten Mischungen von chondritischem Feldspat der Zusammensetzung An 10—15 (Van Schmus und Ribbe 1968) mit Diopsid und Olivin. Um diese Gläser und Matrices in Matrices „equilibrierter“ Chondren umzuwandeln, muß

1. SiO_2 in z. T. beträchtlichen Mengen zugeführt oder Na_2O abgeführt werden, da vor allem die Gläser kräftig ne-normativ sind und die Chondren selbst keine SiO_2 -Quelle haben;
2. den Gläsern genügend Al_2O_3 zugeführt oder ein Teil des Na_2O abgeführt werden, um einen Teil des normativen dio zu an umzuwandeln;
3. den Matrices, welche einen normativen Feldspat von An 55—An 80 enthalten, $\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2$ zu- oder $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ in großen Mengen abgeführt werden.

Eine Umwandlung dieser Art, wie es von Wood (1962, 1963), Dodd und Van Schmus (1965), Van Schmus und Wood (1967), Dodd et al. (1967), Dodd (1969) sowie Dodd und Walter (1970) angenommen wird, benötigt einen Materietransport großen Ausmaßes unter Beteiligung praktisch aller vorhandenen Elemente. Es ist klar, daß eine derartige umfassende chemische Metamorphose auch mit einer ähnlich radikalen strukturellen Umwandlung verbunden sein muß, welche die unter Subsolidus-Bedingungen instabilen delikaten magmatischen Strukturen der Chondren, ja selbst die gesamte chondritische Textur zerstören müßte. Da dies der überwiegende Teil der H-Gruppen-Chondrite nicht zeigt, ist eine metamorphe Ableitung der „equilibrierten“ Chondrite von „unequilibrierten“ des Typs Tieschitz nicht möglich. Die „unequilibrierten“ Chondrite müssen demnach als eine Art Randfazies der normalen Chondren- und Chondritengenese betrachtet werden, worauf schon mehrfach hingewiesen wurde (Kurat 1967b, 1969; Reid und Fredriksson 1967, 1968; Fredriksson 1969). Der unterschiedliche Chemismus der „unequilibrierten“ Chondren könnte seine Ursache in einem gegenüber den normalen Chondriten verstärkten Einfluß von Verdampfungs- und Kondensationsprozessen oder einfach in einem inhomogeneren Ausgangsmaterial haben. Die extremen chemischen Unterschiede zwischen „unequilibrierten“ Chondren, soweit sie uns heute bekannt sind, im Vergleich mit den möglichen Ausgangsmaterialien, welche sehr wahrscheinlich sehr ähnlich den kohligen Chondriten waren, läßt zur Zeit die

2006 9 17

Annahme eines inhomogenen Ausgangsmaterials unwahrscheinlich erscheinen. Als die wahrscheinlichste Ursache für die Bildung der „unequilibrirten“ Chondren müssen demnach Verdampfungs- und Kondensationsprozesse angesehen werden. Dafür sprechen die gefundene oberflächenorientierte Variabilität der chemischen Zusammensetzung von chondritischen Gläsern, die Zusammensetzung und Variabilität der kohligen Matrix (Kurat 1970a) und auch die in anderen Chondriten vorhandenen Ca-Al-reichen Einschlüsse.

Anerkennungen

Die hier präsentierten Daten konnte ich anlässlich eines Gastaufenthaltes am Smithsonian Institution in Washington erarbeiten. Für diese Möglichkeit danke ich Herrn Dr. K. Fredriksson. Herrn Prof. K. Keil danke ich für das kritische Lesen des Rohmanuskriptes.

Literatur

- Christophe-Michel-Lévy, M., Un chondre exceptionnel dans la météorite de Vigarano. *Bull. Soc. franc. Min. Crist.* **91** (1968), 212–214.
- Christophe-Michel-Lévy, M., Etude mineralogique de la chondrite C III de Lancé. In: Millman, P. (Ed.), Meteorite Research. Reidel, Dordrecht 1969, 492–499.
- Dodd, R. T., Metamorphism of the ordinary chondrites: a review. *Geochim. Cosmochim. Acta* **33** (1969), 161–203.
- Dodd, R. T., und Van Schmus, W. R., The unequilibrated ordinary chondrites: a survey. *J. Geophys. Res.* **70** (1965), 3801–3811.
- Dodd, R. T., und Walter, L. S., Chemical variations among chondrules from the Chainpur meteorite. Abstract, 33rd Annual Meeting Meteoritical Society Oct. 27–30 1970.
- Dodd, R. T., Van Schmus, W. R., und Koffman, D. M., A survey of the unequilibrated ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **31** (1967), 921–952.
- Fredriksson, K., Chondrules and the meteorite parent bodies. *Trans. N. Y. Acad. Sci. Ser. II* **25** (1963), 756–769.
- Fredriksson, K., The Sharps chondrite — new evidence on the origin of chondrules and chondrites. In: Millman, P. (Ed.), Meteorite Research. Reidel, Dordrecht 1969, 155–165.
- Fredriksson, K., und Reid, A. M., A chondrule in the Chainpur meteorite. *Science* **149** (1965), 856–860.
- Fuchs, L. H., Occurrence of cordierite and aluminous orthoenstatite in the Allende meteorite. *Amer. Min.* **54** (1969), 1645–1653.
- Häkli, T. A., und Wright, T. L., The fractionation of nickel between olivine and augite as a geothermometer. *Geochim. Cosmochim. Acta* **31** (1967), 877–884.
- Keil, K., Huss, I. G., und Wiik, H. B., The Leonville, Kansas, meteorite: A polymict breccia of carbonaceous chondrites and achondrite. In: Millman, P. (Ed.), Meteorite Research. Reidel, Dordrecht 1969, 217.
- Keil, K., Mason, B., Wiik, H. B., und Fredriksson, K., The Chainpur meteorite. *Am. Mus. Novitates Nr. 2473* (1964), 1–28.
- Kurat, G., Zur Entstehung der Chondren. *Geochim. Cosmochim. Acta* **31** (1967a), 491–502.
- Kurat, G., Einige Chondren aus dem Meteoriten von Mező-Madaras. *Geochim. Cosmochim. Acta* **31** (1967b), 1843–1857.
- Kurat, G., The formation of chondrules and chondrites and some observations on chondrules from the Tieschitz meteorite. In: Millman, P. (Ed.), Meteorite Research. Reidel, Dordrecht 1969, 185–190.
- Kurat, G., Zur Genese des kohligen Materials im Meteoriten von Tieschitz. *Earth Planet. Sci. Letts.* **7** (1970a), 317–324.
- Kurat, G., Zur Genese der Ca-Al-reichen Einschlüsse im Chondriten von Lancé. *Earth Planet. Sci. Letts.* **9** (1970b), 225–231.
- Makowsky, A., und Tschermak, G., Bericht über den Meteoritenfall bei Tieschitz. *Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl.* **XXXIX** (1878), 487.
- Marvin, U. B., Wood, J. A., und Dickey, J. S., Ca-Al-rich phases in the Allende meteorite. *Earth Planet. Sci. Letts.* **7** (1970), 346–350.
- Merrihue, C. M., Excess xenon-129 in chondrules from the Bruderheim meteorite. *J. Geophys. Res.* **68** (1963), 325–330.
- Reid, A. M., und Fredriksson, K., Chondrules and chondrites. P. H. Abelson (Ed.), *Res. Geochemistry Vol. II* (1967), 170–203.
- Reid, A. M., und Fredriksson, K., Metamorphism of chondrites. Preprint 1968.
- Schmitt, R. A., Smith, R. H., und Goles, G. G., Abundances of Na, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, and Cu in 218 individual meteoritic chondrules via activation analysis. *I. J. Geophys. Res.* **70** (1965), 2449–2444.
- Urey, H. C., und Craig, H., The composition of the stony meteorites and the origin of the meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **4** (1953), 36–82.
- Van Schmus, W. R., und Ribbe, P. H., The composition and structural state of feldspar from chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **32** (1968), 1327–1342.
- Van Schmus, W. R., und Wood, J. A., A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **31** (1967), 747–765.
- Walter, L. S., The major-element composition of individual chondrules of the Bjurböle meteorite. In: Millman, P. (Ed.), Meteorite Research. Reidel, Dordrecht 1969, 191–205.
- Wiik, H. B., Persönliche Mitteilung 1966.
- Wilkening, L., Persönliche Mitteilung 1969.
- Wood, J. A., Metamorphism in chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **26** (1962), 739–749.
- Wood, J. A., On the origin of chondrules and chondrites. *Icarus* **2** (1963), 152–180.

2006 9 17