

ZUR GENESE DES KOHLIGEN MATERIALS IM METEORITEN VON TIESCHITZ

Gero KURAT

Naturhistorisches Museum, Wien, Österreich

Received 30 June 1969

Revised version received 26 November 1969

A carbonaceous inclusion in a chondrule and a carbonaceous fragment from the Tieschitz meteorite are described. Electronmicroprobe analyses of that material and of the carbonaceous matrix are compared with analyses of carbonaceous chondrites. This comparison shows that the carbonaceous material from the Tieschitz meteorite probably is a residual material of the chondrule-forming process. Therefore it is depleted mostly in magnesium and iron if compared with the carbonaceous chondrites. There is also a high probability that the Tieschitz carbonaceous material had suffered some alterations after agglomeration which are thought to be caused by a hydrothermal or pneumatolytic activity on the Tieschitz parent body.

Aus dem Meteoriten von Tieschitz werden ein kohliger Einschluss in einer Chondre und ein kohliges Fragment beschrieben. Mikrosonden-Analysen dieses Materials und der kohligen Matrix werden mit den Kohligen Chondriten verglichen. Dabei zeigt es sich, dass wenig Ähnlichkeit zwischen diesen besteht. Aufgrund der Analysen wird wahrscheinlich gemacht, dass das kohlige Material im Meteoriten von Tieschitz ein Restmaterial der Chondrenbildung ist. Dementsprechend ist es gegenüber den Kohligen Chondriten vor allem an Magnesium und Eisen verarmt. Weiters ist wahrscheinlich, dass dieses Material nach der Agglomeration einige Veränderungen erfuhr, welche auf hydrothermale oder pneumatolytische Vorgänge zurückgeführt werden können.

1. Einleitung

Der Meteorit von Tieschitz, Mähren, fiel am 15. Juli 1878 [1]. Er ist ein Chondrit der H-Gruppe [2, 3]. Die Zusammensetzung der Minerale schwankt kräftig, weshalb er zu den sogenannten "unequilibrierten" Chondriten zu stellen ist [4]. Diese Gruppe von Chondriten wurde nicht zu Unrecht als Prüfstein für jede Theorie der Chondritengenese bezeichnet [5]. Vor allem der Meteorit von Tieschitz ist sehr reich an besonderen Erscheinungen, deren Entstehung uns wichtige Hinweise zur Genese der Chondrite geben kann. Eine derartige Besonderheit ist das Vorkommen von kohligen Material, und zwar in drei verschiedenen Formen:

- 1) als dunkle Matrix zwischen den Chondren,
 - 2) in Form von Knollen oder Fragmenten, und
 - 3) als Einschluss in einer Chondre.
- Da fast alle Theorien über die Herkunft und Entstehung der Chondren und Chondrite versuchen, diese aus der "Urmaterie" - einem Material ähnlich den Kohligen

Chondriten vom Typ I [6] - abzuleiten (vergl. z.B. [7-11]), kann eine Untersuchung dieses kohligen Materials auch allgemeine Hinweise zur Chondren- und Chondriten-Genese ergeben. Dies vor allem deshalb, da das mögliche Ausgangsmaterial oder ein Rest desselben zusammen mit den durch irgendeinen Prozess daraus gebildeten Produkten vorliegt.

2. Beschreibung

Die Chondre oder das Fragment Tie VIII (Abb. 1) hat einen maximalen Durchmesser von 0,72 mm und ist ein typischer Vertreter der häufigen, vielleicht als "kristalline Chondren" zu bezeichnenden Chondren. Hauptsächlich Olivine und einige Ca-arme Klinopyroxene sind in einer Grundmasse aus Na-reichem Glas und langstengeligen Ca-reichen Klinopyroxenen eingebettet. Olivin und Pyroxen sind Fe-arm (Tabelle 1) und kräftig zonar. Als Einschluss in der Grundmasse und in den Olivinen findet sich Troilit (<0,05% Ni),

Tabelle 1
Elektronenstrahl-Mikrosonden-Analysen. Die Analysen des kohligen Materials wurden bei 15 kV Beschleunigungsspannung und mit vergrößerem Strahldurchmesser (ca. 10 µ) durchgeführt. Als Standards dienten analysierte Minerale.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	NiO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	S	C**	Summe
TIE VIII: Olivin von	—	0,05	2,8	0,05	—	0,3	—	—	—	—	—
bis	—	0,05	8,9	0,05	—	0,05	—	—	—	—	—
Kohliger Einschluss 1	40,5	3,6	19,2	0,1	18,6	3,8	0,3	1,7	0,05	4,0	91,9
2	38,7	3,6	18,7	0,1	16,8	3,5	0,3	1,7	0,05	5,9	89,4
4	36,2	3,1	24,6	0,1	18,0	1,7	0,3	1,5	0,06	4,8	90,4
6	35,5	3,1	28,8	0,05	17,8	1,7	0,1	1,1	0,06	5,1	92,3
Kohlige Matrix	7	36,3	1,9	37,3	0,05	11,9	1,1	0,1	1,7	0,09	1,9
8	36,8	2,9	30,4	0,1	14,0	1,8	0,3	1,6	0,04	3,6	91,5
9	34,2	2,0	38,6	0,1	12,9	0,8	0,1	0,7	0,04	3,9	93,3
TIE XIII: Fragment	1	33,6	2,6	39,0	0,1	13,0	1,3	0,2	1,1	0,04	5,6
2	35,4	1,8	35,5	0,9	12,5	2,1	0,1	1,6	0,04	5,3	96,5
3	34,8	1,6	39,0	0,5	12,7	1,7	0,4	1,8	0,04	3,9	95,2
4	33,8	2,0	39,3	0,3	12,2	1,4	0,1	1,1	0,04	4,4	96,44
5	38,9	1,9	30,1	0,5	14,0	2,5	0,2	1,1	0,04	6,2	94,6
6	37,4	1,8	32,2	0,05	13,7	1,5	0,3	1,1	0,04	5,5	95,4
7	34,0	1,5	37,5	0,3	14,5	1,2	0,1	0,8	0,04	5,8	93,5
Glas	—	—	—	—	—	—	1,3	9,5	—	—	95,7
Enstatit	59,0	0,7	0,1	—	39,4	0,7	—	—	—	—	—
Enstatit, Maximum Fe	—	—	3,0	—	—	—	—	—	—	—	99,9

* Gesamt-Fe als FeO.

** Unkorrigiert, gemessen bei 8 kV gegen Graphit als Standard.

Kamazit (3,5% Ni) und Taenit (mit schwankendem Ni-Gehalt). Seitlich zeigt die Chondre eine sackförmige Höhlung, welche mit einem braungrün durchscheinenden kohligen Material gefüllt ist. Dieses kohlige Material ist sehr feinkörnig (Körngrosse ca. 1 µ), erscheint recht einheitlich und führt nur wenige sehr kleine Troilit- und Silikateinschlüsse. Die Zusammensetzung variiert jedoch kräftig (Tabelle 1). Sie ändert sich systematisch in Richtung zur Öffnung und zum Übergang in die normale kohlige Matrix des Meteoriten. Leider war es unmöglich, an diesem Übergang brauchbare Analysen zu erhalten, da das Material durch Risse und Einschlüsse zu uneinheitlich ist.

Auch die kohlige Matrix ausserhalb der Chondre ist sehr uneinheitlich, was schon in der Abb. 1 erkennbar ist. Wo sie etwas mächtiger wird, zeigt sie charakteristischerweise in ihrem Zentrum einen Steg mit durchsichtigem kristallinen Material (bis zu 10 µ Durchmesser), dessen Zusammensetzung von der Matrix-Zusammensetzung abweicht, jedoch wegen ihrer Uneinheitlichkeit mit der Mikrosonde nicht gemessen werden

konnte. Am Kontakt zu den Chondren ist sie meist sehr feinkörnig und auch fast isotrop. Stellenweise führt die Matrix Nickel-Eisen- und Troilit-Einschlüsse, deren Grösse bis zur Auflösungsgrenze des Mikroskopes reicht. Die an einigen Stellen erhaltenen Analysen (Tabelle 1) unterscheiden sich kräftig von den Analysen des kohligen Einschlusses.

Das kohlige Fragment Tie XIII (Abb. 2) hat einen maximalen Durchmesser von 1,2 mm. Es ist - ähnlich wie der Einschluss in Tie VIII - braungrün durchscheinend, führt jedoch viele Einschlüsse. Neben Troilit- und Nickeleisen-Tröpfchen und Splittern können vor allem zwei silikatische Einschlüsse unterscheiden werden, deren Grösse bis zu 20 µ Durchmesser reicht (Abb. 3)

- 1) Enstatitfragmente: Eckige, unregelmässige, z.T. schlierige Partikel mit schwacher Doppelbrachung und stark undulöser Auslöschung. Der Fe-Gehalt ist meist sehr gering (Tabelle 1).
- 2) Polykristalline, meist runde Einschlüsse, welche meist aus gerundeten, Fe-armen Olivinkörnern in

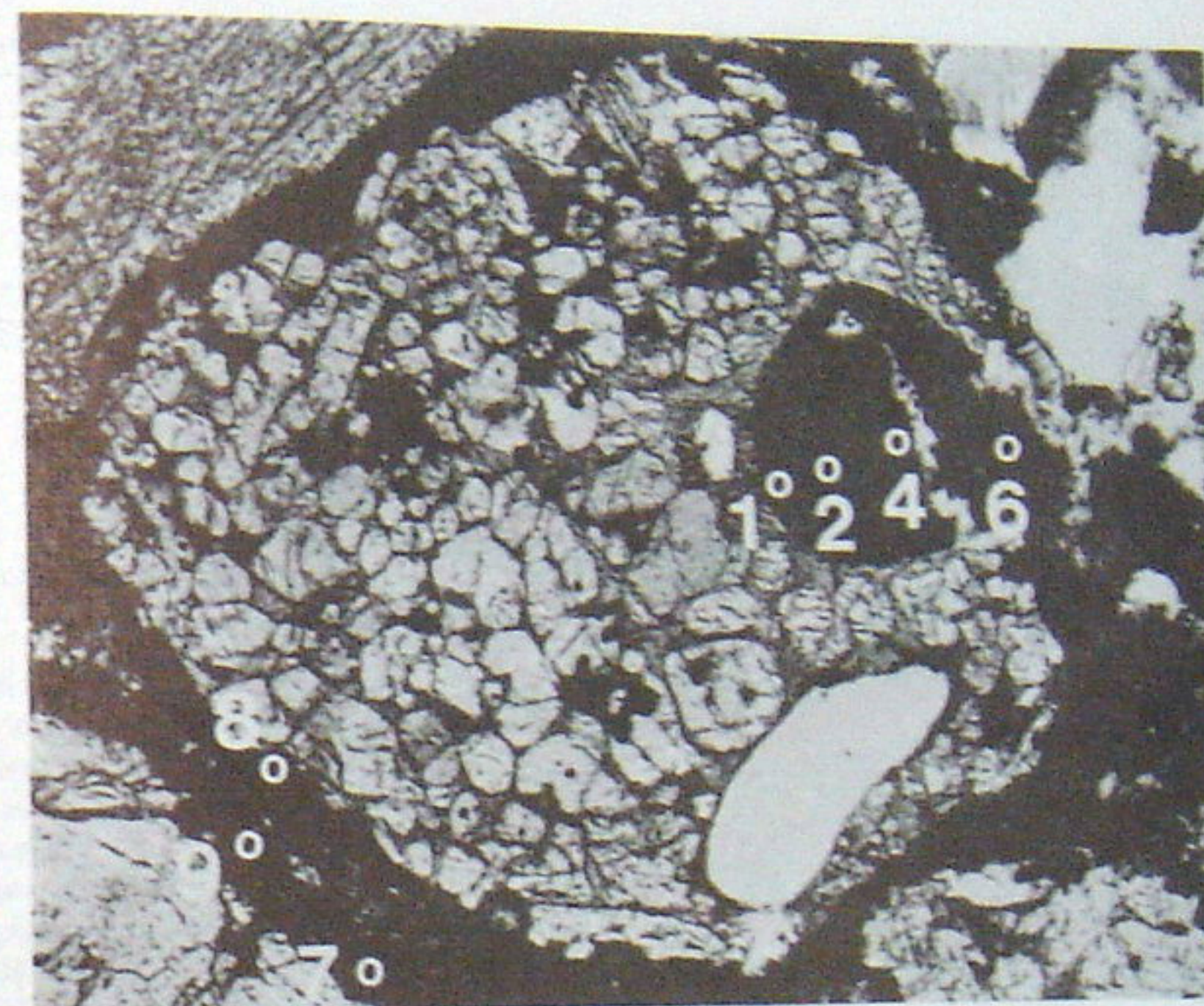


Abb. 1. Die Chondre Tie VIII. Rechts oben der kohlige Einschluss; rechts unten ein Loch. Die Analysenpunkte sind eingetragen. Maximaler Chondrendurchmesser: 0,72 mm. Durchlicht, Nicols.

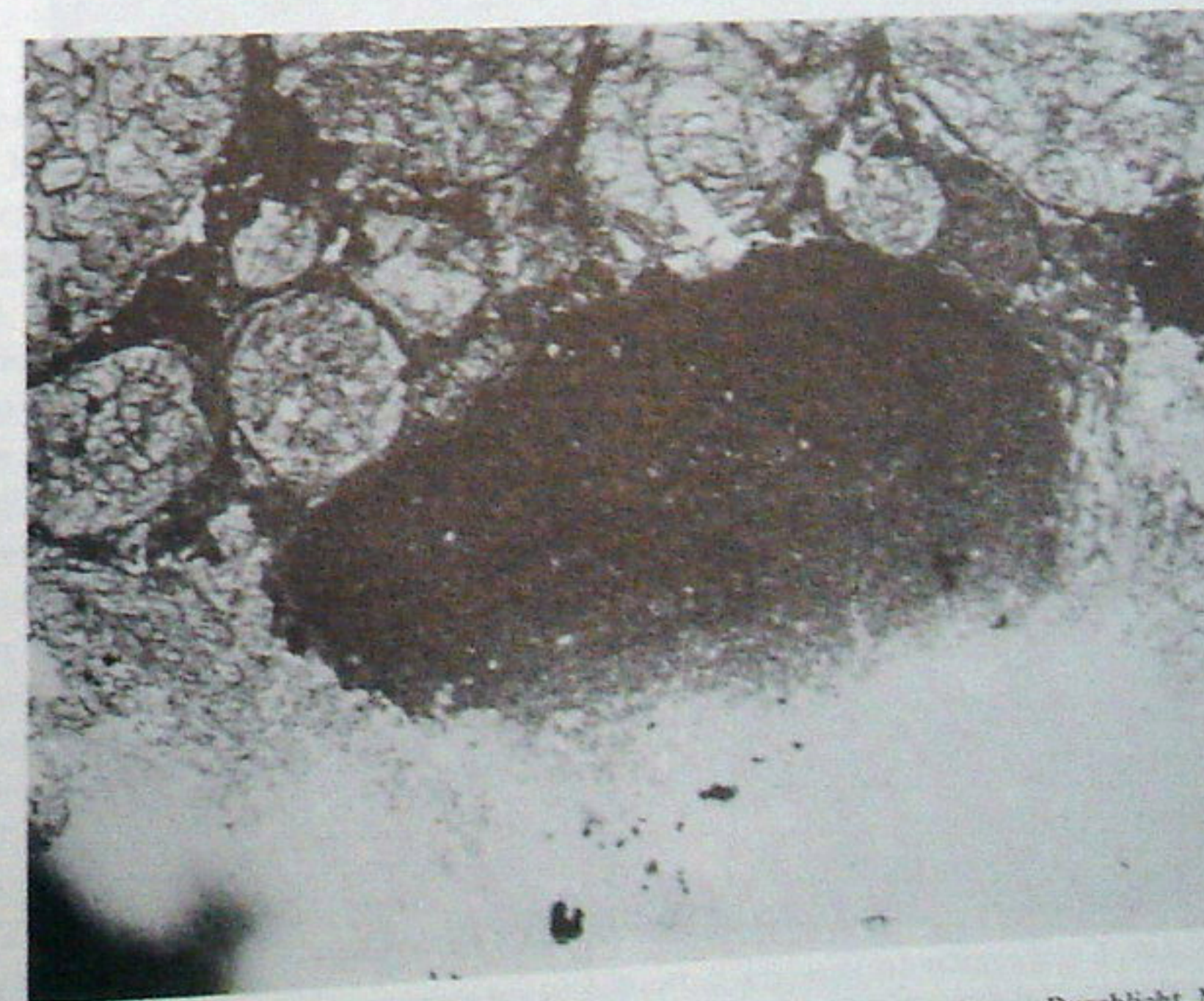


Abb. 2. Das kohlige Fragment Tie XIII. Maximaler Durchmesser: 1,2 mm. Durchlicht, Nicols.



Abb. 3. Ausschnitt aus Abb. 2. In der Mitte unten ein Enstatitfragment (ca. 20 μ); rechts oben ein runder Olivin+Glas-Einschluss (ca. 18 μ); dazwischen viele kleine, meist runde Mineralaggregate. Durchlicht, Nicols.

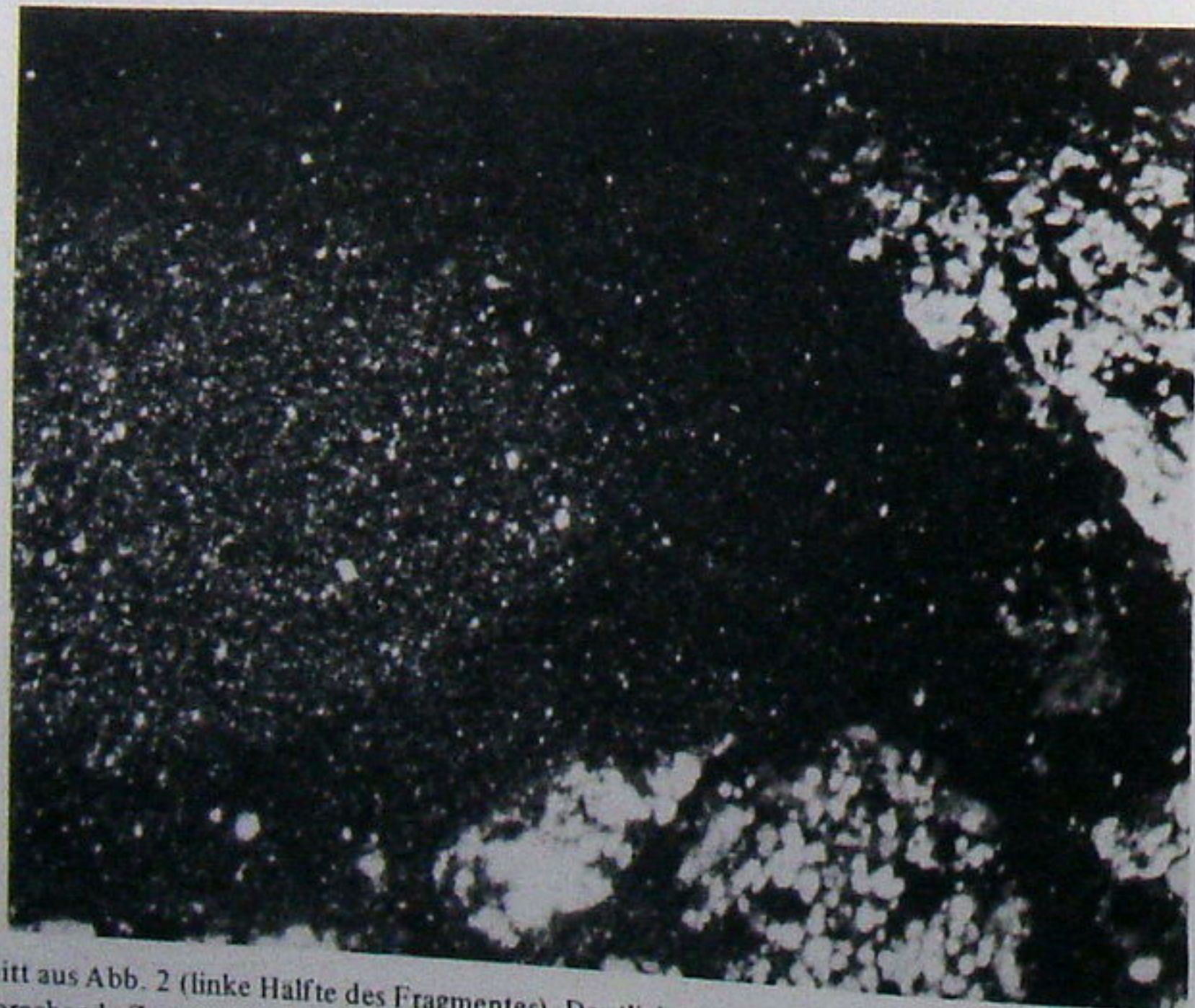


Abb. 4. Ausschnitt aus Abb. 2 (linke Hälfte des Fragmentes). Deutlich zu unterscheiden ist eine äußere, etwas feinkörnigere, schwach doppelbrechende Zone und das grobkörnige Zentrum des Fragmentes. Die Mineral- und Gesteinseinschlüsse sind an der kräftigen Doppelbrechung erkennbar. Durchlicht, X Nicols.

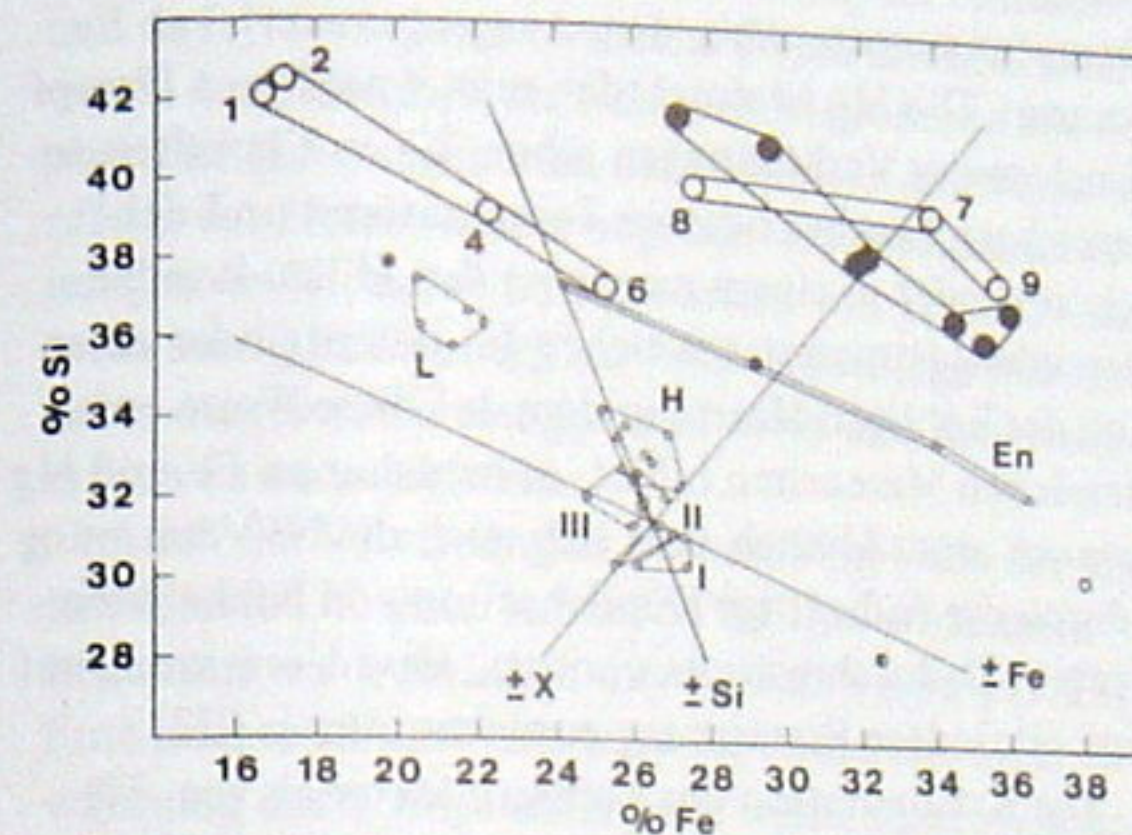


Abb. 5. Atom-% Si gegen Atom-% Ges.-Fe des kohligen Materials im Meteoriten von Tieschitz (berechnet auf C-, S- und H₂O-freier Basis). O: Tie VIII (1–6 kohliger Einschluss; 7–9 kohlige Matrix ausserhalb der Chondre). O: Tie XIII. Zum Vergleich sind Analysen aller Chondritengruppen nach Wiik [6] (I, II, III: Kohlige Chondrite; H- und L-Gruppe; En: Enstatitchondrite), die Analyse des Chlorits (●) aus dem Meteoriten von Orgueil [12], die Analyse der Matrix (○) des Meteoriten von Murray [23] und die Analysen der Matrix (○) und eines Fragmentes (○) aus dem Meteoriten von Sharps [17] eingetragen. Ausgehend von den Kohligen Chondriten des Typs II sind Migrationslinien entsprechend der Zu- oder Abfuhr verschiedener Elemente eingetragen (X steht in Hauptsache für Mg). Diskussion im Text.

einer glasigen, alkalireichen Matrix (Tabelle 1) bestehen. Die Kleinheit der Partikel verhinderte leider eine quantitative Analyse.

Der ganze kohlige Knollen zeigt eine Zonarstruktur (Abb. 4). Dabei können drei Zonen unterscheiden werden. Oberflächlich liegt eine dünne, feinkörnige und gering doppelbrechende Zone (ca. 10 μ). Darunter folgt eine etwas hellere, grobkörnigere, einschussreiche Zone, deren Mächtigkeit schwankt und zwischen 25 und 280 μ liegt. Das Zentrum ist noch grobkörniger (durchschnittliche Korngrösse 2,5 μ) und dadurch heller. Es ist ebenfalls reich an Einschlüssen. Die Partikel sind kräftig doppelbrechend.

Dem Aussehen nach wäre dieses Fragment als kohliger Chondrit vom Typ II [6] zu klassifizieren. Der Chemismus (Tabelle 1) weicht davon allerdings kräftig ab. Er entspricht jedoch fast völlig dem der kohligen Matrix. Nahe der Oberfläche ist ein leichtes Fe-Gefälle nach innen zu beobachten. Si verhält sich dabei gegenläufig. Im grobkörnigen Zentrum treten jedoch grosse Schwankungen auf. Sämtliche Analysen des kohligen

Materials - umgerechnet auf Oxyde - ergeben nur Summen zwischen 89 und 97% (verschieden in den verschiedenen Materialien). Das kohlige Material enthält demnach unterschiedliche Mengen an mit der Mikrosonde nicht nachweisbaren Elementen. Eine Bestimmung des Glühverlustes an rund 100 mg des beim Zerkleubern eines Stückchens angefallenen feinkörnigen Anteils (Korngrösse $\leq 0,04$ mm) ergab -12,4%. Da auch Wiik [3] einen hohen Gehalt an H₂O⁺ (0,88%) bestimmte, richtet sich der Verdacht in erster Linie auf einen hohen H₂O-Gehalt der Matrix. Dieses H₂O könnte sich nur - ähnlich wie in den Kohligen Chondriten - in den Silikaten befinden. Eine röntgenographische Prüfung ergab jedoch keinerlei Reflexe wasserhaltiger Silikate. Es konnten vielmehr nur Olivin (Mol% Fo ca. 70%), Magnetit und Pyroxen identifiziert werden, was mit den Ergebnissen Wood's [12] übereinstimmt. Sind wasserhaltige Phasen vorhanden, so sind sie röntgenomorph. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass der Glühverlust anderen H-Verbindungen zugeordnet werden muss.

3. Diskussion

Bei Betrachtung der erhaltenen Daten fallen einige z.T. unerwartete Besonderheiten auf:

- 1) Die Analysen des kohligen Einschlusses VIII/1–6 einerseits, und der kohligen Matrix ausserhalb der Chondre (VIII/7–9) sowie des kohligen Fragmentes (XIII/1–7) andererseits, unterscheiden sich kräftig im FeO- und MgO-Gehalt.
- 2) Bei allen Analysenserien fällt der Fe-Gehalt mit steigendem Si-Gehalt (Abb. 5).
- 3) Im Vergleich mit den Kohligen Chondriten zeigt sich a) eine völlige Verarmung an Ni und S, b) eine kräftige Verarmung an Mg besonders im Fragment und in der Matrix und c) eine Verarmung von Fe im Einschluss und eine Anreicherung in einigen Partien des Fragmentes und der Matrix.

Auch die Alkalien sowie Al, Ca und C könnten leicht angereichert sein. Ob diese Tendenz jedoch signifikant ist, kann auf Grund dieser wenigen Daten nicht abgeschätzt werden.

Über die Ursachen dieser Besonderheiten lässt sich natürlich diskutieren. Eines ist jedoch klar: das hier vorliegende kohlige Material entspricht chemisch nicht den Kohligen Chondriten. Es könnte daher - was schwer zu erklären wäre - ein Fremdmaterial sein, oder es ging

durch verschiedene Prozesse verändert, aus einem Material hervor, welches den Kohligen Chondriten entsprach. Dafür bieten sich im Falle des Meteoriten von Tieschitz zwei Prozesse an:

- 1) Verdampfungs- und Kondensationsvorgänge bei der Chondrenbildung, und
- 2) Hydrothermale und/oder pneumatolytische Vorgänge nach der Agglomeration.

Beide Prozesse konnten bisher schon in Chondriten nachgewiesen werden (z.B. [13–15]). Im vorliegenden Fall wurden wahrscheinlich auch beide Prozesse wirksam. Unter der Annahme, dass der Meteorit von Tieschitz aus einem Material entstand, welches den Kohligen Chondriten entsprach, lassen sich beide Prozesse auf Grund der Elementverteilung wahrscheinlich machen. Vor allem die Verteilungen des Mg und des Fe sind sehr aufschlussreich. Das Material im Innern des kohligen Einschlusses Tie VIII (Analysen 1 und 2) kann als das am wenigsten sekundär veränderte Material betrachtet werden. Hier fällt neben der Mg-Verarmung auch eine kräftige Fe-Verarmung gegenüber den Kohligen Chondriten auf. Man muss somit annehmen, dass diese Charakteristika ihre Ursache in ein und demselben Prozess hatten. Das Material selbst, sowie die gleichzeitige Verarmung an Mg und Fe schliessen einen magmatischen Prozess aus. Als wahrscheinlichste Erklärung bietet sich die einer Fe-Mg-Si-Differentiation bei der Chondrenbildung an. (Auch im Falle einer nichtkogenetischen Deutung von Matrix und Chondren bleiben die Fragen nach der Ursache dieser Veränderungen bestehen und müssen zwangsläufig zu ähnlichen Überlegungen führen.) Dazu ein zur Zeit schon durch mehrere Untersuchungen wahrscheinlich gemachtes Modell der Chondriten-Genese.

Der Meteoritenmutterkörper, bestehend aus einem den Kohligen Chondriten entsprechenden Material wurde möglicherweise durch Impakt [8 16–19] lokal sehr stark erhitzt. Das kohlige Material wurde aufgeschmolzen, feindispers ausgeworfen und auch z.T. verdampft. Die hohe Temperatur (zusammen mit dem freigesetzten C und H) verursachte ein stark reduzierendes Milieu (vergl. [14,20]). Sowohl den Silikattröpfchen als auch der Dampfphase wird das Fe als metallisches Entmischungsprodukt oder als Hochtemperatur-Kondensat, welches in den vorhandenen flüssigen und festen Teilchen genügend Kondensationskeime findet, entzogen. Durch diese Abfuhr von Fe aus der Gasphase und aus den Silikattröpfchen sind

sowohl die Schmelztröpfchen (Chondren) als auch die Dampfphase gegenüber dem Ausgangsmaterial an Fe verarmt. Das Mg ist durch den relativ niedrigen Dampfdruck seiner Verbindungen schon in den Chondren angereichert. Das bei tieferen Temperaturen und daher schon wieder in einem oxydierenden Milieu kondensierende Restmaterial, welches die gesamte oder einen Teil der kohligen Matrix in dem auf diese Weise entstandenen Meteoriten bildet, muss daher an Fe und Mg verarmt sein. Ähnlich lässt sich auch die Ni-Verarmung durch die frühzeitige Kondensation von Nickeleisen deuten. Dadurch wäre es unnötig, diese Verarmung auf eine sekundäre Erwärmung zurückzuführen [22].

Die Kondensation des kohligen Materials (ca. 5% des Gesamtmeteoriten) erfolgte naturgemäss an der Oberfläche aller in der Gaswolke suspendierten Teilchen. Dementsprechend sind im Meteoriten von Tieschitz alle Chondren, Chondren- und Mineralbruchstücke von einer Schicht kohligen Materials umgeben.

Zum Teil aggregierte sich dieses kohlige Material zu Knollen ("Fragment" Tie XIII) wobei es auch feinkörnige Reste des bei höheren Temperaturen gebildeten Materials (Forsterit, Enstatit, Glas Nickeleisen, Troilit) aufnahm. Nach der Agglomeration wurden andere Prozesse wirksam, welche zu neuerlichen Veränderungen führten. Am Beispiel der Fe-Verteilung kann dies deutlich gemacht werden (Abb. 5): Die Steigung der Verbindungslinie 1,2–4–6 in der Abb. 5 deckt sich ziemlich genau mit der Steigung jener Linie im Diagramm, welche der Zu- oder Abfuhr von Fe entspricht. Nimmt man als primäres kohliges Restmaterial jenes im Einschluss (VIII/1,2) an, so lässt sich das übrige Material (VIII/4,6) allein durch die Zufuhr von Fe aus der Matrix ableiten. Ähnliches – jedoch mit einer verschiedenen Ausgangszusammensetzung – gilt für die Matrix selbst (VIII/7–9) und das kohlige Fragment XIII/1–7. Da im kohligen Einschluss und – in abgeschwächter Form – auch im kohligen Fragment ein Fe-Gefälle von der Matrix zum Inneren hin zu beobachten ist, erfolgte die Fe-Zufuhr offensichtlich über die Matrix. Deren Porosität ist gross genug, um ein Durchsickern eines Lösungsmittels zu gestatten. Da ein Durchfluss durch das Einschlussmaterial in Tie VIII nicht möglich war, blieb es von einer Fe-Anreicherung verschont. Die Matrix und das Fragment dagegen erfuhren eine Fe-Zufuhr, welche z.T. sogar eine Fe-Anreicherung gegenüber den kohligen Chondriten bewirkte (vergl. VIII/9 und XIII/1,3,4). Derselbe Prozess

könnte auch zur leichten Anreicherung der Alkalien und des Al im kohligen Material geführt haben. Dabei wurde hauptsächlich die Feldspatkomponente aus den oberflächlichen Schichten der Chondren abgeführt und z.T. in der Matrix wieder abgelagert. Lösungserscheinungen an Chondren im Meteoriten von Tieschitz sind recht häufig zu beobachten [14]. Allerdings sind die dabei umgesetzten Mengen sehr klein und daher analytisch kaum zu erfassen.

Auch die Verarmung an S könnte im Falle der Matrix dieselbe Ursache haben, da die hier wirksamen Lösungen wahrscheinlich oxydierend waren [13,23]. Eine andere Möglichkeit wäre die Annahme einer Erwärmung des kohligen Materials während es zwischen die noch heissen Chondren eingebettet wurde. Fredriksson [17] erklärt damit sowohl die S-Verarmung als auch die Zonarstruktur der Fragmente im Meteoriten von Sharps. Allerdings zeigen die Analysen der Fragmente und der Matrix aus dem Meteoriten von Sharps durchwegs Summen um 100%. Dies bedeutet, dass das kohlige Material in Sharps – im Gegensatz zum Tieschitz-Material – ziemlich frei von leichtflüchtigen (organischen) Verbindungen ist. Eine so weitgehende Erwärmung kommt für das Tieschitz-Material jedoch nicht in Frage. Die Zonarstruktur des Fragmentes Tie XIII hat daher möglicherweise eine hydrothermale Ursache und ist wahrscheinlich auf eine Rekristallisation unter dem Einfluss hydrothermalen Lösungen zurückzuführen. Die Herkunft dieser Lösungen oder Dämpfe lässt sich aus dem wenig oder nichtveränderten Ausgangsmaterial ableiten, welches in bestimmten impaktnahen Zonen eine Erwärmung erfuhr. Ein Teil des vorhandenen Wassers (Kristallwasser oder auch Permafrostlage) wurde – wahrscheinlich zusammen mit anderen Verbindungen – dadurch ausgetrieben und durchströmte auf seinem Wege zur Oberfläche die Porenräume des darauf abgelagerten Tieschitz-Materials. Diese Porenräume liegen naturgemäss hauptsächlich in dessen Matrix. Wahrscheinlich war diese Flüssigkeit oxydierend (vergl. z.B. [13,23]), was zu einer teilweisen Auflösung des am Kontakt mit der Matrix liegenden und in dieser eingebetteten Nickeleisens und Troilits führte. Aus dieser Quelle erfolgte möglicherweise die Fe-Zufuhr in das kohlige Material, wobei die abgelagerten Mengen (an Fe_3O_4) von den lokalen chemischen und physikalischen Bedingungen abhängig waren. In diesem Zusammenhang ist es interessant, dass alle bisherigen Analysen von kohligen

Matrizes (Sharps [18], Murray [24]) dieselben Tendenzen zeigen. Nur die kohligen Fragmente in Sharps scheinen ein Gemisch von kaum verändertem ursprünglichen Material mit Hochtemperaturphasen zu sein. Sie unterscheiden sich von den Kohligen Chondriten hauptsächlich durch einen höheren Fe-Gehalt, welcher möglicherweise – ähnlich wie in den Matrizes – auf eine nach der Agglomeration erfolgte Fe-Zufuhr zurückzuführen ist.

Anerkennungen

Es ist mir eine angenehme Pflicht, den Herren Dr. Fredriksson, Dr. McKay, Prof. Malissa und Prof. Hecht für die Bereitstellung der Mikrosonden ihrer Institute, Herrn Dr. Richter für die Benützungserlaubnis seines Mikroskops, Herrn Prof. Wiik für das zur Verfügungstellen der unpublizierten Analyse des Meteoriten von Tieschitz, und den Herren Dr. Horn, G.Reich und C. Obermeier für die technische Assistenz beim Arbeiten mit der Mikrosonde zu danken.

Literatur

- [1] A.Makowsky und G.Tschernak, Bericht über den Meteoritenfall bei Tieschitz in Mähren, Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl. XXXIX (1878) 187
- [2] H.C.Urey und H.Craig, The composition of the stone meteorites and the origin of the meteorites, *Geochim. Cosmochim. Acta* 4 (1953) 36.
- [3] H.B.Wiik, unpublizierte Analyse des Meteoriten von Tieschitz (1966).
- [4] R.T.Dodd und R.Van Schmus, Significance of the unequilibrated ordinary chondrites, *J. Geophys. Res.* 70 (1965) 3801.
- [5] E.Anders, Origin, age, and composition of meteorites, *Space Sci. Rev.* 3 (1964) 583.
- [6] H.B.Wiik, The chemical composition of some stony meteorites, *Geochim. Cosmochim. Acta* 9 (1956) 279.
- [7] B.Mason, The origin of meteorites, *J. Geophys. Res.* 65 (1960) 2965.
- [8] A.E.Ringwood, Chemical and genetic relationships among meteorites, *Geochim. Cosmochim. Acta* 24 (1961) 159.
- [9] J.A.Wood, On the origin of chondrules and chondrites, *Icarus* 2 (1963) 152.
- [10] K.Fredriksson und A.E.Ringwood, Origin of meteoritic chondrules, *Geochim. Cosmochim. Acta* 27 (1963) 639.
- [11] F.L.Whipple, Chondrules: Suggestion concerning the origin, *Science* 153 (1966) 54.
- [12] J.A.Wood, Metamorphism in chondrites, *Geochim. Cosmochim. Acta* 26 (1962) 739.

- [13] K.Boström und K.Fredriksson, Surface conditions of the Orgueil meteorite parent body as indicated by mineral associations, *Smithson. Misc. Coll.* 151 (1966) 1.
- [14] G.Kurat, (Einige Chondren aus dem Meteoriten von Mezö-Madaras, *Geochim. Cosmochim. Acta* 31 (1967) 1843.
- [15] G.Kurat, The formation of chondrules and some observations on chondrules from the Tieschitz meteorite, in: *Meteorite Research*, ed. P.M.Millman (Reidel, Dordrecht, 1969) pp. 185–190.
- [16] K.Fredriksson, Chondrules and the meteoritic parent bodies, *Trans. N. Y. Acad. Sci. ser. 2*, 25 (1963) 756.
- [17] K.Fredriksson, J.Nelen und B.J.Fredriksson, The LL-group chondrites, in: *Origin and Distribution of the Elements*, ed. L.H.Ahrens (Pergamon Press, New York, 1969) pp. 457–466.
- [18] K.Fredriksson, The Sharps chondrite - new evidence on the origin of chondrules and chondrites, in: *Meteorite Research*, ed. P.M.Millman (Reidel, Dordrecht, 1969).
- [19] G.Kurat, K.Fredriksson und J.Nelen, Der Meteorit von Siena, *Geochim. Cosmochim. Acta* 33 (1969) (in press).
- [20] K.Fredriksson und A.M.Reid, A chondrule in the Chainpur meteorite, *Science* 149 (1965) 856.
- [21] J.W.Larimer und E.Anders, Chemical fractions in meteorites II. Abundances patterns and their interpretation, *Geochim. Cosmochim. Acta* 31 (1967) 1239.
- [22] J.A.Wood, Chondrites: their metallic minerals, thermal histories, and parent planets, *Icarus* 6 (1967) 1.
- [23] J.S.Lewis und H.R.Krouse, Isotopic composition of sulfur and sulfate produced by oxidation of FeS, *Earth Planet. Sci. Letters* 5 (1969) 425.