©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Ann. Naturhistor. Mus. Wien	68	9–24	Wien, November 1965

MINERALOGIE

Der Meteorit von Lanzenkirchen

Von GERO KURAT und HANS KURZWEIL [1])

(Mit 10 Tafeln)

Manuskript eingelangt am 8. Juli 1965

Summary

The meteorite of Lanzenkirchen is an olivine-hypersthene chondrite with 24,0 mol. % fa in olivine and 21,1 mol. % fs in orthopyroxene and a content of nickel-iron of 4,36 vol. %. It shows an outstanding light-dark structure of light chondritic lumps in a dark matrix. Since the silicates in both parts are of the same composition, this meteorite is a monomict breccia. In mechanically strongly strained parts the silicates became isotrope. The troilite was mobilised and entered the cracks of the silicates. Therefore the meteorite was brecciated by shock.

Zusammenfassung

Der Meteorit von Lanzenkirchen ist auf Grund der Zusammensetzung des Olivins (Mol.% Fa: 24,0) und des Pyroxens (Mol.% Fs: 21,1) sowie auf Grund seines Nickeleisengehaltes ein Vertreter der Olivin-Hypersthen-Chondrite. Er zeigt eine ausgeprägte hell-dunkel Struktur von hellen chondritischen Knollen in dunkler Matrix. Die Silikate haben in beiden Teilen dieselbe Zusammensetzung, daher ist der Meteorit eine monomikte Breccie. Diese ist das Produkt einer Schockeinwirkung, was sich in der Isotropisierung der Silikate in den stark beanspruchten Partien und in der Mobilisation des Troilits, welcher in feinen Adern die Silikate durchsetzt zeigt.

Einleitung

Am 28. VIII. 1925 um 19,25 Uhr fielen in der Nähe von Lanzenkirchen in Niederösterreich (16°15′ E; 47°45′ N) zwei Steine (ca. 5 kg und 2 kg) unter lebhaften Licht- und Schallerscheinungen. Kurze Darstellungen der Fallumstände gaben H. MICHEL (1925 a, b) und K. CHUDOBA (1925). Eine Zu-

[1]) Anschrift der Autoren: Dr. Gero KURAT, Naturhist. Mus. Wien; Dr. Hans KURZWEIL, Mineralog. petrograph. Institut, Universität Wien.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

sammenfassung des Beobachtungsmaterials sowie die Bahnbestimmung veröffentlichte E. WEINMEISTER (1933). E. DITTLER (1926, 1934) fertigte die chemischen Analysen (siehe Anhang) an, welche nach W. WAHL (1950) zweifelhaft (Alkaliwerte zu hoch), nach H. C. UREY & H. CRAIG (1953) jedoch zu den „superior analysis" zu stellen sind. Eine ausführliche mineralogisch-petrographische Beschreibung fehlt, da H. MICHEL (1926) nur eine kurze Beschreibung als vorläufiges Ergebnis veröffentlichte. Die vorliegende Arbeit soll daher diese Lücke füllen.

Um möglichst umfassende Daten zusammenzutragen, wurden drei Arbeitsgebiete abgegrenzt:

1. Durchlichtmikroskopie und Mikroanalysen (G. KURAT),
2. Auflichtmikroskopie (H. KURZWEIL),
3. Edelgas- und Altersbestimmungen (Physikalisches Institut der Universität Bern).

Die Daten der Edelgas- und Altersbestimmungen werden in einer gesonderten Arbeit veröffentlicht.

Für die rege Anteilnahme und tatkräftige Unterstützung bei der Arbeit sind die Autoren den Herren Professoren HANNS MALISSA, HANS WIESENEDER und HUBERT SCHOLLER sowie den Herren Dr. HANS ARLT, Dipl.-Ing. WILHELM KANDLER und cand. petr. EBERHARD PISO zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

Beschreibung

Der Meteorit von Lanzenkirchen ist eine monomikte Breccie (nach W. WAHL 1952). Am Anschnitt vom kleinen Stück sind eckige (große), kantengerundete bis runde (kleine) Bruchstücke zu erkennen, welche scharf begrenzt in einer tiefschwarzen, oft aderähnlichen Matrix liegen (Fig. 1). Die Durchmesser dieser Bruchstücke reichen in diesem Stück von rund 3,5 cm bis unter 1 mm, wobei hier jedoch nicht die größten angeschnitten wurden. Aus der Rindenausbildung (s. u.) läßt sich abschätzen, daß das größte Bruchstück (im großen Stein) einen Durchmesser von 13 cm besitzt. Die kleineren Bruchstücke (unter ca. 2 cm ⌀) sowie die Ränder der größeren sind dunkelgrau und wie die schwarze Matrix texturlos. Chondren sind nur vereinzelt beobachtbar. Innerhalb der großen Bruchstücke liegen exzentrisch knollenartige, hellgraue Partien mit ausgesprochen chondritischem Charakter. Die Übergänge sind diffus, z. T. jedoch auch scharf. Vereinzelt werden diese Knollen von schwarzen Adern — Ausläufern der Matrix — durchschlagen (vergleiche Fig. 9). Eine Regelung der Knollen bezüglich ihres größten Durchmessers oder Ihrer Exzentrizität ist nicht feststellbar. Den Stein durchziehen zahlreiche Sprünge, welche nur in geringem Maße den Umrissen der Bruchstücke folgen. Trotzdem ist der Stein sehr kompakt und sehr schwer zu zerkleinern.

Beide Steine sind z. T. mit einer dunkelbraunen bis schwarzen Rinde wechselnder Dicke und Ausbildung überzogen (Fig. 2). Auf den dunklen

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Partien liegt eine schwarze, glänzende Rinde, auf der fleckig verteilt eine dunkelbraune, matte Rinde liegt. Die hellen Knollen zeigen nur die matte, rauhe Rinde, welche sich vielfach schon von der Unterlage löste. Daher sind die hellen Partien nur fleckenweise bedeckt oder vollkommen entblößt. Beide Rinden werden häufig von Spitzen und Höckern von Ni-Fe durchbrochen.

Eine Orientierung während des Fluges durch die Atmosphäre ist nicht feststellbar.

Die hellgrauen Knollen sind, wie schon erwähnt wurde, ausgesprochen chondritisch. Sie bestehen aus einer dichten Packung von Chondren und Chondrenbruchstücken verschiedener Größe (bis zu 5 mm ⌀). Diese sind in verschiedenem Grade miteinander verwachsen. Sie zeigen daher selten klare Umrisse und eine Chondrenrinde ist nur ausnahmsweise beobachtbar. Häufig gehen sie in eine körnige Matrix über oder erscheinen miteinander verzahnt. Die Durchschnitte der Chondren sind in der Regel nicht kreisförmig sondern erscheinen plastisch verformt (Fig. 3; siehe auch Fig. 5, 6, 7). Unter den vielen Chondrentypen finden sich am häufigsten grobporphyrische Chondren (Fig. 4, 5), kristalline Chondren (Fig. 6) und feinfaserige Pyroxenchondren (Fig. 7). Die porphyrischen Chondren bestehen meist aus Olivin- oder (seltener) Pyroxeneinsprenglingen in einer feinkörnigen, verfilzten Pyroxen-Plagioklas-Matrix von dunkelbrauner Farbe. Tritt die Matrix zurück, so gehen diese in kristalline Chondren über. In diesem Fall treten Olivin und Bronzit häufig zusammen auf. Die weniger häufigen feinfaserigen Pyroxenchondren bestehen immer aus Orthopyroxen. Neben den genannten Chondrentypen treten untergeordnet noch sehr verschiedenartige Chondren auf, von denen zwei in den Bildern 8 und 13 zu sehen sind.

Auffallend ist das Schwanken des Olivin: Pyroxen-Verhältnisses im cm-Bereich.

Der Chondrit erscheint mechanisch beansprucht. Größere Kristalle sind stark zerdrückt und häufig von schwarzen Troilit-Adern durchzogen. Dies verursacht eine dunkelgraue Färbung der betroffenen Kristalle, wogegen die unveränderten durch die meist glasigen Einschlüsse braungrau gefärbt sind. (Vergl. Fig. 4 u. 5). Nicht alle Kristalle zeigen diese Aderung; auch die feinfaserigen Pyroxenchondren und die feinfaserig-verfilzte Matrix der porphyrischen Chondren werden von den Adern gemieden.

Selten durchziehen dunkle Adern (Ausläufer der schwarzen Breccien-Matrix) die hellen Knollen. Dabei sind die auftretenden Veränderungen dieselben wie in der Matrix selbst und werden daher dort behandelt (Fig. 9).

Die dunklen Partien setzen sich aus den dunkelgrauen Randerpartien der Bruchstücke und der zwischen diesen liegenden schwarzen Matrix zusammen.

Der Übergang von den hellen Knollen zum dunkelgrauen Teil beginnt mit der Zertrümmerung von Chondren und Kristallen. Viele Kristalle und Kristallbruchstücke erscheinen hier durch schwarze Troilitadern und -ein-

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

schlüsse grau gefärbt. Davon nicht erfaßt werden nur die Reste von feinfaserig-verfilzten Chondren und Chondrenmatrizes. Dieser Troilit drang entlang von Rissen in den Kristall ein. Diese werden — haben sie einen entsprechenden Querschnitt — voll ausgefüllt. Werden sie feiner, so löst sich die Füllung in Tröpfchen auf, welche sich auf den Spaltflächen und krummen Rißflächen verteilen (vergl. Fig. 17).

Die starke mechanische Beanspruchung führt nicht nur zu einer Zerkleinerung der Kristalle, sondern auch zu einer Zerstörung des Kristallgitters. Röntgen-Diffraktometeraufnahmen von Olivin und Pyroxen zeigen stark verbreiterte, diffuse Reflexe. Im Dünnschliff sind dabei folgende Stufen der Veränderung beobachtbar:

1. Klinobronzit, feinlamellar verzwillingt, tritt auf Kosten des Orthopyroxens in den Vordergrund;
2. Die Auslöschung wird undulös;
3. Die Doppelbrechung wird in verschiedenem Grade vermindert;
4. Mit dem weiteren Absinken der Doppelbrechung erscheinen die Kristalle — bei unverändertem Aussehen im unpolarisiertem Licht — unter gekreuzten Nicols in kleinste, sehr schwach doppelbrechende Partikel zerlegt;
5. Die Körnung unter gekreuzten Nicols und die Doppelbrechung verschwinden.

Von der Isotropisierung werden betroffen (vgl. Fig. 9):

1. Kleine Kristallsplitter innerhalb der schwarzen Matrix bzw. Reibungszonen;
2. Die Umgebung von Sprüngen in größeren Kristallen, welche sich in der Nähe der schwarzen Matrix bzw. von Adern befinden;
3. Die äußeren Reibungsflächen größerer Kristalle, d. h. die zur Matrix bzw. zu Adern gewandte Seite.

Die tiefschwarze Matrix führt neben opakem Material (hpts. Troilit und Ni-Fe) fast nur sehr stark veränderte Silikate (Stufe 4 und 5). davon ausgehend durchschlagen schmale Reibungszonen auch die dunkelgrauen Partien und hellen Knollen. Dabei sind im kleinerem Maßstab dieselben Erscheinungen zu beobachten.

Nach Literaturangaben von K. KEIL (1962) wurde eine quantitative erzmikroskopische Integrationsanalyse zur Ermittlung des Verhältnisses Nickeleisen: Troilit: Chromit: Silikaten durchgeführt.

Insgesamt wurden 23,4 cm^2 vermessen, wobei auf den hellen und den dunklen Anteil je 11,7 cm^2 entfielen. Diese Fläche liegt nur wenig über dem erforderlichen Mindestmaß von 10 cm^2. Die recht gleichmäßige Verteilung und kleine Zahl der über der Durchschnittsgröße liegenden Erzeinschlüsse lassen jedoch diesen Wert ausreichen, um die Zusammensetzung des Meteoriten zu charakterisieren. Wegen der geringen Verbreitung des hellen Anteils in den zur Verfügung stehenden Proben konnte die Auszählung nicht weiter ausgedehnt werden (Tabelle 1).

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1: Ergebnisse der Integrationanalyse

	Fl	M	A.O.	T NiFe	T Troilit	T Chromit
Dunkler Anteil	11,7	128: 1	1841	1992	2556	166
Heller Anteil	11,7	128: 1	1841	2023	2006	171
Mittel	23,4	128: 1	3682	4015	4562	337

Vol.% NiFe	Vol.% Troi.	Vol.% Chr.	Vol.% Silik.	Gew.% NiFe	Gew.% Troi.	Gew.% Chr.	Gew.% Silik.
4,33	5,55	0,36	89,76	9,47	7,49	0,46	82,58
4,39	4,36	0,37	90,88	9,77	5,98	0,48	83,77
4,36	4,95	0,36	90,32	9,62	6,73	0,47	83,18

Spez. Gew. Dunkel: 3,52; Hell: 3,46.
Spez. Gew. Ni-Fe: 7,70; Troilit: 4,75; Chromit: 4,50.

Abkürzungen: Fl. = ausgemessene Fläche in cm^2
M. = Vergrößerungsmaßstab
A. O. = Anzahl der Okulareinstellungen
T. = Trefferzahl

Den Analysenwerten von E. Dittler (1934) entsprechend weist der Chondrit in beiden Teilen annähernd gleiche Nickeleisenkonzentration auf. Der Troilitgehalt liegt im dunklen etwas höher. Starke Aderung, die auf diesen Anteil beschränkt ist, ist dafür ausschlaggebend. Dem Chromit kommt nur akzessorische Bedeutung zu.

Der in der Tabelle angeführte Durchschnittswert entspricht nicht der tatsächlichen Zusammensetzung, sondern liegt wegen des überwiegenden dunklen Anteils in der Nähe der hiefür angegebenen Werte.

Seinem Ni-Fe-Gehalt entsprechend gehört der Chondrit zur Low (L)-Gruppe nach H. C. Urey und H. Craig (1953).

Mineralbestand und Mineralmikroanalysen

Der Mineralbestand ist — wie bei allen gewöhnlichen Chondriten — sehr primitiv. Der Meteorit von Lanzenkirchen besteht daher hauptsächlich aus Olivin, Bronzit, Ni-Fe und Troilit. Alle anderen Komponenten sind nur in geringen Mengen vertreten. Zur Analyse der Komponenten mittels der am Institut für Analytische Chemie und Mikrochemie der Technischen Hochschule Wien stationierten Mikrosonde (JEOL JXA-3) wurden dünne Anschliffe hergestellt, diamantpoliert und C-bedampft. Die in diesen Schliffen aufgefundenen Minerale konnten mit Hilfe folgender Eichstandards analysiert werden:

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

1. Olivin aus dem Pallasiten von Marjalahti
   mit Gew.% FeO.....11,15 (Analyse von E. PISO)
   MgO 48,91
   SiO_2 40,20

2. Oligoklas aus der Hawk Mine, Bakersville, North Carolina, USA
   mit Gew.% SiO_2 .....61,70 (Analyse von S. TSUBOI 1923)
   Al_2O_2 23,99
   CaO..... 5,04 (Testanalyse von E. PISO)

3. Diopsid aus dem Zillertal, Tirol
   mit Gew.% SiO_2 .....54,5 (Analyse von E. PISO)
   FeO..... 0,88
   MgO 18,64
   CaO.....26,61

4. Gabbroglas
   mit Gew.% SiO_2 .....46,07 (Analyse von E. PISO)
   FeO..... 8,86
   MgO 7,56
   CaO..... 9,32

Durch Profilaufnahmen mittels Schreiber und durch Punktmessungen wurden die Standards auf ihre Homogenität geprüft. Die Vorbehandlung der Standards erfolgte nach demselben Schema wie die der Proben. Auch wurden alle bei einer Messung verwendeten Schliffe gemeinsam bedampft.

Jeweils zwei Elemente konnten gleichzeitig gemessen werden. Die Meßergebnisse von Fe in Olivin und Pyroxen, von Ca, Al und Si in Feldspat, sowie von Ca und Si in Diopsid bedurften keiner Korrektur. Alle anderen Meßergebnisse mußten nach L. S. BIRKS (1963), J. PHILIBERT (1963) und M. GREEN (1963) korrigiert werden, wobei die Korrekturfaktoren wegen der strukturellen und chemischen Ähnlichkeit von Probe und Standard relativ klein waren. Schwierig ist nur die Messung von Si und Al im Feldspat und im Glas, da sich die Intensität dieser Strahlungen mit der Meß- bzw. Brenndauer verändern. Diese Messungen erfolgten daher gegen entsprechend eingebrannte Meßpunkte am Standard oder bei geringerer Beschleunigungsspannung. Die Ausbeute für Ca verändert sich dabei kaum, so daß die Zusammensetzung der Plagioklase auf alle Fälle charakterisiert werden konnte.

Die Genauigkeit der Bestimmungen schwankt sehr mit dem vorliegenden Mineral, dessen Gehalt an dem zu messenden Element und mit dessen Korngröße. Sie dürfte für die einzelnen Elemente ungefähr wie folgt festzusetzen sein:

Gew.% FeO, CaO $\pm$ 0,2%
Gew.% SiO_2, Al_2O_3 $\pm$ 0,4%
Gew.% MgO $\pm$ 0,5%

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Da sämtliche Mineralanalysen durch Profilmessungen (Punktreihen mit 2 μ Punktabstand) gewonnen wurden, dürfte die Genauigkeit besser als oben angegeben sein. Gemessen wurde bei 20 oder 10 KV Beschleunigungsspannung und $0{,}2-0{,}3 \times 10^{-6}$ A Probestrom. Die Zählzeit betrug 2 Minuten.

Olivin

Der Olivin ist sehr verbreitet und tritt in den in Chondriten üblichen Formen auf. Je nach Chondrentyp, d. h., je nach der chemischen Zusammensetzung der Chondre und ihrer Abkühlungs- bzw. Kristallisationsgeschichte tritt der Olivin in verschiedener Ausbildung in Erscheinung. Als idiomorpher, kurz — bis langprismatischer Einsprengling in porphyrischen Chondren (vergl. Fig. 4, 5, 9, 10, 12a); subidiomorph bis xenomorph in kristallinen Chondren und plattig in den monosomatischen Olivinchondren. Im Durchlicht erscheint

Tabelle 2

Olivin		Gew. % FeO *)	% MgO	Mol. % Fa
Durchschnitt		22,4	39,8	24,0
Streubereich	von	21,9	41,0	23,1
	bis	22,6	38,2	24,9

der Olivin durch Einschlüsse von braunem bis dunkelbraunem Glas leicht bräunlich gefärbt. Dieses ist entweder in feinen Tröpfchen auf unregelmäßig gekrümmten Flächen verteilt oder in Form von schlauchartigen Gebilden orientiert oder unorientiert eingebaut. Die kleinen Glasteilchen sind isotrop; größere zeigen eine verschieden starke Entglasung. An sekundären Einschlüssen finden sich häufig die schon erwähnten Adern und Tröpfchen von Troilit (Vergl. Fig. 11, 17, 18).

Die Zusammensetzung des Olivins resp. dessen FeO-Gehalt (Tabelle 2)

a) ist in ein und demselben Korn bzw. innerhalb einer Chondre konstant;
b) schwankt im gesamten Bereich der 3 verwendeten Schliffe nur um maximal 0,7% FeO;
c) ist im hellen und dunklen Teil gleich.

Orthopyroxen

Der Bronzit ist ungefähr gleich häufig wie der Olivin und tritt wie dieser je nach Chondrentyp in verschiedenen Formen in Erscheinung. Je nach Kristallisationsgeschichte reichen die Erscheinungsformen von kurzprismatischen, idiomorphen bis subidiomorphen Einsprenglingen über subidiomorpher bis xenomorpher körniger bis zu langstengeliger und feinfaseriger Ausbildung. An primären Einschlüssen führt auch der Bronzit nur braunes bis dunkelbraunes Glas in feinen Tröpfchen und seltener in unregelmäßig begrenzten, schlauch-

*) Ges.-Fe auf FeO umgerechnet.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

artigen Gebilden (vgl. Fig. 8). Wie beim Olivin sind auch sekundäre Troilitadern und -tröpfchen häufig zu beobachten. Auch der FeO-Gehalt ist innerhalb von 0,6% konstant (Tabelle 3).

Klinobronzit

Klinobronzit findet sich besonders häufig in den mechanisch stark beanspruchten dunkelgrauen Partien. Er scheint daher durch Schockeinwirkung aus dem Orthopyroxen hervorgegangen zu sein. Von dieser Umwandlung werden jedoch nur die kurzprismatischen und körnigen Bronzite erfaßt. Diese zeigen dann polysynthetische Zwillinge nach (100) und ein $\hat{\gamma c}$ von ca. 24°. Der Chemismus entspricht dem des Orthopyroxens.

Tabelle 3

Orthopyroxen		% FeO	% MgO	% CaO	% Al_2O_2	Mol% $\frac{Fe}{Fe+Mg}$	Mol% Fs
Durchschnitt		13,4	27,6	0,70	0,19	21,4	21,1
Streubereich	von	12,9	28,4	0,42	0,00		
	bis	13,5	26,3	0,98	0,57		

Diopsid

Diopsid findet sich in subidiomorphen bis xenomorphen Kristallen in der Matrix einiger porphyrischen Chondren (Fig. 12). Außerdem bildet er zusammen mit Plagioklas die feinkörnige, verfilzte Matrix dieser Chondren und dürfte auch eine Komponente in den entglasten Gläsern sein. Der Chemismus schwankt; die Tab. 4 zeigt die gefundenen Werte.

Tabelle 4

Diopsid	% FeO	% MgO	%CaO	%Al_2O_2	% SiO_2	Summe
a	6,3	17,6	22,2	0,78	52,8	99,68
b	5,2	16,6	21,7	1,10	54,7	99,30
c Gew. %	4,5	17,0	23,0	0,35	55,5	100,35
d	4,1	17,2	22,7	0,80	54,3	99,10
e	4,2	17,1	22,8	0,42	53,6	98,12

Atom %	Fe	Mg	Ca	
a	9,5	47,5	43,0	100.0
b	8,3	47,2	44,4	99.9
c	7,0	47,1	45,9	100,0
d	6,4	48,0	45,6	100,0
e	6,6	47,7	45,7	100,0

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Plagioklas

Plagioklas bildet zusammen mit Ca-reichen Pyroxen ± Glas die Matrix der Chondren. Da die Korngröße meist unter 10 μ liegt, der Plagioklas nur als Zwickelfüller auftritt und in dieser Form innig mit Ca-reichen Pyroxen und einem Restglas granitischer Zusammensetzung vermengt ist, war eine optische Identifikation nicht möglich. Auch bei der Analyse mittels Mikrosonde konnten wohl etliche Einzeldaten, jedoch nur in zwei Fällen eine vollständige Analyse gewonnen werden. Diese zeigen, daß auch die Zusammensetzung der Plagioklase nicht konstant ist (Tabelle 5).

Tabelle 5

Plagioklas	Gew.% SiO_2	% Al_2O_3	% FeO	% MgO	% CaO	Summe	Mol% An
Vollst. Anal. 1	64,6	22,6	0,68	0,81	3,9	92,6	ca. 19
2	67,5	21,3	0,80	0,77	2,0	92,4	ca. 10
Streubereich von	58,2	24,2	0,45	0,53	5,7		ca. 29
d. Teilanalysen bis	67,5	20,2	0,92	0,98	1,7		ca. 9

„Glas"

Mit dem Plagioklas eng vergesellschaftet und von diesem durch hohe SiO_2-Werte (bis 72,0%) unterscheidbar, tritt in der Matrix fast sämtlicher Chondren Glas (wahrscheinlich sehr feinkörnig entglast) von ungefähr granitischer Zusammensetzung auf (SiO_2 um 70%; Al_2O_3: 10—20%; FeO: 1—3,5%; MgO: 1—3,5%; CaO: 1,3—2%). Wegen der Kleinheit der Partikel und der intimen Verwachsung mit Plagioklas und Ca-reichen Pyroxen konnten jedoch keine vollständigen Analysen erhalten werden.

Chromit

Chromit findet sich in den Dünnschliffen nur sehr selten. Er tritt als hochlichtbrechendes isotropes braunes Korn, unregelmäßig begrenzt in charakteristischen kleinen dunkelbraunen porphyrischen Chondren auf (Fig. 13). Dabei liegt der Chromit nicht wie die übrigen auftretenden Minerale in der Matrix der Chondre, sondern ist von einem pyroxenitischen Reaktionssaum umgeben. Eine chemische Überprüfung wäre wünschenswert, doch wurde bisher in den für die Mikrosondenmessung angefertigten Schliffen keine derartige Chondre angeschnitten.

Im Auflicht lassen sich drei Arten von Chromit unterscheiden:

1. Einzelindividuen,
2. Aggregierte Chromite,
3. „exsolution chromites".

Für die Einzelindividuen ist annähernd isometrische Kornform charakteristisch. Sofern Chromit direkt an Troilit oder Nickeleisen grenzt, zeigt er an

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

dieser Stelle idiomorphe Entwicklung, gegen die Silikate stets Xenomorphie (Fig. 14). Das häufige Durchschlagen von Adern und das Verkitten von Sprüngen an den Chromiten durch Troilit und Nickeleisen sind weitere Anhaltspunkte für ein Kristallisieren vor Troilit und Nickeleisen.

Aus aggregierten Chromiten gebildete Schlieren oder Linsen sind im dunklen Anteil verbreitet. Die Größe der einzelnen Individuen variiert, ihre Ausbildung entspricht dem Typ 1, doch ist Deformation am Einzelkorn hier nicht zu beobachten.

Feinstverteilte Chromitkörnchen finden sich gelegentlich in großen feinfaserigen Silikatchondren mit angedeuteter Regelung nach der Faserrichtung. Nach der Art ihres Auftretens sind sie zu den „exsolution chromites" zu stellen.

Ilmenit

Der Ilmenit liegt nur in wenigen, aber relativ großen Körnern im dunklen Anteil vor (Fig. 15). Deutlicher Pleochroismus, Zwillingslamellierung und xenomorphe Kornbegrenzungen sind charakteristisch. Einschlüsse opaker Phasen konnten an den beobachteten Individuen nicht festgestellt werden.

Nickeleisen

Nach der Form des Auftretens können
1. kompakte oder grobporige Einsprenglinge,
2. feinstverteilte Tröpfchen und
3. Adernfüllungen

unterschieden werden.

Die Einsprenglinge sind durchwegs xenomorph ausgebildet, liegen regellos, fleckig und fetzig angeordnet vor und enthalten an Einschlüssen Troilit, Chromit und Silikate. Nach Größe und Einschüssen variieren die Einsprenglinge je nach dem Bereich des Chondriten; die Durchschnittsgröße liegt im hellen Anteil höher. Bezüglich der Einschlüsse ist zu sagen, daß die Troilite größen- und mengenmäßig geringere Verbreitung haben als im dunklen Bereich. Etwa entgegengesetzt verhalten sich die Silikate. Bei starker Konzentration sind sie Ursache für die „grobporigen" Einsprenglinge. Die Einschlüsse unterliegen keinerlei Regelung.

Die Nickeleisentröpfchen sind überwiegend zu Schwärmen aggregiert, vor allem im dunklen Anteil, wo sie stärkere Verbreitung haben. Sie sind dort meist in der Nähe größerer Einsprenglinge oder Aderung anzutreffen. Im hellen Bereich ist die Anreicherung relativ lose; die Tröpfchen sind im Durchschnitt etwas größer und enthalten oft Einschlüsse von Troilit.

Aderung ist für den dunklen Anteil charakteristisch. Ihren Ausgang nimmt sie von größeren Einsprenglingen. Reine Nickeleisenaderung ist nur untergeordnet anzutreffen, da bei den meist breiter entwickelten Adern Troilit, manchmal auch Chromit hinzutreten. Orientierung von Adern liegt in feinfasrigen

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

und porphyrischen Silikatchondren vereinzelt vor. Die Aderscharen sind in diesem Fall parallel oder senkrecht zur Faserrichtung angeordnet.

Der Großteil des Nickeleisens entspricht relativ Ni-armen Taenit. Kamazit ist auf kleinere Bereiche der Einsprenglinge beschränkt und findet sich in der Nähe von Silikaten. Dem höheren Troilitgehalt des dunklen Anteils entsprechend liegt auch das Maximum für Taenit in diesem Bereich.

Troilit

Die Ausbildungsformen des Troilits entsprechen dem Nickeleisen.

Die Größe der Einsprenglinge ist in beiden Anteilen ungefähr gleich, liegt im Durchschnitt aber deutlich unter der des Nickeleisens. Die Körner sind noch stärker zerflasert und irregulär geformt; regelloses Verwachsen mit Nickeleisen, das über den Begriff „Einschluß" hinausgeht, ist vor allem im dunklen Anteil verbreitet. Hier finden sich auch bisweilen myrmekitähnliche Verwachsungen (Fig. 16). Größere Einsprenglinge sind durchwegs inhomogen und grobkörnig rekristallisiert.

An Einschlüssen sind Nickeleisen, Chromit und Silikate zu beobachten; vereinzelt tritt Chalkopyrrhotin dazu. Vergleiche von Nickeleisen als Einschluß im Troilit mit dem umgekehrten Fall unterstreichen die Ansicht Ramdohr's wonach der Troilit etwas jünger ist.

Zu Tröpfchenscharen aggregierte Troilite (Fig. 17) stehen mit der für den dunklen Anteil so charakteristischen Aderung in engster Verbindung und durchsetzen mit dieser den Chondriten. Im hellen Anteil sind die Tröpfchen etwas größer entwickelt, besonders in der Nähe von Einsprenglingen.

Die Aderung ist im Unterschied zum Nickeleisen feiner entwickelt und mit Ausnahme der genannten Chondren (Fig. 18) völlig regellos angeordnet. Die Verbreitung ist besonders im dunklen Anteil so stark, daß sie als eine Art von „Imprägnation" aufgefaßt werden kann, die aus starker Beanspruchung und Erwärmung des Meteoriten resultiert.

Chalkopyrrhotin

Als Einschluß in Troiliteinsprenglingen hat er im dunklen Anteil beschränkte Verbreitung.

Zur Genese

Aus den Erscheinungen, welche ein einzelner Meteorit zeigt, läßt sich keine Theorie zur Genese der Meteoriten ableiten. Es ist auch kein Bedarf darnach vorhanden. Um jedoch Steine in ein Mosaik einpassen zu können, ist es notwendig, einen Plan desselben — wenn auch nur in groben Umrissen zu besitzen. Daher läßt sich ein Minimum an Theorie nicht vermeiden.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Die Genese der Chondrite zerfällt in drei Abschnitte:

1. Die Entstehung der Chondren.
2. Die Entstehung des chondritischen Gesteines aus den Chondren.
3. Nachträgliche Veränderungen.

Je jünger das Ereignis ist, desto leichter bzw. sicherer läßt es sich rekonstruieren. Daher ist die Entstehung der Chondren im tiefsten Dunkel verborgen und wird es auch noch für einige Zeit bleiben. Der Ausbildung nach ist nur eine magmatische Entstehung möglich. Diese Ansicht vertreten auch die meisten Bearbeiter seit H. C. SORBY(1877). Entgegen den modernen Anschauungen — ausgelöst durch die Arbeiten von B. MASON (1963) und K. KEIL & K. FREDRIKSSON (1964) — zeigt die wechselnde Zusammensetzung von Diopsid und Plagioklas, und das Auftreten von SiO_2-reichem „Glas" in der Matrix, daß auch die gewöhnlichen Chondrite — trotz des konstanten FeO-Gehaltes von Olivin und Pyroxen — keine Gleichgewichts-Mineralassoziation darstellen. Eine detailierte Behandlung dieses Themas würde den Rahmen dieser Schrift sprengen und bleibt daher einer gesonderten Arbeit vorbehalten. Erwähnt soll jedoch werden, daß es sich bei der Bildung der Chondren der gewöhnlichen Chondrite um eine Kristallisation aus einer stark unterkühlten Schmelze handelt (Kristallisation im Subsolidus-Bereich).

Diese Chondren sedimentieren und bilden so die Chondrite. Dieser simple Vorgang würde jedoch gleichförmige Chondrite produzieren. Es genügt jedoch die Annahme einer Sedimentation bei höherer Temperatur — ähnlich dem Bildungsvorgang der Ignimbrite — um die große Vielfalt der Erscheinungsformen — von den reinen Chondrensedimenten bis zu den kristallinen Chondriten zu erklären. Je nach der Temperatur der Chondren bei der Sedimentation werden sie in verschiedneem Grade plastisch deformiert und miteinander verschweißt. Je höher das Verhältnis Kristalle/Matrix, desto stärker ist die Deformation. Die wenigen nichtdeformierten Chondren im Meteoriten von Lanzenkirchen zeigen ein niedriges Kristalle/Matrix-Verhältnis oder sie sind feinkörnig bzw. feinfaserig. Es fällt auch auf, daß fast nur die wenig- bis nichtdeformierten Chondren sich scharf von ihrer Umgebung abheben — also zumindest einen Rest einer Chondrenrinde besitzen. Diese müssen daher bei der Sedimentation kühler als ihre Nachbarn gewesen sein. Bei der Annahme einer nachträglichen Erwärmung (Thermometamorphose) ist nicht einzusehen, warum diese Chondren unverändert erhalten bleiben sollen. Trotzdem ist die Thermometamorphose im allgemeinen nicht auszuschließen und dürfte für die Bildung der fast vollständig rekristallisierten Chondrite verantwortlich sein. Eine weitere nachträgliche Veränderung ist häufig als mechanische Beanspruchung zu erkennen. Diese erzeugt Harnische, Adern und Risse. Der Meteorit von Lanzenkirchen zeigt solche Veränderungen im extremen Maße, wie es z. B. auch bei Chantonnay zu beobachten ist. Die Zerstörung der Silikate und die Mobilisation des Troilits auf kleinem Raum verlangt nicht nur eine extreme mechanische Beanspruchung, sondern auch kurzfristig eine erhöhte

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Temperatur. Beides zugleich läßt sich jedoch nur durch einen kurzfristigen, hochenergentische Bewegungsvorgang erreichen, also durch eine Schockwelle. Diese Erklärung für die Entstehung der brecciösen Steinmeteoriten, die Bildung der Adern und die Isotropisierung der Silikate in diesen wurde schon von K. Fredriksson (1963) im Gegensatz zu den älteren, rein thermischen Theorien vorgeschlagen. Im Meteoriten von Lanzenkirchen sprechen alle Erscheinungen für diese Erklärung:

1. Mit der Isotropisierung der Silikate ist immer eine mechanische Zerstörung der Chondren und Kristalle verbunden.
2. Die mechanische Beanspruchung und Aderung läßt sich auch in den im übrigen vollständig unveränderten hellen Knollen vielfach beobachten.
3. Starke Veränderungen bzw. Aufschmelzungen — besonders der niedrigschmelzenden Chondrenmatrizes — sind im weiteren Bereich der schwarzen Matrix und Adern nicht zu beobachten. Daher ist eine rein thermische Entstehung auszuschließen.
4. Die Bildung der Troilitadern und -tröpfchen kann nur durch ein schmelzflüssiges Eindringen des Troilits erklärt werden. Das konnte jedoch nur durch gleichzeitiges lokales Erwärmen des Eindringweges erfolgen, da dieser ansonsten durch den erstarrenden Troilit bald verstopft wäre. Auch diese Erscheinung läßt sich mit der Annahme von Schockwellen, welche die hohen Temperaturen an den Reibungszonen erzeugen können erklären.

Anhang

I. Chemische Analysen des Meteoriten von Lanzenkirchen (E. Dittler 1934).

	Dunkler Anteil	Heller Anteil
Fe	8,25	8,06
Ni	1,03	1,18
Co	0,05	0,07
Fe	3,64	3,00
S	2,08	1,72
SiO_2	40,70	38,99
TiO_2	0,04	0,11
Al_2O_3	2,81	5,79
Cr_2O_3	0,82	0,04
Fe_2O_3	0,16	0,02
FeO	12,89	12,16
MnO	0,09	0,05
MgO	23,47	24,26
CaO	1,24	2,10
K_2O	0,51	0,15
Na_2O	2,50	2,09
P_2O_5	0,05	0,18
Cl	0,049	0,02
H_2O^-	0,08	0,03
H_2O^+	0,00	0,00
Summe	100,21	100,46

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

II. Al^{26} Aktivität im Meteoriten von Lanzenkirchen (B. ALDER 1964).

Die mit Hilfe der $\gamma-\gamma$-Koinzidenz-Technik bestimmte spezifische Positronenaktivität beträgt 65 dpm/kg bei einem relativen Fehler von 15%.

Literatur

ALDER, B., (1964): Messung von kleinen spezifischen Al^{26}-Aktivitäten insbesondere in Steinmeteoriten. Lizentiatsarbeit am Physikal. Inst., Bern 1964.

BIRKS, L. S., (1963): Electron probe microanalysis .J. Wiley & Sons, Interscience, N. Y., London.

CHUDOBA, K., (1925): Zum Meteorsteinfall und -fund in Lanzenkirchen (Niederösterreich). Centralbl. Min., Geol. Pal., Abt. A, 1925,373—375.

DITTLER, E., (1926): Die chemische Zusammensetzung des Meteorits von Lanzenkirchen. Mitt. Wiener Min. Ges. 88, 26—30.

— (1934): Über den Chemismus des Steinmeteoriten von Lanzenkirchen in Niederösterreich. Chemie d. Erde 9, 126—138.

FREDRIKSSON, K., DE CARLI, P. S. & AARAMÄE, A., (1963): Shock-induced veins in chondrites. Space Research III, pp. 974. Proc. of the Third Internat. Space Science Symp. Washington 1962; herausg. von W. PRIESTER, North Holland Publishing Co., Amsterdam.

GREEN, M., (1963): The target absorption correction in x-ray microanalysis; in X-ray optics and x-ray microanalysis; III. Internat. Symp. Stanford Univ., Stanford, Calif. 1962; Academ. Press, N. Y., London, 361—377.

KEIL, K. (1962): Quantitativ-erzmikroskopische Integratiosnanalyse der Chondrite (Zur Frage des mittleren Verhältnisses von Nickeleisen-: Troilit-: Chromit-: Silikatanteil in den Chondriten). Chemie d. Erde 22, 281—348.

KEIL, K. & FREDRIKSSON, K., (1964): The iron, magnesium, and calcium distribution in coexisting olivines and rhombic pyroxenes of chondrites. J. Geophys. Res. 69, 3487—3515.

MASON, B., (1963): Olivine composition in chondrites. Geochim. Cosmochim. Acta 27, 1011—1024.

MICHEL, H., (1925a): Der Meteorsteinfall von Lanzenkirchen in Niederösterreich. Ann. Naturh. Mus. Wien, 39, 1—4.

— (1925b): Meteorsteinfall und -fund bei Lanzenkirchen. Anz. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl. 1925, Nr. 18, p. 174.

— (1926): Der Meteorstein von Lanzenkirchen und seine Stellung im System der Meteoriten. Mitt. Wiener Min. Ges. 88, 16—19.

— (1927): Meteoritenfall bei Lanzenkirchen, Niederösterreich. Tschermaks Min.-petr. Mitt. 37, 103.

PHILIBERT, J., (1963): A method for calculating the absorption correction in electron probe microanalysis. In: X-ray optics and x-ray microanalysis; III. Internat. Symp. Stanford Univ., Stanford, Calif. 1962; Acad. Press, N. Y., London 1963, 379—392.

RAMDOHR, P., (1963): The opaque minerals in stony meteorites. J. Geophys. Res. 68, 2011—2036.

SORBY, H. C., (1877): On the structure and origin of meteorites. Nature 15, 495—598.

TSUBOI, S., (1923): Optical dispersion of three intermediate plagioclases. Min. Mag. 20, p. 93.

UREY, H. C. & CRAIG, H., (1953): The composition of the stone meteorites and the origin of meteorites. Geochim. Cosmochim. Acta 4, 36—82.

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

WAHL, W., (1950): A check on some previously reported analyses of stony meteorites with exceptional high content of salic constituents. Geochim. Cosmochim. Acta 1, 28—32.

— (1952): The brecciated stony meteorites and meteorites containing foreign fragments. Geochim. Cosmochim. Acta 2, 91—117.

WEINMEISTER, E., (1933): Der Meteoritenfall von Lanzenkirchen bei Wiener-Neustadt. Ann. Naturh. Mus. Wien, 46, 117—146.

Tafelerklärungen

Tafel 1

Fig. 1: Kleines Stück (ca. 2 kg) des Meteoritenfalles von Lanzenkirchen. Der Anschnitt zeigt den brecciösen Charakter. Dunkelgraue Bruchstücke liegen in schwarzer Matrix. In den größeren Bruchstücken sind deutlich die chondritischen Knollen erkennbar. Größter Durchmesser des Anschnittes: 11 cm.

Fig. 2: Großes Stück (ca. 5 kg) des Meteoritenfalles von Lanzenkirchen. Größter Durchmesser: 18 cm.

Tafel 2

Fig. 3: Grob- und mittelkörnige, stark deformierte Olivin-Pyroxen-Chondren. Vergrößerung: 100×.

Fig. 4: Porphyrische Olivinchondre. Die Olivinkristalle liegen in einer feinkörnigen, dunkelbraunen Matrix. Die großen Kristalle sind zerdrückt und von Troilitadern durchzogen. Vergrößerung 200×.

Tafel 3

Fig. 5: Porphyrische Olivinchondre. Einige größere Kristalle sind von Troilitadern durchsetzt. Vergrößerung: 100×.

Fig. 6: Deformierte grobkristalline Pyroxenchondre. Vergrößerung: 100×.

Tafel 4

Fig. 7: Große feinfaserige Pyroxenchondre. Vergrößerung: 70×.

Fig. 8: Großer Bronzitkristall mit glasigen Einschlüssen. Möglicherweise handelt es sich hier um eine Einkristallchondre. Vergrößerung: 100×.

Tafel 5

Fig. 9: a: Eine porphyrische Olivinchondre wird von einer schwarzen Ader getroffen und teilt diese. Vergrößerung: 100×.

b: Dasselbe bei x Nicols. Die Silikate innerhalb der Ader (links) sind meist isotropisiert. Andere, besonders 2 große Olivinkristalle (links oben und Bildmitte) wurden — bei unverändertem Aussehen unter II Nicols — stark verändert. Die Kristalle in der Chondrenmitte sind, wie der Großteil der Matrix, unverändert.

Tafel 6

Fig. 10: Chondren- und Kristallbruchstücke in schwarzer, undurchsichtiger Matrix (dunkelgrauer Teil). Vergrößerung: 100×.

Fig. 11: a: Positive Elektronenabsorbtionaufnahme; Bildausschnitt ca. 300×300 μ; Olivin (dunkelgrau)- und Pyroxenkristalle (hellgrau), welche in feinkörniger

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

Diopsid- (hellgrau) und Plagioklasmatrix (weiß) liegen, sind von Troilitadern (schwarz) durchzogen.

b: Ausschnitt aus a. Bildfläche ca. 80 × 80 μ.

c: Fe- (obere Kuve) und S-Verteilung entlang der Spur in b.

Tafel 7

Fig. 12: a: Positive Elektronenabsorbtion; Bildfläche ca. 300 × 300 μ; Porphyrische Olivinchondre; dunkelgrau: Olivin; Grau: Diopsid; hellgrau: Plagioklas bzw. Glas.

b: Ausschnitt aus a (ca. 165 × 165 μ).

c: Ca-Verteilung in b.

Tafel 8

Fig. 13: Chromit-Olivin-Pyroxenchondre. In der dunkelbraunen, feinkörnigen Matrix liegen zwei Olivin-Skelette; am Rande ein xenomorphes Chromitkorn in heller Orthopyroxenmatrix. Vergrößerung: 230 ×.

Fig. 14: Idiomorpher Chromit (grau) gegen Nickeleisen (weiß); Silikate schwarz. Vergrößerung: 150 ×.

Tafel 9

Fig. 15: Ilmenit (hell- bis mittelgrau), Nickeleisen (weiß), Silikate (schwarz). Vergrößerung: 150 ×.

Fig. 16: Myrmekitähnliche Verwachsungen von Troilit (grau) und Nickeleisen (weiß); Silikate schwarz. Vergrößerung: 150 ×.

Tafel 10

Fig. 17: Tröpfchenscharen und Aderung von Troilit und Nickeleisen. Vereinzelte Chromitkörner (grau). Vergrößerung: 150 ×.

Fig. 18: Orientierung von Aderung innerhalb einer Olivinchondre. Die Matrix zwischen den plattigen Olivinkristallen ist frei von Adern. Vergrößerung: 150 ×.

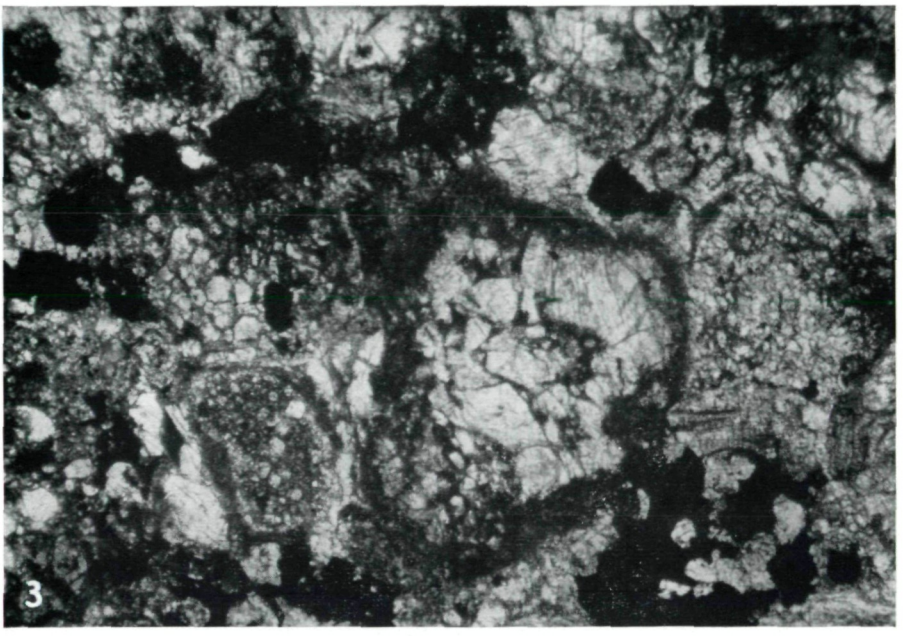
©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

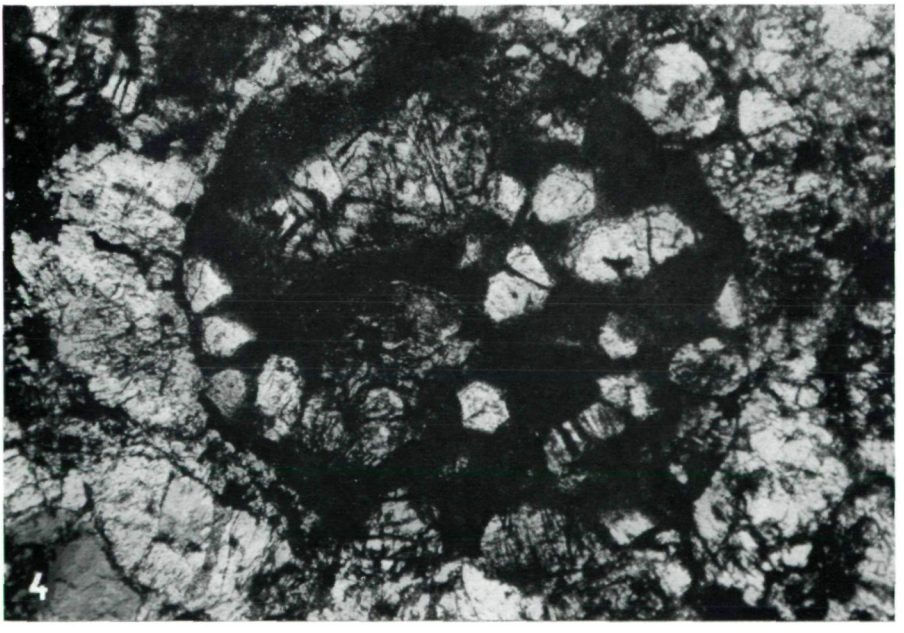
1

2

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

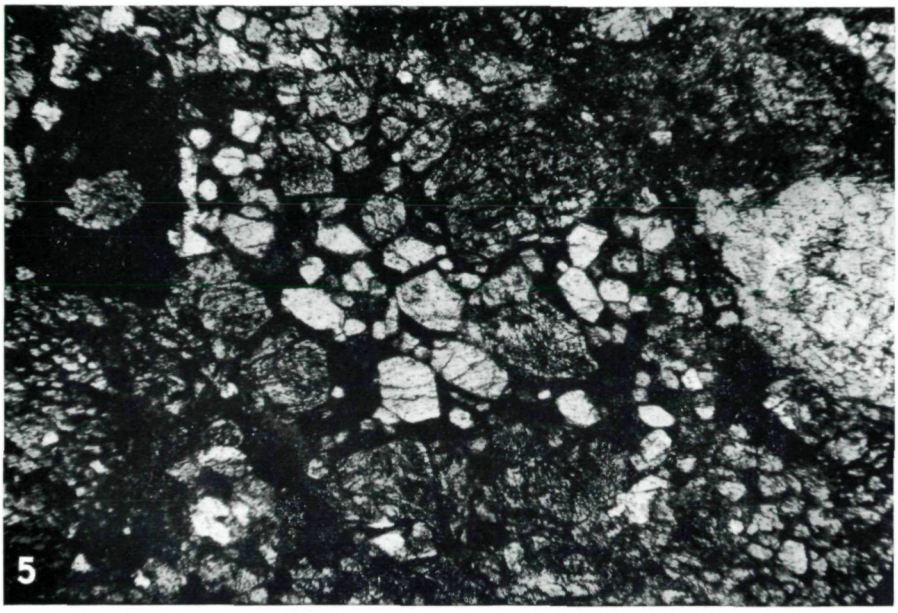
©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

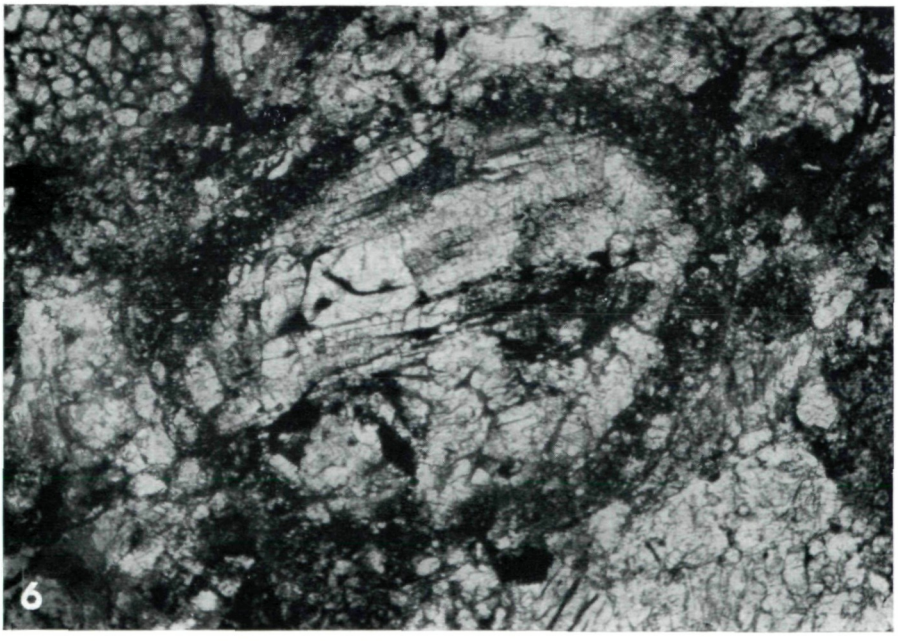




©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

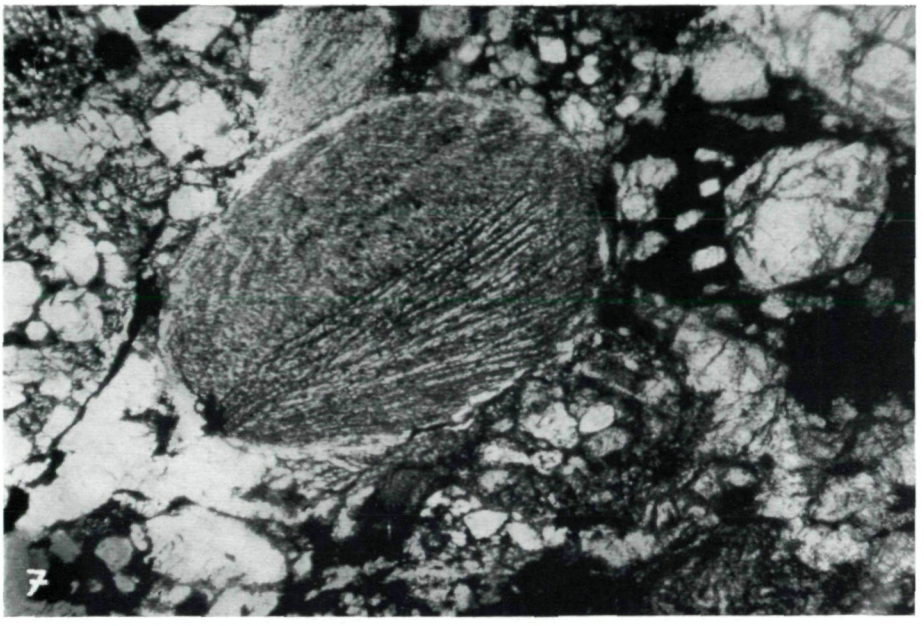
©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

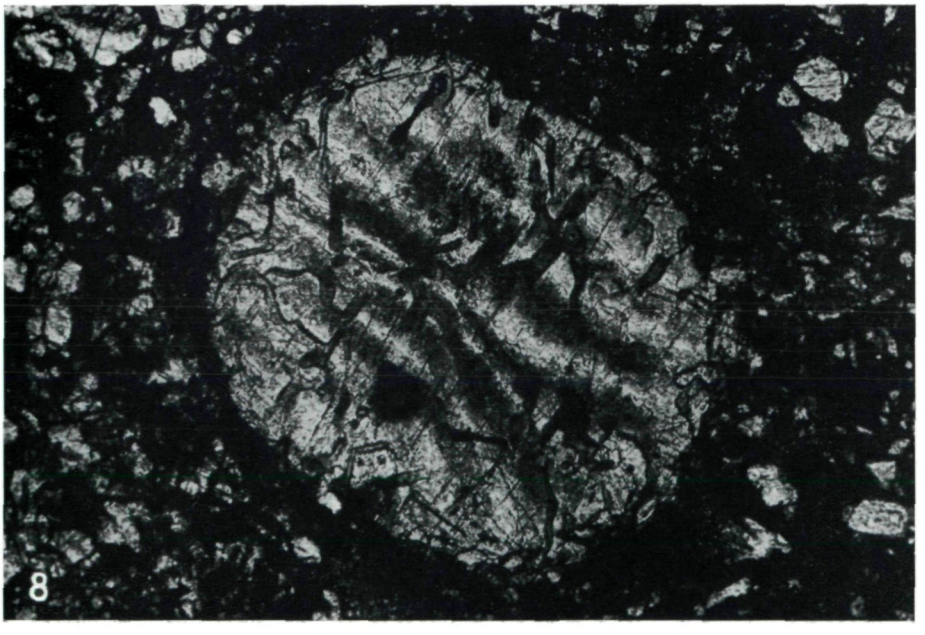




©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

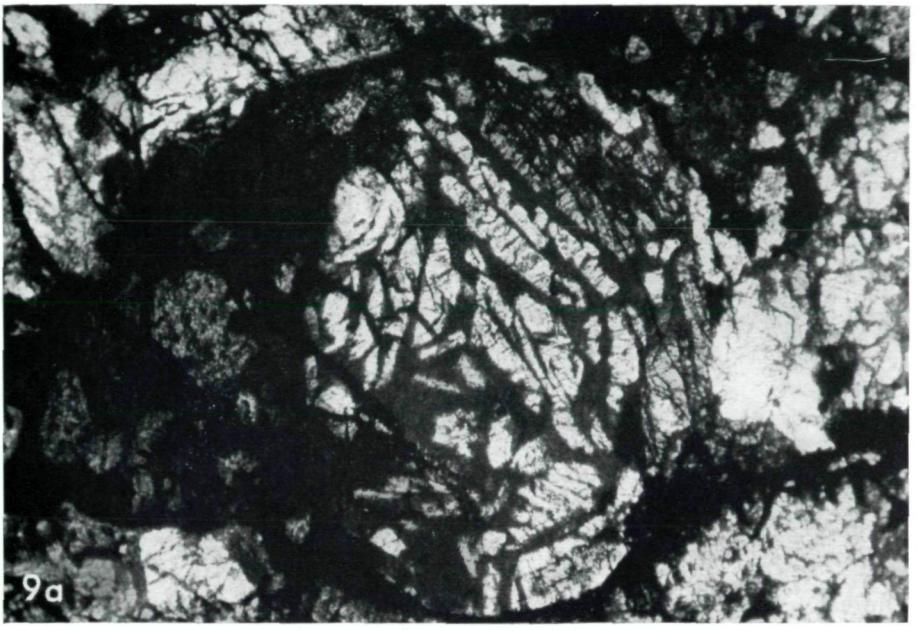
©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

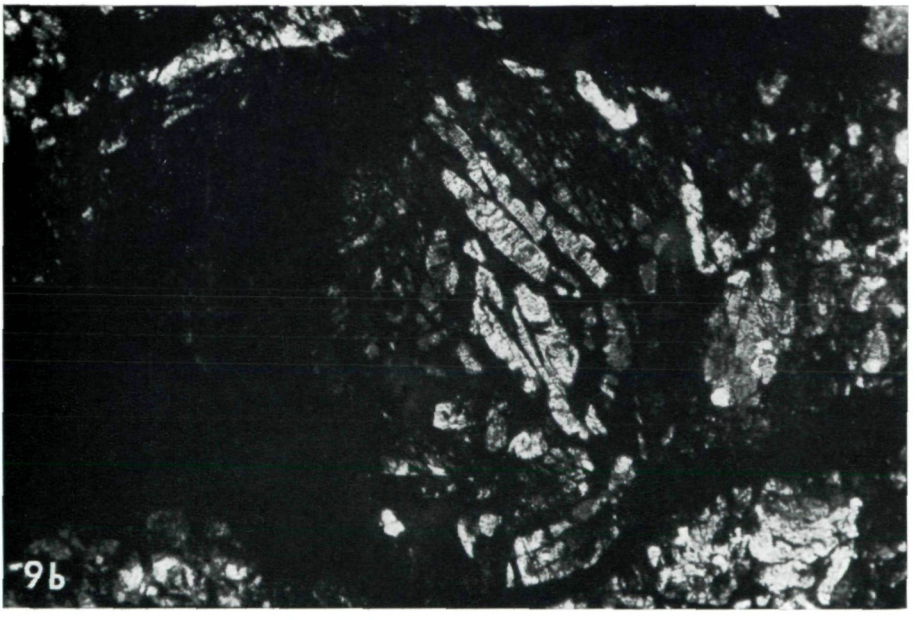




©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

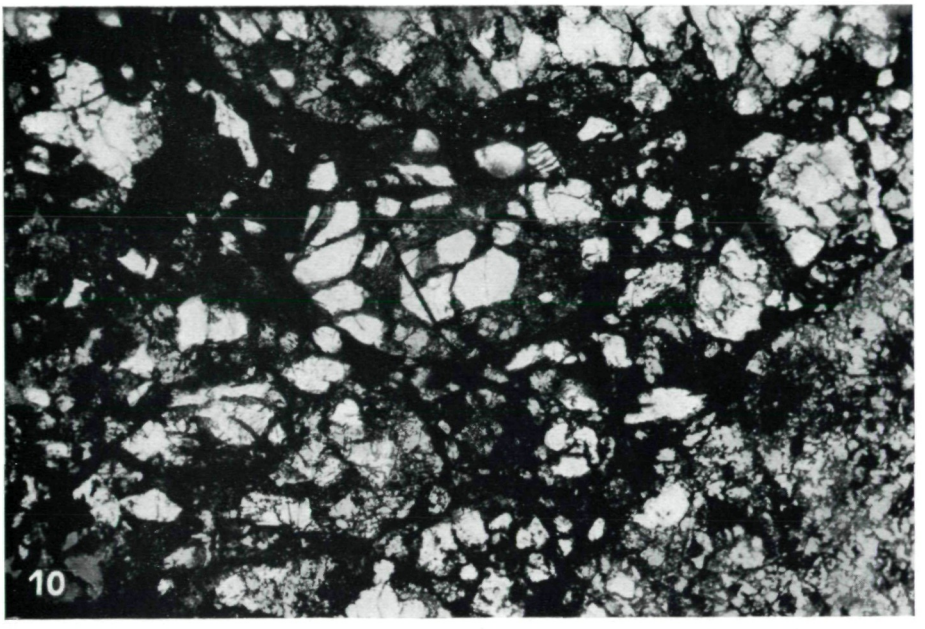
©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

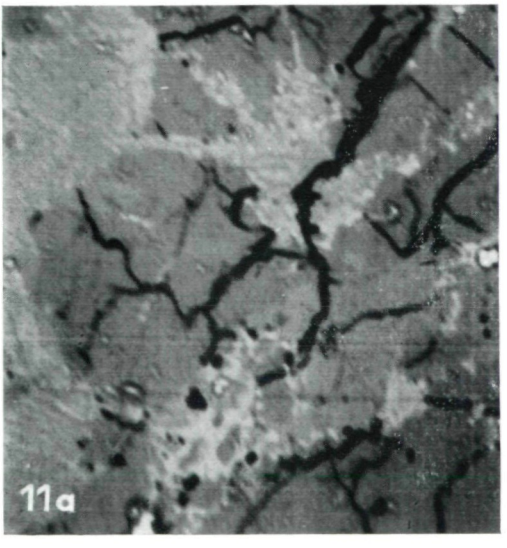


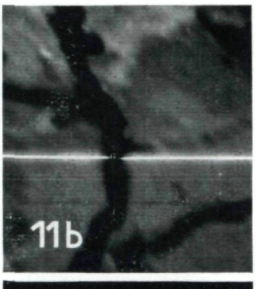


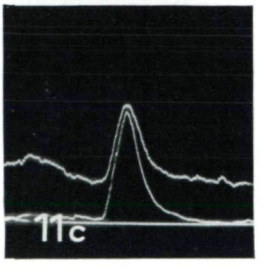
©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at



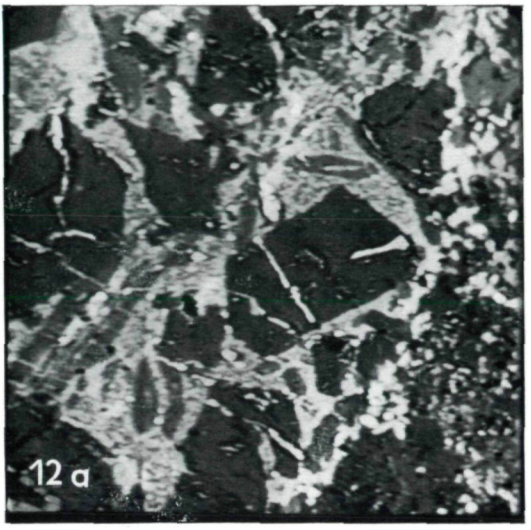


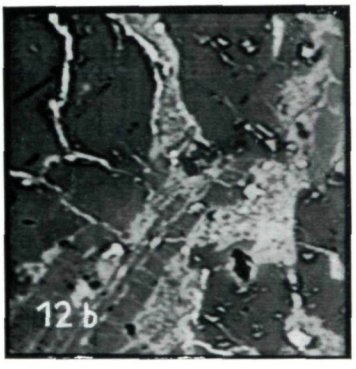


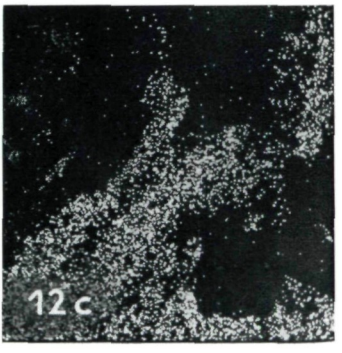


©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

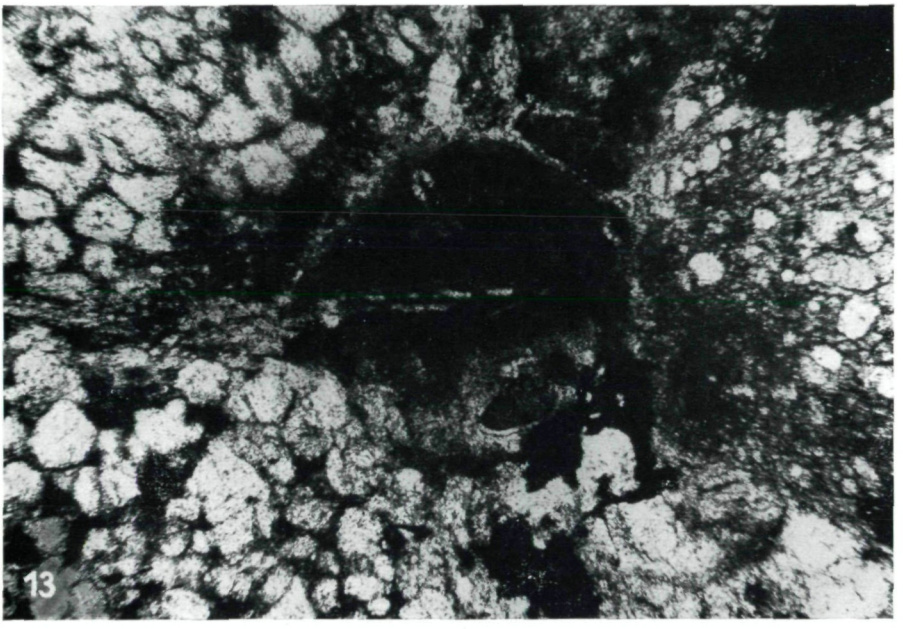


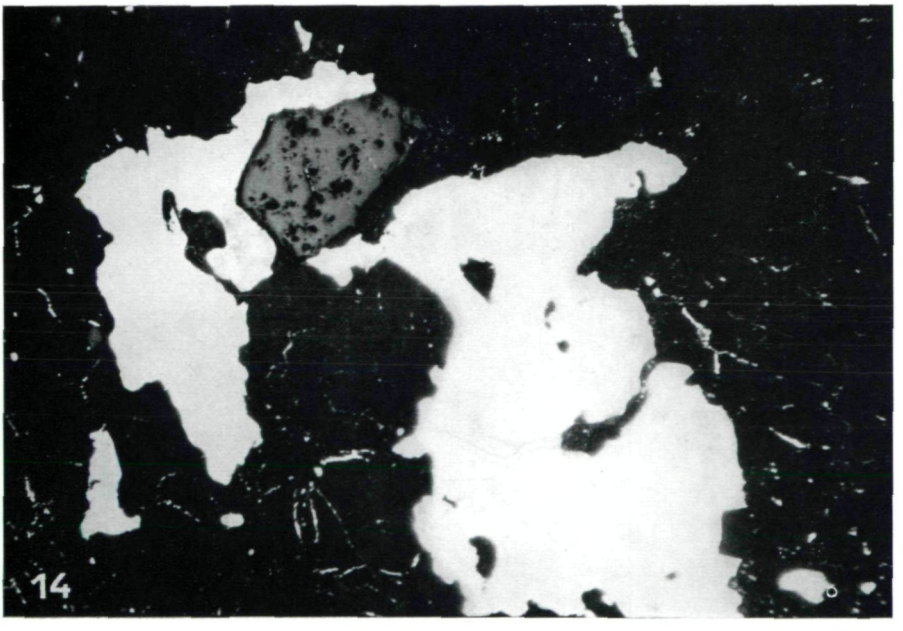




©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

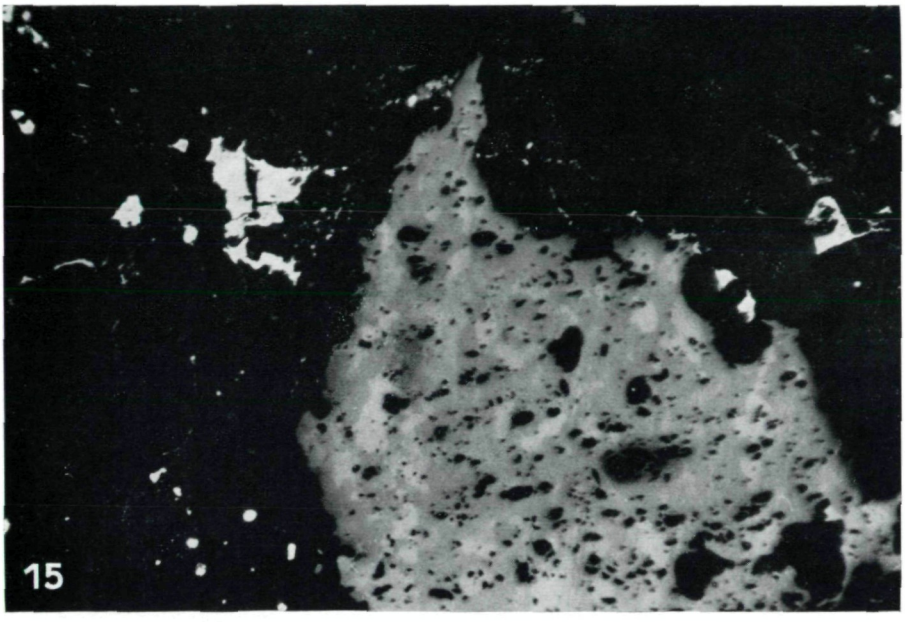
©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

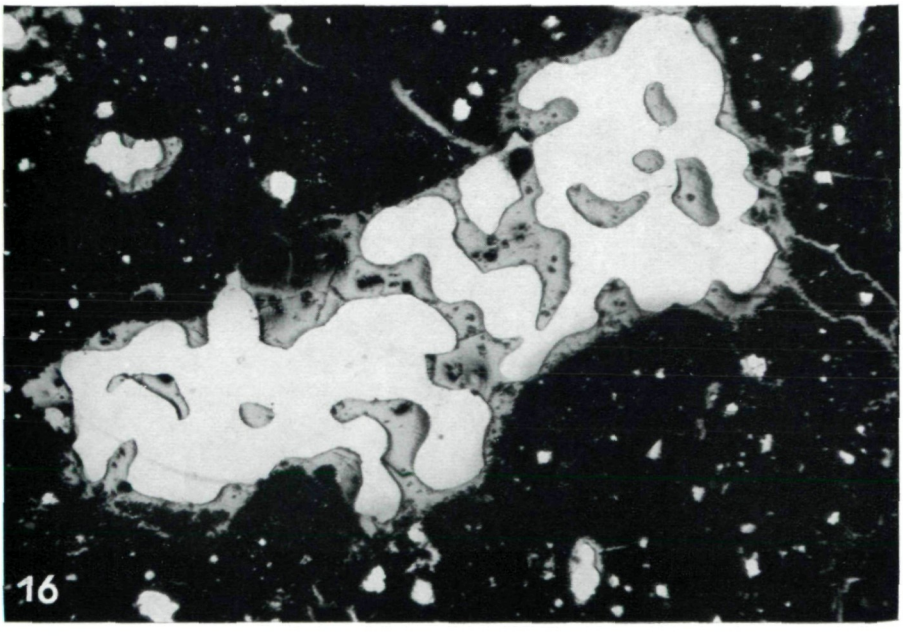




©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

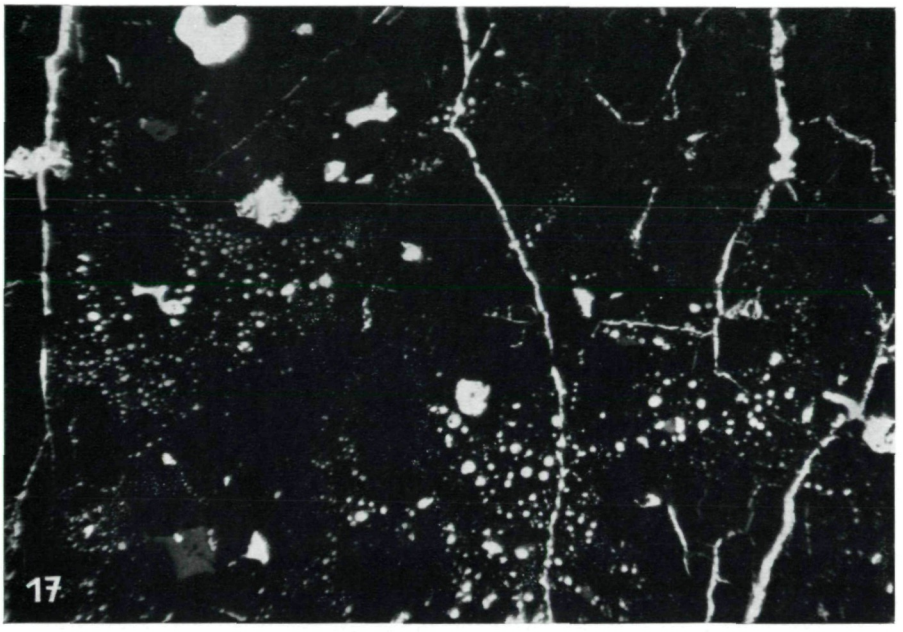
©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at





©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturhistorisches Museum Wien, download unter www.biologiezentrum.at



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien

Jahr/Year: 1965

Band/Volume: 68

Autor(en)/Author(s): Kurat Gero, Kurzweil Hans

Artikel/Article: Der Meteorit von Lanzenkirchen. (Tafel 1-10) 9-24