METEORITENSTUDIEN III.

ZUR FRAGE DER BILDUNGSWEISE EUTROPISCHER GEMENGE

VON

DR. ARISTIDES BREZINA.

Mit 2 Tafeln.

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 19. OKTOBER 1905.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wenn ein Magma oder eine Lösung erstarrt, verfestigt sich beim Erreichen des eutektischen Punktes die ganze noch flüssige Masse mit einem Male. Dieser Vorgang ist in Bezug auf die entstehenden Strukturen vorzugsweise auf dem Gebiete der künstlichen Metallegierungen untersucht worden.

Bei diesen Prozessen wurden zumeist sehr feinkörnige Strukturen erzielt, was einerseits den Anforderungen der Technik entspricht, andrerseits der Raschheit zuzuschreiben ist, mit der sich diese Vorgänge gewöhnlich abspielen.

Erst in neuerer Zeit ist es gelungen,[1] durch langsames Erkaltenlassen oder durch nachheriges Wiedererhitzen von Stahl und Eisen Strukturen zu erzielen, welche ein gröberes Gefüge hatten und die eutektischen Gemenge nicht regellos, sondern einheitlich orientiert zeigten und dadurch Ähnlichkeit mit dem Gefüge der Meteoreisen darboten.

Für die Frage nach der Bildungsweise eutektischer Gemenge bieten die Eisenmeteoriten ein ausgezeichnetes Beobachtungsgebiet dar, da sie wegen der vermutlich langen Dauer ihrer Erstarrungs-, beziehungsweise Umlagerungsvorgänge eine auf großen Raumstrecken gleichbleibende und dabei grobkörnige Struktur zeigen, die schon mit freiem Auge viele Einzelheiten erkennen läßt.

Daß bei diesen Körpern ausgebreitete Vorgänge eutektischer Erstarrung Platz greifen, ist schon seit längerer Zeit wahrscheinlich geworden. Im Jahre 1896 veröffentlichte ich[2] eine Beobachtung an dem Pallasit von Arizona, wonach im Widerspruche mit der Reichenbach'schen Anschauung der Taenit zwar gegen den Kamacit, nicht aber gegen das Fülleisen scharf abschneidet. Im Jahre 1900 fand Cohen,[3] daß das Eisen von Bethanien in einzelnen Teilen eine mikropegmatitische Struktur besitze. In den letzten zwei Jahren sind ähnliche Beobachtungen von Borgström[4] am Pallasit von Marjalahti, von Osmond und Cartaud[5] an La Caille und De Sotoville, von Tassin[6] an Mount

[1] Osmond F., La Cristallographie du fer. Annales des mines. 9, 17, 110 bis 165, pl. III, Fig. 24, 25, 31 bis 36, 1900.

[2] Brezina A., Die Meteoritensammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums. Ann. naturh. Hofmus. 10, 264, 1896.

[3] Cohen E., The Meteoric Iron from Bethany. Ann. South afric. Mus. 2, 27, 1900.

[4] Borgström Leon. H., Die Meteoriten von Hvittis und Marjalahti. Dissert. Helsingfors. p. 58 bis 60, 1903.

[5] Osmond F. et Cartaud G., Sur les fers météoriques. Compt. rend. 137, 1057 bis 1059, 1903. Der gleichnamige Aufsatz in Revue de métallurgie, Mémoires 1904, p. 69, war mir nicht zugänglich.

[6] Tassin Wirt, The Mount Vernon Meteorite. Proc U. S. Nat. Museum 28, 215, 1905.

Vernon, von Moissan und Osmond[1] an Canon Diablo und von Rinne[2] an Toluca gemacht worden; alle diese Forscher sind zu dem übereinstimmenden Ergebnis gelangt, daß der Plessit (das Fülleisen) ein eutektisches Gemenge von Kamacit (Balkeneisen) und Taenit (Bandeisen) sei.

Rinne hat in der letztgenannten Arbeit vorgeschlagen, den Namen eutektisches Gemenge auf Erstarrungen aus dem Schmelzflusse oder der flüssigen Lösung zu beschränken, hingegen bei Rückverfestigungen von erweichten, aber festen Massen (bei dem sogenannten »Umstehen«) die Ausdrücke eutropisches Gemenge, eutropischer Punkt anzuwenden.

Ich habe in der letzten Zeit eine große Zahl von Eisenmeteoriten mikrographisch im senkrecht einfallenden, reflektierten Lichte[3] untersucht; hiebei wurde eine Reihe von Erscheinungen beobachtet, welche den Vorgang der eutropischen Erstarrung beleuchten.

Die Bildung eines sehr feinkörnigen Fülleisens ohne erkennbare Orientierung, wie sie insbesondere an Oktaedriten häufig beobachtet wird, zeigt eine Aufnahme des Eisens von Carlton, gefunden 1887, Oktaedrit mit feinsten Lamellen, Fig. 1, bei 45facher Vergrößerung. Die im Bilde 7 bis 10 *mm* dicken Hauptbalken, sowie die 1·5 bis 5 *mm* dicken Kamacite der Wiederholungslamellen sind von einer scharfabschneidenden Ausscheidung von 0·5 bis 1 *mm* dick erscheinendem Bandeisen gefolgt; das große dreieckige Feld inmitten des Bildes sowie ein nur teilweise sichtbares Feld am linken unteren Rande lassen unmittelbar am Taenit zunächst eine Ausscheidung von sehr feinkörnigem lichten Plessit, dann eine innere Schichte von sehr dichtem, dunklem Plessit erkennen. Hier ist von einer kristallinen Entschmelzung nichts wahrzunehmen. Da diese fein magmatische Struktur des Plessit bei den oktaedrischen Eisen die Regel ist, während bei den Pallasiten viel häufiger eine kristallin orientierte Füllmasse gefunden wird, scheint sich die Erstarrung der rein metallischen Eisen rascher vollzogen zu haben als die der Pallasite. Es dürfte dies mit der besseren Wärmeleitungsfähigkeit ersterer zusammenhängen. Damit steht in Übereinstimmung, daß die Dicke des reinen, plessitfreien Taenits — trotz großer individueller Schwankungen — von den Pallasiten zu den feinsten und den feinen Oktaedriten abnimmt. Ich fand diese Dicke für

Pallasite im Mittel	34 μ
Feinste Oktaedrite im Mittel	29 »
Feine Oktaedrite im Mittel	20 »

Ein breccienähnlicher Oktaedrit der Zacatecasgruppe, gefunden 1855 zu Barranca Blanca, ergab in 41facher Vergrößerung, Fig. 2, eine stark kristalline Entschmelzung. Links und rechts unten sind helle Kamacitpartien mit ausgesprochener Abkörnung zu sehen; dazwischen schiebt sich keilförmig ein Feld, dessen Taenitbegrenzung scharf gegen den Kamacit abschneidet; der reine Taenit erscheint im Bilde 0·5 *mm* dick; er geht zunächst in einen mitteldichten Plessit über, in welchem eine kristalline Entschmelzung von einheitlicher Orientierung der Kristallspitzen entsteht; diese Kristallbildung hat eine ausgesprochen zentripetale Richtung, bleibt längs des Randes dicht und entsendet dichte Ausläufer gegen die Feldmitte; im Inneren dieses dunklen Kranzes wird die Plessitbildung wieder lichter.

Der Pallasit von Imilac, gefunden 1800, Fig. 3, in 22facher Vergrößerung, zeigt eine Fülle verschiedenartiger Erscheinungen; der eiförmige helle Körper links oben sowie der größte Teil der rechten Bildseite sind Kamacit, welcher dem nicht im Bilde sichtbaren Olivin anliegt; die etwas verdunkelte Kamacitpartie, welche von rechts nach unten zieht, gehört einer Veränderungszone an, deren Entstehung der Erhitzung in der Erdatmosphäre zuzuschreiben ist. Die etwas porösen, wurmförmigen Gebilde, nahe der Grenze von Kamacit gegen das feine Taenitband, sind Schreibersitkristalle. Der schmale, im Bilde 0·6 bis 7 *mm* dick erscheinende reine Taenitstreifen ist gegen den Kamacit durch eine (zuerst von

[1] Moissan H. et Osmond F., Etude micrographique de la météorite de Cañon Diablo. Compt. rend. 140, 71 bis 75, 1905.

[2] Rinne F., Physikalisch-chemische Betrachtungen über technisches und meteoritisches Eisen. N. Jahrb. 1905, 1, 122 bis 158.

[3] Die von den Metallographen angewendete Methode, zwischen Objektiv und Okular eine unter 45° zur Mikroskopaxe geneigte Planparallelplatte einzuschalten, ist zuerst (1872) von v. Lang bei der Vergleichung von Metallmaßstäben benützt worden; V. v. Lang, Über die Genauigkeit der Tiefenmessung im Mikroskop, Anz. Akad. Wien, 1872, Nr. 28 und Carl, Repertor. 9, 63, 1873.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Borgström an Marjalahti beobachtete) doppelte Zone geschieden, deren Natur noch nicht völlig aufgeklärt ist. Innerhalb des vom Taenit eingeschlossenen Feldes sieht man zuerst eine ganz dichte, dunkle, feinkörnige Plessitabscheidung; gegen das Innere zu ist der Plessit orientiert in hellere und dunklere Streifen gesondert, eine Erscheinungsform, die ich in früheren Arbeiten als Halbschattenlamellen bezeichnet habe.

Ganz eigenartig ist der Pallasit von Eagle, gefunden 1880, den ich[1] früher der Rokickygruppe zugeteilt hatte, der aber nach der Beschaffenheit der Felderfüllung als selbständige Gruppe abgesondert werden muß. In Fig. 4 in 50facher Vergrößerung ist ein Feld dargestellt, in das zwei Partien von Wickelkamacit, oben und links, hineinragen. Derselbe ist, den hier nicht sichtbaren polyedrischen Olivinkristallen folgend, gegen das Feld ebenfalls polyedrisch abgegrenzt, was mit seiner geringen Mächtigkeit zusammenhängt. An den Kamacit schließt sich in scharfer Abgrenzung eine Taenitausscheidung, die jedoch bald und in allmählicher Weise vom eutropischen Gemenge gefolgt wird; das letztere trägt durchwegs den Charakter der Halbschattenlamellen.

Charakteristisch für die Eaglegruppe und die nahe verwandte Albachergruppe ist der Umstand, daß die größeren Felder häufig aus verschieden orientierten Teilen bestehen, die offenbar von verschiedenen Stellen der Feldwand als Nucleus ihren Kristallisationsimpuls empfiengen; die Erstarrung schritt gegen das Innere des Feldes fort und die heterokinen Partien grenzten sich gegeneinander durch eine gerade Scheidewand ab. Für Albacher Mühle haben Cohen und ich diese Erscheinung im Atlas der Eisenmeteoriten Tafel VI, Fig. 6, abgebildet.

Ein Pallasit aus der ehemals Hans Schulze'schen Sammlung mit der Fundortsangabe Mexico, bekannt seit 1893, wurde neuerlich als zur Eaglegruppe gehörig erkannt; er zeigt dieselbe Art der Feldfüllung aus halbschattierten Plessitausscheidungen, während der sonstige Aufbau sich den Krasnojarsk-Rokicky- und Imilacgruppen anschließt. Figur 5, in 23facher Vergrößerung, zeigt den hellen, von Schraffen (und zufälligen Schleifkritzen) bedeckten Wickelkamacit mit einem von ihm eingehüllten Olivin; nahe der Grenze des Kamacit gegen den Taenit treten wurmförmige und ebenflächige Schreibersitindividuen auf; nach einer scharfen Abgrenzung folgt reiner Taenit als dünne Schichte, dann der orientierte Plessit; inmitten des Feldes ist eine Wiederholungslamelle von stark abgekörntem Kamacit mit Taenitanlagerung zu sehen.

Eine andere Form der Ablagerung des eutropischen Gemenges stellen die seinerzeit von mir[2] beschriebenen Zentralskelettchen dar. In vielen Oktaedriten und ausnahmsweise auch in einem Pallasit zeigen einzelne oder die meisten Felder inmitten des Plessits feine, orientierte Skelettchen aus Wiederholungslamellen, die mit den Feldrändern entweder in keiner sichtbaren oder in einer sehr spärlichen Berührung stehen. Ein ausgezeichnetes Beispiel bietet der Pallasit von Alten, Finmarken, gefunden 1892, der der Krasnojarskgruppe angehört. Die Erscheinung wird hier noch dadurch auffallender, daß diese Zentralskelettchen nicht blos aus oktaedrischen Balken bestehen, sondern aus oktaedrischen und dodekaedrischen Teilen. Fig. 6 zeigt in 22facher Vergrößerung ein solches Feld. Links und rechts sind von unten in die Bildfläche heraufragende, anscheinend isolierte Wickelkamacite zu sehen, welche scharf von den anliegenden Taenitausscheidungen getrennt sind; der Taenit zeigt in seiner halben Breite eine ganz zarte Plessitschichte, sodann gegen das Feld zu eine zweite, lockere Plessitlage von etwas geringerer Dicke als der des Taenit besitzt, dann folgt ein größeres Gebiet von ganz dichtem, dunklem, feinkörnigem Plessit und schließlich eine hellere Plessitmasse von gröberem Korn mit zarter Halbschattenorientierung, die die Zentralskelettchen in sich schließt. Letztere bestehen aus sehr stark abgekörntem Kamacit mit einfacher Taenitanlagerung. Die aufrechten Balken sind Dodekaederflächen parallel, während die nach oben und unten angesetzten Flügel nach Oktaederflächen gerichtet sind. An die großen Kamacite schließen unten kleine Schreibersitkolonien.

---

[1] Brezina a. a. O., p. 265.

[2] Brezina, a. a. O., p. 266, 267, 270.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Bevor ich an die Diskussion dieser Erscheinungen gehe, will ich noch die Veränderungen vorführen, welche das Plessitgefüge durch Hitze und Druck während der kosmischen Bahn der Meteoriten erleiden.

Cohen und ich[1] haben die Veränderung von oktaedrischen und hexaedrischen Eisen in der Richtung gegen das Gefüge der Ataxite als Wirkung von Druck und Hitze beschrieben und Berwerth[2] hat die Spuren solcher Veränderungen an einer großen Reihe von dichten Eisen beobachtet.

Druckwirkung ohne thermische Veränderung zeigt eine Partie des schon erwähnten Pallasit von Mexico, Fig. 7, in 22facher Vergrößerung. Durch den hell erscheinenden Kamacit geht von links unten nach rechts oben eine Verwerfung, welche die sehr scharfen, geraden Schraffen nur an der Verwerfungslinie wellig biegt, ohne sie oder den Plessit anderweitig zu stören.

Unter schwachen Hitzewirkungen wird zunächst das Plessitgefüge nicht merklich ergriffen. Fig. 8 zeigt in 19facher Vergrößerung eine Partie des Eisens von Cuernavaca, gefunden vor 1884, eines Oktaedrits mit feinen Lamellen. Das Balkeneisen ist bereits stark flimmerig geworden, sowohl in den zwei — oben und unten sichtbaren — Hauptbalken, als auch in den feineren Wiederholungsbalken, welche die Bildmitte einnehmen; das dunkle Plessitfeld, das den oberen Teil des Feldes erfüllt, ist jedoch noch unverändert.

Bei vorgeschritteneren Stadien der Veränderung wird auch der Plessit ergriffen. Die Figuren 9 bis 11 zeigen Felder des Eisens von Willamette, gefunden 1902, in den Vergrößerungen 43, 24 und 22. Fig. 9 zeigt ein Feld, das am Rande und in den Ecken noch die orientierten Randpartien des Plessits mit nach einwärts gerichteten Taenitfortwachsungen erkennen läßt, während das Innere größtenteils grobkörnig ohne Orientierung geworden ist; am unteren linken Rande sind außen am Felde Taenitkristalle angeschossen, die einer Aussaigerung von Nickel aus dem Feldinneren und Umkristallisierung des anliegenden Taenitrandes zuzuschreiben sind.

Fig. 10 zeigt das Fortschreiten des Prozesses; hier ist das ganze Feld richtungslos gekörnt; endlich in Fig. 11 ist ein Feld dargestellt, in welchem Wiederholungslamellen und Plessitzwischenlagen in eine undulöse Bewegung geraten sind.

Schließlich ist in Fig. 12 in 25facher Vergrößerung eine zurückgebliebene oktaedrische Partie in dem größtenteils in einen Ataxit der Limnevillegruppe umgewandelten Eisen von San Cristobal (bekannt seit 1882) zu sehen. Das Eisen besteht nunmehr fast durchwegs aus großen, durch Troilit verkitteten Knollen; dieselben haben eine feinkörnige mäandrische Struktur erhalten, wie die rechte Bildhälfte zeigt; in der nußgroßen Partie, von der ein Teil auf der linken Bildseite dargestellt ist, sind die oktaedrischen Lamellen wohl zu sehen, aber sie haben durch Erweichung ein Gefüge ähnlich dem Flader eines weichen Holzes erlangt; vom Plessit sind nur strukturlose, fluidal gestreckte Reste erhalten geblieben.

Wenn wir uns nun ein Bild von den Erstarrungsvorgängen der eutropischen Gemenge in diesen Körpern machen wollen, so sind im wesentlichen nur zwei Annahmen denkbar. Entweder müssen wir ein schichtweises Wachstum der Verbindungen Kamacit und Taenit annehmen, also eine Wiederholung im kleinen des Gefüges der Haupt- und Wiederholungslamellen; oder es muß bei der Annahme einer gleichzeitigen Verfestigung der zum eutropischen Gemenge verbundenen Kamacit- und Taenitpartikel eine vorherige Schichtung in der erweichten oder im Festen umgelagerten Masse vorausgesetzt werden.

Die erstere Alternative, welche das Vorhandensein eines eutropischen oder eutektischen Gemenges verneinen würde, kann wohl nicht festgehalten werden. Der Plessit zeigt eine so innige, durch alle Stufen bis zur äußersten Feinheit herabgehende Vermischung der beiden Komponenten, die dem Plessit

[1] Brezina und Cohen, Über ein Meteoreisen von Mukerop, Württemb. Jahresh. 58, 292 bis 306, 1902 und dieselben über Meteoreisen von De Sotoville, Wien, Akad. Sitzungsb. 1, **113**, 89 bis 103, 1904.

[2] Berwerth Fr., Über die Metabolite. Anzeiger, Wien, Akad. 1904, 182 bis 184.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

angehörigen Halbschattenlamellen sind so auffällig verschieden von den Wiederholungslamellen, welche sich ihrerseits von den Hauptlamellen nur durch die Dimensionen unterscheiden, die Halbschattenlamellen entbehren so beständig das Hauptmerkmal der Haupt- und Wiederholungslamellen, wonach an eine Kamacitlage von recht konstanter Dicke sich eine Taenitschichte von ebenso konstanter, wenngleich um vieles kleinerer Dicke anschließt, daß bisher jeder Beobachter nach dem mikroskopischen Bilde übereinstimmend zur Überzeugung gelangte, es müsse im Plessit ein eutektisches Gemenge vorliegen.

Hingegen sind wir durch eine Reihe anderweitiger Beobachtungen völlig vorbereitet, die Schichtung in zäh- bis dünnflüssigen Körpern als möglich und nicht selten auftretend anzunehmen. Die zahlreichen, von Lehmann beobachteten Erscheinungen der sogenannten fließenden und flüssigen Kristalle (Quincke's Schaumzellen) setzen, wie immer man sich ihre strukturellen Ursachen vorstellen mag, jedenfalls eine gesetzmäßige Schichtung in gewissen Flüssigkeiten voraus. Es mag daran erinnert werden, daß lange vor den erwähnten Entdeckungen Lamé[1] auf die Notwendigkeit hingewiesen hat, regelmäßig orientierte Schichtungen, concamérations polyèdriques, in kristallisierbaren Lösungen anzunehmen. Er leitet die Gesetze der Wärmebewegung in einer gesättigten Lösung unter der Voraussetzung ab, daß die Kristallpartikel der gelösten Substanz infolge von Schwingungen — sei es infolge der Wärmebewegung, sei es infolge äußerer Impulse — ihre Plätze nicht vertauschen, sondern sich um ihre Gleichgewichtslagen bewegen. Er beansprucht also für eine kristallisationsfähige Lösung eine Eigenschaft der festen Körper.

Solche Schichtungen in Flüssigkeiten wurden später wiederholt beobachtet und abgebildet, worüber Osmond und Cartaud[2] einen zusammenfassenden Bericht veröffentlichten.

Schichtungen infolge eines Wärmestromes wurden von Bénard[3] untersucht; er fand, daß eine dünne, horizontale, ursprünglich amorphe Schicht einer beliebigen Flüssigkeit nach Hindurchleiten eines vertikalen Wärmestromes und eingetretenem Beharrungszustande sich in ein System regulärer hexagonaler Prismen geteilt hat.

Diesem stabilen Zustand geht ein variabler voraus, in welchem eine halbregelmäßige Zellenstruktur besteht; dieselbe kann durch eingestreute glänzende Blättchen sichtbar gemacht werden, die sich mit ihrer Fläche parallel zum Flüssigkeitsstrom stellen. Dabei sind an Stelle der dreizähligen Knotenpunkte des hexagonalen Systems häufig vierzählige vorhanden, die beim Eintreten des stabilen Zustandes sich in dreizählige verwandeln.

Stabile Strukturen infolge von mechanisch erregten Schwingungen sind schon in der Weber'schen Wellenlehre[4] behandelt, später wiederholt und auch von Osmond und Cartaud[5] abgebildet worden.

Die letzteren Autoren haben an derselben Stelle eine Reihe von Erstarrungsbildern einfacher Metalle gegeben, welche alle Übergänge von einer zelligen zu einer teils zelligen, teils kristallinen und einer vollständig kristallinen Struktur darbieten; Blei Fig. 8, 15, 16; Zink Fig. 9, 10, 11, 14; Zinn Fig. 13. Erhitzte Gläser zeigen ein allmäliges Fortschreiten der Polyedrisierung globulitischer Entglasungsprodukte Fig. 17, 18, 19, welche aus einer zelligen Differenzierung entstanden sind.

Alle diese Vorgänge sprechen dafür, daß wir es bei der eutektischen und eutropischen Verfestigung mit einer regelmäßigen Schichtung im flüssigen und halbflüssigen Zustande zu tun haben, welche je nach Geschwindigkeit des Prozesses und Kristallisationsfähigkeit des Magmas zu mehr oder minder fortgeschrittenen Orientierungen führen.

Es ist noch eine Frage zu besprechen, welche sich auf die Kristallisationsfolge der einzelnen Bestandteile von Eisenmeteoriten bezieht, weil Rinne darauf seine Ansicht von der eutropischen Natur

---

[1] Lamé, Théorie analytique de la chaleur, Paris 1861, p. 287 bis 304, Seizième leçon, Theorie de la formation des cristaux.

[2] Osmond F. et G. Cartaud, Métallographie et mécanique, Baumaterialienkunde. 6, 273 bis 291, 10 Tafeln, 1901.

[3] Bénard, Revue Gén. sc. pures et appl. **11**, 1259, 1309, 1900, Thèses, Paris 1901, p. 54, Fig. 21.

[4] E. H. und W. Weber, Wellenlehre, Leipzig 1825, p. 258 bis 279, Taf. X bis XII.

[5] Osmond und Cartaud am letztangeführten Orte, p. 274 und 275, 284, Fig. 6 und 7.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Vorgänge in diesen Körpern stützt, im Gegensatze zur eutektischen der in Flüssigkeiten auftretenden.

Es ist allerdings dabei zu bemerken, daß, wie Osmond und Cartaud hervorgehoben haben, die Unterscheidung von flüssig und fest ihre Bedeutung immer mehr verliert, so daß nur die Unterscheidung von amorph und kristallinisch wesentlich bleibt (p. 273 und 282).

Rinne reproduziert (p. 157, Fig. 12) eine von Cohen und mir[1] gegebene Abbildung von Jewell Hill, worin große Reichenbach'sche Lamellen, Troilit nach Würfelflächen, auftreten; dieselben erreichen meist Ausdehnungen von 10 bis 14 *mm*, während das Gefüge der Trias ein feinmaschiges ist; die Felder übersteigen nicht die Größe von 4 *mm* und ihre Ausdehnung bewegt sich meist zwischen 1 und 2 *mm*. Der Troilit ist als ältestes Glied anzusehen, an das sich die Bildung der Trias von Kamacit, Taenit und Plessit angeschlossen hat. Da nun der Troilit jedenfalls unter seinem Schmelzpunkte verfestigt wurde, welcher für künstlich dargestelltes FeS nach Jüptner[2] bei 950° liegt, so muß die Lagerung der Trias unter diese Temperatur fallen. Wenn nun nicht eine sehr starke Unterkühlung angenommen wird, muß man die Lagerung der Trias einer Umlagerung im Festen (einem Umstehen) zuschreiben. Rinne nimmt deshalb an, daß der Troilit das einzige aus dem Schmelzfluß abgeschiedene Überbleibsel einer ursprünglich hexaedrischen Struktur ist.

Von den bisher bekannten Tatsachen sprechen einige für, andere gegen diese Annahme.

Dagegen spricht vor allem, daß die hexaedrischen Troilitlamellen zwar durchwegs älter sind als die anliegenden Teile der Trias, aber doch häufig in einer kurzen, unmittelbaren Aufeinanderfolge gebildet. Man sieht nicht selten sowohl am Eisen von Jewell Hill (Atlas Fig. 1 bis 4) als an Ilimaë, das von Tschermak[3] beschrieben wurde, kleine, von Troilitlamellen verquerte Felder, welche dies- und jenseits der Lamelle fortsetzen; das könnte zwar auch einem Hinüberlangen unter- oder oberhalb der Schnittfläche zuzuschreiben sein, spricht aber bei dem oftmaligen Vorkommen doch weit mehr für eine nahezu gleichaltrige Bildung.

Auch die Ausbildungsverhältnisse der Troilitmasse in den hexaedrischen Lamellen sind der Rinne'schen Ansicht nicht günstig. Bei einer großen Flächenerstreckung von 1 bis 3, selbst 5 bis 8 *cm* übersteigt die Dicke selten 0·1 *mm*, geht aber oft noch viel tiefer herab. In Fig. 13 ist in 22facher Vergrößerung eine solche Troilitlamelle im Eisen von Jewell Hill dargestellt, deren Dicke zwischen 2 und 5 μ variiert. Zu beiden Seiten (im Bilde von oben nach links unten verlaufend) sind die Wickelkamacitplatten von 0·5 bis 0·6 *mm* Dicke und, mit lappiger Kontur daranstoßend, plessitische Felder zu sehen. Es ist kaum denkbar, daß so ausgedehnte und dabei äußerst zarte Gebilde wie diese Troilitblätter allein in einem rings umher bewegten (in Umlagerung begriffenen) Magma erhalten geblieben sein sollten; sie müßten wohl schon aus mechanischen Gründen der allgemeinen Umwälzung zum Opfer gefallen sein.

Der Wickelkamacit, welcher den Troilit einhüllt, und zwar sowohl den in hexaedrischen Lamellen ausgebildeten als auch die großen rundlichen Troilitknollen, stimmt ganz genau in Aussehen und Gefüge mit dem anstoßenden Balkenkamacit der Trias überein; sie gehen ineinander über, der Balkenkamacit entspringt aus dem Wickelkamacit, sie sind offenbar gleich hintereinander entstanden. Nun könnte man wohl auch voraussetzen, daß bei der Zerstörung des ursprünglichen Gefüges und dem nachherigen oktaedrischen Aufbau sich Wickelkamacit an den Troilit angelegt habe und an diesen der Balkenkamacit der Trias. Aber es wäre gar nicht einzusehen, warum in diesem Falle nicht lagenweise Wickelkamacit, dann Taenit und Plessit sich gebildet haben sollten; eine Transversalstruktur und zwar unterbrochen aus ganzen Balken mit Taenitanlage und nachheriger Eutropitausscheidung wäre unverständlich; am unverständlichsten, wenn dies in einem so kleinmaschigen Gefüge stattfände, bei welchem ein Herum-

---

[1] Brezina und Cohen, Atlas der Eisenmeteoriten, Taf. XXIII, Fig. 2.

[2] Jüptner Hans Frh. v., Siderologie III, 110, 1904.

[3] Tschermak G., Diese Denkschr., 31, 187 bis 196, Taf. I bis IV, 1871.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

langen der kleinen Felder um die großen Troilitlamellen kaum denkbar ist. Alles dies deutet vielmehr auf ein nahezu gleichzeitiges Entstehen des Ganzen hin.

Dies wird noch wahrscheinlicher, wenn man die Sukzessionsfolge der Bestandteile der Eisenmeteoriten betrachtet. Wir können dieselbe — vom Olivin der Pallasite beginnend — nach allen bisherigen Untersuchungen in der folgenden Reihe aufstellen:

Olivin
Daubréelit $FeCr_2S_4$
Troilit $(FeNiCoCu)S$
Graphit C
Schreibersit $(FeNiCoCu)_3P$
Cohenit $(FeNiCo)_3C$
Chromit $FeCr_2O_4$
Wickelkamacit $Fe_{13}(NiCo)$
Balkenkamacit $Fe_{13}(NiCoCu)$—$Fe_{21}(NiCoCu)$
Taenit $Fe(NiCoCu)$—$Fe_3(NiCoCu)$.
Plessit zwischen der Kamacit- und Taenitzusammensetzung.

Diese ganze Aufeinanderfolge muß sich auf einem engen Temperaturintervall bewegen; es geht dies sowohl aus der innigen Vermengung auf engen Raumgebieten wie aus den Rückschlägen der Paragenese hervor.

Der Schreibersit tritt nicht nur an seiner normalen Stelle auf, sondern er erscheint nicht selten später am Ende der Kamacitbildung gegen den Taenit, auch während der Taenitbildung und nach derselben als Oase im Fülleisen. Beispiele für das Vorkommen im Kamacit sind in Fig. 3, 5 und 13 zu sehen; in Fig. 3 und 6 erscheint er außerdem noch während der Taenitbildung, in Fig. 6 auch als Oase im Plessit. Einmal habe ich im Eisen von Bella Roca einen strichweisen Ersatz von Taenit durch Schreibersit (körnig aneinandergereiht) beobachtet; Fig. 14 in 20facher Vergrößerung.

Von Cohen[1] wurde Schreibersit als feinkörniger Einschluß in Troilitknollen im Eisen von Ballinoo nachgewiesen; hier tritt er also älter auf als der normalen Folge entspricht.

Für die Rinne'sche Ansicht spricht wesentlich nur die niedrige Temperatur der Troilitbildung als des ältesten Gliedes unter den metallischen Bestandteilen im Gegensatze zu der Schmelztemperatur des reinen Eisens. Allein Rinne hat schon selbst auf die Möglichkeit einer starken Unterkältung hingewiesen, die bei dem experimentell noch wenig erforschten meteoritischen Magma eine sehr weitgehende sein kann; auch mögen die Bildungsverhältnisse am Entstehungsorte der Meteoriten einer solchen Unterkältung vielleicht besonders günstig gewesen sein.

Es wird Aufgabe der nächsten Zeit sein, durch Bestimmung der verschiedenen Konstanten der meteoritenbildenden Mineralien der Lösung dieser Frage näher zu kommen; unterdessen mag die von Rinne vorgeschlagene Bezeichnung der eutropischen Gemenge für die eigenartigen Verhältnisse des Meteoreisenmagma immerhin angewendet werden.

Ich verdanke die Nachweise über die Literatur in technischen Zeitschriften Herrn Professor Freiherrn v. Jüptner. Die photographischen Aufnahmen konnten durch die Gefälligkeit des kais. Rates Herrn Carl Reichert in seiner Fabrik mit Benützung seiner metallographischen und photographischen Apparate gemacht werden, wobei der Mathematiker der Firma, Herr Heimstätter, in freundlicher Weise behilflich war.

[1] Cohen E., Meteoreisenstudien XI, Annalen des naturhistorischen Hofmuseums, 15, 391, 1900.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Erklärung der Tafel I.

Fig. 1. Carlton, Hamilton County, Texas. Gefunden 1887. Oktaedrit mit feinsten Lamellen, Off. Vergrößerung 45. Oben und unten je zwei Hauptlamellen von 0·15—0·22 *mm* Dicke; Wiederholungslamellen 0·03—0·11 *mm*, Taenit 11—22 μ; Plessit in dreieckigem Mittelfeld und links unten, strukturlos; lichte, dem Taenit anliegende Zone 2—9 μ, Inneres dunkel. Kamacit schwach schraffiert, stellenweise mit Schattenbändern. Das Mittelfeld ist von zwei parallelen Verwerfungsspalten durchzogen, die auch durch die oben und unten anliegenden Hauptbalken hindurchreichen.

» 2. Barranca Blanca, Atacama, Chile. Gefunden 1855. Breccienähnlicher Oktaedrit, Zacatecasgruppe, Obz. Vergrößerung 41. Die linke und die rechte untere Seite des Bildes von lichtem Kamacit erfüllt, der stark abgekörnt ist. Keilförmig zwischengeschoben ein Feld, das mit scharf absetzendem Taenit von 10 μ Dicke gegen den Kamacit grenzt; am Taenit mitteldichter Plessit, darin kristalline Entschmelzung von einheitlicher Orientierung der Kristallspitzen; die Spitzenrichtungen setzen zentripetal gegen das Innere eines dunklen Kranzes fort; die Füllung des Kranzes ist halbdicht, wie die dem Taenit anliegenden Partien. Im oberen Teil des Feldes ist eine heterokline Enklave sichtbar, welche ihre abgesonderte Taenithülle hat.

» 3. Imilac, Atacama, Chile. Bekannt 1800. Pallasit der Imilacgruppe, Pi. Vergrößerung 22. Die rechte Bildhälfte und der eiförmige Körper links oben bestehen aus Wickelkamacit, von vielen zufälligen Schleifkritzen bedeckt; die rechte und untere Partie desselben durch eine (tellurische) Veränderungszone verdunkelt. Schreibersit als poröse, wurmförmige Gebilde sowohl im Kamacit nahe der Taenitgrenze (rechts und oberhalb der Bildmitte), als auch im Taenit (dicht unter der Bildmitte). Der Taenit ist 30—50 μ dick, nur an einer schiefen Auskeilung im unteren Teil des Bildes bis 0·3 *mm* dick; er ist durch eine doppelte Grenzlinie vom Kamacit geschieden. Plessit bis zu einer Tiefe von 0·15 - 0·2 *mm* dunkel und dicht, weiter gegen das Feldinnere (linkes unteres Bildviertel) als Halbschattenlamellen orientiert.

» 4. Eagle, Carrol County, Kentucky. Gefunden 1880. Pallasit der Eaglegruppe, Pe. Vergrößerung 50. Wickelkamacit oben und links, hell, gegen das Feldinnere polyedrisch begrenzt, dem nicht sichtbaren Olivin folgend; Taenit 5—30 μ dick, gegen den Plessit allmählich abflauend; Plessit durchwegs orientiert als Halbschattenlamellen von 40—140 μ Dicke.

» 5. Mexico, bekannt 1893. Pallasit der Eaglegruppe, Pe. Vergrößerung 23. Längliches Olivinkorn am linken Rand, umgeben von hellem Wickelkamacit mit Feilhieben und Schleifkritzen; die letzteren sind dadurch kenntlich, daß sie auch über die anderen Bestandteile, Taenit und Schreibersit hinübersetzen. In der unteren Bildhälfte sind wurmförmige Schreibersite, zum Teil von ebenen Kristallflächen begrenzt, im Kamacit nahe der Taenitgrenze zu sehen. Taenit 15 μ dick, mit staubförmiger Mittelrippe. Eutropisches Plessitfeld in der Form sehr zarter Halbschattenlamellen ausgebildet; mitten darin eine Wiederholungslamelle von stark abgekörntem Kamacit mit beiderseitigem Taenit, in der Orientierung den Halbschattenlamellen folgend.

» 6. Alten, Finmarken, Norwegen. Gefunden 1902. Pallasit der Krasnojarskgruppe, Pk. Vergrößerung 22. Zwei helle, von unten in die Bildfläche hinaufragende Wickelkamacitstücke, scharf geschieden vom Taenit, der 30—50 μ dick ist und eine zarte Mittelrippe von Plessit zeigt; auf den Taenit folgt eine gleich dicke, lockere Plessitschichte, ähnlich der Hauptmasse des Eutropicums, sodann eine ganz dunkle, dichte Plessitmasse; weiter gegen das Feldinnere die Zentralskelettchen aus sehr stark abgekörntem Kamacit mit rippenloser Taenithülle. In den Skelettchen sind die von oben nach unten gehenden Mittelbalken dodekaedrische, die nach rechts oben, rechts unten und horizontal verlaufenden Balken oktaedrische. An die beiden Kamacite schließen unten kleine Schreibersitkolonien, die zum Teil noch während der Taenitbildung, größtenteils aber schon als Rückschlagsoasen im Plessit entstanden sind.

» 7. Mexico, wie oben. Vergrößerung 22. Die Mitte des Bildes wird von einem länglichen, lichten Kamacitkörper eingenommen, der nach rechts oben und links unten Ausläufer entsendet. Die dunklen Körper am Rande sind durchwegs Olivinkristalle mit Ausnahme der zwei linsenförmigen Ausscheidungen links oben und rechts unten, welche aus Plessit bestehen und vom Kamacit durch Taenit geschieden sind; derselbe hat eine Dicke von 23—45 μ, an den Auskeilungsspitzen von 114 μ und zeigt in seiner Mitte eine staubförmige Plessitausscheidung. Senkrecht zur Verbindungslinie der Plessitlinsen, von links unten nach rechts oben, verläuft eine Verwerfung, durch welche die sehr scharfen und geradlinigen Feilhiebe des Kamacites um 0·26 *mm* verworfen sind.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Erklärung der Tafel II.

Fig. 8. Cuernavaca, Morelos, Mexico. Beschrieben 1884. Oktaedrit mit feinen Lamellen. Of. Vergrößerung 19. Das die Bildmitte einnehmende Feld ist oben und unten begrenzt von je zwei Hauptlamellen, welche Lamellendicken von 0·4—0·8 *mm* zeigen. Im Felde sind 13 Wiederholungslamellen auf 1 *mm* Erstreckung, also durchschnittlich 77 μ dick, zu sehen. Der Kamacit, sowohl der Haupt- als der Wiederholungslamellen, ist durch sekundäre Erhitzung flimmerig oder fein fleckig geworden. Die 14. Feldabteilung ist von dunklem, dichtem Plessit erfüllt, der noch keine Spur von Veränderung zeigt. Mitten im Feld ist eine 0·16—0·21 *mm* große Taenitchondre zu sehen.

» 9. Willamette, Clackamas County, Oregon. Gefunden 1902. Oktaedrit mit mittleren bis groben Lamellen, Om—Og. Vergrößerung 39. Ein Feld mit ehemaligen Kämmen, umgeben von Kamacitbalken, die vereinzelte Schraffen und zahlreiche kleine Ätzgrübchen zeigen. An den Rändern und in den oberen Ecken des Feldes sind noch Reste der orientierten Randpartien des Plessit mit nach einwärts gerichteten Taenitfortwachsungen zu sehen. Das Innere ist größtenteils grobkörnig ohne Orientierung geworden; am unteren Rande sind links drei Taenitkristalle angeschossen, die einer Aussaigerung von Nickel aus dem Feldinneren und Umkristallisierung des Taenitrandes zuzuschreiben sind.

» 10. Willamette wie oben. Vergrößerung 24. Das von Kamacitbalken umgebene Feld ist bereits in seiner Gänze richtungslos gekörnt; nur halbverwischte Spuren früherer Orientierung von Kämmen sind innerhalb der rechten Wand noch wahrzunehmen.

» 11. Willamette wie oben. Vergrößerung 22. Die Veränderung ist noch weiter vorgeschritten als im Falle der Fig. 10. Das von schraffierten Kamacitbalken umgebene Feld war offenbar von Wiederholungslamellen erfüllt, die von der Schnittfläche unter geringer Neigung getroffen wurden. Sowohl die Wiederholungslamellen als die Plessit-Zwischenlagen sind in eine undulöse Bewegung geraten und zeigen makroskopisch einen starken Atlasglanz.

» 12. San Cristobal, Antofagasta, Chile. Bekannt 1882. Ataxit, Limnevillegruppe, Dl. Vergrößerung 23. Das Eisen besteht aus 4—8 *cm* großen, rundlichen Knollen, die zumeist durch Troilit in Schreibersithülle miteinander verkittet sind. Die meisten Knollen sind ataxitisch geworden und zeigen eine mäandrische Struktur mit zahlreichen, bei der Ätzung blank bleibenden Körnern, Flittern und Stäbchen. Die rechte, hellere Bildseite gehört einem solchen Knollen an. In oder neben diesen Knollen kommen stellenweise haselnuß bis wallnußgroße, weniger veränderte Partien eines erweichten Oktaedrites vor; die linke Bildhälfte gehört einer solchen Partie an und läßt zwei Oktaedersysteme erkennen, deren Lamellen eine Struktur ähnlich dem Flader eines weichen Holzes angenommen haben. Die dunklen, fluidal gestreckten Partien zwischen den hellen Kamacitresten sind Plessit.

» 13. Jewell Hill, Madison County, Nordcarolina, bekannt 1854. Oktaedrit mit feinen Lamellen, Of. Vergrößerung 22. Eine 2—5 μ dicke Reichenbach'sche Lamelle, Troilit nach einer Hexaederfläche, stellenweise von porösem Schreibersit begleitet, in 0·5—0·6 *mm* dickem Wickelkamacit. Beiderseits stoßen lappig begrenzte Plessitfelder daran, deren Begrenzungskamacit aus dem Wickelkamacit entspringt, deren Taenit je nach der Schiefe des Schnittes 5—45 μ dick erscheint; an den Taenit schließt sich dichter, dunkler Plessit von 0·02—0·20 *mm* Dicke an, sodann lockerer, heller Plessit.

» 14. Bella Roca, Durango, Mexico. Bekannt 1888. Oktaedrit mit feinen Lamellen. Of. Vergrößerung 20. Fünf Kamacitbalken von 0·15, 0·2, 0·4, 0·45 und 0·8 *mm* Dicke, von weiß erscheinenden, 0·02—0·1 *mm* dicken Taenitbändern eingesäumt. Unten links ein Plessitfeld, von Halbschattenlamellen gebildet. Am oberen rechten Rande dieses Feldes und in der Verlängerung dieser Linie über die drei Lamellenköpfe hinüber ist der Taenit durch eine Aneinanderreihung poröser Schreibersitkörner ersetzt.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 1

Fig. 3

Fig. 2

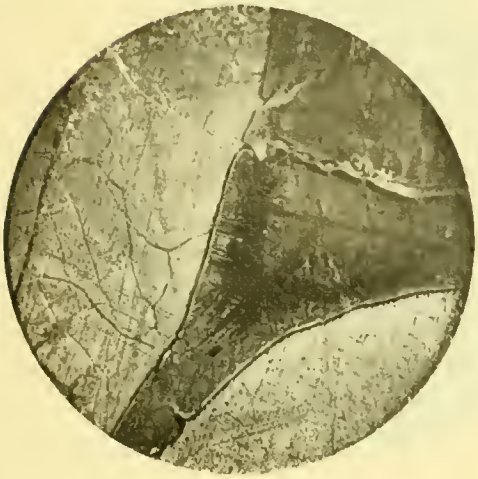

Fig. 5

Fig. 4

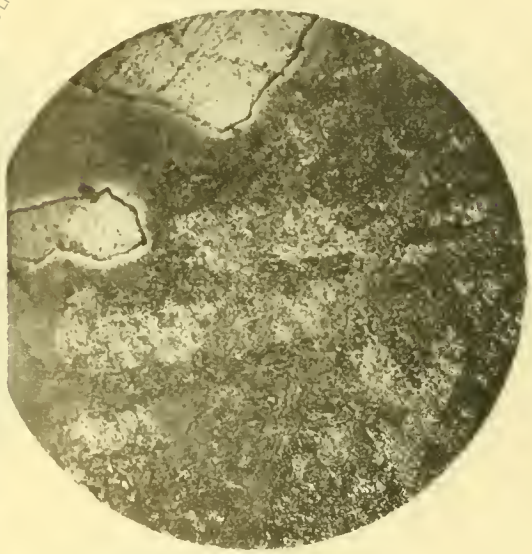

Fig. 6

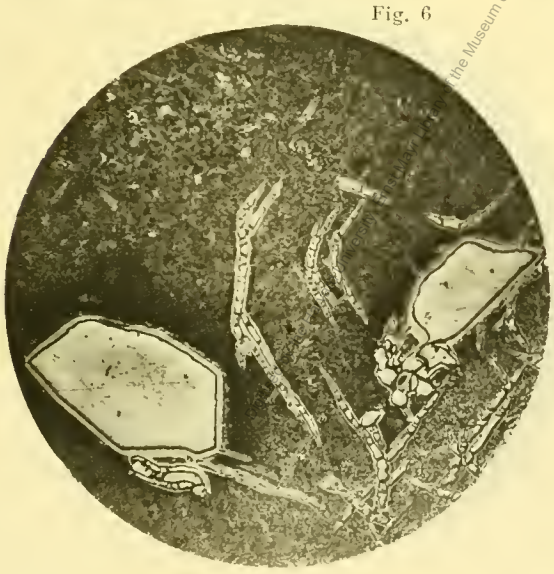

Fig. 7

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

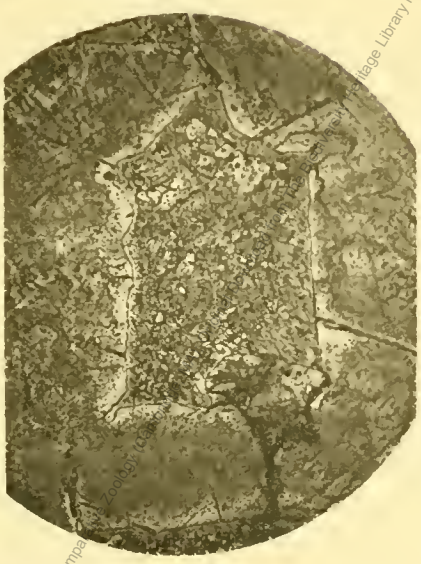

Fig. 13

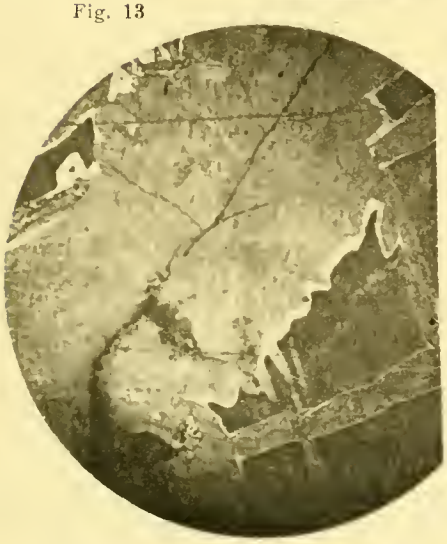

Fig 14

Fig. 11

Fig. 12

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: 78

Autor(en)/Author(s): Brezina Aristides

Artikel/Article: Zur Frage der Bildungsweise eutropischer Gemenge. (Mit 2 Tafeln). Meteoritenstudien III. 635-643