

Smithsonian
Contributions to Astrophysics

VOLUME 4, NUMBER 6

THE MICROSCOPIC PROPERTIES OF METEORITES

by GUSTAV TSCHERMAK

(DIE MIKROSKÖPISCHE BESCHAFFENHEIT DER METEORITEN,
translated by John A. Wood and E. Mathilde Wood)



SMITHSONIAN INSTITUTION

Washington, D.C.

1964

Publications of the Astrophysical Observatory

This series, *Smithsonian Contributions to Astrophysics*, was inaugurated in 1956 to provide a proper communication for the results of research conducted at the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution. Its purpose is the "increase and diffusion of knowledge" in the field of astrophysics, with particular emphasis on problems of the sun, the earth, and the solar system. Its pages are open to a limited number of papers by other investigators with whom we have common interests.

Another series is *Annals of the Astrophysical Observatory*. It was started in 1900 by the Observatory's first director, Samuel P. Langley, and has been published about every 10 years since that date. These quarto volumes, some of which are still available, record the history of the Observatory's researches and activities.

Many technical papers and volumes emanating from the Astrophysical Observatory have appeared in the *Smithsonian Miscellaneous Collections*. Among these are *Smithsonian Physical Tables*, *Smithsonian Meteorological Tables*, and *World Weather Records*.

Additional information concerning these publications may be secured from the Editorial and Publications Division, Smithsonian Institution, Washington, D.C.

FRED L. WHIPPLE, *Director,*
Astrophysical Observatory,
Smithsonian Institution.

Cambridge, Mass.

Translators' Preface

Seventy-eight years after its publication, *Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten* remains the largest and most comprehensive collection of photographs of the microstructures of stony meteorites in the literature. The most conspicuous of these microstructures, the *chondrules* in chondrites, probably hold the key to the origin of the meteorites and of the terrestrial planets. The relevance of microstructures to modern meteorite research has recently been demonstrated by the observation of C. M. Merrihue (*Journ. Geophys. Res.*, vol. 68, pp. 325-30, 1963) that chondrules in the chondrite Bruderheim are enriched in the isotope Xe^{129} (decay product of primordial I^{129}) and depleted in primordial xenon, relative to the chondrite as a whole. The *Beschaffenheit* contains photomicrographs of virtually all the different types of chondrules occurring in chondrites.

Although Tschermak lacked such fundamental analytical tools as X-ray diffraction and refractive index liquids, his mineral identifications were rarely wrong. They were made largely on the basis of crystal forms, cleavage, twinning, optical properties, and the chemical analysis of small samples painstakingly hand-picked from the stone.

Gustav Czermak was born in 1836 in the town of Littau (then Germany, now Czechoslovakia), about 100 miles north of Vienna. As a student he had little sympathy with the current Slavic nationalist agitation, and Germanized the spelling of his name. After studying at the Universities of Vienna and Tübingen (Ph. D., 1860), Tschermak spent most of his professional life as director of the Mineralogical and Petrographical Institute of the University of Vienna (this institute was set up expressly for Tschermak, to prevent his leaving Vienna in favor of a post at Göttingen). From 1868 until 1877 he served as director of the Mineralogical Cabinet of the Hofmuseum. He died in 1927.

Although his reputation rests largely on his extensive research on terrestrial minerals and rocks, Gustav Tschermak wrote some 33 papers on meteorites, both descriptive and interpretive. Most of these appeared between 1870 and 1878. *Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten*, which was published in three installments in 1884 and 1885, is a summary of Tschermak's extensive work with meteorites.

The number of copies of the *Beschaffenheit* published by E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (Stuttgart) is not known, all records having been destroyed in World War II. Certainly the printing was quite small, probably about a hundred copies; consequently, many students of meteorites, especially in the United States, have not had access to it. This new edition is published to make it more widely available. The original edition cost 50 marks, which was more than \$50 in terms of 1963 buying power. The figures in Tschermak's original *Beschaffenheit* were real photographic prints, $3\frac{1}{2}$ inches in diameter, four to a page.

Translation of the text and captions has been free, as it must be to turn 19th-century German into readable English; we believe, however, that the substance and spirit of Tschermak's writing have been retained. We have not edited Tschermak or corrected him in the light of more recent research. On only a few points would such correction be possible: Lancé and Grosnaja have been found to be carbonaceous chondrites; Goalpara is no longer considered to be a chondrite at all, but a member of the class of ureilites; and Tschermak's pyrrhotite is all troilite. We have translated *Chondren*, *Kügeln*, and *Kügelchen* into chondrules. Many meteorites are known by several names; where necessary, we have changed the names used by Tschermak to those preferred by Prior and Hey in their *Catalogue of Meteorites* (1953). The numbering of figures has been simplified, but the order of their presentation is unchanged.

This is essentially a book on mineralogy and petrography. Since relatively few persons conducting meteoritic research today have backgrounds in these subjects, an appendix containing very brief explanations of these disciplines and their terminologies is included. Any reader with elementary college training in chemistry and physics should, by use of this appendix, understand *The Microscopic Properties of Meteorites* by Gustav Tschermak.

J. A. Wood
E. M. Wood

January 21, 1963

Inhalt.

	Seite
Vorwort	1
Allgemeines über die Beschaffenheit der Meteoriten	3
Aeussere Form	3
Gefüge	3
Gemengtheile	4
Eintheilung	4
Beschreibung der dargestellten Arten	6
I. Eukrit	6
Howardit	7
II. Bustit	9
Chladnit	9
Diogenit	10
Amphoterit	10
Chassignit	11
III. Chondrit	11
Olivinchondren	12
Bronzitchondren	14
Olivin-Bronzitchondren	15
Augitchondren	15
Plagioklas-Chondren	15
Glas-Chondren	16
Schwarze Chondren	16
Eisenchondren	16
Grundmasse	17
Rinde	20
IV. Grahamit	21
Siderophyr	22
Mesosiderit	22
Pallasit	23
Schlussbemerkung	23
Tafeln I bis XXV. Zu jeder derselben eine Tafelerklärung.	

Contents

	Page
General Characteristics of Meteorites	139
Exterior form	139
Textures	139
Minerals and other constituents	141
Iron	141
Graphite	141
Schreibersite	141
Troilite and Pyrrhotite	141
Chromite	141
Magnetite	141
Olivine	141
Bronzite	141
Augite	141
Anorthite	141
Maskelynite	141
Glass	141
Carbon and hydrocarbons soluble in alcohol	141
Classification	141
Description of Meteorite Types	145
I. The calcium-rich stones, poor in metallic iron	145
Eucrites	145
Howardites	147
II. The magnesium-rich stones, poor in metallic iron	149
Bustites	149
Chladnites	151
Diogenites	151
Amphoterites	153
Chassignites	153
III. The Magnesium-Rich Chondritic Stones with Metallic Iron	153
Chondrites	153
Olivine chondrules	157
Bronzite chondrules	161
Olivine-bronzite chondrules	161
Augite chondrules	163
Plagioclase chondrules	163
Glass chondrules	163
Black chondrules	165
Iron chondrules	165
Groundmass	165
Veins	169
Crusts	173
IV. The Stony-Iron Meteorites	173
Grahamites	173
Siderophyres	175
Mesosiderites	177
Pallasites	179
Summary	179

Nur Wenigen ist es vergönnt, die Meteoriten genauer kennen zu lernen und doch ist es der Wunsch Vieler, sich mit den wichtigsten Eigenschaften dieser Körper vertraut zu machen, welche aus fernen Himmelsräumen zur Erde gelangt, uns über einen Theil der Sternenwelt unmittelbare Nachricht bringen. Die Meteoriten, diese Splitter untergegangener oder vielleicht noch kreisender planetarischer Massen, geben uns eine früher ungeahnte Gelegenheit, fremde kosmische Körper mit den Händen zu greifen, zu wägen, zu messen, zu zerlegen, mit allen Mitteln der Mineralogie und Chemie zu prüfen. Was wir an ihnen wahrnehmen, erlaubt uns wichtige Combinationen mit den Resultaten astronomischer Beobachtung sowie direkte Vergleiche mit der Steinrinde unseres Planeten. Diese bilden die Grundlage interessanter und bedeutungsvoller Schlüsse, die weit über den Bereich unserer Wohnstätte hinausreichend unser Wissen und Vermuthen über die früheren Zustände sowohl der Erde als auch der ganzen Sternenwelt erheblich zu vervollkommen geeignet sind.

Der Versuch, die Kenntniss von der Zusammensetzung dieser merkwürdigen Körper einem grösseren Kreise zugänglich zu machen, dürfte daher von Vielen gebilligt werden. Für eine umfangreiche systematische Darstellung scheint es mir aber etwas zu frühe, weil manche der einfacheren Fälle noch nicht genügend untersucht sind. Dagegen halte ich es für nützlich, jenen Weg einzuschlagen, welcher die Grundlage für die fernere schriftliche Verständigung bietet, nämlich die Publication guter Abbildungen. Solche mangeln für einige Abtheilungen der Meteoriten gänzlich, die vorhandenen aber sind in verschiedenen Werken und Zeitschriften verstreut. Schon die Sammlung der bisher veröffentlichten Zeichnungen wäre vortheilhaft, besser aber ist es, wenn es gelingt, nicht blos das bisher dargestellte in getreuen Bildern wiederzugeben, sondern alles überhaupt Wichtige in gleicher Weise zu illustriren.

Derlei Bilder können entweder die äussere Form und die Beschaffenheit der Oberfläche schildern oder das Gefüge und die mineralogische Zusammensetzung der Meteoriten darstellen. Das erstere hat eine besondere Bedeutung für die Naturgeschichte der Meteoriten, das letztere ein allgemeineres Interesse, weil nicht nur der Bestand jener kosmischen Körper zur Anschauung gebracht, sondern auch der Vergleich mit der Textur der Gesteine und der Ausbildung der tellurischen Minerale ermöglicht wird. Demnach mag der Versuch gerechtfertigt erscheinen, durch Auswahl guter Beispiele das Gefüge und den Bestand jener Meteoriten, welche die Prüfung im durchfallenden Lichte gestatten, auf die bestmögliche Weise zur Anschauung zu bringen. Ich glaubte deshalb eine dahin gerichtete Anfrage des Herrn Prof. E. COHEN in Strassburg, welcher sich durch die Herausgabe der „Sammlung von Mikrophotographien zur Veranschaulichung der mikroskopischen Struktur von Mineralien und Gesteinen“ so sehr verdient gemacht hat, in Betracht nehmen und der Aufforderung des Herrn J. GRIMM, welcher jene Bilder in so vorzüglicher Ausführung herstellte, sowie jener des Herrn Verlegers E. KOCH entsprechen zu sollen, obgleich ich im Augenblicke schon durch die Herausgabe eines Lehrbuches der Mineralogie und andere Arbeiten in Anspruch genommen bin und obgleich mir die Schwierigkeit der Beschaffung des Materials keine geringe zu sein schien.

Da manche der in Betracht kommenden Meteoriten durch Kauf nicht zu erhalten sind, so war ich in mehreren Fällen auf die Bereitwilligkeit der Herren Museumsvorstände und Besitzer von Meteoritensammlungen hingewiesen. Es freut mich, sagen zu können, dass ich von mehreren Seiten durch leihweise Ueberlassung von Präparaten (P), durch Ueberlassung von Splittern als Geschenk (G) oder im Tausche (T) in zuvorkommender Weise unterstützt wurde, und zwar von folgenden Herren, denen ich hiermit den gebührenden Dank ausspreche:

Herr Direktor Dr. S. AICHORN in Graz (T), Se. Excellenz Hr. Geheimrath Freiherr v. BRAUN in Wien (G), Hr. A. FAUSER in Pest (G), Hr. Oberbergdirektor Dr. C. W. v. GUMBEL in München (P), Hr. Intendant Dr. F. v. HOCHSTETTER in Wien (P), durch freundliche Vermittelung des Hrn. Dr. A. BREZINA, Hr. Professor Dr. J. A. KRENNER in Pest (G), Hr. Professor A. v. LASAULX in Bonn (P), Hr. NEVIL-STORY MASKELYNE in Salthrop (P), Hr. Oberberggrath M. WEBSKY in Berlin (P), Hr. Oberberggrath v. ZEPHAROVICH in Prag (G), Hr. Professor F. ZIRKEL in Leipzig (P). Für die eifrige Mithilfe bei der Bearbeitung des Materials bin ich Hrn. Dr. MAX SCHUSTER zu vielem Danke verpflichtet.

Die mir vorliegende Aufgabe habe ich so aufgefasst, dass es vor allem nöthig sei, Bilder zusammen zu stellen, welche das Gefüge und die Gemengtheile von Repräsentanten aller Abtheilungen der Meteorsteine darstellen, dass hingegen die Wiedergabe der mikroskopischen Verhältnisse von weniger allgemeiner Bedeutung vorläufig wegbleiben könne. Die vorliegenden Tafeln sollen dem Besitzer gleichsam eine systematische Präparatensammlung ersetzen, ihm die Beurtheilung der Meteorsteine nach ihrer inneren Beschaffenheit ermöglichen und im vorkommenden Falle die Bestimmung der Gemengtheile erleichtern.

Für die vorliegende Sammlung wurden drei Hefte zu acht Tafeln in Aussicht genommen, welche zugleich mit dem Texte alle Abtheilungen der Meteoriten mit Ausnahme der silicatifreien Eisenmassen in systematischer Folge behandeln.

Wien im Mai 1883.

G. Tschermak.

Foreword

Few persons have the opportunity to study meteorites in detail, but many would like to know the most important characteristics of these bodies that have reached the earth from outer space, bringing us concrete information about a portion of the extraterrestrial universe. The meteorites, fragments of demolished or perhaps still orbiting planetary masses, give us an opportunity previously unforeseen: actually to hold cosmic bodies in our hands, to weigh, measure, and analyze them, to test them with all the techniques of mineralogy and chemistry. What we learn from them, in combination with astronomical observations and comparisons with the crust of the earth, substantially improves our knowledge and theories of the early history of the earth and of the entire universe.

An attempt to disseminate more widely our knowledge of the composition of these remarkable bodies should meet with wide approval. We are not ready for an extensive, systematic treatment, because some of the less prolific falls have not yet been adequately studied. Instead, I consider it more useful to provide a foundation for further studies by publishing good pictures. These have hitherto been completely lacking for some meteorite types, and such pictures as have been published are widely scattered in the literature. It would be worthwhile to collect all previously published pictures in one volume, but more useful yet to assemble a set of illustrations of all the important aspects of meteorites.

These pictures could depict either the exterior forms and surface characteristics of meteorites, or their textures and mineralogical compositions. The first of these has a special significance for the natural history of meteorites, but the second is of general interest, not only because it reveals the various constituents of the parent meteorite planet, but also because it makes possible a comparison with the textures of terrestrial rocks and the occurrences of terrestrial minerals. It therefore seems worthwhile to present good examples of the textures and constituents of those meteorites that can be studied by transmitted light. I have taken to heart the request of Prof. E. Cohen in Strasbourg—who published the excellent *Collection of Photomicrographs Illustrating the Microscopic Structures of Minerals and Rocks*—that I assemble such a set of pictures. I accepted the invitations of J. Grimm (who took the excellent photographs in this volume) and of the publisher, E. Koch, to undertake this project, in spite of the fact that I was already occupied with the publication of a textbook of mineralogy and other works, and that obtaining the necessary meteoritic material seemed to present a problem.

Since some of the meteorites to be treated could not be purchased, in many cases I depended on the help of museum curators and owners of meteorite collections. I wish to express my gratitude to the following for the thin-sections they loaned to me (s), and the specimens they gave (g) or traded (t) with me:

Dr. S. Aichhorn, Graz (t); F. von Braun, Vienna (g); A. Fauser, Budapest (g); Dr. C. W. von Gümbel, Munich (s); Dr. F. von Hochstetter, Vienna (s); Dr. A. Brezina for his kind offices; Prof. J. A. Krenner, Budapest (g); Prof. A. von Lasaulx, Bonn (s); N. Story-Maskelyne, Salthrop (s); M. Websky, Berlin (s); V. von Zepharovich, Prague (g); Prof. F. Zirkel, Leipzig (s). For his enthusiastic assistance in preparing specimens for study, I owe many thanks to Dr. Max Schuster.

As I have conceived my task, it is of primary importance to assemble pictures showing the texture and mineral composition of representatives of all the types of stony meteorite; microscopic relationships of less general interest were excluded. The figures in this volume should take the place of a systematic collection of thin-sections, and make it possible for the reader to identify stony meteorites from their internal characteristics and to determine their minerals more easily.

This collection will comprise three volumes, each with eight plates, which with the accompanying text will systematically cover all the meteorite types except the silicate-free irons.

Vienna, May 1883

G. TSCHERMAK

**The Microscopic Properties
of Meteorites**

Allgemeines über die Beschaffenheit der Meteoriten.

Aeusserer Form. Die Gestalt der Meteoriten ist keine regelmässige, sie zeigt vielmehr immer nur zufällige Begrenzungen und zwar solche, welche beim Zersprengen eines Gesteins von richtungsloser Struktur entstehen. Die Meteoriten haben also die Form von Bruchstücken. Die Kanten sind jedoch häufig abgerundet, die Unebenheiten öfters ausgeglichen. Fast alle Meteoriten sind mit einer dunklen Rinde überzogen, welche die Merkmale einer Schmelzung, oft auch einer Trift an sich trägt und gewöhnlich als Schmelzrinde bezeichnet wird. An den Meteoriten hat die Rinde das Ansehen und die Beschaffenheit des Hammerschlages, sie ist zugleich Oxydationsrinde. Die Abrundung, Trift und Rindenbildung betrachtet man als Folgen des Widerstandes der Luft beim Eindringen der mit planetarischer Geschwindigkeit ankommenden Meteoriten und als das Resultat der Erhitzung, welche durch die Zusammendrückung der Luft entsteht.

Gefüge. Das gröbere Gefüge oder die Struktur der Meteoriten ist verschieden, jedoch nicht sehr mannigfaltig. Viele Meteoriten haben keine Struktur. Sie bestehen aus einem einzigen Individuum wie jenes von Braunau, oder sie stellen einen Krystallstock dar, wie die Eisen von Agram, Toluca. Andere sind jedoch körnig, wie die von Zacatecas, Rasgata. Jene, welche den Uebergang zu den Meteorsteinen bilden, indem sie Körner und Krystalle von Silicaten eingelagert enthalten, haben oft ein porphyrtartiges Ansehen, weil die Silicate in einer Grundmasse von Eisen zu schwimmen scheinen, z. B. die von PALLAS entdeckte Masse von Krasnojarsk. Die nächste Stufe bilden solche, die viele Silicatkörner in einem zarteren Eisenschwamm zeigen, wie die Stücke von Hainholz.

Manche Meteoriten bieten den Charakter einer Breccie dar, indem sie Bruchstücke von Silicatgestein umschliessen, z. B. jene von Tula, Copiapo. Unter den Meteorsteinen kommen öfters Breccien vor. Die grauen Bruchstücke sind durch eine dunklere Masse verkittet, wie in den Steinen von Dacca, St. Mesmin, Rutlam. Zuweilen ist diese Struktur undeutlich, wie in dem Stein von Juvinas, der blos den Wechsel grobkörniger und feinkörniger Masse wahrnehmen lässt. Die Grundmasse, welche die Trümmer verbindet, ist mitunter schwärzlich, halbglassig und zeigt Spuren oder auch deutliche Kennzeichen einer Fluidaltextur, wie in den Durchschnitten der Steine von Orvinio und Chantonay. Von der deutlichen Breccienstruktur bis zum gleichartigen Ansehen gibt es allerlei Uebergänge, die angeschliffen entweder blos feine dunkle wirr verlaufende Linien oder aber eine wolkige Zeichnung, endlich ein marmorirtes Ansehen darbieten. HÄNDLER hat auf diese Strukturverhältnisse, besonders aber auf die Breccien- und Tuffstruktur aufmerksam gemacht.

Sehr häufig bestehen die Steine aus kleinen Bruchstücken, aus Splittern und aus Gesteinspulver. Solche Massen haben den Charakter eines vulkanischen Tuffes. Die Splitter sind bald ungefähr gleichartig (Shalka), bald auffallend ungleichartig (Loutolaks). Bisweilen unterscheidet sich die feste Grundmasse stark von den eingelagerten Körnern, so dass ein porphyrtartiges Aussehen entsteht, wie in dem Stein von Goalpara.

Manche von den steinartigen Meteoriten erscheinen krystallinisch-körnig, z. B. jene von Chassigny, Shergotty, Ibbenbüren, doch gibt es Uebergänge zur Tuffstruktur, so dass derselbe Stein von einem Beobachter für krystallinisch von dem andern als klastisch bezeichnet wird, z. B. der von Stannern. Dichte halbglassige Massen sind selten (Tadjera). Sie haben Aehnlichkeit mit der dunklen Grundmasse einiger früher genannten Breccien.

Ein Gefüge, welches an der Mehrzahl der Steine bald in auffallender Weise, bald weniger deutlich ausgesprochen vorkommt, ist das chondritische. Kügelchen und überhaupt rundliche Körper, welche bald aus einem einzigen Krystallindividuum, bald aus mehreren bestehen, öfters auch aus verschiedenen Gemengtheilen zusammengesetzt sind, bilden das Gestein fast allein (Borkut), oder sie lagern unverletzt, öfters auch zersplittert in einer lockeren bis festen Tuffmasse (Ausson). Die kugeligen Gebilde, welche gewöhnlich kleiner als erbsengross sind, werden von mir als Erstarrungsprodukte angesehen, oder, um es ungefähr anzudeuten, als erstarrte Tropfen. Die Grundmasse ist bisweilen schwarzgefärbt, z. B. in Renazzo, Grosnaja. Einige Steine zeigen eine fast gleichartige schwarze durch Kohle gefärbte Masse, wie jene von Cold Bokkeveld.

General Characteristics of Meteorites

Exterior form

Meteorites are irregular in shape, being bounded by the surfaces that are produced by chance in the breaking of massive rock. Thus, they have the form of fragments. However, their edges are frequently rounded off, and uneven surfaces are smoothed. Nearly all meteorites are coated with a dark crust, showing evidence of melting and sometimes also of fluid flow; this is usually called a fusion crust. The crust on iron meteorites has the appearance and characteristics of hammer scale, being, like the latter, an oxidation layer. The rounding off of meteorites and the formation of crusts and flow structures are understood as the effects of air resistance and heat formed by the compression of air when objects enter the atmosphere at planetary velocities.

Textures

Several different coarse textures or structures are observed in meteorites. Many irons have no structure. They consist of a single crystal (e.g., Braunau) or a pattern of oriented crystals (Hraschina, Toluca). Others are granular (Zacatecas, Santa Rosa). The meteorites that are transitional between irons and stones often have a porphyritic appearance, with the silicate grains and crystals apparently floating in a groundmass of iron (e.g., the mass discovered by Pallas at Krasnojarsk). Some stony-irons contain numerous silicate grains in a delicate iron network (Hainholz).

Some irons have the character of a breccia, enclosing silicate rock fragments (Netschaëvo, Copiapo). Breccias of gray fragments cemented together by a darker groundmass are common among the stony meteorites (Shytal, St. Mesmin, Pulsora). Occasionally this structure is indistinct (Juvinas), and only an alternation between coarse-grained and fine-grained areas can be observed. The groundmass between fragments is occasionally black and semivitreous; it shows traces or distinct evidence of fluid flow, as can be seen in sections of Orvinio and Chantonnay. All gradations exist between obviously brecciated structures and homogeneous rock; in section, the groundmasses of these may show only as fine, dark lines run-

ning in disarray, or as areas with a cloudy texture or a marbled appearance. Haidinger has called attention to these brecciated and tuffaceous structures.

Stony meteorites very frequently have the character of a volcanic tuff, consisting of small fragments, chips, and rock powder. The fragments are sometimes alike (Shalka), sometimes conspicuously heterogeneous in composition (Luotolax). Occasionally the solid groundmass is quite different from the grains embedded in it, giving the meteorite a porphyritic appearance (Goalpara).

Some of the stony meteorites have a crystalline-granular texture (Chassigny, Shergotty, Ibbenbühren), but all gradations exist between these and tufflike meteorites, so that the same stone (e.g., Stannern) may be described as crystalline by one observer and clastic by another. Dense, semivitreous masses (Tadjera), similar to the dark groundmasses of several breccias noted above, are rare.

Most stones have a chondritic texture, conspicuous or indistinct. Spheres and rounded bodies consisting of one or several single crystals or often of several different minerals may form almost the whole of the stone (Borkut); or they may lie, intact or fractured, in a friable or solid tuffaceous groundmass (Ausson). These spherical structures are usually smaller than peas; I consider them to be solidified drops. The groundmass is occasionally black (Renazzo, Grosnaja). Several stones consist almost entirely of a black mass, colored by carbon (Cold Bokkeveld).

The chondritic texture is peculiar to meteorites; it is not found in terrestrial rocks. The spherulites in some obsidians and perlites are silicate spheres, but the fibers they contain radiate from their centers, while those in fibrous chondrules radiate from eccentrically located points.

Some stones contain black veins, whose filling is identical with the black groundmasses of the breccias described earlier. The walls of the cracks sometimes appear displaced relative to one another. The stones often tend to break along these veins; the surfaces then exposed are streaked and metallic in lustre (Pultusk, Mocs, Molina).

Das chondritische Gefüge ist nur den Meteoriten eigenthümlich, den tellurischen Felsarten aber fremd. Die Sphärolite in manchem Obsidian und Perlit sind zwar auch Silikatkügelchen, doch zeigen sie eine radiale Faserung um ihr Centrum, während die Chondren, wenn sie überhaupt faserig sind, eine excentrische Faserung besitzen, überdies ist hier und dort die Grundmasse von verschiedenem Gefüge.

In manchen Steinen bemerkt man schwarze Klüfte, deren Füllung wiederum der schwarzen Grundmasse in den früher bezeichneten Breccien entspricht. Die Wände an der Kluft erscheinen bisweilen gegen einander verschoben. Beim Zerspringen erfolgt öfters eine Trennung nach diesen Klüften und die entstehenden Flächen sind striemig und metallisch glänzend, sie zeigen Harnische (Pultusk, Mocs, Murcia).

Die tuffartigen Meteorsteine sind fein porös. Flüssigkeiten werden begierig aufgesogen. Die Steine verhalten sich aber häufig so, als ob sie erhitzt oder gefrittet worden wären. Sie klingen beim Anschlagen wie die Backsteine. Selten sieht man grössere Poren, wie in dem Stein von Richmond. In jenem von Juvinas bemerkt man in den kleinen Hohlräumen Krystalle. In beiden Fällen erhält man den Eindruck, als ob die Erscheinung von einer nachträglichen Erhitzung des Steines herrührte.

Gemengtheile. Die homogenen Theile, welche die Meteoriten zusammensetzen, bieten keine grosse Mannigfaltigkeit.

Eisen. Reines Eisen und nickelhaltiges Eisen bilden die Hauptmasse des Meteoreisens, ferner die Grundmasse oder den Eisenschwamm der Uebergangsglieder zu den Meteorsteinen. In den letzteren sind auch oft noch zusammenhängende Eisenfäden vorhanden, endlich ist das Eisen blos in Form getrennter Partikelchen vertheilt.

Graphit erscheint in knollenförmigen Einschlüssen in manchen Meteoreisen und umgibt manchmal die Troilite.

Schreibersit (Phosphornickeleisen, Rhabdit) ist oft in unregelmässigen, scharfkantigen, tafelförmigen oder in nadelförmigen Einschlüssen im Meteoreisen vertheilt.

Troilit und Magnetkies. In den Eisenmassen bildet das Einfach-Schwefeleisen FeS, welches Haidinger Troilit nannte, kleinere oder grössere knollige, öfters auch tafelförmige Einschlüsse. In den Steinen ist das Schwefeleisen etwas heller gefärbt. Seine Zusammensetzung entspricht dem Magnetkies und hat auch dessen Form. Nach Bazzina hat auch der Troilit die Magnetkiesform. Seltener Schwefelverbindungen sind der dichte schwarze Daubreelit, welcher Chrom, Eisen und Schwefel enthält und der Oldhamit CaS, endlich der Osbornit.

Chromit. In vielen Meteoriten in Körnern oder oktaëdrischen Krystallen enthalten.

Selten ist der Magnetit, bisher blos im Stein von Shergotty, und der Tridymit (Asmanit) bisher nur in den Massen von Breitenbach und Rittersgrün.

Olivin. In ziemlich grossen Krystallen und Körnern, in einigen porphyrtartigen Meteoreisen und Uebergangsgliedern, ferner in allen Chondriten und einigen anderen Meteoritenarten. Für sich allein bildet er den Stein von Chassigny.

Bronzit. Sowohl die fast farblose oder weisse eisenarme Verbindung Enstatit als auch der eisenhaltige Bronzit, endlich auch das von den Mineralogen als Hypersthen bezeichnete eisenreiche Glied ist in den Meteoriten repräsentirt. Die Verbreitung ist die gleiche wie beim Olivin, auch bildet der Bronzit für sich eine Meteoritenart.

Augit. Krystalle von der Form des Augits, aber von geringerem Kalkgehalte als der tellurische Pyroxen, wurden in mehreren Steinen beobachtet. In der Form grösserer und kleinerer Körnchen ist er auch in anderen ziemlich verbreitet. Bronzit und Augit werde ich öfters als „Pyroxene“ zusammenfassen.

Anorthit. In mehreren Steinen wurden Krystalle und Körner von Anorthit als wesentlicher Gemengtheil erkannt. In vielen Steinen finden sich Körner von Plagioklas, der wohl nicht immer die Zusammensetzung des Anorthits haben dürfte. Merkwürdig ist der

Maskelynit von Plagioklas-Zusammensetzung, jedoch von einfacher Lichtbrechung.

Glas. Ausser den krystallisirten und krystallinischen Gemengtheilen kommen öfters auch glasartige vor. Die einen sind farblos, dem Maskelynit ähnlich, die anderen farbig, meist braun, öfters mit Anfängen der Entglasung. Diese dürften vorzugsweise Magnesiumsilikat enthalten.

Kohle und schmelzbare, in Alkohol auflösliche Kohlenwasserstoffe wurden in schwarzen Meteoriten nachgewiesen, als Seltenheit ein Carbonat von der Beschaffenheit des Breunnerits. Das in solchen Steinen gefundene Wasser halten Viele für nachträglich aufgenommen, weil die übrigen Meteoriten kein Wasser enthalten, ferner die gefundenen Sulfate für sekundäre Bildungen, hervorgerufen durch die Verwitterung des enthaltenen Schwefeleisens.

Es bleibt noch zu bemerken, dass in manchen Schriften solche Bestandtheile von Meteoriten angegeben wurden, welche nicht nachgewiesen sind, wie z. B. Blei, Eisenkies, Leucit, Schwefel, oder welche mit neuen Namen belegt wurden, sich später aber als etwas Bekanntes erwiesen, wie Shepardit, Piddingtonit.

Eintheilung. G. Rose hat eine Eintheilung der Meteoriten nach den herrschenden Gemengtheilen vorgeschlagen, die mit den Meteoreisen beginnt und mit denjenigen Steinen schliesst, welche die meiste Aehnlichkeit mit tellurischen Felsarten haben¹. Diese Folge verläuft ungefähr im selben Sinne, wie die Abnahme des specifischen

¹ Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten. Berlin, 1864.

The tuffaceous meteorites are finely porous and absorb fluids readily. Most meteorite stones, however, behave as if they had been baked or sintered; they ring like brick when struck. Large voids or pores, as in Richmond, are rarely seen. Walls of the druses in Juvinas contain euhedral crystals. In both cases, one has the impression that the spaces were produced during a secondary heating of the stone.

Minerals and other constituents

The different meteorite types are composed of a small number of constituents in various combinations.

Iron.—Pure iron and nickel-iron are the main constituents of iron meteorites and form the groundmass or iron-sponge in stony irons. Stones contain iron in discrete particles and often in extended threads.

Graphite.—Graphite appears in some irons as nodular inclusions and sometimes surrounds troilite inclusions.

Schreibersite (nickel-iron phosphide; rhabdite).—This mineral is often disseminated in iron meteorites in irregular, angular, tabular, or needle-like inclusions.

Troilite and Pyrrhotite.—Iron sulfide (FeS, named troilite by Haidinger) forms small and large nodules and often also tabular inclusions in iron meteorites. The iron sulfide in stones is somewhat lighter colored. Its composition and crystal form correspond to pyrrhotite. According to Brezina, troilite also has the crystal form of pyrrhotite. Rarer sulfur compounds are the dense, black *daubréelite*, which contains chromium, iron, and sulfur; *oldhamite*, CaS; and *osbornite*.

Chromite.—Chromite appears in many meteorites in grains or octahedral crystals.

Magnetite.—Magnetite is rare, known so far only in Shergotty, and *tridymite* (asmanite) only in the Steinbach masses.

Olivine.—This occurs in rather large crystals and grains in several porphyry-like irons and stony irons and in all chondrites and several other meteorite types. Chassigny consists entirely of olivine.

Bronzite.—The almost colorless or white iron-poor compound enstatite, the iron-bearing bronzite, and the iron-rich member of the series, hypersthene, are all represented in meteorites. Their distribution is the same as that of olivine; one meteorite type consists entirely of bronzite.

Augite.—Crystals having the form of augite, but poorer in calcium than terrestrial augite, have been observed in several stones. Large and small grains of augite occur in many other stones. I shall often lump together bronzite and augite as "pyroxenes."

Anorthite.—Crystals and grains of anorthite are a principal constituent of several stones. Many stones contain grains of *plagioclase* which may very well not have the composition of anorthite.

Maskelynite.—This has the composition of plagioclase but is optically isotropic.

Glass.—Glass is often present in meteorites, in addition to the crystalline constituents. Some glasses are colorless, like maskelynite; others are colored, usually brown, and often show incipient devitrification, usually into magnesium silicates.

Carbon and hydrocarbons soluble in alcohol.—These have been found in black meteorites, along with a carbonate having the properties of breunnerite. Many writers hold that the water in these stones is secondary in origin, since most meteorites contain no water; and that sulfates are of secondary origin, formed by the weathering of iron sulfide.

Finally, some reports speak of meteoritic constituents which have not been confirmed, such as lead, pyrite, leucite, or sulfur, or which were given new names but later shown to be familiar minerals, such as shepardite and piddingtonite.

Classification

G. Rose (1864) has proposed a classification of the meteorites according to their principal minerals, which begins with the irons and ends with those stones most similar to terrestrial rock types. This sequence is approximately in order of decreasing specific gravity and forms a geologic column to the extent that the parallel drawn by Daubrée (1870) is correct; namely, the metallic core of the earth is the oldest structure, and the less dense silicate masses are younger. If the meteorites are fragments of one or several small planets, we would expect these planets to have a structure similar to that of the earth: a metal sphere surrounded by an igneous, tuffaceous, silicate shell (Tschermak, 1875).

Thus the Rose classification is consistent with the current conception of planetary formation

Gewichtes und ist insofern eine geologische zu nennen, als nach der Parallele, welche von DAUBREE zwischen der Zusammensetzung der Meteoriten und jener unseres Planeten gezogen wurde, zuerst der angenommene metallische Kern der Erde als die älteste Bildung, hierauf die specifisch leichteren Silikatmassen als die jüngeren Bildungen in Betracht kommen¹. Wenn die Meteoriten Splitter sind, welche von einem oder von mehreren kleinen planetarischen Körpern herrühren, so wird man sich jedes solche kleine Gestirn ähnlich wie die Erde gebaut denken, also in der Vorstellung eine metallische Kugel mit einer Silikatrinde construiren, welche letztere aus Erstarrungsprodukten und aus Tuffmassen bestand².

Die ROSE'sche Eintheilung lässt sich demnach als eine solche betrachten, welche den gegenwärtigen Vorstellungen von der Bildungsfolge Rechnung trägt und kann daher als eine natürliche bezeichnet werden. Trotzdem werde ich hier nicht diese, sondern die umgekehrte Anordnung befolgen, weil es mir für den vorliegenden Fall zweckmässiger scheint, mit jenen Meteoriten zu beginnen, welche die meisten Anknüpfungspunkte an die bekannten Felsarten darbieten.

Die Abtheilungen werden folgende sein:

- I. Calciumreiche Steine, arm an gediegenem Eisen.
- II. Magnesiumreiche Steine, arm an gediegenem Eisen.
- III. Magnesiumreiche chondritische Steine mit gediegenem Eisen.
- IV. Eisen mit Silikaten.
- V. Meteoreisen.

Innerhalb dieser Abtheilungen werden den Grundsätzen der Petrographie gemäss einzelne Meteoritenarten unterschieden, deren jede ein besonderes Gemenge oder eine eigenthümliche Struktur darbietet. Zu den von G. ROSE aufgestellten Arten sind noch einige hinzugekommen, welche ich schon in dem Verzeichnisse von 1872 angegeben habe³. Durch meine letzten Untersuchungen ist die Zusammensetzung einiger schon früher unterschiedener Abtheilungen genauer bestimmt, ferner sind neue bekannt geworden, so dass in einigen Fällen eine Umstellung und Neubenennung erforderlich wurde.

Die bis jetzt bekannten Meteoritenarten sind:

- I. Die wesentlichen Gemengtheile sind Pyroxene und Plagioklase. Die Rinde ist glänzend.
Eukrit G. ROSE. Augit und Anorthit, statt des letzteren auch Maskelynit.
Howardit G. ROSE. Augit, Bronzit, Anorthit.
- II. Pyroxene und Olivine bilden die wesentlichen Gemengtheile. Die Rinde ist wenig glänzend bis matt, ebenso in den folgenden Abtheilungen.
Bustit Autor. Diopsid und Enstatit.
Chladnit G. ROSE. Enstatit mit wenig Anorthit.
Diogenit Aut. Bronzit.
Amphoterit Aut. Bronzit und Olivin.
Chassignit G. ROSE. Olivin.
- III. Bronzit, Olivin, Eisen als wesentliche Gemengtheile.
Chondrit G. ROSE. Textur chondritisch.
- IV. Eisen, netzförmig, darin Silikate: Plagioklas, Olivin, Pyroxene, Troilit.
Grahamit Aut. Plagioklas, Bronzit, Augit im Eisen.
Siderophyr Aut. Bronzit im Eisen.
Mesosiderit G. ROSE. Bronzit, Olivin im Eisen.
Pallasit G. ROSE. Olivin im Eisen.
- V. Eisen mit untergeordnetem Troilit, Schreibersit etc.
Meteoreisen.

Den Namen Shalkit, welchen G. ROSE für das Gemenge von Bronzit und Olivin vorgeschlagen hatte, habe ich aufgegeben, weil für den Meteorstein von Shalka widersprechende Resultate bekannt wurden. Statt dessen will ich die Bezeichnung Amphoterit vorschlagen, ferner für die aus Bronzit allein bestehenden Steine den Namen Diogenit⁴. Die neue Meteoritenart unter IV. musste auch durch eine Bezeichnung unterschieden werden, wofür ich Grahamit⁵ wählte, endlich waren auch die Massen von Breitenbach und Rittersgrün als eine besondere Art (Siderophyr) hervorzuheben.

¹ Etudes recentes sur les Meteorites. Journal de savants 1870.

² Tschermak. Die Bildung der Meteoriten und der Vulcanismms. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 71. Abth. 2. (1875.)

³ Mineralogische Mittheilungen 1872, p. 165.

⁴ Nach Diogenes von Apollonia, welcher zuerst klare Vorstellungen über den kosmischen Ursprung und die siderische Natur der Meteoriten aussprach.

⁵ Nach dem Chemiker Graham benannt, welcher den in Meteoreisen absorbirt enthaltenen Wasserstoff entdeckte.

and, for that reason, could be called the natural classification. I shall not use this sequence, however, but its reverse, because it seems more appropriate for the purposes of this book to start with those meteorites most similar to known earth rock types.

The classification used will be as follows:

- I. Calcium-rich stones, poor in metallic iron.
- II. Magnesium-rich stones, poor in metallic iron.
- III. Magnesium-rich chondritic stones with metallic iron.
- IV. Iron with silicates.
- V. Iron meteorites.

Within this outline, meteorites are further broken down according to their petrography, each class having a particular mineralogical composition or a characteristic structure.

To the classes recognized by Rose, I have added several more which I had proposed earlier (Tschermak, 1872a). My latest studies have determined more accurately the compositions of several of the classes, and meteorites of new composition have been found, so that in several cases it was necessary to transpose names and propose new names of classes.

The meteorite types known to date are:

- I. Main constituents are pyroxenes and plagioclase. The crust is glossy.
 - Eucrites* (Rose). Augite and anorthite (or maskelynite).
 - Howardites* (Rose). Augite, bronzite, anorthite.
- II. Pyroxenes and olivine form the main constituents. The crust is slightly glossy to dull.

- Bustites* (Tschermak). Diopside and enstatite.
- Chladnites* (Rose). Enstatite with a little anorthite.
- Diogenites* (Tschermak). Bronzite.
- Amphoterites* (Tschermak). Bronzite and olivine.
- Chassignites* (Rose). Olivine.
- III. Bronzite, olivine, iron as main constituents.
 - Chondrites* (Rose). Texture chondritic.
- IV. Iron, forming networks, enclosing silicates: plagioclase, olivine, pyroxenes, troilite.
 - Grahamites* (Tschermak). Plagioclase, bronzite, and augite, in iron.
 - Siderophyres* (Tschermak). Bronzite in iron.
 - Mesosiderites* (Rose). Bronzite and olivine in iron.
 - Pallasites* (Rose). Olivine in iron.
- V. Iron with subordinate troilite, schreibersite, etc.
 - Iron meteorites*.

I have omitted the name shalkite, proposed by Rose for the mixture of bronzite and olivine, because reports on the composition of Shalka are contradictory. Instead of this I wish to propose the name amphoterite; and for pure bronzite stones, the name diogenite.¹ The new meteorite type under IV also needed a name, for which I chose grahamite;² and finally the masses from Steinbach were considered a special type (siderophyre).

¹ After Diogenes of Apollonia, who first clearly stated the concept of the cosmic origin and the iron-rich nature of meteorites.

² After the chemist Graham, who discovered hydrogen in iron meteorites.

Beschreibung der dargestellten Arten.

I.

Eukrit. Hierher gehören die Steine von Juvinas, Jonzac, Stannern, Petersborough, Constantinopel. Sie sind wesentlich Gemenge von Augit und Anorthit. Am besten ist der Stein von Juvinas untersucht.

Das Gefüge ist, wie schon G. Rosk a. a. O. bemerkte, an verschiedenen Stellen sehr verschieden indem krystallinisch-kleinkörnige und undeutlich feinkörnige Gemenge wechseln. Die letzteren erscheinen unter dem Mikroskop krystallinisch bis tuffartig. Das Ganze hat also einen undeutlich breccienartigen Charakter. (Taf. I, Fig. 1, 3.)

Der Anorthit ist deutlich auskrystallisirt. Die eingeschlossenen Krystalle zeigen scharfe Umrisse, die in kleinen Drusenräumen sitzenden haben eine durch Vorherrschen von $M = (010)$ tafelförmige Gestalt, an welcher noch die Flächen T, l, P, x zu bemerken sind.

Die Krystalle sind theils wasserhell, theils durch Einschlüsse getrübt und weiss. Bei starker Vergrößerung erkennt man theils rundliche Glaseinschlüsse theils feine nadelförmige Gestalten, welche den Randzonen parallel angeordnet erscheinen. Das optische Verhalten ist im übrigen dasselbe, wie an dem Anorthit vom Vesuv.

Die eingeschlossenen Krystalle sind meist zwillingsartig gebaut oder sie erweisen sich als Zwillingsstöcke von complicirter Zusammensetzung. Ihre Grösse beträgt oft 2 mm. Im Dünnschliff erscheinen dieselben im auffallenden Lichte bläulich, im durchfallenden bräunlich. Sie sind ungemein reich an sehr kleinen Einschlüssen, die meistens farblos und nur selten braun gefärbt befunden werden. Die meisten Einschlüsse sind rundlich, manche aber auch langgestreckt, alle zeigen sehr schmale Contouren. Zuweilen haben sie eine Libelle, einige wenige enthalten ein schwarzes Körnchen. Auf das polarisirte Licht üben sie keine Wirkung. Ihre Anordnung entspricht immer der äusseren Begrenzung, die länglichen sind meistens zur Längsausdehnung der Krystalle parallel gestreckt. Man darf sonach die rundlichen wie die gestreckten als Glaseinschlüsse ansehen. Einschlüsse mit breiter Contour, welche sich als Gasporien erkennen lassen, sind selten. (Taf. I, Fig. 1; Taf. II, Fig. 2, 3, 4.)

Die Augitkrystalle, welche in den Drusenräumen auftreten, sind braunschwarz. Die Form ist dieselbe wie bei manchem Diopsid, indem gewöhnlich $c = (001)$, $u = (111)$, $o = (221)$, $a = (100)$, $m = (1\bar{1}0)$ und $b = (010)$ auftreten.

Die Auslöschung auf der Längsfläche gibt einen Winkel von $52^{\circ} 10'$, während derselbe Winkel für Diopsid von Ala = $51^{\circ} 6'$ n. DesCL. Blättchen parallel $a = 100$ geben das Bild einer optischen Axe in ähnlicher Lage wie der Diopsid von Ala.

Die Schnitte parallel a und b lassen die Krystalle aus unzähligen dünnen Lamellen parallel c aufgebaut erscheinen. An manchen Stellen kann man fast mit Sicherheit erkennen, dass eine wiederholte Zwillingsbildung nach c die Ursache ist, also genau so wie bei der entsprechenden schaligen Zusammensetzung der Diopside. Die schwarze Farbe des Augits rührt von zahllosen Einschlüssen her, welche meist schwarz seltener braun sind, theils nadelförmig theils rundlich geformt erscheinen. Die braunen rundlichen erweisen sich als Glaseinschlüsse, was die nadelförmigen sind, liess sich nicht bestimmen. Die rundlichen und staubartigen sind vorzugsweise der Endfläche $c = 001$ parallel angeordnet, die nadelförmigen der aufrechten Axe parallel gelagert.

Die im Gestein eingeschlossenen Augite sind unvollkommene Krystalle oder Körner ohne geradlinige Umrisse, voll von den eben genannten Einschlüssen und häufig durch Quersprünge gegliedert. An den Wänden der Sprünge zeigen sich die Einschlüsse oft so sehr vermindert, dass man die blass bräunliche Farbe des reinen Diopsids wahrnimmt. Dagegen sind die Sprünge mit schwarzer Masse erfüllt. Es sieht so aus, als ob die Substanz der Einschlüsse aus den Wänden in die Klüfte gewandert wäre. (Taf. I, Fig. 1, 3; Taf. III, Fig. 1.)

Ein fernerer Gemengtheil ist jenes gelbe Silicat, welches schon G. Rosk in der Form kleiner Blättchen wahrnahm. Dieselben finden sich hie und da in der Grundmasse, an manchen Punkten ragen sie in die Drusenräume oder setzen durch diese hindurch. Im Dünnschliffe zeigt sich, dass dieselben aus winzigen Körnchen von blass bräunlicher

Description of Meteorite Types

I. The calcium-rich stones, poor in metallic iron

Eucrites.—Juvinas, Jonzac, Stannern, Petersburg, and Constantinople belong to this class. They consist essentially of augite and anorthite. Juvinas will be described in detail.

As Rose has noted, the texture varies considerably from place to place in Juvinas, ranging from fabrics of small-grained crystals to indistinct fine-grained areas which under the microscope appear crystalline to tuffaceous. Thus, the whole has a poorly defined brecciated character (figs. 1, 3).

The anorthite crystals are euhedral. Where they occur in small druses, predominance of the {010} form gives them a tabular form; the {110}, {110}, {001}, and {101} surfaces are also identifiable.

The crystals are in part clear as water, in part white and cloudy with inclusions. Extreme magnification reveals rounded glass inclusions and fine needle-shaped objects, oriented parallel to the crystal surfaces. Optical properties are in general the same as in anorthite from Vesuvius.

The anorthite is usually twinned, sometimes appearing in complicated systems of twins. Crystals are about 2 mm long. In thin-section the anorthite appears bluish by incident light, brownish by transmitted light. It is uncommonly rich in very small inclusions; most of these are colorless, a few are brown. Most inclusions are rounded, but many are elongated; all are bounded by extremely fine (thin) outlines. Occasionally they contain a bubble; a few include small black grains. The inclusions are not birefringent. They are usually elongated parallel to, and lie in rows parallel to the long dimension of the host crystal. The rounded as well as the elongated inclusions are apparently glass. Inclusions with heavier outlines, which are gas-filled cavities, are rare. See figures 1, 6, 7, 8.

Augite crystals that occur in druses are brown-black. Their habit is that often exhibited by diopside, in which the forms {001}, {111}, {221}, {100}, {110}, and {010} are present.

The extinction angle is $52^{\circ}10'$, compared with an extinction angle of $51^{\circ}6'$ for diopside

from Ala. Sections parallel to {100} give an optic axis figure similar to that of the diopside from Ala (Italy).

In sections parallel to {100} and {010}, numerous thin lamellae parallel to {001} can be seen. This is almost certainly a polysynthetic twinning on {001}, as is the case in diopside of lamellar structure. The black color of the augite is caused by countless inclusions, mostly black but occasionally brown, which are both needle-shaped and rounded in form. The brown, rounded inclusions have the appearance of glass; the nature of the needle-shaped ones cannot be determined. The rounded and dust-like inclusions tend to form layers parallel to {001}; the needles lie parallel to the *c* axis.

Augite in the massive portion of the stone occurs as incomplete crystals or anhedral grains, full of the inclusions discussed above and often divided by cracks. Along the walls of the cracks, inclusions are often so sparse that the pale brownish color of pure diopside can be seen. On the other hand, these cracks are filled with a black material, as if the substance of the inclusions had migrated from the walls into the cracks. See figures 1, 3, 9.

Another constituent is the yellow silicate mineral which, in the form of small plates, Rose has observed. These occur here and there in the groundmass, often projecting into or across the druses. In thin-section the plates are seen to consist of tiny grains of pale brownish color and to have the same fine lamellar texture as the augite described above. Since this mineral also fuses to yield a black glass, it almost certainly is diopside without black inclusions. Thus, these little plates seem to be pseudomorphs after some unknown silicate. In thin-section this yellow silicate is seen to occur not only in the form already described, but also as irregularly distributed granular particles in the groundmass, and filling the interstices between small anorthite crystals in the groundmass.

Although they are not easily explained, the properties described above give the impression that the originally tuffaceous groundmass was remelted and that anorthite and purified (inclusion-free) diopside crystallized out of the melt. The yellow plates would then be para-

Farbe bestehen und dass sie an vielen Stellen dieselbe feine Lamellentextur wie der vorbeschriebene Augit besitzen. Die Schmelzbarkeit zu schwarzem Glase stimmt zu dieser Aehnlichkeit, so dass man wohl kaum irre gehen wird, diese blassen Körnchen für Diopsid ohne schwarze Einschlüsse zu halten. Die Blättchen erscheinen demnach wie Pseudomorphosen nach einem nicht angebbaren Silicat. Im Dünnschliff zeigt sich aber, dass das gelbe Silicat nicht nur in dieser Form, sondern auch in verschiedenen körnigen Partikeln in der Grundmasse unregelmässig vertheilt sei und die Maschen zwischen den kleinen Anorthitkryställchen der Grundmasse ausfülle.

Obwohl man sich den Vorgang nicht leicht erklären kann, so macht doch alles dies den Eindruck, als ob die früher tuffartige Grundmasse umgeschmolzen wäre, wobei wieder Anorthit, andererseits aber gereinigter Diopsid auskrystallisirt wären. Die gelben Blättchen wären dann Paramorphosen. Die Umschmelzung der porösen Grundmasse würde auch die Entstehung der vielen kleinen Drusenräume begreiflich machen. Von opaken Gemengtheilen, die aber nur in geringer Menge vorhanden sind, kennt man Magnetkies, Chromit und Nickeleisen.

Den Magnetkies hat G. Rose in Drusenräumen krystallisirt gefunden und die Form bestimmt, ferner auch das sparsame Vorkommen von Nickeleisen beobachtet. Ich fand ausserdem eisenschwarze Körnchen, welche das Verhalten des Chromits zeigen.

Der Meteorit von Stannern ist dem vorigen sehr ähnlich, doch zeigt er schon eine ausgesprochene Tuffstruktur¹. An denselben Stücke sieht man deutlich körnige, kleine strahlige und fast dichte Splitter und Trümmer neben einander. Einzelne Steine sind körnig wie der von Juvinas, andere sind viel dunkler gefärbt von feinkörnigem bis dichtem Gefüge.

Der Anorthit und der Augit haben dieselben Eigenschaften wie im Stein von Juvinas, nur sieht man scharfe Krystallumrisse seltener, dagegen häufig eine Verwachsung von beiden Mineralen, wobei dieselben oft als abwechselnde Platten erscheinen. Das gelbe Silicat und der Magnetkies sind auch zu erkennen. (Taf. II, Fig. 1; Taf. III, Fig. 3.)

Die Meteoriten von Jonzac sind jenem von Juvinas ungemein ähnlich, der von Petersburg in Tennessee nähert sich in seiner Beschaffenheit nach G. Rose dem Stein von Stannern.

Zu den Eukriten ist ferner noch der Meteorit von Shergotty zu zählen, den ich vor Jahren beschrieb². Derselbe ist ein deutlich körniges Gemenge, wesentlich bestehend aus gelblich grauen matten Körnchen und Prismen, welche als ein Augit bestimmt wurden, ferner aus wasserhellen glasigen Körnchen und Säulchen, welche auf kein bisher bekanntes Mineral zu beziehen sind und von mir als Maskelynit bezeichnet wurden.

Der Augit verhält sich in durchfallendem Lichte wie der vulkanische Augit, er erscheint lichtbraun, fast ganz frei von Einschlüssen. Eine Zwillingbildung nach a ist ziemlich häufig, jedoch ohne Wiederholung. Die Trübung, welche ihm ein fremdartiges Aussehen verleiht, bleibt ihm theilweise auch im durchfallenden Lichte. Dieselbe rührt von ungemein feinen unregelmässigen Sprüngen her, welche schliessen lassen, dass der Augit eine mechanische Veränderung erfahren habe. Durch diese Beschaffenheit ist er von dem tellurischen Augit verschieden, ebenso durch die chemische Zusammensetzung, da er weniger Kalk enthält. Der Maskelynit ist vollkommen farblos und wasserhell. Er zeigt im Dünnschliffe meist langgestreckte Umriss und parallel der Länge feine Linien, so dass er im gewöhnlichen Lichte ganz und gar den Eindruck von Plagioklas hervorrufft. Die chemische Zusammensetzung entspricht gleichfalls einem Plagioklas aus der Labradoritreihe. Im polarisirten Lichte löscht er aber vollkommen aus, erweist sich also einfach brechend. Die Sprünge in demselben entsprechen einem deutlich muscheligen Bruche wie bei einem Glas. Demnach verhält sich der Maskelynit wie ein durch Schmelzung oder überhaupt durch blosse mechanische Veränderung in den amorphen Zustand übergeführter Labradorit.

Einschlüsse sind in demselben öfters zu bemerken. Sie sind ganz unregelmässig geformt und bestehen aus Augit und aus Magnetit.

Stellenweise zeigen sich weisse trübe Partikel, welche nur trüber Maskelynit sind, ferner sehr sparsam ein gelbes Silikat, welches ungemein kleine Körnchen bildet und sich optisch zweiaxig verhält.

Von opaken Gemengtheilen wurden zwei erkannt. Der eine ist Magnetit, welcher hier zum erstenmale als Gemengtheil eines Meteoriten gefunden wurde, der zweite, sehr spärlich verbreitete, Magnetkies.

Howardit. Nach den bis jetzt bekannten Untersuchungen sind hierher zu rechnen die Meteoriten von Massing, Loutolaks, Bialystock, Le Teilleul, Nobleborough, Francfort. Darunter sind die beiden zuerst angeführten am besten bekannt.

Der Meteorit von Loutolaks hat ein tuffartiges Gefüge. In einer erdigen lockeren grauen Grundmasse liegen Splitter und Körner von grügelber weisser und schwarzer Farbe, ferner auch kleine Bruchstücke eines Gemenges, welches leicht als Eukrit zu erkennen ist.

¹ G. Rose a. a. O. und Tschermak. Mineralogische Mittheilungen 1872, p. 83.

² Sitzungsberichte der Wiener Akad. Bd. LXV. Abth. I, p. 122 und Tschermak's Mineralog. Mittheil. 1872, p. 87.

morphs. The remelting of a porous groundmass would explain the existence of the many small druses. Opaque constituents are rare in Juvinas; pyrrhotite, chromite, and nickel-iron have been recognized.

Rose has found pyrrhotite crystallized in druses and has determined its form. He has also observed nickel-iron, which is very rare. Besides these, I found iron-black grains which have the properties of chromite.

The eucrite Stannern is quite similar to Juvinas, but its structure is more pronouncedly tuffaceous (Rose, 1864, and Tschermak, 1872c). In the same specimen, granular, radiating fibrous, and almost cryptocrystalline fragments and debris can be seen mixed together. Some individual stones of the Stannern fall are granular like Juvinas; others are much darker in color and fine-grained to cryptocrystalline in texture.

The anorthite and augite have the same properties in Stannern as in Juvinas, except that well-developed crystal faces are less common; instead, the two minerals often form an intergrowth of alternating plates. The yellow silicate and troilite are also present in Stannern. See figures 5, 11.

The Jonzac meteorites are very similar to Juvinas. According to Rose, the Petersburg (Tennessee) meteorite resembles Stannern in its petrography.

Shergotty, which I described several years ago (Tschermak, 1872b), should also be included with the eucrites. It is a conspicuously granular rock consisting essentially of dull yellow-gray grains and prisms, which were found to be augite, and water-clear glassy grains and laths. The latter resemble no known mineral; I named this material *maskelynite*.

By incident light, the augite resembles volcanic augite. It is light brown and almost free of inclusions. Simple twinning on {100} is common. The augite has an unusual turbid appearance, visible by both incident and transmitted light. This is caused by very fine irregular cracks, which indicate that the augite has undergone a mechanical transformation. It differs from terrestrial augite in this respect, as well as in its chemical composition, being poorer in lime (CaO). The maskelynite is absolutely colorless and clear. In thin-section it usually occurs in elongated forms with fine lines parallel to their length, so that by ordinary light it looks exactly like plagioclase. Its

chemical composition corresponds to a plagioclase of the labradorite series; but by polarized light it remains completely dark, proving that it is simply refracting. Cracks in the maskelynite are conchoidal, like fracture surfaces in a glass. Maskelynite therefore has the properties of labradorite that has been transformed into an amorphous state by remelting or by a purely mechanical transformation.

Inclusions in the maskelynite are common. They are quite irregular in form and consist of augite and magnetite.

Cloudy white particles, a form of maskelynite, are visible here and there in Shergotty. A yellow silicate, optically biaxial, is present in small grains, but is very rare.

Two opaque constituents have been recognized. One is magnetite, which was first found to be a meteoritic mineral in Shergotty; the other is very rare pyrrhotite.

Howardites.—Research to date places the meteorites Mässing, Luotolax, Bialystok, Le Teilleul, Nobleborough, and Frankfort in this class. Of these, the first two have been most thoroughly studied.

Luotolax has a tuffaceous texture. Greenish-yellow, white, and black fragments and grains, as well as small fragments of eucrite, are embedded in a loose, earthy groundmass.

The meteorite as a whole has the character of a volcanic tuff, in which various minerals which do not normally occur together in the same rock appear side by side in irregular fragments that seldom display crystal outlines. Among the transparent minerals, I was able to distinguish three anorthites, four augites, and bronzite.

Anorthite in the small eucrite fragments has the same character as that in Stannern. In both occurrences the anorthite contains minute glass inclusions of the same form and distribution. The plagioclase which occurs in non-eucrite fragments may be exactly like eucritic anorthite, or may contain large dark inclusions of glass or groundmass, or may be almost devoid of inclusions.

The augite in the eucritic fragments is also identical with that in Stannern. It sometimes occurs as brown grains having black striations and cracks filled with black material, but usually as yellow granular augite with a finely lamellar structure. The abundant augite fragments and grains mingled with the stone's groundmass include the two types already

Das Ganze hat den Charakter eines vulkanischen Tuffes, indem Splitter von verschiedenen Mineralen, wie sie sonst nicht in demselben krystallinischen Gestein zusammenvorkommen, beisammen liegen und blos unregelmässige Begrenzungen, selten aber Spuren von Krystallurissen wahrzunehmen sind. Ich konnte unter den durchsichtigen Gemengtheilen dreierlei Anorthite, viererlei Augite, ferner Bronzit unterscheiden.

Der Anorthit findet sich in den genannten kleinen Eukritbruchstücken mit denselben Eigenschaften wie in dem Stein von Stannern. Die kleinen runden Glaseinschlüsse sind in derselben Form und Vertheilung vorhanden. Derjenige Anorthit oder überhaupt Plagioklas, welcher ohne Verwachsung mit Augit in Splittern verbreitet ist, erscheint entweder dem vorigen gleich oder er enthält grosse dunkle Einschlüsse von Glas oder Grundmasse, oder aber er ist fast ganz frei von Einschlüssen.

Der Augit, welcher in den Eukritbruchstücken enthalten ist, hat dieselben Eigenschaften, wie jener in dem Stein von Stannern. Man sieht braune Körner, bisweilen mit schwarzen Linien und schwarz gefüllten Sprüngen, vorwiegend aber gelben körnigen Augit mit feinschaliger Zusammensetzung. Jene Augitsplitter und Körner, welche in grosser Menge in der Grundmasse liegen, sind entweder den beiden vorigen gleich oder sie sind mehr grünlich gefärbt und von ausgezeichnet feinschaliger Zusammensetzung nach 001. An manchen dieser Körner lässt sich auch die entsprechende Zwillingsbildung erkennen, an anderen beobachtet man viel schwarze nadelförmige parallel gelagerte Einschlüsse. Die vierte Form des Augits erscheint in grösseren Splittern von sehr blass bräunlicher Farbe ohne schalige Zusammensetzung.

Der Bronzit bildet sehr blass grünlich gefärbte grössere Splitter fast ohne Einschlüsse. Die gerade Auslöschung und das faserige Wesen charakterisiren diesen Gemengtheil hinreichend. Um aber vollständig sicher zu gehen, habe ich die gelbgrünen Körner, welche nach der mikroskopischen Prüfung als Bronzit bestimmt wurden, noch besonders geprüft, weil sie früher für Olivin angesehen worden waren. Ich erhielt aber die Spaltbarkeit des Bronzits. Bei der Behandlung des Pulvers mit concentrirter Salzsäure wurde dasselbe nur sehr wenig angegriffen.

Für Olivin halte ich einzelne kleine Splitter in der Grundmasse, ferner vermute ich denselben in jenen Gemengen, welche als feinkörnige Gesteinsplitter vorkommen und oft reich an beigemengten schwarzen Körnern sind. Letztere bilden einen Theil der schon mit freiem Auge wahrnehmbaren dunklen Körner und Splitter. Die anderen erwiesen sich als gleichartig mit jenen, welche auch im Stein von Stannern auftreten und feinkörniger bis dichter Eukrit sind.

Einige kleine pechschwarze Körner sind wohl als Chromit anzusehen. Dass eine sehr geringe Menge von Magnetkies und von gediegen Eisen vorhanden sei, geht schon aus den Beobachtungen von PARTSCH und G. ROSE hervor. (Taf. IV, Fig. 1, 2, 4.)

Die angeführten Beobachtungen wurden an einem Exemplar gemacht, welches ich von Hrn. Prof. WUK, also aus der besten Quelle erhielt, und welches mit dem Exemplar des Wiener Hofmuseums vollständig übereinstimmte. Beim Vergleich mit G. ROSE's Resultaten stellt sich heraus, dass die von diesem Forscher für Olivin gehaltenen gelbgrünen Körner von mir als Augit und Bronzit bestimmt wurden. Ein Umstand, welcher früher die richtige Beurtheilung des Meteoriten erschwerte, ist eine von BERZELIUS ausgeführte Analyse, nach welcher der Stein grösstentheils aus Olivin bestünde. Die Analysen von ARPPE (RAMMELSBURG, D. chem. Nat. d. Meteoriten 1870), welche der von mir angegebenen Zusammensetzung vollkommen entsprechen, haben jedoch jene irrtümliche Bestimmung beseitigt.

Der Stein von MASSING ist dem vorigen sehr ähnlich. Ich konnte dies an dem kleinen Präparate, welches mir von Hrn. Oberbergrath v. GUMBEL überlassen wurde, genügend sicher erkennen. Der Stein ist ebenfalls ein Tuff in dem sowohl Krystallsplitter, als auch kleine Bruchstücke dichten Gesteins durch eine erdige Grundmasse verbunden sind. Unter den Splittern sieht man Anorthit vom gleichen Aussehen und mit den gleichen Einschlüssen, wie in dem Stein von Loutolaks. Der Augit ist in derselben Weise vertreten in braunen, gelben, sowie in den grünlichgrauen Splittern mit feinschaligem Baue.

Der Bronzit hat dasselbe Ansehen, doch kommen öfters Krystalle mit gut erhaltener Form vor, wovon einer auf Taf. IV, Fig 3 dargestellt ist. Vereinzelt finden sich aber auch stengelige Splitter, ähnlich jenen, welche in den Chondriten so gewöhnlich sind.

Die kleinen Gesteinsbruchstücke sind auch von ungefähr gleicher Art und auch ungemein dicht, so dass hier die Gegenwart von Bronzit nur beiläufig zu bestimmen ist. Chromit und Magnetkies erscheinen auch in derselben Weise, wie im vorigen Meteorit. Mit diesem Befunde stimmen die Beobachtungen GUMBEL's bis auf die Deutung der grünlichen Splitter als Olivin sehr gut überein und die Analyse SCHWABER's harmonirt ebenfalls mit demselben¹.

Der Meteorit von Bialystock ist nach G. ROSE dem vorigen sehr ähnlich, jener von Le Teilleul, welcher in dem Verzeichniss des Pariser Museums zu den Howarditen gerechnet wird, scheint mir, nach dem im Wiener Hofmuseum liegenden Stücke zu urtheilen, bestimmt dazu zu gehören.

¹ Sitzungsberichte der bairischen Akademie. 1878. I.

described and also a third variety, greener and with a fine lamellar structure parallel to {100}. Many of these grains are twinned; others contain numerous needle-shaped black inclusions in parallel array. A fourth form of augite appears as large, very pale brown fragments without lamellar structure.

Bronzite occurs in large, very pale greenish fragments almost devoid of inclusions. This constituent is easily recognized by its parallel extinction and its system of parallel cleavage cracks. These yellow-green grains had previously been taken for olivine; I noted they have the cleavage of bronzite. As further proof of this identification, the mineral (powdered) was found not to react with concentrated hydrochloric acid.

A few small fragments in the groundmass, as well as some fine-textured polycrystalline fragments rich in black grains, seem to me to be olivine. The dark grains and fragments visible with the naked eye consist partly of this polycrystalline component and partly of fine-grained to cryptocrystalline eucrite such as occurs in Stannern.

Occasional small pitch-black grains are undoubtedly chromite. Partsch and Rose have observed very small amounts of pyrrhotite and metallic iron. See figures 13, 14, 16.

The above observations were made on a specimen of Luotolax which I obtained from Prof. F. J. Wiik, the most reliable source possible. It is identical with the specimen in the Vienna Hofmuseum. A comparison of my description with that of Rose indicates that he took to be olivine the same yellow-green grains that I have identified as augite and bronzite. A correct estimate of the stone's mineralogy has previously been difficult because, according to the chemical analysis made by Berzelius, the stone must consist mostly of olivine. However, this erroneous analysis has been superseded by the analyses of A. E. Arppe (Rammelsberg, 1870), which are in full agreement with the mineralogical composition reported above.

A small specimen of Mässing given to me by Dr. C. W. von Gümbel is quite similar to Luotolax. The stone is a tuff, in which crystal fragments and small pieces of very fine-grained rock are embedded in an earthy groundmass. Among the crystal fragments are pieces of anorthite having the same appearance and the same inclusions as the anorthite in Luotolax.

Also as in Luotolax, augite is present in Mässing in brown, yellow, and gray-green fragments with finely lamellar structure.

Bronzite is similar in both howardites; sometimes, as shown in figure 15, this mineral occurs in Mässing in euhedral crystals. Luotolax contains a few fragments of bronzite in bladed aggregations, such as are common in chondrites.

Small rock fragments of approximately the same type observed in Luotolax are present in Mässing; these are so fine-grained that bronzite can be identified only locally. Chromite and pyrrhotite occur in the same manner in Mässing as in Luotolax. This description agrees with that of von Gümbel, except that he identifies the greenish fragments as olivine. It is also consistent with Schwager's chemical analysis (von Gümbel and Schwager, 1878).

According to Rose, the Bialystok meteorite is similar to the howardites already described. Le Teilleul is listed in the catalogue of the Paris Museum as a howardite; judging from the specimen in the Vienna Hofmuseum, this is correct.

II. The magnesium-rich stones, poor in metallic iron

Bustites.—This type, a mixture of diopside and enstatite, is represented thus far only by the meteorite Bustee (near Goruckpur; fell December 2, 1852). Maskelyne (1870a) has studied it and has measured and analyzed its constituent minerals. Its fabric consists of crystals and large fragments. Flight (1875) has published a picture of the stone, which clearly shows this heterogeneous mixture. The stone has no crust.

Diopside, the principal mineral, appears gray to violet by incident light. Maskelyne was able to determine the prism zone and a pyramid face on the grains. Conspicuous in this constituent is a fine lamellar structure parallel to {100}, which is often related to a polysynthetic twinning on this surface. Besides this foliation, which is similar to the structure of diallage, lamellae and distinct twinning parallel to {001} are also frequently present. The numerous inclusions are black; some are needle-shaped and oriented parallel to the {100} foliation, others are rounded. They account for the mineral's violet pigmentation.

The enstatite is often euhedral. Maskelyne was able to determine only the prism zone.

II.

Bustit. Das Gemenge von Diopsid und Enstatit ist bisher bloß durch den Stein von Busti bei Goruckpur (gefallen am 2. Dezember 1852) repräsentirt. MASKELYNE hat denselben untersucht, die einzelnen Gemengtheile gemessen und analysirt¹. Das Gefüge ist beinahe krystallinisch, doch unterscheidet man Krystalle und grössere Splitter, welche in einer aus feinen Splitttern bestehenden Grundmasse liegen. FLIGHT hat eine Abbildung des ganzen Steines veröffentlicht, welche die ungleichartige Mengung deutlich wahrnehmen lässt². Der Stein hat keine Rinde.

Der Diopsid, welcher das herrschende Mineral ist, erscheint im auffallenden Lichte grau bis violett. MASKELYNE konnte an Körnern die Prismenzone bestimmen und auch eine Pyramidenfläche erkennen. Dieser Gemengtheil ist meist auffallend durch seine feinschalige Zusammensetzung nach 100, welche oft mit wiederholter Zwillingbildung nach dieser Fläche verbunden ist. Ausser dieser Blätterung, welche dem Diallag entspricht, ist öfters auch noch eine schalige Zusammensetzung nach 001 mit einer deutlichen Zwillingbildung nach dieser Fläche wahrnehmbar. Die oft reichlichen Einschlüsse sind schwarz und bald nadelförmig, der ersten Lamellirung parallel gelagert, bald rundlich. Sie sind die Ursache der violetten Färbung.

Der Enstatit lässt öfters scharfe Begrenzungen wahrnehmen. MASKELYNE konnte nur die Prismenzone bestimmen. Derselbe unterscheidet dreierlei Enstatite, den grauen undurchsichtigen, den graulichweissen durchscheinenden und den farblosen wasserhellen Enstatit. Im Dünnschliff erkennt man ebenfalls verschiedene Arten. Der graue führt eine grosse Anzahl von Glaseinschlüssen mit sich, welche bisweilen eine fixe Libelle haben. Sie zeigen sehr oft einen polygonalen Umriss und erscheinen als negative Krystalle, die mit einem blass bräunlichen Glase erfüllt sind. Wenn viele solche Einschlüsse vorhanden sind, ist der Enstatit trübe. Es gibt aber auch völlig farblose Splitter, die ganz frei von Einschlüssen sind.

Ausser diesen beiden Gemengtheilen fanden sich untergeordnet Plagioklas, Oldhamit, Nickeleisen, Osbornit. Der Plagioklas wird von MASKELYNE nicht angeführt, er ist auch nur spärlich vorhanden, doch konnte ich die farblosen Splitter, welche fast frei von Einschlüssen sind und keine Zwillinglamellen erkennen lassen, mit grosser Wahrscheinlichkeit auf Plagioklas beziehen, weil dieser Gemengtheil mit dem Plagioklas im Stein von Bishopville im übrigen völlig übereinstimmt. Der Oldhamit CaS ist nur in einem Theile des Steines in rundlichen Körnern von tesseraler Spaltbarkeit vorhanden. Das Nickeleisen ist nur in geringer Menge, noch spärlicher der Osbornit enthalten. Der letztere zeigt Oktaëder und die Reactionen auf Schwefel, Calcium und Titan oder Zirconium. Die Einschlüsse im Diopsid dürften nach MASKELYNE Osbornit sein.

Die Bilder Fig. 1 und 2 auf Taf. V sind aus einem Präparat erhalten, welches mir Herr NEVIL-STORY MASKELYNE bereitwilligst zur Benützung überliess.

Chladnit. Auch dieses Gemenge ist bisher nur in einem einzigen Meteoriten und zwar in jenem von Bishopville gefunden worden. Der Stein ist grobkörnig und besteht zum grössten Theil aus schneeweissem lockeren Enstatit. G. ROSE bemerkte auch noch andere weisse Körnchen, vermochte sie jedoch nicht zu bestimmen. Nach meinen Beobachtungen gehören dieselben zum Plagioklas. Der dritte Gemengtheil ist Magnetkies. Der Stein hatte eine marmorirte Rinde, theils farblos, theils schwarz, weiss, bläulich und grau.

Der Enstatit bildet meist grosse, aber auch kleine Körner. An einem der letzteren konnte ich scharfe Umrisse wahrnehmen. Der Schnitt ging ungefähr parallel $a = 100$. Die Endigung des Krystalles war dreiflächig, eine Fläche entsprach der Zone pa , die beiden andern den Zonen ub ³. Die Körner sind von vielen feinen unregelmässigen Sprüngen durchsetzt, abgesehen von den Spaltrissen, welche beim Präpariren entstehen. Einschlüsse sind nur in geringer Menge vorhanden und bestehen aus opaken Körnchen, seltener aus schwarzen Nadeln.

Der Plagioklas ist meistens mit den kleinen Enstatitkörnern verbunden. Niemals beobachtete ich eine regelmässige Begrenzung. Die Umrisse sind rundlich lappig oder gestreckt. Im polarisirten Lichte sieht man bisweilen eine sehr deutliche Zwillingstextur, indem entweder breite Lamellen in Wechselstellung erscheinen oder aber manche Körner aus ungemein schmalen Lamellen zusammengesetzt sind, so dass dieselben zwischen gekreuzten Nicols äusserst fein liniirt erscheinen. Die übrigen Körner haben eine einfache, gewöhnlich aber eine undulöse Auslöschung, manche sind aus mehreren kleinen Körnchen zusammengesetzt. Auf das Verhalten im polarisirten Lichte gründet sich die Bestimmung als Plagioklas. Der Versuch, einzelne Körnchen für weitere Prüfung aus dem Gemenge zu sondern, misslang nicht nur wegen ihrer Kleinheit, sondern auch deshalb, weil dieselben weder durch die Farbe noch durch den Glanz vom Enstatit unterschieden werden können.

¹ Proceedings of the Royal Society XVIII. 146.

² Geological Magazine, September 1875.

³ Hier und im Folgenden sind für Bronzit und Enstatit $a = b$ bei v. Rath, $u = u$ bei v. Rath.

$b = a$ " " " $p = k$ " " "

He distinguished three types of enstatite: gray and opaque, gray-white and transparent, clear and colorless. Different types can also be recognized in thin-section. Gray enstatite contains numerous glass inclusions, some of which contain (immobile) bubbles. The inclusions often have polygonal outlines and appear to be negative crystals filled with a pale brownish glass. When it contains many such inclusions the enstatite is cloudy, but some colorless fragments are quite free of inclusions.

Besides diopside and enstatite, Bustee contains subordinate amounts of plagioclase, oldhamite, nickel-iron, and osbornite. Plagioclase was not identified by Maskelyne; it appears to be present only in very small amounts, as colorless fragments almost free of inclusions and without twin lamellae. This mineral resembles in all respects the plagioclase in Bishopville. Oldhamite, CaS, is present in only one part of the stone, in rounded grains with cubic cleavage. Nickel-iron is scarce. Osbornite, which is very scarce, occurs in octahedra and gives the reactions for sulfur, calcium, and titanium or zirconium. Maskelyne thinks the inclusions in the diopside may be osbornite.

N. Story-Maskelyne kindly made available to me the thin-section depicted in figures 17 and 18.

Chladnites.—This combination of minerals has been found in only one meteorite, Bishopville. The stone is coarse-grained and consists mostly of friable snow-white enstatite. Rose observed other white grains, but could not identify them. I find these to be plagioclase. The third constituent is pyrrhotite. The stone's crust has a marbled appearance, being partly colorless, partly black, white, bluish, and gray.

Enstatite occurs in large and small grains, mostly large. I observed distinct crystal boundaries on one of the small grains, which the thin-section cut approximately parallel to {100}. The termination of the crystal had three surfaces; one lay in the zone [010], the other two in the zones [203] and [203]. The grains are cut by many fine, irregular cracks (in addition to the cracks that were produced during preparation of the thin-section). Inclusions are rare and consist of opaque grains, less often of black needles.

Plagioclase is usually attached to the small enstatite grains. I have not found plagioclase

with a regular crystal boundary. Its outlines are rounded, lobate, or elongated. In polarized light a very distinct twin structure is sometimes seen, consisting either of alternating wide and narrow lamellae, or entirely of extremely narrow lamellae having a finely-ruled appearance between crossed Nicols. Most untwinned plagioclase grains show undulose extinction; many are aggregates of several small grains. The identification of this mineral as plagioclase is based on its behavior in polarized light. An attempt to separate individual grains from the stone for further tests was unsuccessful, not only because of their small size but also because they could not be distinguished by color or luster from the enstatite.

In places, the plagioclase shows streaks and slight cloudiness and is brownish by transmitted light. Small opaque inclusions are rare, but larger, often spindle-shaped, bronzite inclusions are abundant. Pyrrhotite forms large and small grains; in the specimen studied these grains are surrounded by brown areas, the result of reaction with the atmosphere.

The analysis of Rammelsberg (1861), which found Al_2O_3 , CaO, and alkalis in small amounts, in addition to the ingredients of enstatite, is in full agreement with the microscopic description just given.

Rose also reports small amounts of nickel-iron and a black mineral that sometimes fills fine cracks. Breaking the stone along such cracks, I observed a shiny material, similar to that in meteorites to be described later, in which the veins consist of iron, pyrrhotite, and silicate glass.

Since the enstatite is similar in all respects to the bronzite in the meteorites about to be described, the photomicrographs of Bishopville (figs. 19, 20) concentrate attention on the plagioclase in this meteorite.

Diogenites.—This class differs little in mineralogy from the preceding one. The main constituent is bronzite or hypersthene; these minerals and enstatite are members of the same series. Therefore the distinction between chladnite and diogenite depends only on content of ferrous oxide. Manegaon, Ibbenbüren, and probably Shalka are diogenites.

The interiors of Manegaon and Ibbenbüren are light gray-yellow, with large, light yellow-green grains. These grains, as well as the rest of the mass, consist of bronzite with 17.5 to 20.5 percent ferrous oxide. Maskelyne (1870b)

Der Plagioklas zeigt stellenweise Schlieren und zarte Trübung, in welchem Falle derselbe im durchfallenden Lichte bräunlich erscheint. Kleine opake Einschlüsse sind selten, dagegen kommen grössere, oft spindelförmige Bronziteinschlüsse nicht selten vor. Der Magnetkies bildet grössere und kleinere Körner, die in den vorliegenden Stücken von einem braunen, durch Einwirkung der Luft entstandenen Hof umgeben sind.

Mit der angegebenen mikroskopischen Beschaffenheit stimmt die Analyse RAMMELSBERG's¹, welche ausser den Bestandtheilen des Enstatits auch Thonerde, Kalk und Alkalien in geringer Menge angibt, vollkommen überein.

G. ROSE gibt auch noch geringe Mengen von Nickeleisen und ein schwarzes Mineral an, welches hie und da feine Kluftausfüllungen bildet. Beim Zerbrechen erhielt ich auf solchen Klüften glänzende Harnische, ähnlich wie in später anzuführenden Meteoriten, in welchen diese aus Eisen, Magnetkies und Silicatschmelze bestehen.

Da der Enstatit keine anderen Erscheinungen darbietet als der Bronzit in folgenden Meteoriten, so wurde in den Fig. 3 und 4 auf Tafel V vorzugsweise der Plagioklas zur Anschauung gebracht.

Diogenit. Diese Abtheilung ist von der vorigen mineralogisch wenig verschieden, da der wesentliche Gemengtheil dem Bronzit oder Hypersthen entspricht, Gattungen, welche mit dem Enstatit durch Uebergänge verbunden sind. Die Trennung erfolgt also nur wegen des bedeutenden Gehaltes an Eisenoxydul. Hierher gehören die Steine von Manegaum, Ibbenbühen und wohl auch der von Shalka.

Das Innere der beiden ersteren ist hell graulichgelb mit grösseren lichtgelbgrünen Körnern. Sowohl diese Körner als auch die übrige Masse bestehen aus einem Bronzit mit 20.5 resp. 17.5 Eisenoxydul. In dem Stein von Manegaum fand MASKELYNE auch geringe Mengen von Chromit und gediegen Eisen². Im Stein von Ibbenbühen konnte v. RATH nur Bronzit erkennen, abgesehen von wenigen Einschlüssen³.

Der Meteorit von Ibbenbühen ist ungemein gleichartig. (Taf. VI. Fig. 2.) Der Bronzit bildet grosse und kleine Körner fast ohne eine Spur von regelmässiger Form. Im polarisirten Lichte zeigen manche Individuen eine zarte Streifung, jedoch ohne ausgesprochenen Zwillingsscharakter. Zuweilen zeigen sich auch einzelne sehr dünne Lamellen von schiefer Auslöschung eingeschlossen. Dieselben dürften einem Augit angehören. Einschlüsse sind nur sparsam vorhanden, und zwar theils rothbraune Glaseinschlüsse, theils opake Körnchen, welche Magnetkies und Chromit sein dürften. Auch sieht man bisweilen sehr schmale schwarze Klüfte, deren Füllung eine braunschwarze Masse ist. An einer Stelle beobachtete ich zwischen den Bronzitkörnern ein farbloses Mineral, aus einem Aggregat kleiner Körnchen bestehend, welche Zwillingbildungen ähnlich denen der Plagioklase wahrnehmen liessen, doch nicht so ausgesprochen, dass die Bestimmung sicher wäre. Es könnte auch Tridymit sein.

Der Stein von Shalka zeigt in einer hellgrauen etwas zerreiblichen Masse grössere grünlichgraue Körner von Bronzit und schwarze Körner von Chromit. Im Dünnschliff lässt sich erkennen, dass alles Durchsichtige Bronzit ist und die grossen Körner desselben, die bisweilen Krystallumrisse zeigen, in einer Grundmasse von Bronzitsplittern liegen. (Taf. VI, Fig. 1.) Der Bronzit enthält öfters braune Glaseinschlüsse oder opake Körnchen. Manche der letzteren sind nach den Sprüngen im Bronzit angeordnet, dürften also erst nachträglich abgesetzt worden sein. Es ist mir wahrscheinlich, dass die letzteren aus Magnetkies bestehen. Beim Behandeln des Meteoriten mit Säure wird in der That etwas Schwefelwasserstoff entwickelt. Grüngelbe Körnchen, die man hie und da beobachtet, hielt G. ROSE (a. a. O. p. 125) für Olivin, daher dieser Forscher den Stein von Shalka als ein Olivin Gemenge definirte, wofür die Abtheilung Shalkit aufgestellt wurde. MASKELYNE vermochte jedoch keinen Olivin zu finden, auch mir gelang es nicht, solchen nachzuweisen. Ich isolirte einzelne der gelbgrünen Körnchen, fand jedoch die Spaltbarkeit des Bronzits und bei der Behandlung mit conc. Salzsäure nur eine sehr geringe Zersetzung. Somit ist nur erwiesen, dass ausser dem herrschenden grünlichgrauen Bronzit auch gelbgrüner untergeordnet vorkommt, was bei der Tuffstruktur des Meteoriten begrifflich ist.

Amphoterit. Von dieser Abtheilung kennt man bisher nur einen Meteoriten, nämlich den von Manbhoom in Bengalen (22. Dec. 1863). Derselbe ist ein grüngelbliches körniges Gemenge, in welchem der Bronzit und Olivin fast die gleiche Farbe zeigen. Ausser diesen sind auch zahlreiche Körner von Magnetkies und wenige Körner von Eisen bemerkbar.

Bei einem Versuche, welchen ich vor Jahren ausführte, erhielt ich ungefähr 33 % in Säure Unlösliches, welches als Bronzit erkannt wurde. In einem Dünnschliffe, welchen ich damals herstellen liess und welchen ich aus dem k. k. Hofmuseum zur Benützung erhielt, lässt sich körniger Olivin, von vielen Sprüngen durchzogen und arm an Einschlüssen als Hauptgemengtheil und Bronzit in länglichen bis rundlichen Körnern von etwas faserigem Ansehen leicht erkennen. Beide sind blass grün. Ausser diesen sind aber auch farblose Körnchen hie und da eingestreut, welche sich optisch so verhalten, wie der später beim Chondrit zu beschreibende Plagioklas. Die rundlichen opaken Körner sind Magnetkies, einige längliche Eisen. (Taf. VI, Fig. 3.)

¹ Monatsberichte der Berliner Akademie. 1861, p. 895.

² Philosophical Transactions CLX. p. 189. (1870.)

³ Monatsberichte der Berliner Akademie 1872, p. 27. Pogg. Ann. CXLVI. p. 474.

also found traces of chromite and metallic iron in Manegaon. Except for a few inclusions, vom Rath (1872) found only bronzite in Ibbenbüren.

Ibbenbüren is quite homogeneous (fig. 22). Bronzite occurs in large and small grains, almost always irregular in form. Many grains display a fine striped pattern by polarized light, but without an obvious twin relationship. Occasional very thin lamellae with inclined extinction are enclosed in the bronzite grains. These may be augite. Inclusions are rare; some are of red-brown glass; others are opaque grains which may be troilite and chromite. A few very thin veins filled with a brown-black substance are visible. At one place between the bronzite grains I observed a colorless mineral, an aggregate of small grains displaying twinning similar to that in plagioclase. These were not pronounced enough to permit a certain identification, however; the mineral could equally well be tridymite.

Shalka consists of coarse, greenish-gray, bronzite grains and black chromite grains in a light gray, rather friable groundmass. In thin-section, all transparent grains are seen to be bronzite; the larger grains, which occasionally display crystal outlines, lie in a groundmass of bronzite fragments (fig. 21). Often the bronzite contains brown glass inclusions or minute opaque grains. Many of the latter are concentrated along cracks in the bronzite; these may have been deposited at a late stage in Shalka's history. They are probably pyrrhotite. Some hydrogen sulfide is in fact evolved when the meteorite is treated with acid. Shalka contains scattered green-yellow grains which Rose (1864) believes to be olivine; for such bronzite-olivine meteorites he has introduced the class *Shalkite*. However, neither Maskelyne nor I could find olivine in Shalka. I isolated several of the yellow-green grains and found them to have the cleavage of bronzite and to be only slightly soluble in concentrated hydrochloric acid. This proves that the yellow-green mineral is bronzite, accompanying the greenish-gray bronzite in lesser amounts. Such inhomogeneity is consistent with the tuffaceous texture of the meteorite.

Amphoterites.—As yet only one meteorite of this class is known: Manbhoom (Bengal, Dec. 22, 1863). This is a granular mixture of green-yellow bronzite and olivine of almost the same color. Besides these minerals, numerous pyr-

rotite grains and a few iron grains are visible.

I found approximately 33 percent of the meteorite to be insoluble in acid and thus to consist of bronzite. In thin-section, the principal constituent is seen to be granular olivine, cut by numerous cracks and containing few inclusions; less abundant bronzite in elongated to rounded grains, somewhat fibrous in texture, is easily recognized. There is also a scattering of small colorless grains which have the optical properties of the plagioclase to be described in the section on chondrites. In figure 23 the rounded opaque grains are pyrrhotite and a few elongated grains are iron.

Chassignites.—This class is also represented at present by only one stone, Chassigny, which, according to Rose, consists of a small-grained, almost homogeneous, rather friable mass, greenish-yellow to gray in color. Vauquelin (1816) found that hydrochloric acid decomposes the powdered stone; his analysis proved it to consist of olivine.

In thin-section, Chassigny is seen to consist of equal-sized pale yellow-green grains, which fit tightly against one another and are cut by the coarse and fine cracks characteristic of meteoritic olivine (fig. 24). They contain only a few brownish glass inclusions. Here and there between the olivine grains small interstitial areas (often triangular in shape) filled with colorless or brown glass can be seen. Frequently, systems of cracks in the olivine grains radiate away from these glass areas. When highly magnified, the glass is often seen to contain numerous colorless birefringent grains, fine birefringent needles, or brown crystallites. Thus, some of the glass has become partly devitrified.

Chromite, often in distinct octahedrons, is uniformly dispersed. Occasionally a small chromite crystal lies in the center of a glass area. The section studied is from the Vienna Hofmuseum.

III. The magnesium-rich chondritic stones with metallic iron

Chondrites.—The great majority of stony meteorites belong to this class; thus, most stones are similar to one another in texture and composition.

Chondrites have the same major minerals as amphoterites, namely olivine and bronzite. Besides these, however, they also contain metallic iron and pyrrhotite in substantial

Chassignit. Auch diese Art ist bisher nur durch einen Meteoriten, den Stein von Chassigny repräsentirt. Nach G. ROSK bildet dieser eine feinkörnige, fast gleichartige etwas zerreibliche Masse von grünlichgelber ins Graue ziehender Farbe. VAUQUELIN fand schon, dass das Pulver von Salzsäure unter Gallertbildung zersetzt wird und fand bei der Analyse die Verhältnisse des Olivins.

Im Dünnschliffe sieht man blass gelbgrüne, beiläufig gleichgrosse Körner, die fast überall enge aneinanderschliessen und jene für den meteoritischen Olivin oft so charakteristischen gröberen und feineren Sprünge zeigen. (Taf. VI, Fig. 4.) Sie enthalten nur wenige bräunliche Glaseinschlüsse. Zwischen den Olivinkörnern bleiben hie und da kleine, oft dreiseitige Zwischenräume, die mit farblosem oder braunem Glase ausgefüllt sind. Diese Glaspartikel erscheinen oft als das Centrum von radial in den Olivin verlaufenden Sprüngen. Bei stärkerer Vergrösserung bemerkt man in dem Glas oft sehr viele farblose Körnchen oder zierliche Nadeln, welche Doppelbrechung zeigen oder auch braune Kryställchen. Es ist also in vielen derselben schon eine Entglasung eingetreten.

Chromit, oft in deutlichen Oktaedern, ist ungefähr gleichförmig eingestreut. Bisweilen liegt ein kleiner Chromitkrystall mitten in einem Glaspartikel. Der Schliff ist Eigenthum des k. k. Min. Hofmuseums.

III.

Chondrit. Hierher gehört die grosse Mehrzahl der steinartigen Meteoriten, womit gesagt ist, dass die Meteorsteine sowohl der Textur als dem Bestande nach meistens gleichartig sind.

In Bezug auf die Gemengtheile wiederholen die Chondrite den Bestand der Amphoterite, da sie hauptsächlich aus Olivin und Bronzit bestehen, jedoch enthalten sie ausserdem auch Eisen und Magnetkies in erheblicher Menge, sowie untergeordnet Chromit. Accessorisch kommen aber auch die Minerale der Eukrite, nämlich Plagioklas und Augit vor, öfters auch farbloses Glas (dem Maskelynit ähnlich), braunes Glas, ein doppelbrechender noch nicht bestimmter Gemengtheil und ein bisher nicht erwähnter, nämlich Kohle.

Das feinere Gefüge ist wesentlich durch das Vorkommen der Chondren charakterisirt. Dasselbe schwankt aber zwischen den folgenden Extremen

- a. Vollkommen chondritisch, wenn von Grundmasse fast nichts zu bemerken ist, die Chondren fast allein herrschen.
- b. Tuffartig, erdig, wofern die aus kleinen Splittern bestehende Grundmasse vorwiegt und zuweilen auch Gesteinbruchstücke vorkommen.
- c. Halbglasig, wenn der Stein eine dichte schimmernde Masse darstellt.
- d. Krystallinisch, wenn der Meteorit fast gänzlich aus festgefügteten Körnern besteht und die Chondren sehr zurücktreten.

Die Grundmasse besteht aus Splittern oder Körnern, von welchen die ersteren sich nicht immer genauer bestimmen lassen. Unter den Splittern sind häufig auch Bruchstücke von Chondren deutlich erkennbar. Ausser den durchsichtigen Partikelchen kommen immer auch opake vor, welche sich als Eisen, Magnetkies, zuweilen auch als Chromit erkennen lassen. Wenn Kohle auftritt, so ist sie meistens in der Grundmasse gleichförmig vertheilt, so dass dieselbe schwarz erscheint. Auch der Magnetkies verbreitet sich zuweilen als Imprägnation stellenweise in der Grundmasse.

Ausser den Splittern und Körnern, welche sich auf Olivin und Bronzit, zuweilen auch auf Augit beziehen lassen, finden sich in der Grundmasse oft auch kleine ründliche farblose Körner, die entweder einfach brechend sind, so dass man die Wahl hätte, sie als Glas oder Maskelynit anzusprechen, oder doppelbrechend sind und gewöhnlich eine undulöse Auslöschung zeigen, so dass man mit einiger Wahrscheinlichkeit Plagioklas annehmen darf. Manche dieser Körnchen zeigen aber im polarisirten Lichte Zwillinglamellen in Wechselstellung in genau derselben Weise wie die triklinen Feldspathe, daher die Bestimmung als Plagioklas wohl sicher ist. Da letztere Körnchen dieselbe Form, Grösse und Verwachsung mit der Umgebung zeigen wie die vorigen, so ist es wahrscheinlich, dass alle drei Arten substantiell gleich, also die doppelbrechenden auf Plagioklas, die einfach brechenden auf Maskelynit zu beziehen sind. Alle diese Körnchen und Körnergruppen sind mit der Umgebung innig verwachsen und schliessen oft Partikelchen der anderen Silicate ein, sie sind niemals zersplittert. Daraus lässt sich schliessen, dass sie später gebildet seien, und zwar nach der Ablagerung des Gesteintuffes.

Ausser diesen Körnern finden sich in der Grundmasse auch scharfkantige grössere Körner, welche gleichfalls mit der Grundmasse innig verbunden erscheinen. Sie sind fast farblos, lassen Spuren einer unvollkommenen Spaltbarkeit, öfters auch viele zarte, krumm verlaufende Sprünge erkennen. Zwischen gekreuzten Nicols geben sie nur geringe Aufhellung, einen grauen Farbenton, jedoch niemals schönere Interferenzfarben. Durch dieses Verhalten, die Farblosigkeit und die zarten Sprünge sind sie von allen übrigen durchsichtigen Gemengtheilen leicht zu unterscheiden. Im

amounts, and small amounts of chromite. Accessory minerals are: the eucrite minerals, plagioclase, and augite; frequently a colorless glass similar to maskelynite; brown glass; a birefringent mineral not yet identified; and carbon, a constituent not found in the meteorite classes described above.

On a fine scale, the texture is characterized by the presence of chondrules, but varies in different specimens between the following extremes. The stone may be:

- a. Completely chondritic, consisting almost wholly of chondrules, with groundmass virtually nonexistent.
- b. Tuffaceous, earthy; groundmass predominates; the latter consists of fine fragments and contains occasional larger pieces of broken rock.
- c. Semivitreous; a fine-grained shiny mass.
- d. Crystalline, consisting almost entirely of grains tightly fitted together; the chondrules are very indistinct.

The groundmass of chondrites consists of fragments and grains; among the fragments, many of which are not identifiable, pieces of chondrules are often recognizable. Opaque as well as transparent particles are present: iron, pyrrhotite, and occasionally chromite. Carbon, when present, is uniformly dispersed in the groundmass, coloring it black. Finely dispersed pyrrhotite is also sometimes found in the groundmass.

Besides fragments and grains of olivine, bronzite, and sometimes augite, the groundmass also often contains small rounded colorless grains. These are either isotropic (glass or maskelynite) or birefringent, usually showing undulose extinction, in which case they are probably plagioclase. Many of the birefringent grains contain twin lamellae which alternate in exactly the same manner as in the triclinic feldspars, so that their identification as plagioclase is fairly certain. The twinned grains have the same form, size, and relationship with surrounding minerals as the other colorless grains described; it is therefore probable that all three types of colorless grains are essentially the same, the birefringent grains being plagioclase and the isotropic grains maskelynite. All

these grains and groups of grains are intimately intergrown with the minerals surrounding them and often enclose small particles of other silicates; they are never fractured. From this it may be concluded that they were formed late, after the deposition of the tuff.

The groundmass also contains larger angular grains which appear similarly intergrown with the groundmass. They are colorless, display traces of imperfect cleavage, and often contain many fine, curved cracks. Between crossed Nicols they show only a dark gray interference color, never higher order colors. This mineral is easily distinguished from all other transparent constituents by its behavior in polarized light, its fine cracks, and by being colorless. Examination in convergent light proves it to be biaxial. I have not been able to identify it with any known mineral.

The chondrules are remarkable structures, as Reichenbach (1860) and Rose have already emphasized. They have characteristic forms and contain the same minerals as the groundmass, singly or mixed. Their juxtaposition is not like the disposition of minerals in a proper crystalline rock. Chondrules of a particular type do not occur together; instead, chondrules of different mineralogy and texture are randomly mixed, in the same manner as the various minerals in a tuff. Examples are shown in figures 25-28.

Chondrules vary in size, from as large as walnuts to as small as dust particles. Most are about the size of millet grains. Their surfaces are usually rough to lumpy, less often (on hard fibrous chondrules) smooth.

The exterior forms of chondrules differ, varying in one and the same meteorite. All gradations are present, from perfectly round chondrules to shapeless lumps.

Many chondrules appear to be spherical (figs. 25-32). Where these are solid and the groundmass friable, the chondrules can easily be removed, leaving round cavities. Less solid chondrules often break when an attempt is made to isolate them. The hard round chondrules frequently show a remarkable deformation: they contain rounded depressions, as if other (hard) spheres had been pressed against them while they were still soft (first observed in Tieschitz, by Makowsky and Tschermak [1878]). Cross sections of two such chondrules can be seen in figure 27. Some chondrules are flattened or elongated; others have protuber-

convergenten Lichte lässt sich constatiren, dass sie zweiaxig sind. Ich konnte diese Körner bisher mit keinem bekannten Mineral identificiren.

Die Chondren, welche schon von REICHENBACH¹ und G. ROSE als merkwürdige Bildungen hervorgehoben wurden, sind eine charakteristische Form, in welcher dieselben Körper, die auch in der Grundmasse vorkommen, einzeln oder gemengt auftreten. Ihr Zusammenvorkommen ist aber ein anderes, als jenes der Gemengtheile in echt krystallinischem Gestein, indem nicht Chondren von bestimmter Beschaffenheit nebeneinander liegen, sondern die verschiedenartigsten im selben Gemenge angetroffen werden, in der Art wie die verschiedenartigsten Minerale in einem Tuff beisammenliegen. Beispiele geben Taf. VII, Fig. 1 bis 4.

Die Grösse der Chondren ist variabel, manchmal werden solche von Wallnussgrösse beobachtet, zuweilen wiederum solche von staubartiger Kleinheit. Am häufigsten sind sie etwa hirsekorngross. Die Oberfläche ist meistens etwas rauh bis höckerig, seltener glatt (an harten faserigen Kügelchen).

Die äussere Form der Chondren ist verschieden und wechselt in einem und demselben Meteoriten. Von den vollkommen runden Chondren bis zu den unförmlichen Stücken lassen sich alle Uebergänge wahrnehmen.

Manche Chondren erscheinen kugelförmig. (Tafel VII und VIII.) Sind solche Chondren sehr fest und die Grundmasse locker, so können erstere leicht herausgenommen werden, worauf sie eine runde Höhlung hinterlassen. Die lockeren zerbrechen dagegen oft, wenn man sie zu isoliren versucht. Die festen runden Chondren zeigen oft eine merkwürdige Deformation. Sie bieten dann runde Aushöhlungen dar, so, als ob sich an dem noch weichen Kügelchen ein anderes hartes abgeformt hätte². Auf Tafel VII, Fig. 3 sind die Durchschnitte zweier solcher Kügelchen dargestellt. Andere Chondren sind abgeplattet oder länglichrund, wieder andere zeigen Vorsprünge und Einbuchtungen. An diese schliessen sich bezüglich der Form jene an, welche lappig oder fetzenartig erschienen. Derlei Chondren lassen sich meistens nicht unverletzt aus der Grundmasse nehmen, daher sich die Gestalt meist nur aus den Umrissen des Durchchnittes ergibt. Auf Tafel VII sind Beispiele solcher Formen gegeben. An jene Chondren, welche wie abgerundete Splitter aussehen, schliessen sich endlich jene, welche als grössere Gesteinstücke mit rundlichen Kanten erscheinen und so das Extrem der Chondrenbildung darstellen, wie in dem Stein von Alexinac. Die Contouren der Chondren sind nicht immer scharf, daher bei der mikroskopischen Beobachtung die Grenze gegen die Grundmasse ganz oder theilweise undeutlich erscheint. Bei flüchtiger Betrachtung werden viele Chondren leicht übersehen und mit Grundmasse verwechselt, scharfe Krystalle als der letzteren zugehörig betrachtet, während sie einem porphyrischen Chondrum angehören etc.

Da die Gemengtheile der Chondren im Allgemeinen dieselben sind, wie jene der Grundmasse, so zeigt sich auch öfters wenig Unterschied in der Farbe der beiden, besonders bei den grauweissen, wie Milena, Alfanello, häufig aber sind die Chondren desselben Steines ungleich gefärbt, die einen weiss oder grau, die anderen braun oder schwarz und auch die Grundmasse unterscheidet sich öfters durch die Farbe von jenen, besonders in den Steinen mit schwarzer Grundmasse, wie Renazzo.

Die Textur der Chondren ist mannigfaltig. Manche bestehen aus einem einzigen Krystallindividuum, sind monosomatisch, wofern man von den darin vorkommenden Einschlüssen absieht. Viele bestehen aus mehreren Individuen derselben Art, sind polysomatisch und erscheinen körnig oder blätterig, stängelig, faserig. Die gemischten, aus mehrerlei Gemengtheilen bestehenden sind wiederum körnig, blätterig, faserig oder aber porphyrisch. Bisweilen zeigt sich in solchen auch zweierlei Textur, indem z. B. ein Theil des Chondrums blätterig oder körnig, der andere faserig erscheint. Die dichten Chondren sind wohl meistens zu den gemischten zu rechnen, doch mögen auch einfache darunter vorkommen.

Obwohl die Zusammensetzung der Chondren wenig mannigfaltig erscheint, so wird doch die mikroskopische Bestimmung öfters schwierig und bei sehr kleinen Individuen zuweilen unsicher, da namentlich der Olivin der Chondrite dem Bronzit oft ungemein ähnlich ist. In der Mehrzahl der Fälle kann man aber auch dann, wenn keine Formen erkennbar sind, aus dem Charakter der Spaltlinien und der Oberfläche des Schliffes einen sicheren Schluss ziehen.

Nach den Gemengtheilen und der Mischung angeordnet, ergeben sich folgende Arten des Baues der Chondren. Olivinchondren. Monosomatische Kügelchen kommen öfters vor. Nur wenige sind frei von Einschlüssen, so dass sie ein wahres kugelförmiges Individuum darstellen. Andere sind in regelmässiger Weise von Einschlüssen durchsetzt und erscheinen als gefächerte Kugeln. Um den Charakter derselben richtig aufzufassen, geht man von der Beschaffenheit der Olivinkrystalle aus, wie solche in den porphyrischen Chondren häufig scharf ausgebildet vorkommen. An diesen erkennt man im Innern öfters eine schalige oder überhaupt lückenhafte Bildung, indem sich dort eine Glasmasse ausbreitet, die in den Schnitten bald eine ungefähr sichelförmige Figur, bald mehrere solche in paralleler Stellung aufeinander folgende Figuren ergibt.

¹ Poggendorff's Annalen, Band CXI, p. 353.

² Zuerst in dem Stein von Tieschitz beobachtet. Denkschriften d. Kais. Ak. d. Wiss. z. Wien. Math. naturw. Cl. Bd. XXXIX. p. 187.

ances or indentations. Still others are lobate and tortured in shape. Such chondrules cannot usually be detached from the groundmass, so their form can only be inferred from the shape of their outline in thin-section (figs. 25-28). Chondrules which look like rounded-off mineral fragments form a series with larger broken pieces of rock with rounded edges; the latter represent an extreme form of chondrule, as seen in the chondrite Soko-Banja. Chondrules are not always clearly delineated; as seen through the microscope, their boundaries against the groundmass may be entirely or in part indistinct. In a hasty examination many chondrules may easily be overlooked, confused with the groundmass; sharply defined crystals that seem to belong to the groundmass may actually be part of a porphyritic chondrule, etc.

Since the minerals in the chondrules are generally the same as those in the groundmass, there is often little difference in color between these two fractions, especially in the gray-white chondrites (e.g., Milena, Alfianello). Usually, however, chondrules in the same stone are of different colors (gray, white, brown, black) and differ in color from the groundmass (e.g., Renazzo, which has a black groundmass).

Chondrules show many kinds of texture. Some consist of a single crystal; neglecting inclusions, these are monosomatic. Many chondrules contain several crystals of the same mineral; these are polysomatic and may be granular, lamellar, bladed or fibrous. Polyminerallic chondrules may be granular, lamellar, or fibrous, but may also be porphyritic. A few show two-fold textures in which, for example, one part of the chondrule is lamellar or granular, the other fibrous. The cryptocrystalline chondrules are probably polyminerallic, though some could be monominerallic.

Although chondrules appear to vary little in composition, the identification of their minerals by microscope is sometimes uncertain, especially for very small crystals; chondritic olivine is often similar to bronzite. However, in most cases where crystal forms are not recognizable, a safe identification can be made from the character of cleavage cracks and of the surface of the thin-section.

Following are the types of structure found in chondrules of various mineralogies.

Olivine chondrules.—Monosomatic chondrules are common. Only a few are free of inclusions and thus appear as spherical single crystals.

Others contain inclusions in regular arrays, the olivine crystals forming compartmented spheres. In order to properly understand the character of these, note first the structure of certain olivine crystals that are especially clearly developed in porphyritic chondrules. Inside these crystals are lamellar or discontinuous masses of glass, which in section, may be roughly crescent-shaped or may consist of several parallel crescents.

Figure 33 shows examples of such crystals. At the top of the figure is a crystal with a large glass inclusion in its center and two smaller inclusions of lamellar structure. Beneath is a larger compartmented crystal containing several tabular glass inclusions (horizontal in the figure). Here and in many of the following figures the glass appears dark gray to black; actually it is brown and transparent. Borkut and Knyahinya contain many such crystals, which have completely crystalline shells of uniform thickness but are divided internally by several lamellae that are parallel to {010} and are crystallographically continuous with the shells. Between the lamellae is brown glass or a devitrified mass, usually granular to fibrous in texture. Sometimes the lamellar structure is still clear but no longer homogeneous. Figure 35 shows a crystal that is interrupted by two large glass inclusions and is open on one side. The inclusions have the appearance of antlers, filling the spaces between toothlike projections.

Compartmented olivine chondrules, such as shown in figure 38, are analogous to the crystals described above with crystallographically continuous shells and internal lamellae, the latter alternating with glass lamellae. The shell of the chondrule in figure 38 and the lamellae inside it go to extinction simultaneously. Since the olivine in this chondrule is yellow green and the glass is light brown, little contrast between them appears in the figure. Where the internal lamellae are discontinuous, the glass between them forms a network (fig. 36). Glass in these chondrules is seldom light in color and transparent, but is usually dark brown or translucent. Often the glass is sparse and its boundaries with the lamellae are indistinct, so that only a narrow gray pattern of stripes or network is visible. Very often the material filling in between lamellae is partly or almost entirely devitrified, consisting of glass and many fine crystalline grains or fibers. In some cases the filling is granular plagioclase or colorless glass (maskelynite) instead of a brown glass.

Beispiele solcher Krystalle sind in Fig. 1 auf Taf. IX zu sehen, oberhalb ein Krystall mit einem grossen Glaseinschluss in der Mitte und zwei kleineren solchen Einschlüssen, entsprechend dem schichtenartigen Baue, unterhalb ein grösserer gefächerter Krystall mit mehreren tafelförmigen im Bilde ungefähr horizontalen Glaseinschlüssen. Das Glas erscheint hier und in vielen der folgenden Bilder dunkelgrau bis schwarz, während es thatsächlich braun und durchsichtig ist. In den Steinen von Borkut und von Knyahinya wurden öfter solche Krystalle beobachtet, welche aus einer vollkommen geschlossenen gleich dicken Rinde, im Inneren aber aus einem Fachwerk bestehen, welches mit der Rinde zusammenhängt und aus mehreren parallel der Fläche $b = 010$ gelagerten Lamellen besteht. Zwischen diesen Lamellen ist ein braunes Glas oder eine in Entglasung begriffene Masse eingelagert, welche letztere eine Neigung zur körnigen bis faserigen Ausbildung verräth. Die Lamellenbildung im Inneren der Krystalle ist bisweilen wohl noch deutlich, jedoch nicht mehr so gleichartig, wie im letzteren Falle. Dies zeigt Fig. 3 auf derselben Tafel in einem Krystalldurchschnitte, welcher durch zwei grosse Glaseinschlüsse unterbrochen und einerseits geöffnet ist. Die Einschlüsse erscheinen geweihförmig, indem sie die Räume zwischen zackenförmig vorspringenden Lamellen ausfüllen.

Mit den Krystallen, welche aus einer Rinde und im Inneren aus gleichorientirten Lamellen bestehen, zwischen denen Glasmasse eingeschlossen ist, kommen die gefächerten Olivinkugeln überein, wovon eine in Fig. 2 auf Taf. X dargestellt ist. Die Rinde ist einheitlich gebildet und löscht gleichzeitig mit sämtlichen Olivinlamellen aus. Da in diesem Beispiele der Olivin gelbgrün, das Glas hellbraun gefärbt ist, so hebt sich im Bilde das Glas wenig ab. Wenn die Lamellen sich nicht ununterbrochen durch das Innere erstrecken, sondern immer nur auf kurze Strecken fortsetzen, so erscheint die zwischengelagerte Glasmasse netzartig wie in Fig. 4 auf Taf. IX. Die Glasmasse, welche in geeigneten Schnitten solcher Kugeln Streifen oder Netze bildet, ist seltener hellfarbig und durchsichtig, häufiger dunkelbraun oder trübe durchsichtig. Oft ist die Glasmasse spärlich und die Grenze gegen die Lamellen unscharf, so dass die Streifen und Netze bloss als eine graue Zeichnung erscheinen. Sehr häufig ist aber die Füllmasse theilweise oder fast ganz entglast. In letzterem Falle besteht dieselbe aus Glas und vielen feinen Körnchen oder Fasern. Statt des braunen Glases ist die Füllmasse in manchen Fällen ein körniger Plagioklas oder auch ein farbloses Glas (Maskelynit).

Makroskopisch sind jene Olivinkügelchen, welche durchgehende Lamellen enthalten, sehr auffallend, weil sie beim Zerschlagen Tafelchen liefern und einen vollkommen spaltbaren Gemengtheil vermuthen lassen. Die Angaben von Feldspath in manchen älteren Publicationen dürften sich hierauf beziehen. Ohne genauere Untersuchung würde man auch jetzt noch derlei Kugeln eher für Bronzit als für Olivin halten. G. Rose hat die parallelen Streifen, welche viele Kugeln im durchfallenden Lichte zeigen, schon beobachtet und abgebildet. Die von ihm benutzten Präparate waren jedoch, wie ich mich durch die Güte des Herrn Oberbergrathes WEBSKY überzeugen konnte, viel zu dick, als dass er den Unterschied zwischen Olivin und Glasmasse hätte wahrnehmen können.

Wenn der Schnitt, welcher Olivinkugeln von der angegebenen Beschaffenheit trifft, schief gegen die Ebene der Lamellen gerichtet ist, so wird die Regelmässigkeit des Baues weniger deutlich hervortreten, besonders in den Kügelchen mit netzartig vertheilter Glasmasse. Hierher gehört das in Fig. 4 auf Taf. VIII gegebene Bild, in welchem eine Olivinkugel mit ungewöhnlich dicker Rinde dargestellt ist und die Färbung, welche das netzartig vertheilte Glas dem Inneren ertheilt, hervorgehoben wird. Wenn im Inneren keine parallelen Lamellen auftreten und demzufolge das Glasnetz unregelmässig erscheint, so gibt der Durchschnitt oft eine gekröseartige Textur wie in Fig. 1 auf Taf. XI.

Sowohl an den Krystallen von Olivin, als auch an den Kugeln ist öfters eine Einseitigkeit der Ausbildung bemerklich, wofür auf Taf. IX die Figuren 3 und 4 Beispiele geben. Unter den monosomatischen Olivinkügelchen zeigen sich bisweilen auch solche, die zwar auch aus einem lückenhaft gebildeten Krystall bestehen, aber eine ganz andere Ausbildung desselben zeigen, indem derselbe innen kompakt, nach aussen aber skelettartig oder strauchartig geformt ist und hier in den Lücken reichliche Glasmasse beherbergt. Oefters werden auch solche Kugeln beobachtet, welche gleichförmig lückenhaft gebildete Individuen sind, indem sie nach Art der gestrickten Formen aus unzähligen Stäbchen bestehen, welche schaarenweise nach derselben Richtung gestreckt sind. Das ganze Skelett löscht gleichzeitig aus. Die Lücken sind durch Glas erfüllt. Ein Beispiel gibt Fig. 3 auf Taf. X. Hier weicht nur ein kleiner Theil des Kügelchens in seiner optischen Orientirung von der Hauptmasse ab. Im Stein von Mezö-Madaras kommen monosomatische Kügelchen vor, in welchen die feinen Stäbchen der gestrickten Bildung deutlich drei auf einander senkrechte Richtungen verfolgen, welche gemäss der Auslöschung zugleich die Richtungen der Krystallaxen sind.

Die polysomatischen Olivinchondren sind mannigfaltig. Die einen reihen sich an die vorbeschriebenen gefächerten Kugeln an, indem sie aus mehreren Systemen paralleler Tafeln mit zwischenliegender Glasmasse bestehen. Fig. 4 auf Taf. X gibt ein hierhergehöriges Beispiel. Andere schliessen sich insoferne an, als sie innen einheitlich gebildet sind und hier aus abwechselnden Lamellen von Olivin und Glas bestehen, nach Aussen aber polysomatisch sind, indem die Rinde aus vielen Individuen zusammengesetzt ist. Fig. 2 auf Taf. XI. Derlei Kugeln haben oft eine dunkle Rinde, indem sich daselbst Einschlüsse von Eisen und Magnetkies massenhaft einstellen. Die Bedeckung der Olivinkügelchen mit Eisen und Magnetkies, ferner die Durchtränkung der Rinde seitens dieser opaken Begleiter ist eine häufige Erscheinung, daher viele Olivinkügelchen, wie schon G. Rose bemerkte, beim Zerschlagen eine dunkle Rinde zeigen.

Microscopically the chondrules containing uninterrupted olivine lamellae are quite remarkable, because they yield tabular pieces when broken and thus seem to consist of a highly cleavable mineral. Older reports of feldspar in chondrites may refer to this occurrence. These chondrules also look more like bronzite than olivine, unless they are carefully studied. The parallel stripes visible in many chondrules were observed and described by Rose, but because his sections were much too thick, he was not able to differentiate between glass and olivine.

If the plane of section cuts a chondrule of the type described at an acute angle to the plane of its lamellae, the regularity of its structure is less obvious (fig. 32). When an olivine chondrule contains a very irregular glass network and no regular lamellae, its texture in section often has a visceral-like appearance (fig. 41).

Olivine chondrules as well as olivine crystals are often asymmetrical in structure, as shown in figures 35 and 36. Among the monosomatic olivine chondrules are some which, although they also consist of skeletal single crystals, differ from those described above in that they may be compact in their centers and skeletal or branching toward their surfaces, with abundant glass between the branches. Often they are a uniform parallel array of numerous thin, elongated rods. The whole of each skeletal mass goes to extinction simultaneously. Spaces between the rods are filled with glass. Figure 39 shows an example; only a small portion of this chondrule differs in optical orientation from the rest. The chondrite Mezö-Madaras has monosomatic chondrules containing elongated olivine rods oriented in three mutually perpendicular directions.

There are many kinds of polysomatic olivine chondrules. Some are related to the compartmented chondrules already described; they contain several systems of parallel lamellae interspersed with glass (fig. 40). Others contain a single system of parallel lamellae with glass between them, but are polysomatic because they are surrounded by polycrystalline shells (fig. 42). The shells of such chondrules are frequently made dark by numerous iron and pyrrhotite inclusions. Olivine chondrules in general are often surrounded by iron and pyrrhotite, or their shells are filled with inclusions of these minerals so that, as Rose has observed,

when they are broken open their shells appear darker colored than their centers.

Many olivine chondrules are porphyritic, consisting of well-developed crystals in a glassy or, less often, finely granular groundmass. Some are surrounded by a thick shell (figs. 31 and 43); others lack any sort of coating, as in figure 28, which shows an excellent example of porphyritic structure. Some of its crystals are homogeneous; others are penetrated by glass inclusions. These crystals seem to be simple in habit, usually bounded by the forms $\{110\}$, $\{010\}$, and $\{021\}$, as are the olivine crystals in slags. They are not twinned; all are cut by numerous fine cracks, and their optical properties are normal for olivine. Incomplete olivine crystals in the form of fragile, fernlike, branching microlites, networks, coarser skeletal structures, and platelets and rods in orthogonal array can sometimes be seen in the groundmasses of chondrules (fig. 37). The thread- or needle-shaped glass inclusions visible in this figure correspond in their arrangement to the elongated inclusions present in fully developed olivine crystals. Although glass inclusions are extraordinarily abundant in the olivine, they very rarely contain bubbles (trapped water vapor). An example of such a bubble is shown in figure 71.

All gradations exist between porphyritic olivine chondrules and granular ones. As the proportion of groundmass decreases, olivine crystals must fit tightly against one another, but are still euhedral (fig. 26). In the absence of groundmass, most of the crystals are anhedral (fig. 30). Also illustrated in this figure is the dark shell, filled with iron and pyrrhotite inclusions, which commonly surrounds granular olivine chondrules. Extremely fine-grained chondrules of rounded or lobate form are common, especially in carbonaceous chondrites. The similarity of their texture to that of the coarser granular olivine chondrules indicates that they too are olivine chondrules. Figures 25, 27, and 78 show small- to fine-grained chondrules.

Particularly interesting among the porphyritic to granular olivine chondrules are those that, in addition to olivine crystals and grains, contain a smaller monosomatic olivine and glass chondrule. These have been observed in Dhurmsala (fig. 29) and Mezö-Madaras. If the theory is correct that chondrules are hardened droplets, then in these cases hardened droplets were surrounded and enclosed by larger,

Viele Olivinkugeln sind porphyrisch, indem sie deutliche Krystalle in glasiger seltener feinkörniger Grundmasse zeigen. Manche haben eine dicke Rinde und schliessen sich in dieser Hinsicht an die zuvor besprochenen Gebilde an, Fig. 3 auf Taf. VIII und XI, während andere kaum eine Andeutung von Rinde wahrnehmen lassen. Fig. 4 auf Taf. VII. In letzter Figur hat man ein ausgezeichnetes Beispiel der porphyrischen Struktur. Die Krystalle sind bald kompakt, bald von Glaseinschlüssen durchzogen, wie schon früher bemerkt wurde. Nach den Durchschnitten zu urtheilen, ist die Form eine einfache, meistens bloß aus $m = (110)$, $b = (010)$, $k = (021)$ bestehende, wie an den Krystallen in den Olivinschlacken. Zwillinge wurden nicht beobachtet. Alle diese Krystalle sind von vielen feinen Rissen durchsetzt. Das optische Verhalten bietet nichts ungewöhnliches. Zuweilen sieht man in der Glasgrundmasse der Kügelchen unvollendete Olivinkrystalle in der Form von gabeligen Mikrolithen von zierlichen farnkrautähnlichen Gestalten, von netzartigen Häufchen oder von gröberen skelettartigen Bildungen, aus Täfelchen und Stäbchen bestehend, welche sich rechtwinkelig anordnen. Zu den letzteren gehört der in Fig. 1 Taf. X gegebene Durchschnitt. Die fadenförmigen oder nadelförmigen Glaseinschlüsse, welche sich hier zeigen, stimmen der Lage nach mit jenen überein, welche in manchen kompakten Krystallen bei stärkerer Vergrößerung als Stäbchen wahrgenommen werden. Obwohl Glaseinschlüsse im Olivin so ausserordentlich häufig sind, so finden sich doch Libellen, welche einem eingeschlossenen Dampfe entsprechen, sehr selten. Das Beispiel einer Libelle gibt Fig. 3 auf Taf. XVIII.

An die porphyrischen Olivinkugeln schliessen sich durch allmälige Übergänge verbunden die körnigen an. Wenn die Glasgrundmasse abnimmt, schliessen sich die Krystalle enge aneinander an, doch zeigen sich noch scharfe Umrisse, wie in Fig. 2 auf Taf. VII, bei verschwindender Grundmasse bemerkt man an den Körnern selten mehr eine bestimmte Form: Fig. 2 auf Taf. VIII. Diese Figur gibt auch ein Beispiel dafür, dass die körnigen Kugeln oft nach aussen zu reich an Eisen und Magnetkies erscheinen und demnach eine dunkle Rinde darbieten. Häufig sind, besonders in den kohlgigen Chondriten höchst feinkörnige Chondren von rundlicher oder lappiger Form, welche nach der Aehnlichkeit des Gefüges mit den früher bezeichneten auch als Olivinchondren anzusehen sind. Kleinkörnige bis feinkörnige Chondren sind in Fig. 1 und 3 Taf. VII sowie in Fig. 2 auf Taf. XX dargestellt.

Unter den porphyrischen bis körnigen Olivinchondren sind jene merkwürdig, welche neben den Krystallen und Körnern auch eine monosomatische Olivinkugel mit Glasnetz enthalten. Solche wurden in den Steinen von Dhurmsala und Mezö-Madaras beobachtet. Fig. 1 auf Taf. VIII gibt ein Beispiel. Von der Anschauung ausgehend, dass die Chondren erstarrte Tropfen sind, wird man die Erscheinung dadurch erklären können, dass man sich vorstellt, ein kleiner schon erstarrter Tropfen sei durch einen noch flüssigen grossen Tropfen umhüllt und eingeschlossen worden. Die Umhüllung einer kleinen Kugel durch eine grössere wurde makroskopisch von G. Rose in dem Stein von Krasnoj-Ugol und von mir im Stein von Mocs beobachtet.

Manche der körnigen Chondren sind im auffallenden Lichte dunkel bis schwarz gefärbt und zeigen sich bei der mikroskopischen Prüfung so reich an Körnern von Eisen und Magnetkies, dass nur wenige durchsichtige Stellen übrig bleiben. Viele der schwarzen Punkte dürften auch auf Chromit zu beziehen sein.

Opake Einschlüsse sind in Olivinchondren jeder Art häufig und die Menge derselben nimmt in den körnigen gegen die Oberfläche gewöhnlich zu. Diese Einschlüsse sind vorwiegend Eisen und Magnetkies. Das Eisen erscheint oft in kleinen Kügelchen, während der Magnetkies gewöhnlich Körnchen von unbestimmter Gestalt bildet. In geringerer Menge ist Chromit verbreitet, welcher kleine schwarze Körnchen oder staubartige Häufchen darstellt.

Bronzitchondren. Die Mannigfaltigkeit der Ausbildung ist hier geringer als bei den vorigen, die Chondren sind meist stengelig bis faserig. Monosomatische Chondren wurden nicht constatirt. Die grossen Bronzitindividuen, welche in den Chondriten beobachtet werden, sind immer mit körniger Masse verbunden, sind nur Theile einer Kugel oder gehören keiner deutlich erkennbaren Kugel an. Solche Individuen haben zuweilen eben erkennbare Krystallumrisse wie in Fig. 1 Taf. XII. Die Einschlüsse haben nichts charakteristisches. Theils sind es opake Körnchen oder Kügelchen, theils Glaseinschlüsse, welche eiförmig, fadenförmig gestaltet sind, zuweilen auch negative Krystalle ausfüllen wie die dunkelbraunen Einschlüsse, welche in Fig. 2 auf derselben Tafel dargestellt sind. Grosse Glaseinschlüsse, wie solche im Olivin vorkommen, fehlen im Bronzit gänzlich, Libellen wurden niemals beobachtet.

Die Bronzitchondren bestehen zuweilen aus wenigen grossen Krystallen oder Körnern, zwischen welchen eine geringe Menge von Glas liegt. Nur selten ist die Glasmasse im Inneren solcher Chondren beträchtlich, wie in dem Fig. 3 auf Taf. XII dargestellten Falle. Die grossen Krystalle solcher aus wenigen Individuen bestehenden Kugeln lösen sich bisweilen nicht einheitlich aus, indem einzelne langgestreckte schmale Theile in der Auslöschung von dem Hauptindividuum etwas abweichen. Zuweilen treten kreuzförmige Durchwachsungszwillinge auf.

Die meisten Bronzitchondren sind stengelig bis faserig wie die Beispiele auf Taf. XIII, XIV, ferner Fig. 4 auf Taf. VII zeigen. Die Anordnung der Stengel oder Fasern ist eine excentrische. Im Dünnschliffe kommen freilich auch Schnitte vor, welche eine concentrische Anordnung zeigen, doch tritt dieser Fall nur ein, wenn die längsten Stengel oder Fasern senkrecht getroffen werden. Oefters finden sich solche Chondren, welche zwei Systeme von excentrischer Faserung zeigen, in den knolligen Chondren sieht man bisweilen auch mehrere solche Theile. Manche Bronzitchondren

still fluid drops. The enclosure of small chondrules in larger ones was observed microscopically by Rose in Krasnoi-Ugol, and by me in Mocs.

Some granular chondrules appear dark to black by incident light and are found by microscopic examination to be so rich in iron and pyrrhotite grains as almost to exclude transparent minerals. Many of their opaque grains are probably chromite.

Opaque inclusions are abundant in olivine chondrules of all types, and in granular chondrules the density of inclusions usually increases toward the surface. These inclusions are mostly iron and pyrrhotite; the iron often appears in tiny spheres; the pyrrhotite usually in irregular grains. Chromite is present in smaller amounts, as black grains or dustlike aggregations.

Bronzite chondrules.—There is less diversity of texture here than among olivine chondrules. Bronzite chondrules are usually bladed to fibrous; monosomatic chondrules have not been found. The large bronzite crystals that are observed in chondrites are always associated with a granular groundmass; they form only part of a chondrule, or belong to no clearly recognizable chondrule. Such crystals, for example the one shown in figure 45, sometimes have well-developed crystal outlines. Their inclusions are not unusual: opaque grains or spheres, ovoid and threadlike glass inclusions, occasionally filled negative crystals like the dark-brown inclusions shown in figure 46. Large glass inclusions, such as occur in olivine crystals, are entirely lacking in bronzite. Bubbles in inclusions have not been observed.

Sometimes bronzite chondrules consist of a few large crystals or grains with a small amount of glass between them. Few of them contain as much glass as the example in figure 47. Some of the large crystals in such chondrules do not go to extinction uniformly; narrow, elongated areas vary slightly from the rest of the crystal in their extinction position. Cross-shaped penetration twins are observed occasionally.

Most bronzite chondrules are bladed to fibrous, like those in figures 28 and 49 to 56. The blades or fibers radiate from eccentric points in their chondrules. Thin-sections contain chondrules with blades or fibers arranged in radial symmetry, but these have merely been cut perpendicular to the axis joining the ec-

centric radiation center and the geometric center of the chondrule. Chondrules containing two such eccentrically-radiating systems are not rare, and knobby-shaped chondrules sometimes contain several systems. Some bronzite chondrules, especially those that appear lobate in section, are composed of fibers in confused array. Among these are some having a lattice-like appearance in section (fig. 48), in that fibers in the groundmass tend to run in one direction and coarser bladed crystals in another. Most of these chondrules have a polycrystalline shell. In general, the finer the fibers in the chondrule, the more clearly developed is the shell. It is worth noting that chondrules consisting of alternating olivine and glass lamellae are sometimes mistaken for bladed bronzite chondrules in thin-section.

Abundant are hard brown spherical chondrules, smooth-surfaced, finely fibrous in texture, and easily separated from the chondrite if its groundmass is not too solid. Many of these are almost cryptocrystalline, and the individual fibers can be resolved only by extreme magnification of very thin sections. Some of them still consist in part of brown glass and give the impression of being only partly devitrified. All have a lighter colored and sometimes remarkably thick shell. In figure 52 the fibers are clearly visible and the shell is thin; in figure 27, the indented chondrule is almost cryptocrystalline and thick-shelled. Figure 26 contains an almost cryptocrystalline thin-shelled brown chondrule.

Bronzite chondrules contain transparent dark brown glass inclusions, opaque iron spheres, grains and particles, and pyrrhotite in grains or dust-sized specks. Some of the opaque inclusions are probably chromite.

Olivine-bronzite chondrules.—Many chondrules are not simple, but consist of both of the principal constituents of chondrites, olivine and bronzite. Some are granular mixtures with both minerals having similar crystal shapes, so that only with difficulty can the bronzite, by its more fibrous appearance, be distinguished from the olivine. Occasionally, as in Renazzo, the mixture may also contain a small amount of augite in thin prisms. Another type of mixed chondrule consists partly of granular or porphyritic olivine in a glassy or fibrous groundmass and partly of eccentrically-radiating fibrous bronzite. Radiating bronzite may be the predominant constituent, with olivine grains

erscheinen wirrfaserig, besonders jene von lappigem Durchschnitte. Unter den wirrfaserigen sind jene auffallend, welche im Durchschnitte eine gitterartige Zeichnung darbieten, weil auf einem faserigen Grunde gröbere Stengel in verschiedenen Richtungen sich kreuzend hervortreten. Fig. 4 auf Taf. XII gibt ein Beispiel. Die meisten Chondren haben eine Rinde. Je feiner die Fasern der Chondren sind, desto deutlicher tritt im Allgemeinen die Rinde hervor, welche immer aus vielen Individuen besteht. Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu bemerken, dass die Olivinchondren, welche aus abwechselnden Lamellen von Olivin und Glas bestehen, Durchschnitte liefern, zu Täuschungen Veranlassung geben und für parallelstengelige Aggregate von Bronzit gehalten werden können.

Häufig sind die runden harten braunen Chondren von feinfaseriger Textur, welche eine glatte Oberfläche haben und sich leicht aus der Grundmasse herauslösen lassen, wofern diese nicht sehr fest ist. Viele derselben erscheinen fast trübe und lassen nur in sehr dünnen Präparaten bei stärkerer Vergrößerung die faserige Textur erkennen. Oft bestehen sie noch zum Theil aus braunem Glase und gewähren den Eindruck einer unvollständigen Entglasung. Alle haben eine Rinde, welche heller gefärbt und zuweilen auffallend dick ist. Fig. 4 auf Taf. XIII gibt ein Beispiel, in welchem die Faserung noch deutlich erkennbar, die Rinde dünn ist. In Fig. 3 auf Taf. VII hat man das Bild einer fast dicht erscheinenden eingedrückten Kugel mit dicker Rinde, in Fig. 2 auf derselben Tafel das einer fast dicht erscheinenden braunen Kugel mit sehr dünner Rinde.

Von durchsichtigen Einschlüssen findet sich in den Bronzitchondren bloß ein dunkelbraunes Glas, von opaken Eisen in Kügelchen, Körnchen und Flittern, Magnetkies in Körnern oder staubartig vertheilt. Von den schwarzen Einschlüssen könnte einiges auf Chromit zu beziehen sein.

Olivin-Bronzitchondren. Viele Chondren sind nicht einfach, sondern bestehen aus den beiden Hauptgemengtheilen der Chondrite, aus Olivin und Bronzit. Die einen sind körnige Mischungen mit gleicher Ausbildung der beiden Gemengtheile, in welchem Falle die Bronzitkörner kaum durch das mehr faserige Ansehen von den anderen unterschieden werden. Zuweilen mischt sich noch ein wenig Augit in dünnen Prismen hinzu, wie in dem Stein von Renazzo. Andere Chondren bestehen zum Theil aus einer körnigen Masse von Olivin, zum Theil aber aus dem excentrisch faserigen Bronzit oder die Kugel ist einerseits porphyrisch und enthält daselbst Olivinkrystalle in glasiger bis feinkörniger Grundmasse, andererseits wird sie von strahlig-faserigem Bronzit gebildet. Dieser nimmt zuweilen überhand und dann bestehen die Chondren vorwiegend aus faserigem Bronzit, in welchem Olivinkörner eingestreut liegen. Unter den porphyrischen Chondren kommen oft solche vor, in welchen der Olivin grössere Krystalle bildet, die Grundmasse aber von kleineren Bronzitkrystallen und Glas gebildet wird. Da der Bronzit die Zwischenräume einnimmt, so muss man schliessen, der Olivin sei früher auskrystallisirt, sei das ältere Mineral, während der Bronzit später gebildet wurde. Ein Beispiel gibt Fig. 4 auf Taf. XI. Der Bronzit, welcher von Glasmasse umgeben ist, bietet oft kreuzförmige Durchwachsungszwillinge dar, wie solche von Becke in den mineralog.-petrogr. Mitth. Bd. 7 pag. 95 beschrieben wurden. Nach später anzuführenden Beobachtungen erscheinen in dem Glase, welches in vielen Olivinchondren die Zwischenmasse bildet, infolge beginnender Entglasung viele feine Nadeln, welche wohl richtig für Bronzit zu halten sind. Solche Chondren werden demnach zu den eben angeführten gehören und deren früheren Zustand darstellen.

Augitchondren. In manchen Chondriten finden sich Kugeln mit Krystallen oder Körnern von grünlichgrauer Färbung, welche dem Bronzit ähnlich sind, jedoch im polarisirten Lichte Erscheinungen zeigen, die auf Augit schliessen lassen. In den Steinen von Renazzo und Knyahinya sind solche Kugeln häufiger als in der Mehrzahl der Chondrite. S. Taf. XV. Die Durchschnitte der Krystalle und Körner, welche günstig liegen, erscheinen im polarisirten Lichte aus Lamellen von abwechselnder Stellung und schiefer Auslöschung zusammengesetzt, was einer wiederholten Zwillingbildung entspricht. Die Lamellen sind weder so scharf begrenzt noch so gleichförmig dick wie in den Plagioklasen, vielmehr oft absätzig oder auch etwas gekrümmt. In dem Stein von Knyahinya bemerkt man den Parallelismus der Lamellen mit den feinen Spaltlinien, daher die Zwillingsebene parallel 110 oder 100 anzunehmen ist, wovon die letztere Lage als die beim tellurischen Augit gewöhnliche, die wahrscheinlichere ist. Aus der Auslöschungsschiefe liess sich kein bestimmtes Resultat entnehmen, da nicht so viele Durchschnitte beobachtet wurden, um einerseits das Zwillinggesetz zu bestimmen, andererseits wenn das letztere als herrschend angenommen wird, die Auslöschungsschiefe auf 010 aus den extremen Zahlen herzuleiten. In dem Stein von Knyahinya sind die Augitbündel in den Chondren häufig durcheinander gewachsen, während sie in dem Steine von Renazzo einzeln neben einander liegen und oft durch Glas getrennt sind, so dass eine körnige bis porphyrische Struktur entsteht. Manche der Chondren enthalten spreuförmigen Augit, an dem keine bestimmten Krystallumrisse zu bemerken sind, wohl aber wiederum die Zusammensetzung aus Zwillinglamellen wahrgenommen wird. Im Stein von Renazzo ist der Augit von Körnern begleitet und schliesst auch Körner ein, welche nach dem Verhalten im polarisirten Lichte und dem Mangel an deutlichen feinen Spaltrissen als Olivin bestimmt wurde.

Plagioklas-Chondren. Es ist eine seltene Erscheinung, dass die Hauptmasse einer Kugel aus jenem Gemengtheil besteht, welcher nach seinem optischen Verhalten als Plagioklas bestimmt wurde. Ein hierher gehöriger Fall ist auf Taf. XVI in Fig. 4 dargestellt. Hier bildet körniger Plagioklas die Zwischenmasse, welche die Räume zwischen

dispersed in it. Common among the porphyritic chondrules are those that contain coarse olivine phenocrysts in a groundmass of smaller bronzite crystals and glass (fig. 44). The bronzite must have formed later, since it fills interstices between the olivine crystals. It is surrounded by glass and often appears in cross-shaped penetration twins like those described by Becke (1885). The glassy groundmasses of many olivine chondrules have begun to devitrify (page 157) and contain numerous tiny needles which are undoubtedly bronzite. These are therefore also mixed chondrules, but represent an earlier stage of formation than those described in this paragraph.

Augite chondrules.—Chondrules in some chondrites contain greenish-gray crystals or grains that look like bronzite, but which are shown by examination with polarized light to be augite. Such chondrules (figs. 57–60) are more abundant in Renazzo and Knyahinya than in most chondrites. Augite crystals and grains that are favorably oriented in the thin-section are seen by polarized light to consist of polysynthetic twin lamellae with inclined extinction; these lamellae alternate in crystallographic orientation. They are neither so sharply defined nor so uniform in thickness as plagioclase lamellae; they are more often interrupted or slightly bent. In augite from Knyahinya, the lamellae can be seen to parallel the fine cleavage cracks, so that the twinning plane is probably $\{110\}$ or $\{100\}$; the latter, which is usually the twinning plane in terrestrial augite, is the more likely. The extinction angle in chondritic augite has not been accurately measured; not enough sections of augite have been observed to allow us to determine the applicable twinning law, or, if twinning on $\{100\}$ is assumed to predominate, to allow us to deduce the extinction angle in the plane $\{010\}$ by observing the greatest differences in extinction positions of adjacent lamellae. Bundles of augite crystals in Knyahinya frequently penetrate one another, while in Renazzo augite crystals lie next to one another, often separated by glass, in a granular to porphyritic texture. Some chondrules contain chafflike augite which lacks sharp crystal boundaries but can be identified by its twin lamellae. Augite in Renazzo is accompanied by, and sometimes encloses, grains that can be identified as olivine by their properties in polarized light and their lack of fine cleavage cracks.

Plagioclase chondrules.—Chondrules whose main mineral has the optical properties of plagioclase are rare. An example is shown in figure 64. Granular plagioclase forms the groundmass which fills the spaces between parallel lamellae and rods of olivine. The latter give the chondrule its texture, although plagioclase is more abundant. Compartmented chondrules usually consist mostly of olivine with glass or finely crystalline matter, or occasionally plagioclase, between the lamellae; here the situation is reversed: plagioclase predominates, and the olivine forms a fragile framework. The chondrule in figure 64 is reminiscent of the one depicted in figure 38; however, the interlamellar substance in the latter is glass and is less abundant than the olivine.

Glass chondrules.—Occasionally chondrules are found that consist entirely of glass. Chondrules in which glass predominates over crystalline minerals (fig. 69) are more common. Both types can be seen in Mezö-Madaras. Most of the chondrule in figure 69 is brownish glass, in which incomplete elongated olivine crystals are dispersed. The forked form of these is an expression of the tendency to form compartmented crystals. Fernlike microlites, individual fine birefringent needles, and orthogonal networks of needles are also present, produced by devitrification of the glass. The needles are probably bronzite. Semivitreous chondrules are found in many stones; the devitrification has often proceeded quite uniformly, as in the example shown in figure 68. This chondrule, pale blue by transmitted light, consists only partly of glass. The rest is composed of birefringent grains and particles without sharp borders, which seem to blend into the glass groundmass. The devitrification products and the thin birefringent shell surrounding the chondrule appear to be olivine; the glassy groundmass may be feldspathic in composition. The common brown bronzite chondrules with extremely fine-grained, eccentrically-radiating fibers which can be clearly seen only by polarized light are examples of almost complete devitrification. These sometimes also contain star-shaped flakes or microlites, as in figure 73.

As in glass chondrules, fine needles produced by devitrification often occur in the groundmasses of olivine chondrules (fig. 70). In the groundmasses of various chondrules, all stages can be observed from the formation of needles to the emplacement of distinct bronzite

parallelen Lamellen und Stäbchen von Olivin ausfüllt. Dieser gibt dem Gefüge den Charakter, obwohl der Plagioklas bei weitem überwiegt. Während in den meisten Fällen die hauptsächlich aus Olivin bestehenden Fächerkugeln als Zwischenmasse Glas oder feinkörnige Grundmasse, in wenigen Fällen Plagioklas enthalten, ist hier das Verhältniss völlig umgekehrt; der Plagioklas tritt vor und das Fächerwerk des Olivins bildet ein zartes Gerippe. Die Figur erinnert an den auf Taf. X in Fig. 2 abgebildeten Durchschnitt, jedoch ist daselbst die Zwischenmasse ein Glas, welches an Menge hinter dem Olivin zurückbleibt.

Glas-Chondren. Zuweilen kommen Kugeln vor, welche blos aus Glas bestehen, häufiger solche, in welchen Glas vorherrscht und die Krystallbildungen zurücktreten. Beide Fälle wurden in dem Stein von Mezö-Madaras beobachtet, der letztere ist auf Taf. XVIII in Fig. 1 dargestellt. Das bräunliche Glas bildet die Hauptmasse, in welcher lange unvollkommen ausgebildete Olivinkrystalle verstreut sind. Diese verrathen durch ihre Gabelung die Tendenz zur Bildung gefächerter Individuen. Ausserdem erkennt man als Entglasungsprodukte farnkrautähnliche Mikrolithe, einzelne feine doppelbrechende Nadeln und netzförmige Häufchen von rechtwinkelig angeordneten Nadeln derselben Art. Letztere dürften auf Bronzit zu beziehen sein. Halbglasige Chondren werden in vielen Steinen angetroffen. Oft ist die Entglasung ziemlich gleichförmig vorgeschritten, wofür Fig. 4 auf Taf. XVII ein Beispiel gibt. Die im durchgehenden Lichte blasseblaue Kugel besteht nur zum Theile aus Glas, im übrigen aus doppelbrechenden Körnchen und Flittern ohne scharfe Umrisse, die gleichsam mit der Grundmasse verfließen. Das Entglasungsprodukt und die dünne doppelbrechende Rinde scheinen aus Olivin zu bestehen, die Grundmasse dürfte ein Feldspathglas sein. Eine fast vollständige Entglasung bieten auch die öfters vorkommenden braunen Bronzitkugeln, welche eine ungemein zarte excentrische Faserung besitzen, die erst im polarisirten Lichte deutlicher wird und welche bisweilen auch noch sternförmige Flocken von Mikrolithen enthalten, wie solche in Fig. 1 auf Taf. XIX erscheinen.

Sowie in den Glaskugeln, zeigt sich auch in der Zwischenmasse der Olivinchondren die Entglasung durch Entstehung feiner Nadeln sehr häufig. Einen hierher gehörigen Fall gibt Fig. 2 auf Taf. XVIII. Da sich von der Bildung der Nadeln bis zur Einlagerung deutlicher Bronzitkrystalle die Uebergänge beobachten lassen, so hat man die Nadeln als die Anfänge von Bronzitkrystallen anzusehen, das braune Glas vorwiegend als Bronzitglas zu betrachten. Gewöhnlich bilden sich aber in der Zwischenmasse keine grösseren Krystalle, vielmehr führt die Entglasung blos zur Bildung einer trüben aus unzähligen Mikrolithen bestehenden Masse. Die Zwischenmasse ist also in den meisten Chondren trübe durchscheinend. Oefters besteht die Zwischenmasse aus einem dunkelbraunen bis beinahe schwarzen Glase, welches fast undurchsichtig ist. Nicht selten ist ein Theil der Zwischenmasse lichtbraun, ziemlich durchsichtig und zum Theil entglast, im übrigen tiefbraun, fast undurchsichtig.

Schwarze Chondren. In den Chondriten finden sich nicht selten schwarze, im Bruche matte Kugeln, welche Olivin und ausser diesem öfters auch Bronzit enthalten und durch eine grosse Menge von Einsprenglingen, die im durchfallenden Lichte schwarz erscheinen, so dunkel gefärbt sind. Die Einsprenglinge sind Eisen, Chromit, Magnetkies oder schwarzes Glas. Derlei schwarze Kugeln kommen zugleich mit anderen vor, welche im auffallenden Lichte ziemlich dunkel gefärbt erscheinen und fallen daher nicht besonders auf. Beispiele dafür bieten die Steine von Knyahinya, Mezö-Madaras, Lancé, Renazzo. Verschieden von diesen sind aber jene tiefschwarzen Kugeln, welche im Bruche Glasglanz bis Fettglanz haben, in den weisslichen Chondriten einzeln vorkommen und für diese charakteristisch sind. Die Steine von Alfanello, Chateau Renard, Milena, Mocs liefern gute Beispiele. Diese schwarzen Kugeln bestehen hauptsächlich aus Maskelynit oder aus körnigem Plagioklas. Sie sind gegen die Oberfläche zu durchsichtig und farblos und enthalten hier nur wenige schwarze Einsprenglinge. Im Inneren aber sind sie voll von eckigen bis rundlichen, im durchfallenden Lichte schwarzen Körnchen. Letztere gehören mindestens zu einem Theile dem Magnetkies an, da bei auffallendem Lichte mehrere Stellen den Glanz und die braune Farbe zeigen, welche dem Magnetkies zukommen. Ein hierher gehöriges Beispiel ist auf Taf. XVII in Fig. 3 dargestellt.

Eisenchondren. Kugeln, die wesentlich aus Eisen bestehen, sind in den Chondriten nicht häufig. Vorkommen runde Chondren dieser Art werden in den Steinen von Renazzo, Mezö-Madaras, Borkut, Dhurmsala beobachtet. Die Eisenkugeln in Renazzo haben öfters eine schwache unvollständige Rinde, welche von braunem Glase oder Bronzit gebildet wird. Sie stellen sich, da viele Silicatkugeln desselben Steines einen runden Eisenkern einschliessen und dieser bald klein ist, bald an Menge die Silicate übertrifft, als der Endpunkt einer Reihe von eisenhaltigen Chondren dar. Rundliche Eisenklümpchen, welche oft mit Magnetkies verbunden erscheinen, sind in vielen Chondriten, z. B. in jenen von Mocs, Barbotan, Lucé, Klein-Wenden enthalten. Sie bestehen, wie G. Rose zeigte (p. 87), bald aus einem, bald aus mehreren Individuen, was nach dem Aetzen der Durchschnitte leicht erkannt wird. In vielen Chondriten kommen Olivinkugeln mit Rinden vor, in welchen letzteren das Eisen in Gestalt feiner Tröpfchen vertheilt ist und der Rinde ein dunkles Ansehen gibt. Ein Beispiel hat man auf Taf. VIII in Fig. 2. Dies führt zu der nicht seltenen Erscheinung einer gänzlichen Einhüllung von Olivinchondren durch eine Eisenschale, wie dies in Fig. 3 auf Taf. XIX zu sehen ist. Die Eisenhülle ist in solchen Fällen theils kompakt, theils schwammig.

Chondren von Magnetkies habe ich in den Chondriten nicht beobachtet, obwohl öfters grössere Klümpchen

crystals, so the needles can be taken to be bronzite crystallites and the glass to have a composition near that of bronzite. Larger crystals usually do not form in the groundmasses, however. Devitrification commonly produces no more than a turbid mass consisting of countless microlites. Thus the groundmasses of most chondrules are translucent. Many groundmasses are a dark brown to almost black glass, which is nearly opaque. Only rarely are portions of these light brown, almost transparent, and partly devitrified.

Black chondrules.—These are not uncommon in chondrites; their fracture surfaces are dull, and they contain olivine and often bronzite as well. They are colored black by countless opaque particles: iron, chromite, pyrrhotite, or black glass. Often they occur among chondrules that are rather dark by incident light and so are not especially conspicuous. Examples are to be found in Knyahinya, Mezö-Madaras, Lancé and Renazzo. A different type of jet-black chondrule, whose fracture surface appears vitreous to greasy, occurs in white chondrites and is characteristic of them. Alfanello, Château-Renard, Milena, and Mocs contain good examples. These black chondrules consist largely of maskelynite or granular plagioclase. Near their surfaces they are transparent and colorless and contain only a few black particles. Their interiors, however, are full of angular to rounded opaque grains which are at least in part pyrrhotite, showing in places the luster and brown color characteristic of pyrrhotite. An example appears in figure 67.

Iron chondrules.—Chondrules consisting almost entirely of iron are not common in chondrites. Perfectly round chondrules of this type have been observed in Renazzo, Mezö-Madaras, Borkut, and Dhurmsala. Iron chondrules in Renazzo often have a thin, incomplete shell of brown glass or bronzite. These represent the end member of a complete series of iron-bearing chondrules; many chondrules in Renazzo contain round iron cores, which may be small or may predominate over the silicates. Rounded iron particles, often combined with pyrrhotite, are in many chondrites, e.g., Mocs, Barbotan, Lucé, and Klein-Wenden. In etched cross section these are seen to consist sometimes of one, sometimes of several crystals (G. Rose, 1864, p. 87). Many chondrites contain olivine chondrules with dark shells that have iron in the form of fine droplets (fig. 30). These

grade into olivine chondrules completely enclosed in iron shells (fig. 75), which are not uncommon. Such iron shells are partly solid, partly spongy.

I have not observed pyrrhotite chondrules in chondrites, although larger irregular lumps of pyrrhotite often occur. Thus olivine, the most refractory constituent and consequently the first to solidify, is the main constituent in most chondrules, followed by bronzite. Chondrules consisting of nickel-iron (which solidifies later) are rare; pyrrhotite, which solidifies at a still lower temperature, does not form chondrules at all.

Clusters of chondrules have not been observed, but double chondrules are occasionally encountered. Figure 74 shows two monosomatic olivine chondrules grown together with their respective lamellae parallel. The larger contains an embayment in which the smaller lies. This is reminiscent of the individual embayed chondrules, usually of fine fibrous bronzite, which look as if they had been indented by other chondrules (fig. 27).

As already noted, chondrites contain fragments of chondrules as well as complete ones. Fragments are most obvious in the chondrites with clearly delineated chondrules; their presence is hard to confirm in chondrites where the chondrules blend into the groundmass. Inexperienced observers often take the chondrule fragments to be primary structures. This can happen with tabular fragments of lamellar olivine chondrules and with fragments of eccentrically radiating fibrous bronzite chondrules, which often have sharp pyramidal forms, similar to hail grains. Examples can be found in Mezö-Madaras, Barbotan, and Knyahinya. Chips of porphyritic, granular, and cryptocrystalline chondrules can also be deceptive, looking like inclusions of a foreign rock type. Multiple fragments of the same chondrule are almost never found together; this shows that the chondrules were fractured before the chondritic tuffs were deposited. Broken chondrules are common in Barbotan, Monroe, Château-Renard, Knyahinya, Pultusk, Mooresfort, and many others. Chondrule fragments can be seen in figure 76.

Groundmass.—A chondrite's groundmass, the material that fills in between the chondrules and chondrule fragments, influences its external appearance as much as the chondrules do.

vorkommen. Während also von Olivin als dem schwerst schmelzbaren, folglich am frühesten erstarrenden Gemengtheil am häufigsten Chondren gebildet werden und der Bronzit sich anschliesst, sind die Chondren des bei der Abkühlung später erstarrenden Nickeleisens seltener und von dem erst bei verhältnissmässig niederen Temperaturen erstarrenden Magnetkies wurden gar keine Chondren gebildet.

Gruppen von Chondren wurden bisher in keinem Meteoriten wahrgenommen, doch zeigen sich als eine seltene Erscheinung Doppelchondren, wovon Fig. 2 auf Taf. XIX ein Beispiel gibt. Hier sind zwei monosomatische Olivinkugeln in paralleler Stellung so verwachsen, dass die grössere die Einbuchtung enthält, in welcher die kleinere liegt. Dieses Vorkommen erinnert an jene meist aus feinfaserigem Bronzit bestehenden Kugeln, die eine Einbuchtung zeigen, welche wie die Abformung einer zweiten Kugel aussieht (vergl. Fig. 3 auf Taf. VII).

Wie schon früher bemerkt wurde, sieht man ausser den vollständigen Chondren fast immer auch Bruchstücke derselben und zwar am deutlichsten in solchen Steinen, deren Chondren scharfe Umrisse zeigen, während in jenen, deren Chondren sich wenig von der Grundmasse abheben, auch das Vorkommen von Bruchstücken schwer zu constatiren ist. Der ungebübte Beobachter kommt oft in Versuchung, die Bruchstücke für ursprüngliche Bildungen zu halten und ihre Formen unrichtig zu deuten. Dies kann bei den blätterigen Olivinchondren eintreten, deren Bruchstücke als blätterige Tafeln erscheinen, auch bei den excentrisch-radialfaserigen Bronzitichondren, deren Bruchstücke nicht selten spitz-pyramidale Formen erkennen lassen und eine Aehnlichkeit mit Hagelkörnern darbieten. Beispiele liefern die Steine von Mezö-Madaras, Barbotan, Knyahinya. Auch die Splitter der porphyrischen, körnigen und dichten Chondren können zu Täuschungen Veranlassung geben, da sie wie Einschlüsse einer fremden Gesteinsart aussehen. Die zusammengehörigen Bruchstücke derselben Kugel findet man fast niemals neben einander, woraus zu schliessen ist, dass die Zersplitterung schon vor der Ablagerung des Meteoritentuffes stattfand. Zerschlagene Chondren sind in den Steinen von Barbotan, Cabarras Cty, Chateau Renard, Knyahinya, Pultusk, Tipperary und vielen anderen häufig. Ein Beispiel von Chondrensplittern gibt Fig. 4 auf Taf. XIX.

Die Grundmasse der Chondrite oder jene Masse, welche ausser den deutlich erkennbaren Chondren und Chondrensplittern vorhanden ist, bedingt nächst diesen durch ihre wechselnde Menge und ihre Beschaffenheit das äussere Ansehen der Chondrite.

Viele Steine, deren Chondren scharf ausgebildet sind und eine bedeutende Festigkeit besitzen, enthalten fast gar keine Grundmasse. Sie bestehen fast nur aus Chondren und aus deren Bruchstücken, ihr Ansehen ist demnach ein vollkommen chondritisches. Das spärliche Bindemittel besteht vorzugsweise aus Flittern und Körnchen von Eisen und Magnetkies und was ausserdem von staubförmiger Silicatmasse hinzukommt, ist bei mehreren dieser Steine durch die opake Beimengung dunkel gefärbt, so dass die Chondren und Splitter um so deutlicher hervortreten. Ein ausgezeichnetes Beispiel ist der Stein von Borkut, in welchem die Chondren meist vollkommen rund und sehr fest sind, während das in geringer Menge vorhandene Bindemittel wenig zusammenhält, demnach die Chondren leicht auseinanderfallen, ferner der leicht zerreibliche Stein von Ornans, dessen Chondren von staubartiger Kleinheit und nur lose verbunden sind. In anderen Steinen wie in dem von Mezö-Madaras ist das spärliche Bindemittel fester und ziemlich dunkel gefärbt (s. Taf. VII, Fig. 2 und Taf. XIX, Fig. 1 und 4). Auch in dem Stein von Tieschitz erscheint die Grundmasse dunkel und noch reichlicher vorhanden (s. Taf. VII, Fig. 3). Wenn das Bindemittel nicht so dunkel und dabei spärlich entwickelt ist, so erscheinen die Chondren und Splitter enge aneinander gepresst, wie im Stein von Knyahinya. An vielen Punkten zeigt sich dann kein Bindemittel. Wo aber solches vorhanden ist, bemerkt man öfter die Anzeichen eines später entstandenen Kittes in der Form von kleinen farblosen doppelbrechenden Pünktchen und Häufchen, welche undulöse Auslöschung und im polarisirten Lichte dasselbe Aussehen darbieten wie der Plagioklas in den früher bezeichneten Plagioklaskugeln. Diese Pünktchen und Häufchen erfüllen Lücken in der Bindemasse, sind mit dieser innig verschmolzen, schliessen Körnchen von Olivin ein und sind häufig mit Magnetkies verbunden, ganz ebenso wie in den später zu bezeichnenden weissgrauen tuffartigen Chondriten, nur sind sie sparsamer entwickelt. Ausserdem sieht man in der Bindemasse zuweilen jenes farblose Silicat, welches nicht mit dem Plagioklas übereinstimmt und welches in der Tafelerklärung als ein dem Monticellit ähnlicher Gemengtheil bezeichnet ist. Auf Taf. XIV ist in den Fig. 3 und 4 das Auftreten desselben in dem Stein von Knyahinya charakterisirt. Hier schmiegt sich dasselbe an die Chondrensplitter an und umgibt dieselben zum Theile. Eine genauere Bestimmung der qualitativen Zusammensetzung dieses sparsam vertretenen Gemengtheiles ist mir, wie gesagt, bis jetzt nicht gelungen. Zu den Steinen mit hellem festem aber nicht reichlich vorhandenem Bindemittel gehören ausser jenem von Knyahinya auch die von Dhurmsala, Chateau Renard, Cabarras Cty., Tipperary u. a. m. In manchen, wie beispielsweise in dem von Ensisheim, wechselt helles Bindemittel mit dem dunklen, daher die Masse auf dem polirten Durchschnitte marmorirt aussieht.

Einige Chondrite haben vollständig das Aussehen eines klastischen Gesteines mit Tuffgrundmasse, z. B. der Stein von Alexinač (Sokobanja). Eine aschgraue bis gelblichgraue Masse von erdigem Bruche, die aber nicht locker, sondern ziemlich fest ist und beim Anschlagen fast wie ein Backstein klingt, schliesst nicht nur Chondren und deren Splitter, sondern auch kleinere und grössere bis 15 cm lange eckige Bruchstücke eines dunkleren gefrittet aussehenden

Many rather hard stones containing clearly delineated chondrules are almost devoid of groundmass. The sparse binder between chondrules consists largely of filaments and grains of iron and pyrrhotite and areas of dust-sized silicate grains. In several stones the latter are colored dark by admixed opaque minerals, making the chondrules and fragments stand out more clearly. Borkut is an excellent example. Most of its chondrules are quite round and very hard. Because its groundmass is too sparse to serve as an effective binder, the chondrules are easily separated. The friable stone Ornans is another example; its chondrules are very small and loosely bound. In other stones, such as Mezö-Madaras, the sparse binding medium is harder and rather dark in color (figs. 26, 73, 76). The groundmass in Tieschitz is also dark, but more abundant (fig. 27).

When the binding material is sparse and not dark, as in Knyahinya, chondrules and fragments appear tightly pressed together, and binding material is not visible at all in many places. Where binding material is present, however, suggestions can often be seen of a late-formed cement in the form of small, colorless, birefringent points and aggregates which show undulose extinction and have the same appearance in polarized light as plagioclase in the plagioclase chondrules described earlier. These points and aggregates fill gaps in the binding medium and are intimately mingled with it; they enclose olivine grains and are usually associated with pyrrhotite just as in the white-gray tuffaceous chondrites to be described, but more sparingly developed. The colorless silicate referred to in the figure captions as a monticellite-like constituent is also occasionally seen in the binding material. Figures 55 and 56 show this mineral as it appears in Knyahinya; it clings to and partly surrounds the chondrule fragments. I have not yet been able to make a more exact qualitative determination of the composition of this sparse constituent. Other stones with light-colored, hard, but not abundant binding medium include Dhurmsala, Château-Renard, Monroe, and Mooresfort. In some, such as Ensisheim, light binding material alternates with dark, giving the stone a marbled appearance in polished section.

Some chondrites have the exact appearance of a clastic rock with a tuffaceous groundmass; an example is Soko-Banja, which is an ash-gray

to yellowish-gray mass, earthy on fracture surfaces, not friable but rather hard. It sounds almost like brick when struck. Soko-Banja contains not only chondrules and their fragments, but small and large (<15 cm) angular fragments of a darker, sintered-looking chondrite-like stone, and angular fragments of granular pyrrhotite.

Microscopic examination shows the principal mass of Soko-Banja to consist largely of chondrule fragments in a powdered groundmass of the same composition. Colorless birefringent points and aggregates are also present. Between crossed Nicols many of these are seen to contain several wedge-shaped twinlike individuals, similar to those in the tridymite of Steinbach; thus, to identify this mineral as plagioclase would be incorrect. The sintered-looking rock fragments, viewed microscopically, contain chondrules that blend into their indistinctly granular groundmasses; silicate crystals in these fragments are full of glass inclusions (fig. 46), probably of secondary origin. Siena also has a clearly clastic texture in many places, where chondrules and chips of chondrules and fragments of sintered rock (some of which are black-impregnated) are mixed together. The class of distinctly clastic chondrites with light groundmass includes the white-gray chondrites, e.g., Alfianello, Girgenti, Mauerkirchen, Milena, Mocs, and Tourinnes-la-Grosse. In their light-colored, mat, tuffaceous, but rather solid groundmasses, there are visible to the naked eye scarce or abundant chondrules, large and small pyrrhotite grains, and lumps and flakes of iron. Few distinct chondrules and almost no clear chondrule fragments are visible under the microscope. In general, there is an indistinct granular texture in which all grains are cut by cracks, and the structures of some grains are reminiscent of parts of chondrules. Figures 63, 66, 81, and 82 illustrate the heterogeneity of these meteorites; only in places are chondrule textures recognizable. Pyrrhotite and iron are scattered everywhere. Where it is surrounded by pyrrhotite, a chondrule (fig. 41) or a crystal (fig. 45) stands out sharply from its surroundings. Not uncommon in the groundmasses are colorless birefringent areas and aggregates, most of which show only an undulose extinction; but here they exhibit in polarized light the alternating stripes characteristic of plagioclase. Figure 62 shows one of the grains in Mocs in which I first noted twin lamellae in chondritic

chondrischen Gesteines, ferner scharfkantige Bruchstücke von körnigem Magnetkies ein. Bei der mikroskopischen Beobachtung erscheint die Hauptmasse vorzugsweise aus Chondrensplittern zusammengesetzt und die Grundmasse aus dem entsprechenden Staube. Auch hier stellen sich die farblosen doppelbrechenden Punkte und Häufchen ein, von welchen aber manche zwischen gekreuzten Nicols zwickelförmige, zwillingsartig verbundene Individuen erkennen lassen, ähnlich wie der Tridymit im Rittersgrüner Meteoriten, so dass man in diesem Falle an der Bestimmung als Plagioklas irre wird. Die gefrittete aussehenden Gesteinsbruchstücke zeigen unter dem Mikroskope Chondren, welche mit der undeutlich körnigen Grundmasse verfließen und in den enthaltenen Krystallindividuen reichliche, wahrscheinlich sekundär gebildete Glaseinschlüsse, wie z. B. in dem auf Taf. XII in Fig. 2 abgebildeten Bronzit. Auch der Stein von Siena zeigt an vielen Stellen ein deutlich klastisches Gefüge, da sowohl Chondren und deren Splitter als auch Bruchstücke von gefrittetem und solche von schwarz imprägnirtem Gestein vorkommen. An die deutlich klastischen Chondrite mit heller Grundmasse schliessen sich die weissgrauen Chondrite, welche eine ziemliche Reihe, wie z. B. die Steine von Alfanello, Girgenti, Mauerkirchen, Milena, Mocs, Tourinnes la Grosse umfassen. In der hellen matten tuffartigen, aber ziemlich festen Masse sieht man mit freiem Auge bald häufiger, bald seltener deutliche Kugeln, ferner kleine bis grössere Körner von Magnetkies und Flitter bis Klümpchen von Eisen. Mikroskopisch zeigt die Masse wenige deutliche Chondren und fast gar keine deutlichen Chondrensplitter, im Uebrigen ein undeutlich körniges Haufwerk, in welchem alle Körnchen von Sprüngen durchzogen sind und in welchem die einzelnen Partikel durch ihr Gefüge doch wieder an Theile von Chondren erinnern. Die Bilder in Fig. 3 auf Taf. XVI, Fig. 2 auf Taf. XVII, Fig. 1 und 2 auf Taf. XXI geben eine Vorstellung von der Undeutlichkeit dieses Gemenges, in welchen blos stellenweise die Chondrentextur erkennbar ist. Magnetkies und Eisen sind allenthalben zerstreut. Wenn der Magnetkies eine Kugel umhüllt, wie in Fig. 1 auf Taf. XI oder einen Krystall umgibt wie in Fig. 1 auf Taf. XII, so treten dieselben ausnahmsweise scharf aus der Umgebung hervor. In der Grundmasse erblickt man nicht selten jene farblosen doppelbrechenden Punkte und Häufchen, welche meist nur eine undulöse Auslöschung und blos hie und da im polarisirten Lichte die abwechselnden Streifen zeigen, welche die Plagioklase charakterisiren. Fig. 2 auf Taf. XVI stellt eines jener Körnchen im Stein von Mocs dar, in welchem ich zuerst die Zwillingsstreifung an diesem Gemengtheil der Chondrite bemerkte. Die einzelnen Körnchen und die Häufchen sind mit der Grundmasse innig verbunden, sie verzweigen sich meistens in derselben, füllen Lücken aus, schliessen Grundmasse in der Form kleiner Körnchen ein (Fig. 3 auf Taf. XVI), verhalten sich also in dem Gemenge wie eine zuletzt entstandene Imprägnation. Sie siedeln sich besonders häufig in der Umgebung der Chondren an und verbinden dort die feinste Grundmasse. Wahrscheinlich ist der Plagioklas auch unmerklich zwischen den Körnern und Splittern der Grundmasse vertheilt und bedingt zum Theile die Festigkeit des Ganzen.

Am häufigsten beobachtet man den Plagioklas in den weissgrauen Chondriten, wie in jenen von Alfanello, Girgenti, Mauerkirchen, Milena, Mocs, Tourinnes la Grosse, aber auch in den grauen Chondriten, wie in jenen von Aigle, Ausson, Chantonnay, Dhurmsala, Ensisheim, Gross-Divina, Knyahinya, Lissa, Mezö-Madaras, New-Concord, Pultusk, in den klastischen wie Alexinač, Siena und in den krystallinisch aussehenden wie Erleben, Murcia ist er vertreten. In dem letzteren fand ich den Plagioklas sparsam in scharfkantigen Splittern (s. Taf. XVI, Fig. 1). Von den farblosen Körnern und Häufchen, welche das zuvor beschriebene Vorkommen zeigen, sind jedoch manche einfachbrechend. Da dieser isotrope Gemengtheil genau dieselbe Form und Vertheilung zeigt wie der Plagioklas und im gewöhnlichen Lichte denselben Eindruck macht wie dieser, so glaubte ich aus dieser auffallenden Gleichheit der äusseren Form auf eine Gleichheit der chemischen Zusammensetzung schliessen und denselben für Maskelynit halten zu dürfen. In dem Chondrit von Alfanello kommen sowohl doppelbrechende als auch isotrope Körner vor, endlich auch solche, die nur theilweise aufhellen, so dass hier ein Übergang vom Plagioklas zum Maskelynit vorzuliegen scheint. Dies führt dazu, die isotropen Körner als umgeschmolzenen, also durch Erhitzung isotrop gewordenen Plagioklas anzusehen, wovon schon früher (pag. 7) gesprochen wurde. Dies wird noch dadurch bekräftigt, dass die farblosen Körner in der Schmelzrinde des plagioklashaltigen Chondrits von Mocs isotrop sind. In dem Chondrit von Alfanello, der die Bilder Fig. 1 und 2 auf Taf. XVII geliefert hat, zeigt der Maskelynit im gewöhnlichen Lichte öfters feine unter einander parallele Striche, welche durch das ganze Korn laufen, in grösseren Körnern blos eine Strecke weit anhalten und Kanten parallel sind, welche an dem Korn wahrgenommen werden. Diese Striche sind blos durch eine Verschiedenheit der Lichtbrechung hervorgerufen, da sie nicht bei jeder Richtung des durchgehenden Lichtes auftreten. Sie erinnern an die Lamellirung im Plagioklas. Der Maskelynit ist viel seltener als der Plagioklas. In dem Chondrit von Chateau Renard ist blos Maskelynit und kein Plagioklas zu erkennen. So wie der Plagioklas und der Maskelynit sind auch das Eisen und der Magnetkies in den meisten Chondriten mit der Grundmasse innig verbunden. Sie schmiegen sich an die Körnchen derselben, füllen Lücken aus, umhüllen die Chondren, verhalten sich also wie eine später gebildete Imprägnation.

In den grauweissen Chondriten beobachtet man auch am häufigsten die schwarzen Klüfte, welche im Querschnitte als Adern erscheinen, sowie auch jene breiteren gangförmigen Massen, welche beiden Bildungen jedoch in den grauen Chondriten ebenfalls oft vorkommen. Im Dünnschliffe sind die Adern im durchfallenden Lichte schwarz. Sie durchsetzen das Gestein bald in gerader Richtung, bald sind sie unregelmässig gekrümmt, bald einzeln, bald verästelt und netzartig. Sie weichen meist den harten Chondren aus und vereinigen sich gern mit den Körnern von

plagioclase. The individual grains and aggregates of this mineral mingle intimately with the groundmass, branching out into it, filling interstices, enclosing small grains of groundmass (fig. 63), and in general have the appearance of a mineral emplaced in the chondrite at a late stage. Plagioclase grains are especially abundant near chondrules, serving there to bind the groundmass together. Plagioclase in amounts too small to observe is probably present between all grains and fragments in the groundmass, contributing to the strength of the whole chondrite.

Plagioclase is most often observed in the gray-white chondrites such as Alfianello, Girgenti, Mauerkirchen, Milena, Mocs, Tourinnes-la-Grosse; but it is also present in the gray chondrites (e.g., Ausson, Chantonay, Dhurm-sala, Ensisheim, Gross-Divina, Knyahinya, L'Aigle, Lissa, Mezö-Madaras, New Concord, Pultusk), the clastic chondrites (e.g., Soko-Banja, Siena), and the crystalline chondrites (e.g., Erxleben, Molina). I found rare angular plagioclase fragments in the latter (fig. 61). However, some of the colorless grains and aggregates occurring as described above are isotropic. Since this isotropic constituent has exactly the same form and distribution as plagioclase and the same appearance when viewed by ordinary light, I believe it to be similar in chemical composition as well and to consist of maskelynite. Isotropic and birefringent grains occur together in Alfianello; some grains are only in part birefringent and are apparently examples of the transition from plagioclase to maskelynite. From this it may be concluded that maskelynite is remelted plagioclase, as already pointed out in the section on eucrites. Confirming this conclusion is the fact that the colorless grains in the fusion crust of the plagioclase-bearing chondrite Mocs are isotropic. In Alfianello (figs. 65, 66) the maskelynite often shows fine parallel stripes by ordinary light; they run the full width of small grains or only partly across larger grains, and are parallel to straight grain boundaries where the grains display these. The lines are caused by differences in the refraction of light and are not visible by light transmitted in some directions. They are reminiscent of the lamellae in plagioclase. Maskelynite is much more rare than plagioclase. Only maskelynite, no plagioclase, can be seen in the chondrite Château-Renard. Like plagioclase and maske-

lynite, in most chondrites the iron and pyrrhotite are also closely mingled with the ground mass. They cling to silicate grains, fill interstices, surround chondrules, and in general appear to have been emplaced after the silicate minerals.

Veins.—Black clefts, which appear in thin-section as veins, and thicker gangue-like masses are most often observed in the gray-white and gray chondrites. In thin-section the veins are black by reflected light. They traverse the stone in straight lines or in irregular curves; they may be single or branching or form a network. They usually avoid the hard chondrules but tend to join with the pyrrhotite grains (fig. 85). I have seldom observed any relative displacement of the walls of veins. The main mass of the veins is black, almost mat, and brittle; apparently it is semivitreous. By reflected light, extremely thin leaves or flakes of iron can be seen in the veins, paralleling the direction of the vein. These appear in cross section as very thin threads. The veins also contain droplets of iron and pyrrhotite and silicate fragments. Chondrites tend to break along their veins, often exposing distinctly shiny, streaked, armored surfaces; these are the iron flakes noted above. Veins with iron flakes are very common in the chondrite Stålldalen. I found cracks completely filled with iron in Molina; the cubic cleavage of the iron could be observed on breaks across these veins. Many chondrites contain a network of narrow veins or a thicker blackish gangue-like mass with sharp boundaries, such as I observed in Orvinio (Tschermak, 1874). In the latter, fragments of the chondritic rock are surrounded by a darker, dense mass, which has a fluid-like structure and contains iron flakes. In Chantonay, chondritic fragments are united and in part impregnated by a black binding material which contains a fine, irregular network of iron. Adjacent silicate masses contain abundant maskelynite; in several places olivine chips surrounded by the black mass are partly or entirely vitrified and are optically isotropic. Quite a few of the stones of the Mocs fall are penetrated by black gangue-like masses, up to 19 mm thick (Tschermak, 1882). The black material is dense, semivitreous, and brittle. By transmitted light, it can be seen to contain numerous fragments of the adjacent crystalline rock. The boundaries between black mass and wall rock are sometime sharp, but often impregnation of the wall rock by the black material leaves gradational bound-

Magnetkies (Fig. 1 auf Taf. XXII). Eine Verschiebung der Wände habe ich daran selten beobachtet. Im auffallenden Lichte sieht man im Inneren der Adern äusserst zarte Eisenblätter, welche der Richtung der Adern parallel liegen, im Querschnitte also wie ungemein dünne Fäden erscheinen, überdies auch zuweilen Tröpfchen von Eisen und Magnetkies. Die Hauptmasse ist schwarz, fast matt, spröde. Sie scheint eine halbglasige Masse zu sein. Oefters schliesst sie Splitter des Gesteines ein. Beim Zerschlagen trennt sich das Gestein öfters nach den Klüften und auf diesen erblickt man sodann einen ziemlich deutlich glänzenden striemigen Harnisch, welcher durch die genannten Eisenblätter hervorgerufen ist. In dem Stein von Ställdalen sind Adern, welche Harnische liefern, sehr häufig. In einem Stücke des Steines von Murcia fand ich Klüfte, die vollständig mit Eisen gefüllt sind, welches im Querbruche die tesserale Spaltbarkeit erkennen lässt. In manchen Exemplaren der Chondrite findet sich ein enges Netz von Adern oder es erscheint eine breitere gangförmige schwärzliche Masse, wie ich eine solche mit scharfer Begrenzung in dem Stein von Orvinio beobachtete¹. Hier sind hellere Bruchstücke der chondritischen Masse von einer dunklen dichten Masse, welche Eisenblättchen enthält und Fluidalstruktur zeigt, umgeben und durch diese verbunden. Auch in dem Stein von Chantonnay sind Bruchstücke des Chondrits durch eine schwarze Bindemasse vereinigt und durch dieselbe zum Theil imprägnirt. Die schwarze Masse zeigt hier ein feines unregelmässiges Netz von Eisen. Die benachbarte Silicatmasse hat viel Maskelynit und an einigen Stellen sind Splitter von Olivin, welche von der Masse umschlossen erscheinen, theilweise oder ganz verglast und verhalten sich isotrop. Unter den Steinen von Mocs sind solche, die von einer schwarzen Masse gangartig durchsetzt werden, nicht selten². Die Mächtigkeit der letzteren beträgt bis 19 mm. Die schwarze Masse ist dicht, halbglasig, spröde. Im durchfallenden Lichte erscheinen darin viele Splitter des Nebengesteines. Die Grenze gegen das Nebengestein ist zuweilen scharf, doch zeigt sich oft ein allmählicher Uebergang durch Imprägnation des letzteren (Fig. 2 auf Taf. XXII). Wo die schwarze Masse kompakt erscheint, bemerkt man im auffallenden Lichte viele Kügelchen von Eisen, auch rundliche langgestreckte Eisenklümpchen, endlich feine, der Längsrichtung des Ganges entsprechend gestreckte Eisenfäden, welche die Querschnitte dünner Eisenblätter sind. Diese Eisenfäden bringen den Eindruck einer Fluidalstruktur hervor. Von den Eisenklümpchen gehen öfter feine Eisenadern aus, welche die Gangmasse quer durchsetzen. Diese Adern endigen bisweilen in leere Querklüfte. Solche leere Springe zeigen sich auch in den entsprechenden Massen der Chondrite von Chantonnay und Orvinio. Statt des Eisens bildet auch der Magnetkies Kügelchen in der schwarzen Masse. Diese besteht nebst Eisen und Magnetkies auch aus einem schwarzen Glase. Weil dieselbe sehr viele Splitter des Nebengesteins enthält, so zeigt sie im Bruche nur geringen Glanz. Die Gangmasse ist demnach zum geringen Theil eine Injection, die aus Eisen, Magnetkies und Glas besteht, zum grösseren Theil eine Imprägnation der Grundmasse des Chondrits. Die gangartigen Massen stehen mit den Adern in Verbindung, welche sich als Apophysen der vorigen darstellen. Das Ganze macht den Eindruck, als ob sich die chondritische Masse an ihrer Ablagerungsstätte durch rasche Erhitzung zerklüftet und als ob sie eine Schmelze bis in die feinsten Capillarspalten aufgesogen hätte. Unter den vielen Exemplaren der Steinregen von Pultusk³ und von Mocs sind einzelne gefunden worden, welche sich im Bruche durch schwarze Farbe und grössere Härte von den übrigen unterscheiden, so dass es den Anschein hatte, als ob diese Stücke aus einer fremden Masse beständen. Dieselbe stimmt jedoch vollständig mit der eben geschilderten gangartigen Masse überein.

Mit dieser nahe verwandt ist auch die schwarze dichte Grundmasse einiger Meteorite, z. B. jene in dem merkwürdigen Stein von Goalpara, der im Durchschnitte ein porphyrisches Aussehen zeigt, weil Enstatitkrystalle in einer unvollkommen chondritischen Olivinmasse liegen, die zugleich löcherig ist (s. Taf. XX, Fig. 3). Eine schwarze, fast halbglasige Masse imprägnirt die feine Grundmasse, bildet die Wände der Löcher und Spalten, umgibt die Häufchen der Olivinkörner, dringt zwischen diese ein und verästelt sich daselbst in den feinsten Ausläufern. Die schwarze Masse enthält nach meinen Beobachtungen ein feines Netz von krystallinischem Eisen, ferner Magnetkies, Kohle und ein durch Säure zersetzbares Glas. Der Stein von Richmond enthält ebenfalls zwischen den Chondren und Splittern eine schwarze fast halbglasige Grundmasse, die sich in feinen Verästelungen bis in die feinsten Klüfte zwischen den Körnchen der Silicate verbreitet. Auch dieser Stein hat kleine Löcher, doch sind deren Wände etwas drusig. Der Stein von Tadjera von dichtem bis halbglasigem Bruche scheint eine ähnliche Grundmasse zu besitzen. Ich konnte denselben nicht näher untersuchen. Die eben besprochenen schwarzen Imprägnationen weisen auf eine Veränderung der chondritischen Masse durch Erhitzung, wobei Kohlenwasserstoffe eine Rolle gespielt haben dürften. In dem Stein von Goalpara beträgt der Gehalt an Kohlenwasserstoffen 0.85 pc.

An die Steine mit schwarzer Imprägnation reihen sich diejenigen mit matter schwarzer kohligter Grundmasse, die kein Eisen enthält. Die einen derselben, wie die Steine von Renazzo, Grosnaja bestehen vorzugsweise aus Chondren, ausserdem aus harter Grundmasse und sind fester, während die anderen, welche zumeist aus einer weicheren Masse bestehen, locker erscheinen. Von den letzteren habe ich nur den Stein von Cold Bokkeveld untersuchen können. In allen diesen schwarzen kohligten Meteoriten sind die Chondren glasreich und ziemlich mannigfaltig, indem ausser

¹ Die Trümmerstruktur der Meteoriten von Orvinio und Chantonnay. Sitzungsber. d. Wiener Ak. Bd. 70 Abth. I. November 1874.

² Sitzungsber. d. Wiener Ak. Bd. 85 Abth. I. März 1882.

³ Zeitschr. d. niederrh. Ges. f. Natur- und Heilkunde zu Bonn 1868.

aries (fig. 86). Wherever the black mass is compact in appearance, spherules, rounded elongate blobs, and fine threads of iron (sections of flakes) parallel to the vein can be seen by reflected light. These iron threads suggest fluid flow. Fine iron veins often extend from the rounded blobs through the gangue material; occasionally they end in empty cracks. Open cracks of this type can also be seen in the corresponding black masses in Chantonay and Orvinio. Spherules in the black masses may consist of pyrrhotite or black glass as well as iron. Since glass spherules contain numerous silicate chips, their fracture surfaces are not shiny.

Thus the gangue-like masses are composed in part of iron, pyrrhotite, and glass, injected into the stone as fluids; but for the most part, they consist of the groundmass of the chondrite after it has been impregnated. Veins are simply offshoots from these gangue-like masses. The impression conveyed by the vein and gangue-mass systems is that after the chondritic material was deposited, it was cracked by rapid heating and absorbed molten matter into the whole crack system, down to the finest capillaries. Some of the many stones that fell at Pultusk (vom Rath, 1868) and at Mocs are black when broken open, harder than the others, and so different from the rest as to suggest that they were derived from a different parent mass; however, they correspond in all respects to the gangue-like masses described above.

The black groundmasses of several meteorites, for example the remarkable stone from Goalpara, are related to these gangue-like masses. Goalpara has a porphyritic appearance in cross section, because of enstatite crystals that lie in an incompletely chondritic porous olivine mass (fig. 79). A black, almost semivitreous material impregnates the fine groundmass, lines the walls of cavities and clefts, surrounds the aggregates of olivine grains, penetrates between the grains, and branches into very fine threads. I have observed a fine network of crystalline iron, as well as pyrrhotite, carbon, and an acid-soluble glass in the black mass. Similarly, Richmond contains between its chondrules and fragments a black, almost semivitreous groundmass, which penetrates into the finest spaces between silicate grains. This stone also contains small voids, but unlike Goalpara's voids, these are druses.

Tadjera, semivitreous to compact on fracture surfaces, seems to have a similar groundmass; I have not had the opportunity to study it in detail. The black impregnations described point to an alteration of the chondritic masses by heat; hydrocarbons may have played a part in this. Goalpara contains 0.85 percent of hydrocarbons.

The stones with black impregnations are gradational with those which have mat, black, carbonaceous groundmasses and which contain no free iron. Some of these, such as Renazzo and Grosnaja, consist mostly of chondrules embedded in a hard groundmass. Others are more friable, consisting mostly of a softer mass. I have been able to study only one of the latter, Cold Bokkeveld. In all these black carbonaceous meteorites the chondrules are rich in glass and variable in composition; they include porphyritic olivine chondrules, bronzite-olivine chondrules of different structures, and augite chondrules. Fine-grained lobate chondrules, translucent and feltlike in appearance, are characteristic of several of these stones. These probably consist of olivine (figs. 77, 78).

The granular chondrites (Kernouvé, Erxleben, Klein-Wenden, Pillistfer, Stavropol, and others) remain to be discussed. Microscopically they are similar to the white-gray, in that they contain few distinct chondrules. But in granular chondrites these chondrules are also hard to recognize microscopically, as they seem to have fused into the groundmass. The groundmass appears granular and fused, the individual grains often seeming to blend into one another and into the indistinctly outlined chondrules (fig. 80). Their microscopically granular appearance on fracture surfaces is due in part to cleavage surfaces of the silicate grains, but also in part to broken iron particles and pyrrhotite grains. Grains and crystals of olivine and bronzite in the groundmass and chondrules are rich in glass inclusions (fig. 72). The character of these inclusions and the fused appearance of the whole mass suggest that the glass inclusions were not always present but appeared during a later heating. Granular chondrites should therefore be regarded as sintered stones. It was noted earlier that the clastic chondrites (e.g., Soko-Banja, Siena) contain fragments of sintered-looking rock. Viewed microscopically, these fragments are practically identical in texture to the granular chondrites. The same

porphyrischen Olivinkugeln auch Bronzit-Olivinkugeln von verschiedenartiger Bildung und auch Augitkugeln vorkommen, Charakteristisch für mehrere dieser Steine ist das Auftreten von feinkörnigen lappigen Chondren, welche im Durchschnitte trübe und filzähnlich erscheinen. Sie bestehen wahrscheinlich aus Olivin (s. Taf. XX, Fig. 1 und 2).

Die körnigen Chondrite, welche noch zu besprechen sind und zu denen die Steine von Cleguerec, Erxleben, Klein-Wenden, Pilstfer, Stauropol u. a. gehören, sind in ihrer mikroskopischen Beschaffenheit den weissgrauen Chondriten insofern ähnlich, als sie nicht viele deutliche Chondren enthalten. Diese sind aber makroskopisch kaum zu erkennen, da sie mit der Grundmasse verschmolzen erscheinen. Die Grundmasse erscheint u. d. M. verschmolzen körnig, die einzelnen Körner scheinen oft mit einander und mit den unscharf begrenzten Chondren zu verfließen (s. Taf. XX, Fig. 4). Das makroskopisch-körnige Aussehen der Bruchfläche wird nur zum Theile durch die Spaltflächen der Körner, zum Theile aber auch durch die zerrissenen Eisenpartikel und Magnetkieskörner hervorgebracht. Die Körner und Krystalle der Grundmasse und der Chondren und zwar die Olivine wie die Bronzite sind ungemein reich an Glaseinschlüssen (s. Taf. XVIII, Fig. 4). Der Charakter dieser Einschlüsse und das verschmolzene Aussehen der ganzen Masse berechtigen zu der Vermuthung, dass die hier beobachteten Glaseinschlüsse nicht ursprüngliche, sondern durch eine nachträgliche Erhitzung entstandene seien. Die körnig aussehenden Chondrite wären demnach als gefrittete Gesteine anzusehen. Früher wurde schon bemerkt, dass in den eminent klastischen Chondriten wie in jenen von Alexinač und Siena gefrittete aussehende Bruchstücke vorkommen. Das mikroskopische Bild derselben ist demjenigen fast gleich, welches die eben genannten körnigen Chondrite liefern. Dasselbe Verfließen der Chondren mit der Grundmasse und der Körner in der letzteren, dieselbe Häufigkeit der Glaseinschlüsse, welche ungemein oft negativen Krystallen entsprechen. Es fehlen blos die Eisenpartikelchen, welche in den körnigen Chondriten häufig sind.

Zum Schlusse ist noch eine Bemerkung über die Rinde der Chondrite anzufügen. Diese ist äusserlich schwarz bis braun oder grau, fast matt und zeigt nur selten fettglänzende wie gefirnisst aussehende Punkte dort, wo Plagioklas, Maskelynit oder Augit angeschmolzen sind. Einzelne Punkte haben auch das Aussehen des Hammerschlages, wenn Eisenpartikel an die Oberfläche treten und manche erscheinen mit einem braunen Pulver überzogen, wo freiliegender Magnetkies abbrannte. Auf die Formen der Rinde, gemäss welcher an manchen Exemplaren eine Brust- und Rücken- seite, sowie ein Schlackensaum unterschieden werden können, gehe ich hier nicht ein, da nur Makroskopisches und Bekanntes der wiederholen wäre. Der Bau der Rinde, welcher zuerst von BREZINA beschrieben wurde, ist merkwürdig. Die Rinde besteht oft aus drei wohl unterscheidbaren Gliedern, welche im Durchschnitte des Steines Zonen bilden (s. Taf. XXI, Fig. 1 und 2). Die äusserste Rinde oder eigentliche Schmelzrinde ist glasisch. Sie erscheint zum Theile schwarz, undurchsichtig, zum Theil aus einem braunen, selten einem farblosen Glase zusammengesetzt. Das braune Glas wird man von Olivin und Bronzit, das farblose von Plagioklas oder Maskelynit ableiten, da selbes nur in der Rinde solcher Chondrite vorkommt, welche die letzteren enthalten. Die schwarze Farbe ist den Resten von Magnetkies und dem Eisenoxyduloxyd zuzuschreiben. Die zweite Zone oder Saugzone besteht aus den Gemengtheilen des Gesteins und stellenweise aus einer geringen Menge zwischen den feinen Klüften eingeklemmter schwarzer, brauner bis farbloser Masse. Diese Zone ist also durchsichtig. In dem Chondrit von Mocs enthält sie Maskelynit, während der übrige Stein Plagioklas und keinen Maskelynit enthält. Die dritte, innerste oder Imprägnationszone ist am breitesten. Sie zeigt wiederum die unveränderten Gemengtheile des Meteoriten, jedoch sind die Silicate mit einer grossen Menge schwarzer Masse imprägnirt. Demnach erscheint hier die schwarze Masse von durchsichtigen Körnern durchspränkelt. Die schwarze Masse der Imprägnationszone zeigt im auffallenden Lichte immer viele sehr kleine gelbe Flitter, welche auf Magnetkies bezogen werden können, dagegen selten feine Adern von metallischem Eisen. Durch diese Beschaffenheit unterscheidet sich die schwarze Masse der Rinde von jener in den Adern und gangartigen Injectionen der Chondrite. An Steinen, welche wenig porös sind, wie der von Knyahinya, fehlt öfters die zweite und dritte Zone und es ist blos die glasige Schmelzrinde zu bemerken. Dass auf die Schmelzrinde eine durchsichtige, nur wenig imprägnirte Zone folgt, ist dadurch zu erklären, dass hier die Schmelze dünnflüssig war, folglich durch die poröse heisse Masse rasch aufgesogen und weiter geführt wurde. In der dritten Zone hat sich sodann die Schmelze in dem kühleren Theile der Kruste angesammelt und ist hier erstarrt. Schnitte, welche ungefähr parallel der Schmelzrinde durch die Kruste geführt wurden, ergaben Resultate, welche den vorigen entsprechen. Man sieht wiederum die durchsichtige unmerklich imprägnirte Saugzone und die dicke dunkle Imprägnationszone aufeinanderfolgen (s. Taf. XXI, Fig. 3). Zum Vergleiche mit den Chondriten wurden auch Präparate aus der Kruste des Eukrits von Juvinas versucht, jedoch gelangen blos Parallelschliffe, die ein blasiges braunes Glas mit Splittern und Krystallen von Plagioklas darboten (s. Taf. XXI, Fig. 4)¹.

¹ Von den Schriften, welche die mikroskopische Beschaffenheit der Chondrite behandeln, mögen hier noch folgende angeführt werden: Alfianello, FOULLON, Sitzungsber. d. Wiener Ak. Bd. 88. I. 433. Chondren, SORBY, Nature Bd. 15. p. 495. GÜMBEL, Sitzungsber. bayr. Ak. 1875 p. 313 und 1878 p. 14. Chondrite und Meteoriten überhaupt, TSCHERMAK, Sitzungsber. Wien. Ak. 88. I. 347. WADSWORTH, Mem. Mus. Comp. Zoology. XI. Part. I. Glas, LASAULX, Sitzungsber. Niederrhein. Ges. 1882. Juli 3. Gopalpur, TSCHERMAK, Sitzungsber. Wiener Ak. Bd. 65. I. Februar 1872. Goalpara, T., ebend. 62. II. Dec. 1870. Grosnaja, T., Mineralog.

blending of chondrules with the groundmass and with larger grains, the same abundance of glass inclusions (often filled negative crystals), are seen in both. The only difference is that the fragments in clastic chondrites do not contain iron particles.

Crusts.—Finally, the crusts of chondrites should be described. These are outwardly black to brown or gray, almost mat, and only rarely display shiny varnish-like points where plagioclase, maskelynite, or augite grains are fused in. Some areas also have the appearance of hammer-scale—iron particles show at the surface, and some of these are coated with a brown powder, where exposed pyrrhotite has burned off. On some stones the front and back (in flight) as well as a slaggy margin between front and back can be recognized from the form of the crust, but this is a macroscopic characteristic and already well known, so it will not be discussed further here. The internal structure of the crust, first described by Brezina, is interesting. As seen in cross section the crust often consists of three layers or zones (see figs. 81, 82). The outermost zone or true fusion crust is glassy. The glass is partly black and opaque, partly brown, rarely colorless. The brown glass is derived from olivine and bronzite; colorless glass occurs only in the crusts of chondrites that contain plagioclase or maskelynite. The black color is attributable to iron oxide and the remains of pyrrhotite. The second or absorption zone consists of the normal chondritic minerals and, locally, small amounts of a black, brown, or colorless material that intrudes into fine cracks. This zone is therefore transparent. In Mocs it contains maskelynite, although this stone in general contains plagioclase and no maskelynite. The third, innermost zone, the impregnation zone, is the thickest. It also contains the unaltered chondritic minerals, but the silicates are impregnated with a large quantity of a black material. In thin-section, this black mass appears to be sprinkled with transparent grains. By reflected light the impregnation zone always shows many very small, yellow, shiny areas (pyrrhotite) and, relatively rarely, fine veins of metallic iron. In this property the black impregnation zone of the crust differs from the black veins and gangue-like injections found in chondrites. Nonporous stones, such as Knyahinya, often lack the second and third zones; they have only the

glassy fusion crust. The fact that the fusion crust is usually underlain by a transparent, only slightly impregnated zone, can be explained by the melt here having been thinly fluid, so that it was quickly absorbed and conducted away through the porous hot rock; the melt then collected and hardened in the cooler third zone of the crust. In sections through and approximately parallel to the crust, as in the perpendicular sections discussed, the thick, dark impregnation zone can be seen underlying the transparent, not perceptibly impregnated absorption zone (fig. 83). To compare the crusts of eucrites and chondrites, attempts were made to section the crust of the eucrite Juvinas, but only parallel sections succeeded. These show a vesicular brown glass with crystals and chips of plagioclase (fig. 84).³

IV. The Stony-Iron Meteorites

Grahamites.—This type of meteorite, essentially a mixture of iron and howardite, is represented so far only by the Vaca Muerta and Mejillones masses. A network of iron is visible microscopically; according to Rose, this consists of many iron crystals which show Widmanstätten figures. Dark pyrrhotite grains are also visible. The iron network includes occasional polycrystalline balls of iron, up to 5 mm in diameter. Grains, fragments and, less often, spheres of silicates are embraced by the network of metal. These are dark green to brown, and occasionally white. The silicate mass is granular in appearance. The texture of transparent portions of the meteorite is also usually granular under the microscope, but sometimes is clastic, consisting of chips of plagioclase and other silicates surrounded by iron (fig. 87). The texture is occasionally chondritic, where rare, indistinct chondrules appear. A substantial proportion of the silicates is plagioclase, mostly in anhedral grains. These display beautiful interference colors by polarized light and are composed of

³ The following papers treat aspects of the microscopic petrography of chondrites: *Alfanello*—Foullon (1883); *Chondrules*—Sorby (1877), Gümbel (1875, 1878); *Chondrites and Meteorites in general*—Tschermak (1883), Wadsworth (1884); *Crusts*—Brezina (1882); *Glass*—Lasaulx (1882); *Gopalpur*—Tschermak (1872b); *Goalpara*—Tschermak (1870a); *Grosnaja*—Tschermak (1878); *Knyahinya*—Kenngott (1869); *Lancé*—Drasche (1875); *Mocs*—Tschermak (1882); *St. Denis-Westrem*—Prinz (1885); *Tieschitz*—Makowsky and Tschermak (1878); *Zsádány*—Cohen (1878).

IV.

Grahamit. Dieses Gemenge, welches sich fast wie eine Mischung von Eisen und Howardit verhält, ist bis jetzt nur durch die Massen von der Sierra de Chaco und von Mejillones vertreten. In manchen Sammlungen erscheint erstere mit der specielleren Fundortangabe Vaca Muerta. Makroskopisch bemerkt man ein Netz von Eisen, das nach G. Rose aus vielen Individuen besteht, welche Widmannstädten'sche Figuren zeigen. Dasselbe ist von dunklen Körnern von Magnetkies (Troilit) begleitet. Mit den Fäden des Netzes verschmolzen, treten hie und da Eisenkugeln auf, die bis 5 mm im Durchmesser haben. Sie bestehen auch aus mehreren Individuen. Eingebettet in dem Netze sind Körner und Splitter, selten Kugeln von Silicaten, welche dunkelgrün bis braun, zuweilen auch weiss erscheinen. Die Silicatmasse erscheint körnig. Unter d. M. ist das Gefüge der durchsichtigen Theile wohl auch meistens körnig, doch zeigt es sich an manchen Stellen deutlich klastisch, indem Splitter von Plagioklas und anderen Silicaten von Eisen umgeben sind (s. Taf. XXII, Fig. 3), selten chondritisch, da einzelne undeutliche Chondren vorkommen. Ein ziemlich grosser Theil der Silicate ist Plagioklas, welcher meist Körner mit undeutlichen Krystallumrissen bildet. Im polarisirten Lichte gibt er prächtige Farben und erscheint aus ziemlich breiten Zwillinglamellen zusammengesetzt, deren Auslöschungsrichtungen auf ein dem Anorthit nahestehendes Glied hinweisen. Sehr viele dieser Plagioklase zeichnen sich durch reichlich eingestreute bräunliche krystallisirte bis rundliche Einschlüsse aus, welche durch ihre Grösse und Form auffallen (s. Taf. XXII, Fig. 4). Dieselben haben gewöhnlich ungefähr 0,007 mm Länge und 0,003 mm Breite, doch kommen auch solche von 0,013 mm Durchmesser vor. Eine bestimmbare Krystallform wurde daran nicht erkannt. Alle sind doppelbrechend. Die einen haben das Ansehen von Prismen und sind oft mit der längsten Axe den Plagioklaslamellen parallel gelagert, geben gerade Auslöschung, in den ungefähr quadratischen Querschnitten diagonale Auslöschung, was zugleich mit den Spaltrissen auf Bronzit hindeutet. Andere zeigen eine ungefähr monokline Form wie Titanit, ausserdem gibt es viele von rundlicher Form. Die Plagioklase, welche als Bruchstücke auftreten, sind häufig frei von diesen Einschlüssen. Dieselben zeigen auch schmalere Zwillinglamellen als die körnigen. Der Plagioklas erscheint auch zuweilen dicht und enthält in diesem Falle viele sehr kleine rundliche Glaseinschlüsse (Taf. XXIII, Fig. 2).

Der pyroxenische Gemengtheil ist zumeist Bronzit von grünlichgrauer Färbung, welcher im Längsschnitte ein faseriges Ansehen hat. Dieser bildet Körner, die zuweilen mit freiem Auge sichtbar und isolirbar sind, ferner undeutliche Krystalle, die mit Eisen umgeben oder mit Olivin oder Plagioklas verwachsen sind. Die Einschlüsse im Bronzit sind theils Körner von Magnetkies, theils wenig deutliche negative Krystalle, die von schwarzer Masse erfüllt sind oder rundliche kleine bis staubartige opake Körnchen. Feine Blättchen von schiefer Auslöschung, welche parallel 100 eingeschaltet vorkommen, sind wohl auf Augit zu beziehen (s. Taf. XXIII, Fig. 1). Seltener als der Bronzit ist brauner Augit, welcher vollkommen klar erscheint und in der Form von Körnern ohne deutliche Krystallflächen auftritt. Er hat das Ansehen des Augits mancher Basalte, zeigt aber ebensowenig wie die anderen Gemengtheile eine Zuwachschichtung (Taf. XXIII, Fig. 2).

Der Olivin ist ebenso stark oder stärker vertreten als der Bronzit. Meistens sind die Körner desselben ziemlich klein, innig miteinander verwachsen, trübe und voll staubartiger Einschlüsse; zuweilen aber sind die Körner klar und bilden grosse Kugeln und mit freiem Auge erkennbare Individuen. Einige derselben haben einen chondritischen Bau, indem ein rundliches Krystallindividuum an der Oberfläche schwarz imprägnirt, ausserdem aber von einer trüben körnigen Olivinrinde umgeben ist, welche voll staubartiger Einschlüsse erscheint. Die Silicate der Umgebung solcher den Chondren entsprechenden Gebilde sind gewöhnlich Bruchstücke (s. Taf. XXIII, Fig. 3). Derselbe Olivin zeigt bisweilen eine merkwürdige Beschaffenheit, welche mich anfänglich dazu verleitete, darin ein anderes Silicat zu vermuthen. Parallel zu zwei aufeinander senkrechten, den Auslöschungen parallelen Richtungen liegen ungemein feine graue oder braune Nadeln, welche in scharfe Spitzen endigen. Dieselben gehen vom Rande oder von den Sprüngen des Olivinkornes aus, welche mit Magnetkies und rothbrauner Masse, die ein Oxydationsproduct ist, erfüllt sind. Da die Nadeln in grosser Zahl vorhanden sind, so bilden sie feine Parallelgitter und Kreuzgitter am Rande und neben den Klüften. Die grauen Nadeln scheinen Canäle zu sein, welche mit einem hellfarbigen Glase gefüllt sind, während in den braunen entschieden jenes Oxydationsproduct, welches in den Klüften vorhanden, enthalten ist (s. Taf. XXIII, Fig. 4).

An einigen wenigen Stellen des Gemenges finden sich auch farblose Partikel, welche im polarisirten Lichte dieselben zwickelartigen Individuen und im Ganzen dasselbe Ansehen darbieten, wie der Tridymit des Rittersgrüner Meteoriten. Da die Masse an mehreren Punkten eine klastische Beschaffenheit hat, so dürfte das Vorkommen von Tridymit neben Olivin nicht für ein ursprüngliches zu halten sein. Endlich findet sich in der Silicatmasse stellenweise auch bräunliches Glas in geringer Menge, worin feine grüne Nadeln von rhombischer Form auftreten. Diese dürften für Bronzit zu halten sein.

petrogr. Mitth. I. p. 153. Knyahinya, KENNGOTT, Sitzungsber. Wiener Ak. Bd. 59. II. Mai 1869. Lancé, DRASCHE, TSCHERMAK's Min. Mitth. 1875. p. 1. Mocs, TSCHERMAK, Sitzungsber. Wiener Ak. 85. I. 195; Rinde, BREZINA, ebendas. p. 335. St. Denis Westrem, PRINZ, Les Météorites tombées en Belgique Bruxelles 1885. Tieschitz, MAKOWSKY und TSCHERMAK, Denkschr. Wien. Ak. Bd. 39, p. 187. Zsadaný, COHEN, Verh. d. naturhist. med. Vereines Heidelberg. II. 2.

rather broad twin lamellae whose extinction angles indicate a composition close to anorthite. Many of the plagioclase grains are conspicuous because of their abundance of brownish euhedral to rounded inclusions, which are remarkable for their size and shape (usually approximately 0.007 mm long by 0.003 mm wide, but up to 0.013 mm in diameter; see fig. 88). They could not be identified on the basis of crystal forms. All are birefringent. Some look like prisms, are often oriented with their long axes parallel to the plagioclase lamellae, and go to extinction parallel to their long axes and diagonal to their roughly rectangular cross sections; these properties, along with their cleavage, indicate they are bronzite. Others show an approximately monoclinic form, like titanite. Still others are rounded in form. The plagioclase that occurs as broken fragments is usually free of these inclusions and shows narrower twin lamellae than does the granular plagioclase. Some plagioclase is also translucent, made cloudy by numerous tiny rounded glass inclusions (fig. 90).

The pyroxene component is mostly greenish-gray bronzite, which has a fibrous appearance in longitudinal section. It forms grains, occasionally discernible with the naked eye and separable from the meteorite, and indistinct crystals surrounded by iron or intergrown with olivine or plagioclase. The inclusions in the bronzite consist of troilite grains, a few distinct negative crystals filled with a black substance, and rounded, small to dust-sized opaque grains. Fine lamellae parallel to the {100} surface in bronzite and showing inclined extinction are probably augite (fig. 89). Less abundant than bronzite is brown augite, in absolutely clear anhedral grains. It resembles the augite of many basalts but is devoid of growth-layers or zoning (fig. 90).

Olivine is as abundant as the bronzite or more abundant. Olivine grains are usually rather small, intimately intergrown with one another, cloudy and full of dustlike inclusions; but some grains are clear and form large spheres and individuals visible to the naked eye. Some have a chondritic structure; they consist of rounded single crystals, impregnated black on their surfaces and then enclosed in shells of granular, cloudy olivine, full of dustlike inclusions. Silicates surrounding these chondrule-like structures are usually fragments (see fig. 91). Occasionally this olivine shows a remarkable property, which led me to suspect at first

that it was some other silicate. Extremely fine gray or brown needles, terminating in points, lie parallel to the two extinction directions (which are perpendicular to each other). These are concentrated near the surface of the crystal and near cracks in it. (The cracks are filled with pyrrhotite and a red-brown oxidation product.) The needles are so abundant as to form fine parallel hatchings and perpendicular grid patterns along the edges of the crystal and close to cracks. The gray needles appear to be tubes filled with light-colored glass, while the brown ones contain the same oxidation product that occurs in cracks (see fig. 92).

Grahamites contain occasional colorless particles that by polarized light show the same wedge-shaped crystals and in general have the same appearance as the tridymite in Steinbach. Since these meteorites are partly clastic in texture, the occurrence of tridymite with olivine in them may not be primary. Finally, small amounts of brownish glass occur scattered in the silicate mass. This glass contains fine green needles of rhombic form, probably bronzite.

Siderophyres.—The investigations of Maskeyne and von Lang showed the Steinbach meteorite to consist of a granular mixture of bronzite and asmanite embedded in iron. The bronzite is green and has distinct cleavage parallel to the prisms; it occurs as euhedral crystals and subhedral grains. It shows no clear pleochroism. The few inclusions in the bronzite are troilite grains and rounded, transparent, birefringent grains, which I have not been able to identify (fig. 99). Granular aggregates of the colorless mineral that has been named asmanite are intergrown with the bronzite. The investigations of Winkler and Weisbach and the optical properties of this mineral show it to be tridymite. It often occurs in the form of hexagonal platelets, thin-sections of which show no conspicuous interference colors by polarized light; these platelets are composed of crystal individuals in at least three different orientations. The crystal individuals are frequently wedge- and hook-shaped, less often broadly tabular, and for the rest lath-like. Their extinction is inclined to their long edges, and platelets inclined to the axis of the microscope display biaxial interference figures. Their optical behavior is therefore the same as that of tridymite. This mineral also corresponds to tridymite in specific gravity.

Siderophyr. Die Masse von Rittersgrün enthält in einem Schwamm von Eisen ein körniges Gemenge, in welchem nach den Untersuchungen von MASKELYNE und v. LANG Bronzit und Asmanit enthalten sind. Der Bronzit bildet nicht selten deutliche Krystalle mit vielen glatten Flächen, sonst aber Körner, an welchen übrigens auch öfters einzelne deutliche Flächen auftreten. Er hat eine grüne Farbe und deutliche Spaltbarkeit nach dem Prisma. Er zeigt keinen deutlichen Pleochroismus und wenige Einschlüsse. Diese sind Körner von Troilit und rundliche durchsichtige doppelbrechende Körnchen, welche ich nicht genauer bestimmen konnte (s. Taf. XXV, Fig. 3). Mit dem Bronzit verwachsen zeigen sich körnige Häufchen jenes farblosen Gemengtheiles, welcher Asmanit genannt worden, der aber nach den Untersuchungen von WINKLER und WEISBACH und nach dem optischen Verhalten auf Tridymit zu beziehen ist. Derselbe lässt öfters die Form sechseckiger Täfelchen erkennen, zeigt im polarisirten Lichte in dünnen Schichten keine deutlichen Farben, dagegen eine Zusammensetzung aus Individuen in mindestens drei verschiedenen Stellungen. Die einzelnen Individuen erscheinen häufig zwickelförmig und hakenförmig, seltener breit-tafelförmig, sonst leistenförmig, geben eine zu den Seitenkanten schiefe Auslöschung und verhalten sich optisch zweiaxig bei schiefer Stellung der Mittellinie gegen die grösste Fläche der Blättchen (s. Taf. XXV, Fig. 1 und 2). Das optische Verhalten ist demnach dasselbe wie jenes beim Tridymit, welcher auch im spec. Gewicht mit diesem Gemengtheil übereinstimmt.

Mesosiderit. Das Gemenge von Eisen mit Olivin und Bronzit erscheint in einfachster Form in dem Meteoriten von Lodran, welchen ich vor längerer Zeit beschrieb¹. Das Netz von Eisen ist in demselben so fein, dass es in dieser Beziehung den Uebergang zu den körnigen Chondriten herstellt; jedoch ist von einer Chondrenbildung nichts darin zu bemerken. Der Olivin bildet Körner oder deutliche Krystalle, die öfters ebene Flächen darbieten; dieselben sind oberflächlich blaugrau bis berlinerblau gefärbt und äusserlich mit Chromitstaub überzogen, innen aber von hellgrüner Farbe. Sprünge im Innern sind mit Körnchen eines opaken Gemengtheiles besetzt, was ich für eine secundäre Erscheinung halte. Der Bronzit hat eine spargelgrüne bis gelbgrüne Farbe, deutliche prismatische Spaltbarkeit und enthält eiförmige Einschlüsse von Plagioklas, haarförmige opake Nadeln parallel der Prismenzone und opake rundliche Körner, wahrscheinlich von Chromit. Ausser Eisen, Olivin und Bronzit sind noch untergeordnet Körner von Troilit und oktaëdrische Krystalle von Chromit in dem Gemenge enthalten.

Der Mesosiderit von Hainholz zeigt bald ein feineres, bald ein gröberes Eisennetz von körniger Textur, darin ein körniges Silicatgemenge mit Troilit, stellenweise aber auch grosse Körner und Krystalle von Olivin liegen. REICHENBACH gibt einen Krystall von 4,5 cm Länge an, ferner auch ziemlich grosse Kugeln. Die Olivinkörner sind am Rande mit der Grundmasse verwachsen und erscheinen klar, doch enthalten manche derselben auch rundliche Einschlüsse von Troilit (s. Taf. XXIV, Fig. 3). Stellenweise kommen Körner von jener Beschaffenheit und mit denselben braunen Nadeln vor, wie solche in der Masse von der Sierra de Chaco beobachtet wurden und deren eines auf Taf. XXIII in Fig. 4 abgebildet ist. Der Bronzit bildet kleinere Körner als der Olivin und zeigt keine deutlichen Krystallumrisse. Einschlüsse sind häufig. Sie bestehen aus opaken Körnern und braunen durchsichtigen Glaseiern. Stellenweise zeigen sich in dem Gemenge Körner von Plagioklas mit breiten Zwillingslamellen, bald frei von Einschlüssen, bald reichlich erfüllt. Augit ist nur hie und da vertreten. Er bildet Körner von feinschaliger Zusammensetzung und grauer Farbe, welche letztere durch viele staubartige Einschlüsse hervorgebracht wird. Diese sind theils braune Glaseier, theils opake Körner. Alle diese in grösseren Körnern vorkommenden Silicate sind mit einer Grundmasse umgeben, welche zum Theile aus grösseren rundlichen von Staub erfüllten Olivinkörnern, so wie aus den übrigen schon genannten Gemengtheilen in bunter Verwachsung und aus zwischengeklemmtem braunem Glase besteht (s. Taf. XXIV, Fig. 4). Die Masse von Hainholz weist demnach dieselben Gemengtheile in ähnlicher Ausbildung auf, wie der Meteorit von der Sierra de Chaco doch mit dem Unterschiede, dass in der Masse von Hainholz der Plagioklas zurücktritt.

Der Meteoritenfall von Estherville, welcher einen Schwarm von vielen kleinen und einigen grossen Exemplaren zur Erde brachte, ist wohl auch hierher zu rechnen. Viele der kleinen Stücke bestehen theils aus Eisen, andere nur aus Silicatmasse, die übrigen aus beiden zugleich. In den grossen Exemplaren sieht man auch beide vereinigt. Denkt man sich alle Stücke des Schwarmes zu einer Gesteinsmasse vereinigt, so gäbe dies ein grobes unregelmässiges Gemenge von Eisen und körniger Silicatmasse. Das Eisen kommt nach L. SMITH auch in der Form von Knollen innerhalb der Silicatmasse vor. Die Analyse gab diesem Beobachter ausser Eisen einen durch Säure zersetzbaren Antheil von der Zusammensetzung des Olivins, einen unzersetzbaren Antheil von der Zusammensetzung des Bronzits und in geringer Menge die Bestandtheile des Troilits und Chromits². G. VOM RATH beobachtete in der Silicatmasse grosse Körner von Olivin eingeschlossen, ferner kleine Drusenräume, worin die krystallisirten Erhabenheiten messbare Kanten bildeten. In der Masse fand er auch farblose durchsichtige Körner, stellenweise mit Krystallflächen. Ob dieselben einem Plagioklas zugehören, lässt er dahingestellt³. Der Dünnschliff der Silicatmasse lässt, abgesehen von

¹ Sitzungsber. d. Wiener Ak. Bd. LXI. Abth. II. April 1870.

² Comptes rend. Bd. XC. pag. 960.

³ Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. zu Bonn. Ber. v. 8. Nov. 1880.

Mesosiderites.—The combination of iron with olivine and bronzite appears in simplest form in the Lodran meteorite, which I described some time ago (Tschermak, 1870b). Its iron network is so tenuous that this meteorite might be considered transitional between stony-irons and chondrites; however, it contains no trace of chondritic structure. The olivine occurs in grains and subhedral crystals. The latter are superficially colored blue gray to Prussian blue and coated with chromite dust, but are light green inside. Cracks in the olivine contain grains of an opaque mineral which I take to be secondary in origin. The bronzite has an asparagus-green to yellow-green color, distinct prismatic cleavage, and contains egg-shaped inclusions of plagioclase, opaque hairlike needles parallel to the *c* axis, and opaque rounded grains, probably of chromite. In addition to iron, olivine, and bronzite, the meteorite contains troilite grains and octahedral crystals of chromite in subordinate amounts.

The mesosiderite Hainholz contains a granular iron network that is fine in some places, coarse in others, and embraces a granular mixture of silicates and troilite, as well as scattered large grains and crystals of olivine. Reichenbach describes a crystal 4.5 cm long, as well as large balls of olivine. The olivine grains are clear, although some contain rounded inclusions of troilite (fig. 95); they are intergrown with the groundmass around their margins. A few of the olivine grains have the same character and contain the same fine brown needles as those observed in Vaca Muerta and depicted in figure 92. The bronzite occurs in smaller grains than the olivine and shows no distinct crystal faces. Inclusions (opaque grains and brown transparent glass) are numerous. Plagioclase grains with wide twin lamellae are scattered through the meteorite; these are sometimes free of inclusions, sometimes crowded with them. Augite is only rarely encountered. It forms grains with a finely lamellar structure and a gray color caused by countless dust like inclusions (brown glass ellipsoids and opaque grains). All these coarse silicate grains are embedded in a groundmass, which consists of rounded olivine grains full of fine inclusions, an intergrown mixture of the silicates already described, and interstitial brown glass (fig. 96). Hainholz therefore contains the same minerals in similar structures as the grahamite Vaca

Muerta, with the difference that in Hainholz plagioclase is subordinate.

The Estherville fall, which comprised many small and several large meteorites, should be included in the mesosiderite class. Some of the small pieces consist only of iron, some only of silicate, some of both. The larger specimens contain both components. Imagining all the pieces reunited, we see that the original body must have been a coarse, inhomogeneous mixture of iron and granular silicate masses. According to L. Smith (1880), iron also occurs as lumps inside the silicate masses. His analysis showed, besides iron, an acid-soluble component of the composition of olivine, an insoluble component of the composition of bronzite, and smaller amounts of troilite and chromite. G. vom Rath (1880) observed large olivine grains embedded in the silicate masses and small druses containing protruding silicate crystals whose interfacial angles could be measured. He found colorless, transparent, subhedral grains in the silicate masses, but does not make clear whether these are plagioclase. Besides the large olivine crystals, thin-sections of Estherville's silicate areas show a green granular mass consisting basically of fine-grained olivine full of inclusions; crystals and grains of bronzite are embedded in this mass. Some of the bronzite has the usual appearance and contains few inclusions, but some is made cloudy by dustlike inclusions and also contains larger glass inclusions. Microscopically, these cloudy grains have an unusual appearance. Their luster is greasy, and their inclusions make them lighter-colored than the other minerals. Smith studied these grains in particular and found their composition to be equivalent to two parts bronzite plus one part olivine. He considered them to be a discrete mineral, which he named peckhamite. N. H. Winchell in Minneapolis has been kind enough to provide me with a sample of Estherville's silicate mixture containing several grains with greasy luster and one larger peckhamite grain. The latter shows the prismatic cleavage of bronzite but also has cleavage faces that correspond to crystal faces of olivine. Its optical properties are almost the same as those of bronzite. Figure 94 shows a section of peckhamite cut parallel to a prismatic cleavage surface. The entire section is made cloudy by dust-sized particles and contains, in addition, two types of larger inclusions.

den grossen Individuen des Olivins eine grüne körnige Masse wahrnehmen, in welcher als Grundlage ein feinkörniger von vielen Einschlüssen staubiger Olivin und in diesem schwebende Krystalle und Körner von Bronzit zu unterscheiden sind. Der Bronzit hat theils das gewöhnliche Ansehen und enthält wenige Einschlüsse, theils aber ist er durch einen feinen Staub getrübt und zeigt ausserdem noch grössere Glaseinschlüsse. Diese trüben Körner haben makroskopisch ein ungewöhnliches Ansehen. Sie sind fettglänzend und erscheinen durch die Trübung heller gefärbt als die übrigen Gemengtheile. SMITH hat solche Körner besonders untersucht und eine Zusammensetzung gefunden, nach welcher dieselben zu zwei Dritteln aus Bronzit-, zu einem Drittel aus Olivinsubstanz bestehen. Er hielt sie demnach für einen besonderen Gemengtheil, den er als Peckhamit bezeichnete. Durch die Güte des Herrn N. H. WINCHELL in Minneapolis habe ich sowohl eine Probe des Silicatgemenges mit einigen fettglänzenden Körnern, als auch ein grösseres Korn von Peckhamit erhalten. Letzteres zeigte die prismatische Spaltbarkeit des Bronzits, gab aber auch Spaltflächen, die auf Krystallflächen des Olivins bezogen werden könnten. Das optische Verhalten war fast dasselbe wie das des Bronzits. Ein Schliff parallel einer prismatischen Spaltfläche gab das Bild in Fig. 2 auf Taf. XXIV. Der ganze Dünnschliff ist durch einen feinen Staub getrübt und enthält ausserdem grössere Einschlüsse von zweierlei Art. Die einen sind dunkelbraune bis schwarze Kugeln, die anderen stabförmige oder spindelförmige lichtgefärbte Glaseinschlüsse, welche negativen Krystallen entsprechen und gleichgefärbte runde Glaseinschlüsse. Ein Blick auf das Bild genügt zu erkennen, dass ein Gemenge vorliegt, welches bei der Analyse kein Resultat gibt, welches einem einfachen Gemengtheil entspricht. Da nun die getrühten Bronzite in dem Silicatgemenge denselben Charakter zeigen wie der oben geschilderte Peckhamit und da alle Uebergänge vom reinen Bronzit zum Peckhamit vorkommen, so möchte ich diesen für einen Bronzit halten, welcher durch die grosse Menge von Einschlüssen getrübt und fettglänzend erscheint. An manchen Stellen des Gemenges erblickt man farblose durchsichtige Krystalle und Gruppen von Plagioklas, welche breite Zwillinglamellen darbieten, bald frei von Einschlüssen sind, bald wieder solche krystallisirte Einschlüsse wie die Masse von der Sierra de Chaco enthalten, bald durch viele sehr kleine runde Glaseinschlüsse staubig erscheinen. Taf. XXIV. Fig. 1 gibt das Bild einer Stelle, wo der Plagioklas mit Olivin und Bronzit verwachsen ist. Troilit und Chromit kommen in Körnern allenthalben in der Silicatmasse vor.

Pallasit. In den Massen von Krasnojarsk, Brahin, Bitburg, Atacama bildet Meteoreisen die Grundmasse in der Form eines groben Netzes, worin Olivinkrystalle eingeschlossen sind. G. ROSE und v. KOKSCHAROW haben die Krystalle von Krasnojarsk sorgfältigen Messungen unterzogen. Als Nebengemengtheile treten überall Troilit und Chromit, zumeist in Verbindung mit dem Eisen auf. In der Masse von Brahin beobachtet man stellenweise auch Splitter von Olivinkrystallen in der Eisengrundmasse. Der Olivin ist klar und durchsichtig, mit Ausnahme jenes in der Masse von Atacama, worin der Olivin von unzähligen feinen Sprüngen durchsetzt wird und nach diesen krummflächige fettig glänzende Ablösungen bildet. In derselben Masse bemerkt man auch viele netzartig verbreitete schwarze Klüfte, welche durch den Olivin, die breiteren auch durch das Eisen hindurchsetzen und mit einem schwarzen Glase gefüllt sind. In sehr dünnen Schichten erscheint dieses braun. In mikroskopischer Beziehung bieten die Olivine nichts Auffallendes, ausser den von G. ROSE im Olivin der Pallasmasse wahrgenommenen Röhren, welche ich auch in dem Olivin der Brahiner Masse bemerkte. Wo diese Röhren in grösserer Anzahl vorkommen, sind sie alle einander parallel und bringen bei der Beobachtung mit freiem Auge einen weisslichen Schiller oder einen blaulichen Lichtschein hervor. Es sind nach der aufrechten Axe gestreckte Kanäle von rundlichem bis vierseitigem Querschnitt, welche nach meinem Dafürhalten negativen Krystallen entsprechen und bald mit einem farblos erscheinenden, bald mit einem tiefbraunen Glase gefüllt sind (s. Taf. XXV, Fig. 4).

Schlussbemerkung.

Die bisher bekannten Meteoritenarten, von welchen alle mit Ausnahme des Meteoreisens kurz beschrieben wurden, bieten bestimmte Eigenthümlichkeiten der Struktur und der mikroskopischen Beschaffenheit dar, welche hier nochmals übersichtlich hervorgehoben werden mögen.

Bezüglich der Eigenschaften der Krystalle und Individuen überhaupt, ist die Häufigkeit der Glaseinschlüsse zu bemerken. Der Olivin mit seinen oft enormen Glasmassen steht obenan und auch die zuweilen vorkommende staubartige Vertheilung des Glases, wie im Olivin des Grahamits und Mesosiderits ist eine besondere Erscheinung. Zunächst steht der Plagioklas, der oft solche Einschlüsse zeigt und im Eukrit selbe in so feiner Vertheilung enthält, dass sie auch bei starker Vergrösserung nicht mehr einzeln erkannt werden, jedoch eine zarte Trübung veranlassen, welche im auffallenden Lichte eine blauliche, im durchfallenden eine gelbliche Farbe hervorrufen. Bronzit und Augit sind ärmer an Glas gegenüber dem Olivin, jedoch sind dieselben auch bisweilen von einem Glasstaub durchsetzt und der Augit im Eukrit beherbergt merkwürdige linear angeordnete Einschlüsse von dunkelbraunem Glase. Obwohl aber Glas-

One type consists of balls of dark brown to black color, the other of rod- or spindle-shaped light-colored glass inclusions (negative crystals) and rounded glass inclusions of the same color. It is obvious from the frequency of inclusions visible in thin-section that the chemical analysis of these peckhamite grains does not yield the composition of a single discrete mineral species. Since cloudy bronzite in the meteorite's silicate masses has the same character as the peckhamite that has been described, and since all gradations between pure bronzite and peckhamite occur, I consider this mineral to be bronzite, rendered greasy of luster and cloudy by the large numbers of inclusions. In some places in the meteorite appear colorless transparent crystals and crystal aggregates of plagioclase exhibiting wide twin lamellae. Some of these are free of inclusions; some contain crystalline inclusions like those in the plagioclase of Vaca Muerta; some appear dusty from countless very small round glass inclusions. Figure 93 shows an intergrowth of plagioclase with olivine and bronzite. Troilite and chromite grains are present everywhere in the silicate masses.

Pallasites.—In the Krasnojarsk, Brahin, Bitburg, and Imilac masses, meteoritic iron forms a groundmass or coarse network, which encloses

olivine crystals. Rose and von Kokscharow have made careful measurements of the olivine crystals from Krasnojarsk. The secondary constituents troilite and chromite occur everywhere, usually associated with the iron. In parts of Brahin, fragments of olivine crystals are also present in the iron groundmass. The olivine is clear and transparent, except in Imilac, where the olivine is cut by countless fine cracks, which give it a conchoidal greasy-lustered parting. Imilac also contains a network of cracks; these cut the olivine crystals, and the wider cracks cut the iron as well. They are filled with a black glass; in very thin sections this appears brown. Microscopically, pallasitic olivine offers nothing out of the ordinary, except for the tubes observed by Rose in the olivine of Krasnojarsk; I have also found these in olivine from Brahin. Where these tubes occur in abundance, they are parallel to one another and give the olivine as seen with the naked eye a whitish opalescence or a bluish luster. They are elongated parallel to the *c* axis and round to rectangular in cross section, and in my opinion are negative crystals. They are filled with glass, sometimes colorless in appearance, sometimes dark brown (see fig. 100).

Summary

Short descriptions of all the meteorite types known at present, except the iron meteorites, have been given. A brief review of the structural characteristics and microscopic petrography of these meteorite types follows.

The abundance of *glass inclusions* in crystals and grains should be noted. In olivine, the glass inclusions are often quite large; sometimes the glass is distributed in dustlike particles, as in the olivine in grahamites and mesosiderites. Next in abundance of glass inclusions is plagioclase; in eucrites, the inclusions are too fine to be resolved microscopically, but they give the mineral a faint cloudiness and render it bluish by incident light and yellowish by transmitted light. Bronzite and augite are poor in glass compared to olivine, although occasionally they are permeated with a glass-dust, and the augite in eucrites contains remarkable dark-brown glass inclusions arranged in rows. Although glass inclusions are common, *gas-filled voids* are rare; olivine contains the largest glass

inclusions, but these only very rarely contain an immovable bubble. *Fluid-filled voids*, as Sorby has pointed out, are never observed. Their absence and the complete lack of hydrous silicate minerals indicate that water did not play a part in the formation of most meteorites. However, hydrous salts have been found in the carbonaceous chondrite Orgueil. If this water content is primordial, then the carbonaceous chondrites were formed by processes different from those that formed the rest of the meteorites and belong in a geological sense to a later epoch of formation.

I have never been able to distinguish *growth layers* or zoning in meteoritic crystals, like those frequently visible in the augite and plagioclase of volcanic rocks. The only inhomogeneity in meteoritic crystals lies in the tendency for glass inclusions to concentrate near the centers of olivine and plagioclase crystals. On the other hand, the widespread occurrence of foliated and polysynthetic twin

einschlüsse allenthalben zu sehen sind, so erscheinen doch Dampfporen selten und gerade im Olivin, der die grössten Glaseinschlüsse darbietet, findet sich nur sehr selten eine fixe Libelle. Flüssigkeitseinschlüsse sind, wie schon SOBY anführte, nirgends zu beobachten. Dieses vollständige Fehlen gibt den ersten Hinweis darauf, dass bei der Bildung der meisten Meteoriten eine Mitwirkung des Wassers ausgeschlossen war. Dem entspricht auch die vollständige Abwesenheit wasserhaltiger Silicate. In dem kohligen Meteoriten von Orgueil sind allerdings wasserhaltige Salze gefunden worden. Wenn hier der Wassergehalt ein ursprünglicher ist, so sind derlei kohlige Meteorite von anderer Bildung als die übrigen und gehören im geologischen Sinne einer späteren Bildungsperiode an.

An den Krystallen habe ich niemals Zuwachsschichten unterscheiden können, wie solche in den vulkanischen Felsarten am Augit und Plagioklas häufig wahrgenommen werden. Die einzige Verschiedenheit im Inneren ist die öfters beobachtete Abnahme der Glaseinschlüsse in der Rinde, welche beim Olivin und Plagioklas constatirt wurde. Bemerkenswerth ist andererseits die Häufigkeit der schaligen und der wiederholt zwillingsartigen Zusammensetzung beim Augit der Meteorite und die lagenförmige Anordnung der dunklen Einschlüsse im Augit der Eukrite, welche die schwarzen Streifen hervorruft.

Eine Eigenthümlichkeit der gewöhnlichen Meteorsteine bilden die Chondren, welche durch ihre Textur von allen ähnlichen tellurischen Bildungen abweichen. Nicht nur der Olivin und Bronzit, sondern auch die übrigen in grösserer Menge vorkommenden Gemengtheile ausser dem Magnetkies bilden Chondren, unter denen die aus Glas bestehenden besonders hervorzuheben sind. Die bunte Zusammensetzung, die Glaseinschlüsse und Glaskugeln, das Vorkommen von Kugeln mit Einbuchtungen, die Vereinigung von Chondren und deren Splitter beweisen, dass die Chondren sich nicht in der kompakten Gesteinsmasse als eine den Magnesiasilicaten eigenthümliche Erstarrungsform gebildet haben und sprechen für die schon eingangs erwähnte Ansicht, nach welcher die Chondren rasch erstarrte Tropfen sind, deren viele infolge der grossen Sprödigkeit zerbrachen.

Zu den bemerkenswerthen Erscheinungen gehört die oft vorkommende, bis ins Feinste gehende Durchklüftung der Silicate. Die Krystallindividuen sind meistens von unzähligen feinen Sprüngen durchzogen, am auffallendsten jene der tuffartigen Chondrite, am wenigsten die krystallinisch aussehenden und die vorwiegend aus Eisen bestehenden Massen mit eingesprengten Silicaten, aber auch unter diesen zeigt eine und zwar jene von Atacama die Durchklüftung des Olivins. Demnach bieten alle diese Meteorite bei der mikroskopischen Untersuchung den Anblick von Massen, welche durch rasche Temperaturänderungen bis zu den kleinsten Splittern zersprengt und zerklüftet worden sind.

Aus den Beschreibungen geht hervor, dass bei den Meteoriten die Trümmerstruktur häufig sei, sehr viele bald deutlich, bald undeutlich klastisch sind und dass eine Anzahl der Meteorsteine ein vollständig tuffartiges Ansehen haben. Auch in den eisenreichen Massen, wie in jenen von Brahin, Atacama, der Sierra de Chaco sind Bruchstücke von Krystallen verbreitet. Diese Erscheinungen stimmen mit der Ansicht von einer allgemein vulkanischen Bildung der Meteorite und entsprechen der zuvorgedachten Herkunft der Chondren.

In der Grundmasse der Meteorsteine macht sich öfters ein Bindemittel bemerkbar, welches Plagioklas oder Maskelynit, in den krystallinisch oder gefrittet aussehenden auch braunes Glas ist. Auch Eisen und Magnetkies erscheinen als letzte Bildungen und als Imprägnation der Grundmasse. In den feinsten Klüften der Krystalle sieht man öfters Ansiedelungen von opaken Körnern und Aestchen, von denen manche als Magnetkies zu erkennen sind. In den schwarzen Klüftfüllungen und den gangartigen schwarzen Massen treten wiederum Eisen und Magnetkies in Fasern und Kügelchen, umgeben von schwarzem Glase auf. In der an die schwarzen gangartigen Bildungen grenzenden Silicatmasse wurde die Umwandlung von Plagioklas und von Olivin in isotrope Körner, also eine Verglasung beobachtet. Diese Erscheinungen umfassen die Merkmale von Imprägnationen, Frittungen und Injectionen, welche eine nachträgliche Veränderung der Silicatmassen durch Erhitzung bedeuten.

Eine Besonderheit der Meteoriten ist die dunkle Rinde, deren äussere schlackige Beschaffenheit und deren innere Gliederung sammt den Verglasungserscheinungen eine oberflächliche Erhitzung der einzelnen Exemplare beweist.

Die aufgezählten Eigenschaften bedingen, abgesehen von der Rinde, einen Habitus der Meteoriten, durch welchen sie von den tellurischen Felsarten verschieden und in den meisten Fällen leicht unterscheidbar sind. Es gibt kein tellurisches Gestein, welches mit einer Meteoritenmasse verwechselt werden könnte, selbst wenn die mineralogische Zusammensetzung beider quantitativ dieselbe wäre. Die Gemengtheile der Meteoriten sind zwar grösstentheils der Gattung nach den Gemengtheilen tellurischer Gesteine gleich, doch sind sie der Art nach von denselben verschieden. Selbst das Eisen von Ovifak, welches nach den Beobachtungen von STERNSTRUP als ein tellurisches anzusehen ist, unterscheidet sich durch Textur und Zusammensetzung von den bekannten Meteoreisen und auch die im Basalt bei Ovifak beobachteten, mit Eisen verbundenen Silicatgemenge lassen sich nicht mit dem Eukrit der Meteorite identificiren, da von der eigenthümlichen halbklastischen Struktur der letzteren abgesehen auch die Hauptgemengtheile, der Plagioklas und der Augit, sich durch die Einschlüsse und deren Anordnung als Bildungen eigener Art charakterisiren.

Mai 1885.

structures in meteoritic augite and the layered arrangement of dark inclusions forming black stripes in eucritic augite are noteworthy.

Chondrules, which differ in their texture from all similar terrestrial structures, are characteristic of the majority of stony meteorites. Not only olivine and bronzite, but also the other major chondritic constituents (except pyrrhotite) form chondrules. Among these the glass chondrules especially should be noted. The variability of composition of chondrules; the occurrence in them of glass inclusions; the occurrence of glass chondrules, indented chondrules, and joined chondrules—all argue that the chondrules are not solidification structures peculiar to the magnesium silicates, which formed in the body of the chondrite, but that the chondrules are rapidly cooled liquid drops, many of which, being extremely brittle, were broken.

Cracks in the meteoritic silicates are worthy of note. Crystal individuals are usually riddled with countless fine cracks. Crystals in the tuffaceous chondrites are the most highly fractured; those in the crystalline chondrites and the stony irons, the least fractured. However, the olivine in one pallasite (Imilac) is highly fissured. Microscopic examination of these meteorites leaves the impression that they were fractured into small fragments by rapid temperature changes.

Fragmental structures are common in meteorites; very many are distinctly or indistinctly *clastic*, and a number of stones have a completely tuffaceous appearance. Also, fragments of crystals are widespread in the stony irons, such as Brahin, Imilac, and Vaca Muerta. These observations and the above thoughts on the origin of the chondrules support the theory of a generally volcanic process for the formation of the meteorites.

A binding medium is often visible in the groundmasses of stony meteorites, consisting

of plagioclase or maskelynite or, in the crystalline or sintered-looking chondrites, of brown glass. Iron and pyrrhotite appear as last-formed minerals in the groundmass and also impregnate the groundmass. The finest cracks in crystals often contain opaque grains and lumps, some of which can be identified as pyrrhotite. Iron and pyrrhotite also appear in the black veins and gangue-like masses as blobs and balls surrounded by black glass. In the silicate wall-rock bordering these black gangue-like masses, plagioclase and olivine have been transformed into isotropic grains (vitrified). The phenomena in this paragraph include the effects of *impregnation*, *sintering* and *injection*, which signify a late thermal alteration of the silicate mass.

A peculiarity of meteorites is their dark crust, whose exterior slaggy character and whose interior laterings and vitrified minerals are evidence of superficial heating of the various stones.

Meteorites differ from terrestrial rocks in the properties noted above and usually can be easily distinguished from terrestrial rocks by these properties. No terrestrial rock could be mistaken for a meteorite, even if the mineralogical compositions of both were quantitatively the same. Although meteorite minerals are mostly species encountered in terrestrial rocks, they differ from the terrestrial minerals in their mode of occurrence. Even the iron of Ovifak, identified by Steenstrup as terrestrial, differs in texture and composition from all known meteoritic irons; further, the silicate masses mixed with iron which are found in the basalt at Ovifak are not like eucrites. The latter are characterized by their semiclastic structure, by the inclusions in their plagioclase and augite, and by the fabric these minerals form.

May 1885.

Figures 1–100

[Plates I-XXV]

Erklärung der Tafel I.

Figur 1. Gibt ein Bild von der Zusammensetzung des Meteoriten von Juvinas. Die gestreckten Krystalle, welche bei Anwendung von polarisirtem Lichte aus farbigen Lamellen zusammengesetzt erscheinen, sind Anorthit, die braunen oft schwarz gestreiften Körner aber Augit. Braunschwarze bis rabenschwarze Körnchen werden auf Chromit bezogen.

Figur 2. Zum Vergleiche mit den Meteoriten ist hier auch ein Bild von jenem Gestein aufgenommen, welches als Einschluss im Basalt von Ovikak in Grönland gefunden wurde, und aus Anorthit, Augit, Nickeleisen und einem dem Hisingerit ähnlichen Silicat besteht. Zuerst wurden diese eukritischen Einschlüsse, sowie die im Basalt und lose gefundenen Eisenklumpen von NORDENSKJÖLD für Meteoriten gehalten, gegenwärtig werden dieselben den Beobachtungen STEENSTRUP'S zufolge von den meisten Forschern für tellurisch erklärt. Im Bilde treten die langgestreckten Anorthitkrystalle deutlich hervor, die dunkleren Körner sind Augit, die vollständig schwarzen Theile Nickeleisen mit Rinde von einem braunschwarzen hisingeritartigen Mineral. Weder der Anorthit noch der Augit zeigen solche Einschlüsse wie die entsprechenden Krystalle der Meteoriten.

Figur 3. Gibt den Charakter vieler Stellen im Eukrit von Juvinas wieder. Zuerst fallen die grossen Körner von Augit auf, da sie durch schwarze Einschlüsse wie liniert aussehen. Sie zeigen hellfarbig begrenzte Quersprünge, die oft mit einer schwarzen Masse gefüllt sind. Auf der linken Seite bemerkt man ein Bruchstück von farblosem Anorthit mit feinen punktartigen Einschlüssen. Diese größeren Stücke von Augit und Anorthit erscheinen durch eine feinkrystallinische Masse verbunden, deren Beschaffenheit oben am Rande des Bildes wahrzunehmen ist. Längliche Anorthitkryställchen bilden Maschen, in welchen ein gelbes Silicat liegt. Dieses hat auch die Eigenschaften des Augits.

Figur 4. Stellt eine für die Bildungsgeschichte des Eukrits von Juvinas wichtige Stelle dar. Breite Krystalle von Anorthit und Körner von dunklem Augit bilden ein gröberes Gemenge. Der gelbe feinkörnige Augit erscheint in zwei Streifen, welche Durchschnitte von Lamellen sind. Letztere können als Pseudomorphosen gedeutet werden. Auch in der Grundmasse ist gelber feinkörniger Augit vertheilt.

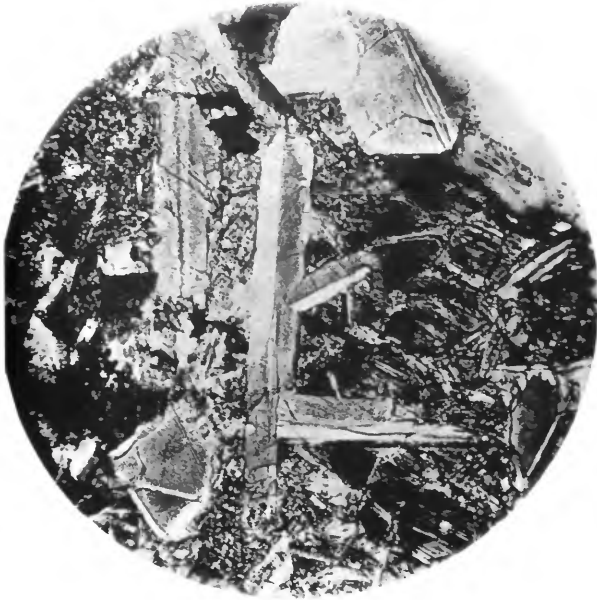
FIGURES 1-4 [PLATE I, FIGURES 1-4]

FIGURE 1.—Eucrite: Juvinas. A coarse-textured region viewed by polarized light. The elongated crystals are anorthite; the darker (brown, sometimes striated) grains are augite. Opaque black to brown-black grains are probably chromite.

FIGURE 2.—Metallic iron-bearing terrestrial eucrite from Ovikak (Greenland), viewed by polarized light. This rock, shown for comparison with meteoritic eucrite, occurs as inclusions in the Ovikak basalt and consists of anorthite, augite, nickel-iron, and a silicate similar to hisingerite (a hydrated ferric silicate of uncertain composition). These eucritic xenoliths, as well as the iron masses found loose and in the basalt by Nordenskjöld, were at first taken to be meteorites. Now, as a result of Steenstrup's observations, most scientists believe them to be of terrestrial origin. In the picture, elongated anorthite crystals are clearly visible; the darker grains are augite, and the completely black areas are nickel-iron, rimmed by a brown-black hisingerite-like mineral. Neither the anorthite nor the augite is so rich in inclusions as the same minerals are in meteorites.

FIGURE 3.—Eucrite: Juvinas. Two different textures are juxtaposed. The large grains at the bottom are augite; the striations are actually rows of minute opaque inclusions. Cracks crossing these striations are bounded by lighter-colored augite and frequently are filled with a black substance. At left center appears a fragment of colorless anorthite containing very fine inclusions. These coarse pieces of augite and anorthite are embedded in a finer-grained crystalline mass whose texture can be seen at the top of the picture. Elongated anorthite crystals form a mesh which is filled with a yellow silicate having the properties of augite.

FIGURE 4.—Eucrite: Juvinas. Broad crystals of anorthite and grains of dark augite form a coarse mixture. Fine-grained yellow augite occurs in two bands, which are cross sections of lamellae. These lamellae are probably pseudomorphs. Fine-grained yellow augite is also distributed in the groundmass.



0.5 mm
FIGURE 1



0.5 mm
FIGURE 2



0.5 mm
FIGURE 3



0.5 mm
FIGURE 4



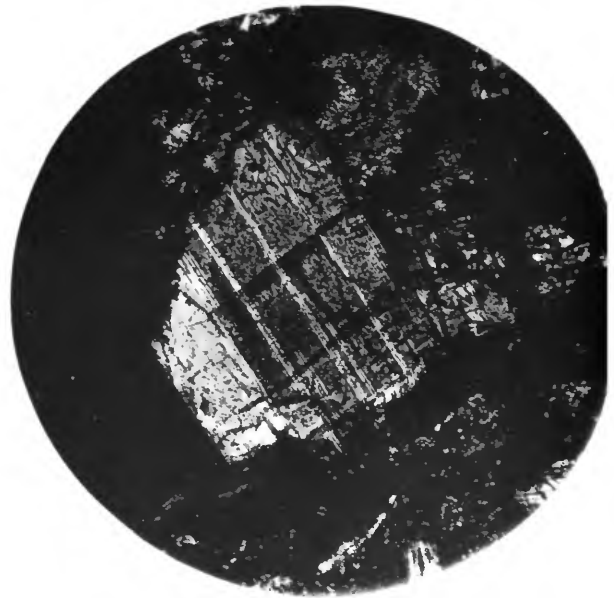
0.2 mm
FIGURE 5



0.2 mm
FIGURE 6



0.2 mm
FIGURE 7



0.5 mm
FIGURE 8

Erklärung der Tafel II.

Figur 1. Ist das Bild eines Anorthitindividuums, welches in der tuffartigen Masse des Eukrits von Stannern liegt. Vom früheren Krystallriss ist nur an der linken Seite etwas zu erkennen. Die langen Linien liegen parallel $M = (010)$ und zeigen die Grenzen der Zwillingslamellen an, welche hier ungewöhnlich zahlreich sind. Diese Grenzen sind öfters mit kleinen rundlichen Glaseinschlüssen und länglichen Gasporen besetzt. Die kurzen, zu den vorgenannten beiläufig senkrechten Linien sind linear angeordnete längliche Glaseinschlüsse oder auch Sprünge. Die beiden anderen Systeme kurzer Linien, welche den Prismenflächen $T = (1\bar{1}0)$ und $l = (110)$ parallel sind, haben denselben Charakter wie die vorigen.

Figur 2. Liefert ein Bild von der gewöhnlichen Beschaffenheit des Innern der Anorthitkrystalle im Eukrit von Juvinas. Es ist das Ende einer gehäufteten Zwillingsgruppe dargestellt. Man bemerkt unzählige kleine rundliche Glaseinschlüsse, welche zuweilen perschnurartig aneinander gereiht sind und überhaupt eine Tendenz zu reihenförmiger Anordnung zeigen. Die Mehrzahl derselben sind submikroskopisch und bedingen den blaulichen Farbenton der Anorthitblättchen im auffallenden, den blass braunen im durchfallenden Lichte.

Figur 3. Zeigt die innere Beschaffenheit mancher Anorthitkrystalle im Stein von Juvinas, vieler im Eukrit von Stannern an. Die rundlichen Glaseinschlüsse sind in geringer Zahl vorhanden, dagegen treten viele langgestreckte Glaseinschlüsse auf, die im Bilde verschiedene Richtungen zeigen, da die Anorthitparthie aus mehreren Individuen zusammengesetzt ist. Die Grundmasse besteht aus feinkörnigem Augit und opaken Körnern von Magnetkies.

Figur 4. Um den für Anorthit charakteristischen Zwillingsbau darzustellen, wurde auch ein Bild aufgenommen, welches das abgebrochene Ende eines Krystalls im polarisirten Lichte gesehen darstellt. Die Zwillingslamellen sind von sehr ungleicher Dicke. Einschlüsse parallel M und auch ungefähr senkrecht dazu gelagert sind bemerklich, ebenso zwei Sprünge in der letzteren Richtung. Das Krystallbruchstück ist von körnigem Augit und Magnetkies umgeben.

FIGURES 5-8 [PLATE II, FIGURES 1-4]

FIGURE 5.—An anorthite single crystal, occurring in the tuffaceous portion of the eucrite Stannern. Its original crystal outlines are recognizable only on the left side. The longer parallel lines are surfaces of twin lamellae, parallel to the prism face $\{010\}$. These lamellae, which are unusually abundant in this crystal, are commonly covered with small round glass inclusions and elongated gas cavities. The short lines running perpendicular to the twin lamellae are rows of elongated glass inclusions and cracks. The other two systems of short lines are parallel to the prism surfaces $(1\bar{1}0)$ and (110) and are of the same character as those already described.

FIGURE 6.—Anorthite containing numerous round glass inclusions, common in the eucrite Juvinas. The picture shows the end of a polysynthetic twin group. The inclusions are linked together and tend to form rows or chains. They are submicroscopic and give the anorthite crystals a bluish color under incident light and a pale brown color under transmitted light.

FIGURE 7.—Anorthite containing elongated glass inclusions, from the eucrite Juvinas. Several such crystals were also observed in the eucrite Stannern. A few round glass inclusions accompany the more conspicuous elongated ones. The latter run in different directions in the picture because the area pictured contains several anorthite crystals. The groundmass consists of fine-grained augite and opaque grains of pyrrhotite.

FIGURE 8.—A crystal fragment of anorthite, in the eucrite Juvinas, seen by polarized light. This picture demonstrates the characteristic mode of twinning of anorthite. The twin lamellae are of unequal thickness. Inclusions ordered parallel to $\{010\}$ (the twinning plane) are visible; and other inclusions, as well as two fractures, may be seen running nearly perpendicular to $\{010\}$. The anorthite crystal is surrounded by granular augite and pyrrhotite.

Erklärung der Tafel III.

Figur 1. Ein Durchschnitt des braunen Augits, welcher einen Hauptgemengtheil der Eukrite von Juvinas und Stannern bildet. Die zahlreichen dunklen Streifen, welche im Bilde nach rechts geneigt sind, bestehen aus braunen bis schwarzen Körnern und aus braunen Glaseinschlüssen. Sie lagern der Endfläche (001) parallel. Untergeordnet erscheint ein zweites Streifensystem, welches gegen links geneigt ist. Ueberdies machen sich Sprünge bemerkbar, welche nach zwei Richtungen verlaufen und der prismatischen Spaltbarkeit entsprechen.

Figur 2. Der gelbe körnige Augit, welcher schon auf Taf. I, Fig. 4 in streifenförmigen Durchschnitten dargestellt wurde, welcher sich aber auch öfters zwischen den Krystallen von Augit und Anorthit mit unbestimmten Umrissen ausbreitet oder zwischenklemmt, bei stärkerer Vergrößerung. An mehreren Stellen ist die feinschalige Zusammensetzung der Körner parallel (001) bemerklich, welche in den Mineralen der Diopsidreihe so häufig beobachtet wird. Kleine opake Körner sind in der körnigen Masse oft schwarmweise vertheilt. Die Umgebung bilden Krystalle von Anorthit und ein Korn von Magnetkies.

Figur 3. Um die charakteristische Textur der Meteoriten von Stannern, welche aber auch in jenen von Juvinas stellenweise zu beobachten ist. anzudeuten, wurde ein Bild aufgenommen, in dem die Körner und Splitter des farblosen Anorthits von der gleichförmig aussehenden aus Augitsplittern bestehenden Grundmasse umgeben erscheinen. In dem grossen Individuum von Anorthit bemerkt man als Beispiel der hier gewöhnlichen Erscheinung einen Einschluss von Augit. Nirgends finden sich Krystallumrisse. Die Augitkörner lassen häufig die feinen schwarzen Streifen erkennen, welche in Fig. 1 vergrössert dargestellt sind.

Figur 4. Gibt ein Bild des gleichförmigen Gemenges von Augit und Maskelynit in dem Stein von Shergotty. Der Augit zeigt keine schalige Zusammensetzung, blos hie und da Zwillinge nach (100), ferner auch keine Krystallformen, sondern füllt den Raum zwischen den Krystallen des Maskelynits. Der letztere ist farblos, zeigt einfache Lichtbrechung, hat jedoch meistens gestreckte Formen ähnlich denen der Feldspathe. Die Endigung der Krystalle, welche früher von mir als tesseral gedeutet wurden, erscheint im Schnitte oft rechtwinkelig. Alle die hellen Stellen im Bilde bis an dessen Grenze beziehen sich auf Maskelynit. Man bemerkt ferner einige schwarze dem Magnetit entsprechende Punkte und Flecke.

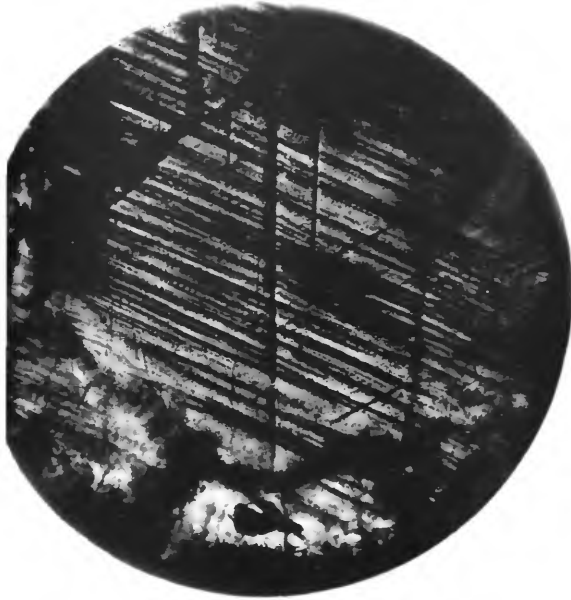
FIGURES 9-12 [PLATE III, FIGURES 1-4]

FIGURE 9.—Brown augite in the eucrite Juvinas. The abundant dark lines slope down (into the plane of the paper) as they run from left to right. They consist of brown to black grains and brown glass inclusions and lie parallel to the base {001}. A subordinate system of lines slopes down from right to left. Besides these, fractures running in two directions are visible, corresponding to the prismatic cleavage planes.

FIGURE 10.—Yellow granular augite in the eucrite Juvinas, highly magnified. This augite, which appears in figure 4 as bands (cross sections of lamellae), also occurs in poorly defined masses between the coarse crystals of anorthite and brown augite. In several places fine foliations parallel to {001}, such as are frequently observed in minerals of the diopside series, can be seen. Small opaque grains occur in swarms in the granular augite. Around the augite are crystals of anorthite and a grain of pyrrhotite.

FIGURE 11.—Tuffaceous texture in the eucrite Stannern; also present in Juvinas. Grains and fragments of colorless anorthite are surrounded by a homogeneous groundmass of augite fragments. The large anorthite crystal contains an augite inclusion; these are common. Crystal outlines are nowhere visible. Black lines like those in figure 9 can be found in many of the augite fragments.

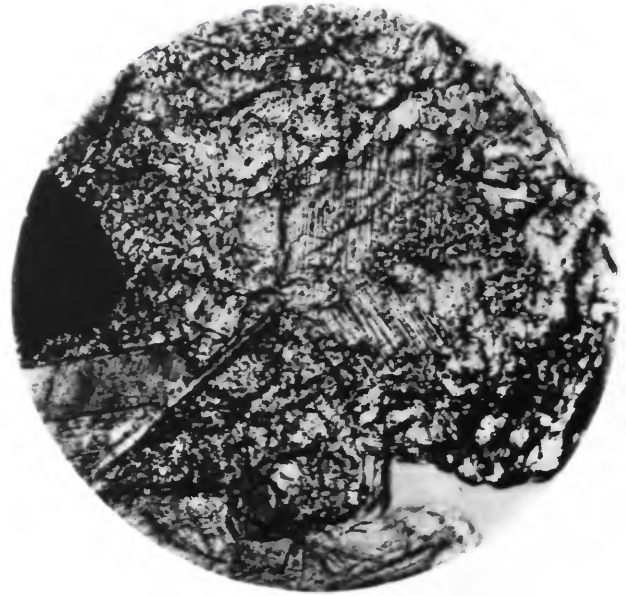
FIGURE 12.—Shergotty: eucrite. A uniform mixture of augite and maskelynite. The augite shows no foliated structure but is sometimes twinned on {100}. It displays no crystal outlines but fills the space between maskelynite crystals, which are colorless and isotropic. Most of the maskelynite is in elongated crystals, similar to feldspar. I have earlier described these crystals as cubic; their terminations often show right angles in section. All the light areas in figure 12 are maskelynite. The black grains and specks are magnetite.



0.2 mm



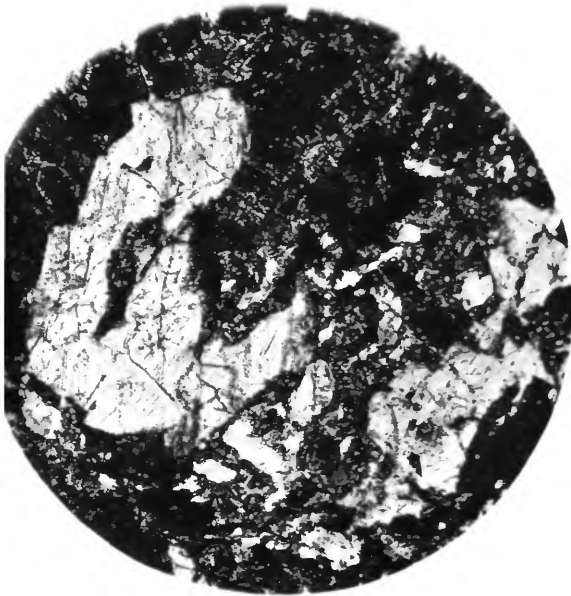
FIGURE 9



0.2 mm



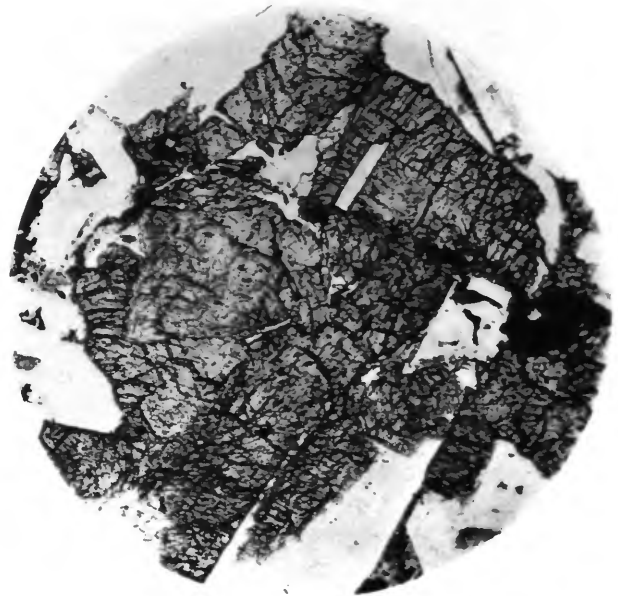
FIGURE 10



0.5 mm



FIGURE 11



0.5 mm



FIGURE 12

Erklärung der Tafel IV.

Figur 1. Um die klastische Beschaffenheit der Howardite zur Anschauung zu bringen, ist hier eine Stelle aus dem Stein von Loutolaks bei schwacher Vergrößerung dargestellt. Splitter von Krystallen und Bruchstücke von feinkörnigem Gestein lagern in einer pulverigen Grundmasse. Der Splitter, dessen Bild in der Mitte erscheint, gehört dem farblosen Anorthit an. Oberhalb desselben zeigen sich grössere Splitter von Augit; an dem einen rechts die geradlinige Spur einer Krystallfläche, an dem anderen die feinen Nadeln, welche in dem Plättchen schief gegen die Oberfläche aufsteigen. Unterhalb des Anorthits macht sich ein feinkörniges Gesteinsbruchstück bemerklich, worin zufolge der Beobachtung bei stärkerer Vergrößerung Bronzit der herrschende Bestandtheil zu sein scheint. Neben an lagern Splitter mit schwacher Linienzeichnung, den Bronzit zugehörig, rechts ein kleines Augitkorn mit Gitterzeichnung. Die schwarzen Körper gehören dem Magnetkies, gediegenem Eisen und wohl auch dem Magnetit an.

Figur 2. Als charakteristisch für Howardit ist hier ein aus Anorthit und Augit bestehendes Bruchstück abgebildet. Der Anorthit erscheint völlig gleich demjenigen in den Eukriten von Juvinas und Stannern, der Augit ist wiederum von zweierlei Beschaffenheit. Der in den Maschen des Anorthits liegende ist gelblich und zeigt stellenweise eine feinschalige Zusammensetzung, der andere Augit, z. B. der im Bilde oberhalb sichtbare, ist braun und enthält viele schwarze staubartige Körnchen, welche sich öfters linear anordnen. In den Sprüngen dieses Augits bemerkt man eine schwarze Füllung ferner im Anorthit und Augit, sowie zwischen denselben öfters schwarze grössere Körner. Demnach wiederholen sich in diesen Bruchstücken die im Eukrit gewöhnlichen Erscheinungen.

Figur 3. Manche der Bronzite im Howardit von Loutolaks und Mässing zeigen geradlinige Umrisse, wovon dieses Bild ein Beispiel gibt. Der Schnitt geht nahezu parallel der prismatischen Spaltfläche 110. Die parallelen Risse sind der aufrechten Axe parallel. Die Umrisse zur Linken lassen auf die Längsfläche (010), ferner auf das am Hypersthen bekannte horizontale Prisma $d = (021)$ schliessen. Zarte Quersprünge sind mit Pünktchen besetzt, grössere schwarze runde oder eckige Einschlüsse unregelmässig vertheilt. Um den Bronzit lagern Augitpartikel und ein grosses schwarzes mattes Korn.

Figur 4. Unter den Augitsplittern des Howardits von Loutolaks haben viele das Ansehen des vulkanischen Augits unserer Gesteine. Sie erscheinen bräunlich und gelblich. Andere aber, die eine blasse ins Grünliche fallende Farbe zeigen, sind durch eine feinschalige Zusammensetzung nach (001) ausgezeichnet. Ein Beispiel gibt diese Figur, die einen sehr unregelmässig geformten Splitter von solchem Augit von Springen durchzogen darstellt. Derselbe ist von kleinen Splittern des braunen und des gelblichen Augits umgeben.

FIGURE 13-16 [PLATE IV, FIGURES 1-4]

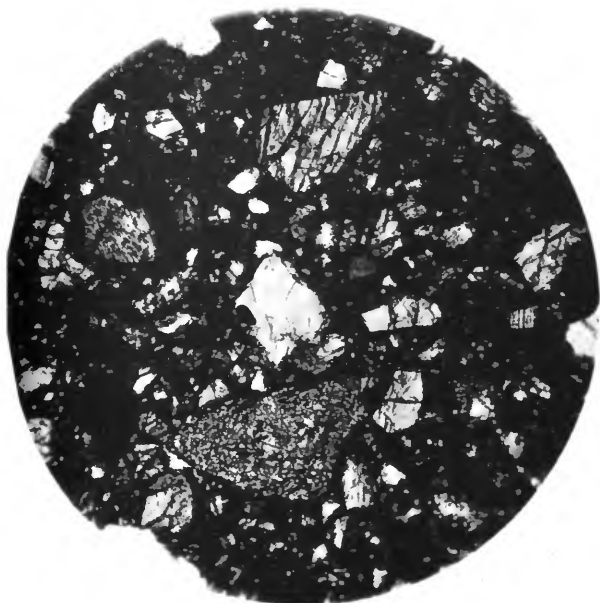
FIGURE 13.—Howardite: Luotolax. This picture demonstrates the tuffaceous or fragmental texture of howardites. Fragments of crystals and fine-grained rock are embedded in a groundmass of rock powder. The fragment in the center is colorless anorthite. Large fragments of augite are visible above the center; the straight trace of a crystal face shows on the one to the right; fine needles intersect the upper surface of the one to the left. Below the center appears a fragment of fine-grained rock; higher magnification shows that its main constituent is bronzite. Near it are bronzite grains with indistinct linear patterns; at the far right is a small augite fragment with a grid pattern. The black grains are pyrrhotite, metallic iron, and probably also magnetite.

FIGURE 14.—A eucrite fragment in the howardite Luotolax. These inclusions consist of anorthite and augite and are characteristic of howardites. The anorthite is similar in all respects to that in the eucrites Juvinas and Stannern and, as in the eucrites, there are two types of augite. Augite between the anorthite laths is yellowish and finely lamellar in places. The other augite, as for example at the top of the picture, is brown and contains many dustlike black grains which are often arranged in lines. Cracks in this augite contain a black filling; larger black grains occur in and

between the anorthite and augite. These eucritic fragments are therefore similar in detail to the eucrites themselves.

FIGURE 15.—Bronzite in the howardite Mässing. Many of the bronzite crystals in the howardites Luotolax and Mässing are euhedral, as shown in this figure. The section is almost parallel to the prismatic cleavage plane {110}. The prominent vertical cracks are parallel to the c axis. The surface to the left is the b -pinacoid (010); at the upper left is the brachydome (021), which is commonly developed in hypersthene. Inconspicuous cross-fractures contain minute black dots; larger round or angular black inclusions are irregularly distributed. Around the bronzite are augite particles and a large nonreflecting black grain.

FIGURE 16.—An augite fragment in the howardite Luotolax. Many of the augite fragments in Luotolax are brown or yellow and have the appearance of terrestrial volcanic augite. Others, however, are pale greenish in color and are distinguished by a fine lamellar structure parallel to {001}. In this figure is an example—an irregular fragment of such augite is interlaced with cracks and surrounded by smaller fragments of brown and yellow augite.



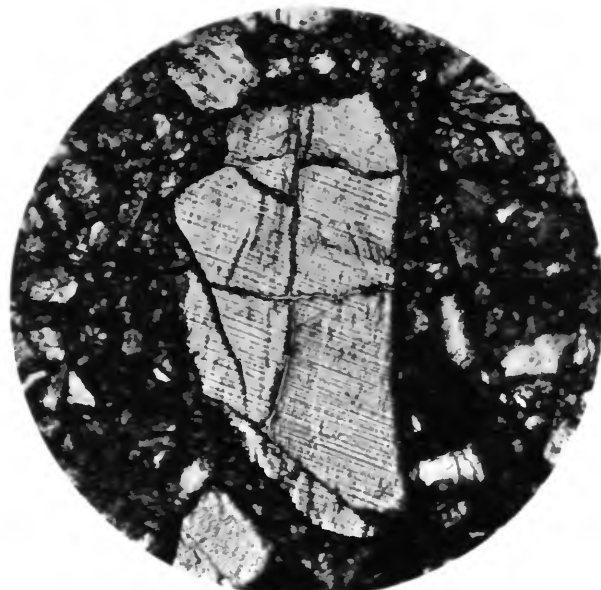
0.5 mm
FIGURE 13



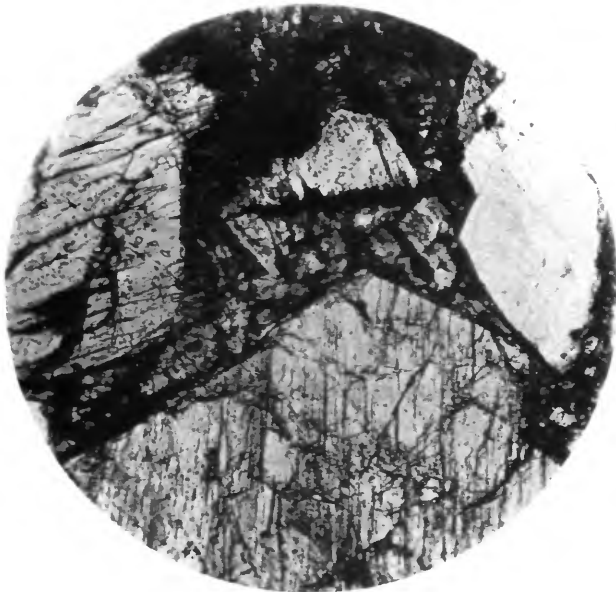
0.2 mm
FIGURE 14



0.2 mm
FIGURE 15

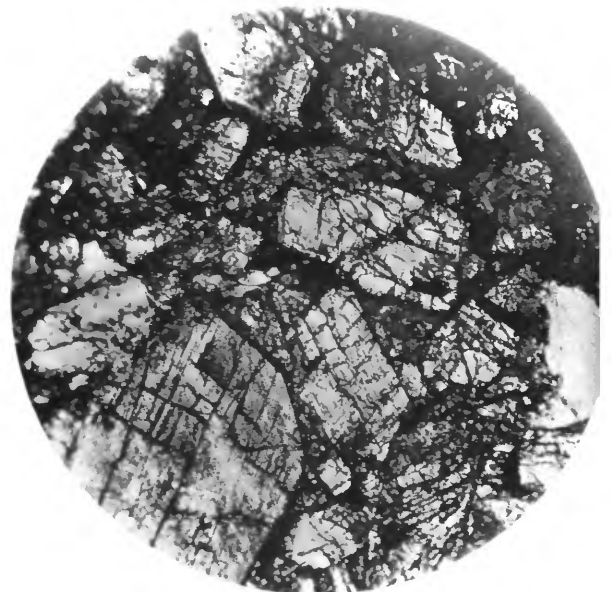


0.2 mm
FIGURE 16



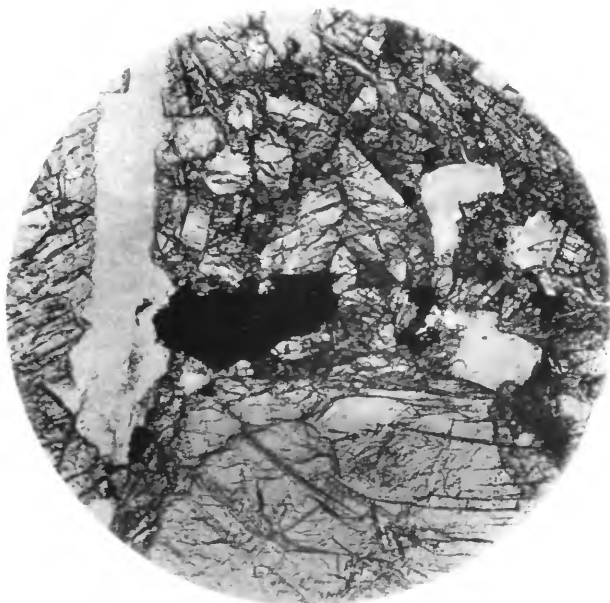
0.5mm

FIGURE 17



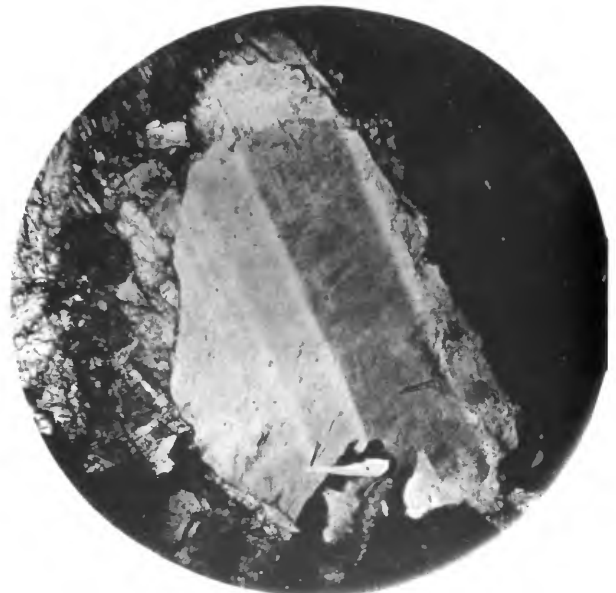
0.5mm

FIGURE 18



0.5mm

FIGURE 19



0.5mm

FIGURE 20

Erklärung der Tafel V.

Figur 1. Zeigt eine Stelle im Stein von Busti, wo der Enstatit einen deutlichen Umriss darbietet. Man sieht im unteren Theile des Bildes einen Krystall mit einer dachförmigen Endigung, welche wahrscheinlich dem Doma $p = (102)$ entspricht. Der Schnitt ist aber der optischen Prüfung zufolge zur aufrechten Axe schief nach aufwärts geneigt, daher der innere Winkel schärfer ist als wenn der Schnitt parallel zu $b = 010$ wäre. Oberhalb und links erscheinen ebenfalls Splitter von Enstatit und zwar mit grossen Glaseinschlüssen, rechts ein Splitter von Plagioklas, etwas schlierig, fast ohne Einschlüsse.

Figur 2. Ist von einer Stelle genommen, wo der Diopsid vorwiegt. Die kleineren Splitter in der Mitte des Feldes zeigen eine äussert feine Lamellentextur. Sie enthalten ungemein kleine Einschlüsse. Der grosse Diopsid im unteren Theile des Bildes zeigt einen Rest der ursprünglichen Krystallausbildung. Er ist reich an feinen schwarzen staubartigen Einschlüssen, enthält aber auch kleine Glaseinschlüsse. Im durchfallenden Lichte zeigen beide Diopside einen grau violetten Farbenton, welcher aber dort fehlt, wo die Einschlüsse zurücktreten. Rechts ist wieder ein Splitter von Plagioklas zu bemerken.

Figur 3. Stellt eine kleinkörnige Parthie des Steines von Bishopville dar. Im unteren Theile des Bildes ist ein grösseres Korn von Enstatit erkennbar, links ein Durchschnitt durch eine farblose Plagioklastafel, an welche sich ein Korn von Magnetkies anfügt. Das übrige ist ein Gemenge von Enstatit- und Plagioklaskörnern.

Figur 4. Gibt die Erscheinung wieder, welche eines von den grösseren Plagioklaskörnern desselben Steines zwischen gekreuzten Nicols darbietet. Die Zwillingslamellen sind ziemlich breit, die Spaltbarkeit ist nicht deutlich ausgesprochen. Links hat man Enstatit von kleinkörnigem Gefüge.

FIGURES 17-20 [PLATE V, FIGURES 1-4]

FIGURE 17.—The bustite Bustee, showing enstatite with well-developed crystal outlines. The crystal in the lower part of the figure has a rooflike termination, probably corresponding to the macrodome $\{102\}$. Optical examination shows that the plane of the section is diagonal to the c axis of the crystal; the inner angle of the termination is therefore more acute than would be the case if the section were parallel to $\{010\}$. Above and to the left are more enstatite grains, containing large glass inclusions; to the right is a fragment of plagioclase, somewhat striated, almost devoid of inclusions.

FIGURE 18.—A portion of Bustee where diopside predominates. The smaller fragments in the center have an extremely fine lamellar texture. They contain uncommonly small inclusions. The large diopside crystal at lower left shows traces of its original crystal

form. It is rich in fine, dustlike, black inclusions, but contains no glass inclusions. Both types of diopside are gray violet in color by transmitted light, but the color is lacking in the inclusion-free portions of the lower crystal. A plagioclase fragment is visible at the far right.

FIGURE 19.—A fine-grained portion of the chladnite Bishopville. The large crystal at the bottom is enstatite; to the left is a colorless lath of plagioclase, to which is attached a grain of pyrrhotite (black). The rest of the figure shows a mixture of enstatite and plagioclase grains.

FIGURE 20.—A large plagioclase grain from the chladnite Bishopville, viewed by polarized light. The twin lamellae are rather wide; cleavage is not pronounced. To the left is fine-grained enstatite.

Erklärung der Tafel VI.

Figur 1. Gibt den Charakter des Meteoriten von Shalka wieder. Ein grösserer Bronzitkrystall, durch den Schnitt in einer zu den Krystallaxen schiefen Richtung getroffen, ist von einer körnigen Masse von Bronzit umgeben. In dem grossen Bronzit beobachtet man Längsrisse der prismatischen Spaltbarkeit entsprechend, sowie einzelne grobe Sprünge, welche gegen die feinen Risse beiläufig senkrecht oder schief gerichtet sind. Kleine rundliche braune Glaseinschlüsse machen sich am unteren Ende des Krystallschnittes bemerklich.

Figur 2. Der Diogenit von Ibbenbühren, welcher meist aus grösseren Körnern von Bronzit zusammengesetzt ist, enthält zwischen diesen auch feinkörnige Theile. Aus einem solchen ist die Figur entnommen. Sie zeigt den Bronzit rechts in Längsschnitten, links aber in Querschnitten, welche durch das Schleifen nach der prismatischen Spaltbarkeit zersprungen sind, theils wohl auch schon vordem zersprungen waren.

Figur 3. Eine Stelle aus dem Amphoterit von Manbhoom, welche das körnige Gemenge von Olivin, Bronzit und Magnetkies erkennen lässt. Der Olivin bildet unregelmässige Körner mit krummen Sprüngen. Der Bronzit im Bilde rechts hat eine zarte Faserung nach der Spaltbarkeit. Die grösseren und kleineren opaken Körner entsprechen dem Magnetkies.

Figur 4. Eignet sich sehr gut, den Charakter des gleichförmig-körnigen Olivins vieler Meteorsteine darzustellen. Die Körner haben keine regelmässige Begrenzung und sind von vielen grösseren Sprüngen, welche ganz unregelmässig verlaufen, ferner aber auch von unzähligen feinen, oft schwach gekrümmten Sprüngen, die beiläufig parallel verlaufen, durchzogen. Die letztere Anordnung der feinen Sprünge macht öfters die Unterscheidung von Bronzit und Olivin recht schwierig. Zwischen den Olivinkörnern sieht man hie und da kleine trübe Partikel, zuweilen auch farblose durchsichtige Körnchen, z. B. im Bilde rechts oben, eingeklemmt. Häufig sind Körnchen von Chromit mit Andeutungen tesseraler Formen.

FIGURES 21-24 [PLATE VI, FIGURES 1-4]

FIGURE 21.—A large bronzite crystal in the stony meteorite Shalka. The thin-section parallels none of its crystal axes. The visible long cracks correspond to the prismatic cleavage planes; several other prominent cracks run perpendicular to or inclined toward the prismatic cleavage. Small, rounded, brown glass inclusions are visible at the bottom of the crystal, which is surrounded by a granular mass of bronzite.

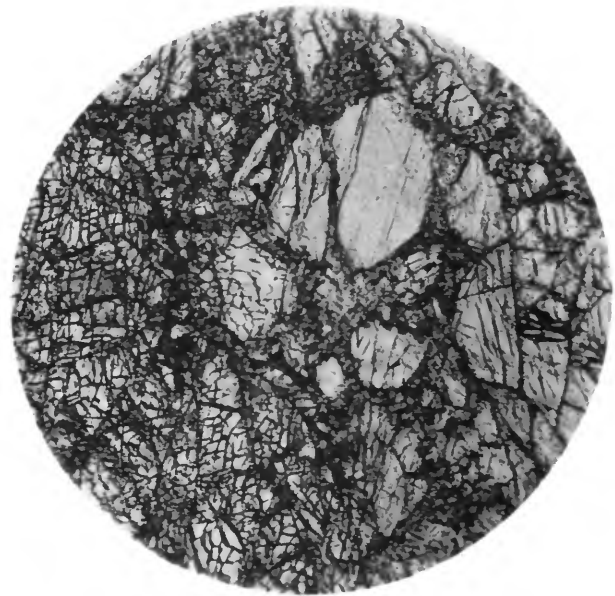
FIGURE 22.—The diogenite Ibbenbühren, which consists mostly of coarse bronzite grains separated by fine fragments. Bronzite crystals to the right are in longitudinal section; those to the left, in transverse section. In the latter, fracturing along the prismatic cleavage planes occurred when the section was ground, but part of the visible fracturing was probably present originally.

FIGURE 23.—A portion of the amphoterite Manbhoom, showing a granular mixture of olivine, bronzite, and pyrrhotite. Olivine occurs in irregular grains with curved cracks. The bronzite crystal at the right has a fine texture of cleavage cracks. The large and small opaque grains are pyrrhotite.

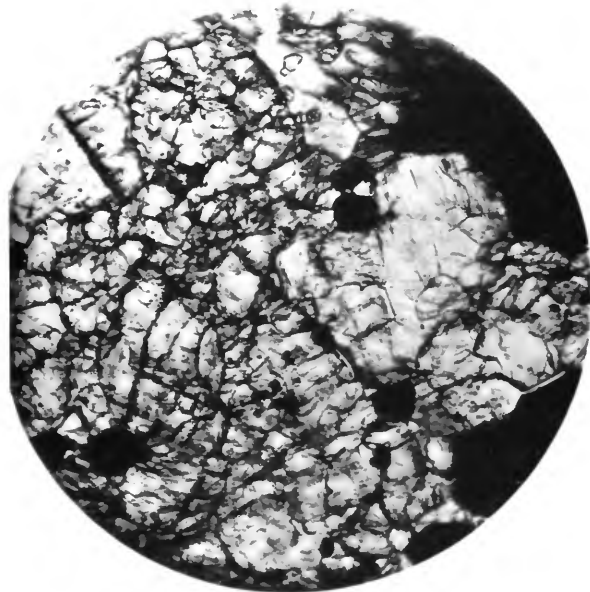
FIGURE 24.—Chassignite: Chassigny. This picture is a good illustration of the character of uniformly granular olivine in many stony meteorites. The grains are anhedral and are cut by many coarse, irregular fractures as well as by countless fine, parallel, often slightly curved cracks. Often fine, parallel cracks in olivine make it very difficult to distinguish from bronzite. Between the olivine grains are visible small translucent particles as well as colorless transparent grains like those at upper right. Chromite grains (black) with apparently cubic forms are abundant.



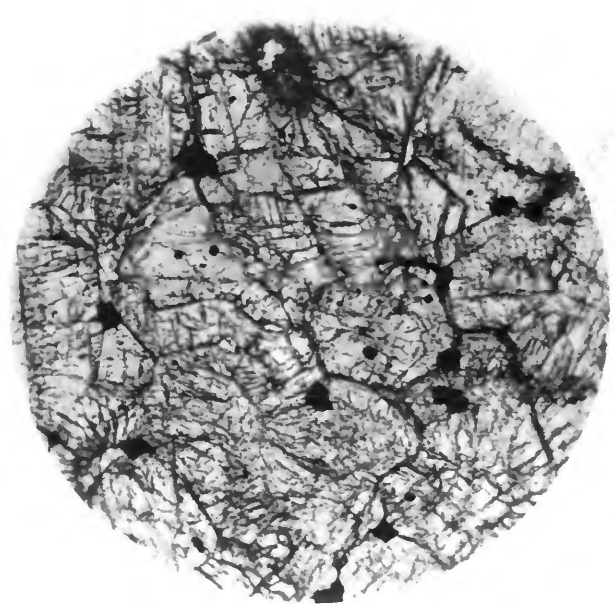
0.2 mm
FIGURE 21



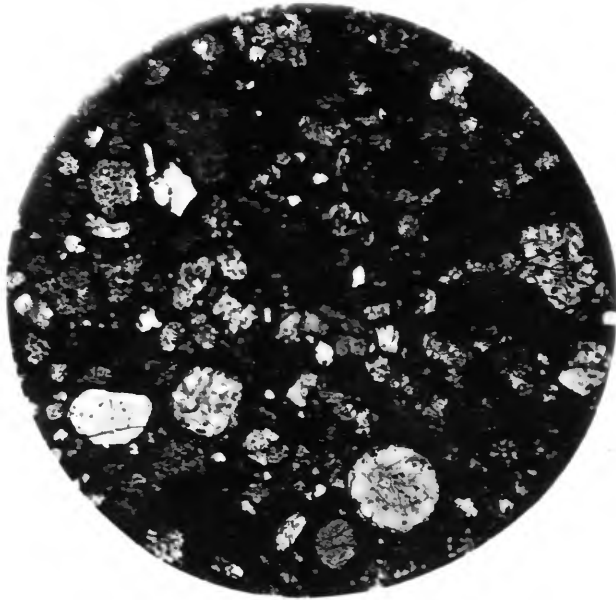
0.5 mm
FIGURE 22



0.2 mm
FIGURE 23



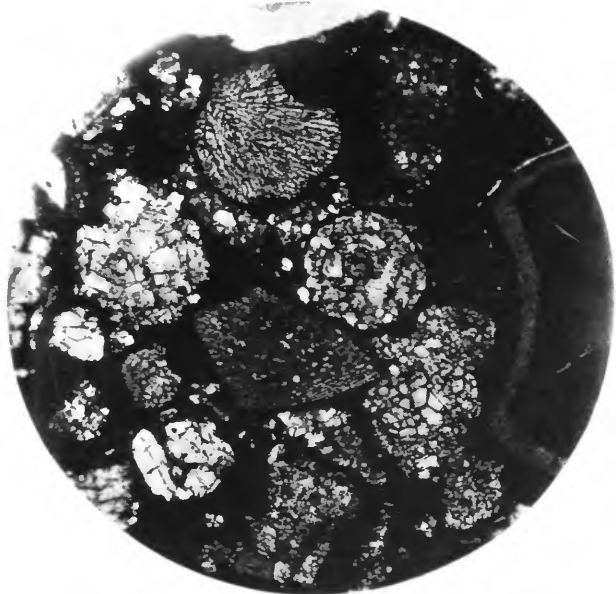
0.5 mm
FIGURE 24



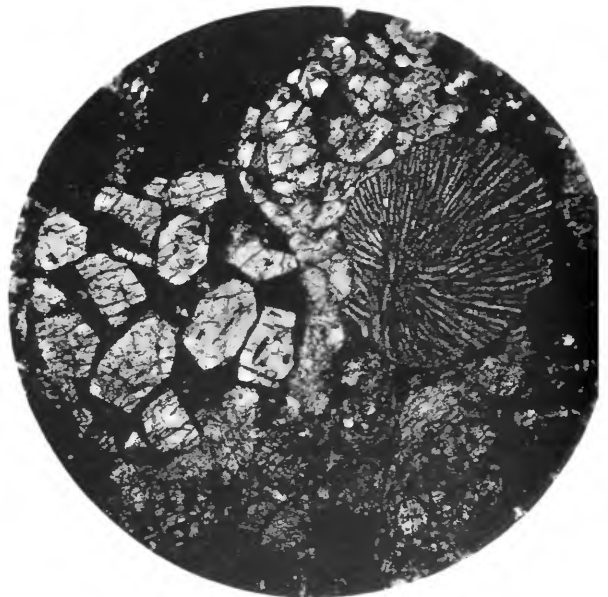
0.5mm
FIGURE 25



0.5mm
FIGURE 26



0.5mm
FIGURE 27



0.5mm
FIGURE 28

Erklärung der Tafel VII.

Figur 1. Der Chondrit von Lancé eignet sich wegen der Dunkelheit der Grundmasse und der Kleinheit der Einschlüsse zur Darstellung des chondritischen Charakters. Das Bild zeigt links unterhalb den Durchschnitt eines rundlichen oberhalb abgeplatteten Chondrums von einem Sprung durchsetzt. Es ist monosomatisch. Rechts davon hat man Durchschnitte von zwei zusammengesetzten (polysomatischen) Kügelchen. Im Uebrigen sieht man sowohl kleine körnige Knöllchen mit vielen opaken Einschlüssen, als auch längliche Fetzen, endlich kleine Splitter, welche bald aus einem bald aus mehreren Individuen bestehen.

Figur 2. Hier ist das Zusammenvorkommen verschiedenartiger Chondren im Stein von Mezö-Madaras dargestellt. In der Mitte zeigt sich der Durchschnitt eines porphyrischen Kügelchens. Die Rinde ist mit Körnern von Magnetkies gemengt, das Innere besteht aus Olivinkörnern in halbglasiger Grundmasse. Rechts unterhalb erscheint der Durchschnitt eines dichten Chondrums (Bronzit), in welchem die Fasertextur eben erkennbar ist. Die übrigen Chondren sind meist körnig. Oberhalb des centralen Kügelchens ist auch ein zwischengeklemmter körniger Splitter wahrzunehmen.

Figur 3. Die hier wiedergegebene Stelle aus dem Stein von Tieschitz lässt in dunkler Grundmasse rechts einen Theil von einer undeutlich faserigen Kugel (Bronzit) erkennen, welche eine blasse Rinde besitzt und an der gegen die Mitte des Bildes gerichteten Seite ausgehöhlt erscheint. Im oberen Theile ist ein schaliges Kügelchen (Bronzit) zu bemerken, welches gleichfalls eine Concavität besitzt. Im Uebrigen sind einige körnige Kügelchen, sowie lappige Durchschnitte (Olivin) sichtbar, wovon die letzteren unregelmässig geformten Chondren entsprechen. Fast in der Mitte des Bildes hat man den scharf gezeichneten Splitter einer strahligen Kugel (Bronzit).

Figur 4. In diesem Bilde, welches dem Stein von Homestead, Iowa Cty. (2. Febr. 1875) entnommen ist, hat man rechts den Durchschnitt eines strahligen Kügelchens (Bronzit), welches die excentrische Lage des Radiationspunktes deutlich zeigt, links aber ein porphyrisches Kügelchen, in dem scharf gezeichnete Olivinkristalle von einer trüben halbglasigen Grundmasse getragen werden. Oberhalb schmiegt sich an beide ein körniges Olivinchondrum, unterhalb sind es Splitter und ein unregelmässig gestaltetes Chondrum. Die schwarz erscheinenden Stellen werden von Eisen und Magnetkies eingenommen.

FIGURES 25-28 [PLATE VII, FIGURES 1-4]

FIGURE 25.—The chondrite Lancé. Because of the darkness of its groundmass and the small size of its inclusions, Lancé is a good example of the character of chondrites. At lower left is a monosomatic chondrule flattened on its top and cut by a crack near its bottom. At its right are two chondrules of composite composition (polysomatic). Besides these, small granular lumps containing numerous opaque inclusions are present, as well as oblong particles and small monocrySTALLINE and polycrystalline fragments.

FIGURE 26.—Different types of chondrules in the chondrite Mezö-Madaras. In the center is a section of porphyritic chondrule. Grains of pyrrhotite are mixed in its outer portion; its interior consists of olivine grains in a semivitreous groundmass. At the lower right is a section of a microcrystalline (bronzite) chondrule in which the fibrous texture is barely recognizable. The remaining chondrules are mostly granular. A granular fragment is also squeezed in between the chondrules at center and upper right.

FIGURE 27.—Chondrite: Tieschitz. To the right, embedded in the black groundmass, appears part of an indistinctly fibrous (bronzite) chondrule; it has a pale shell, and its left side appears to be scooped out. At the top of the picture is a small foliated (bronzite) chondrule, similarly indented. In addition, several granular chondrules are present as well as lobate forms which correspond to irregularly formed (olivine) chondrules. Near the center of the figure is a sharply defined fragment of a radiating chondrule (bronzite).

FIGURE 28.—Chondrite: Homestead. At the right is a section of a radiating (bronzite) chondrule that clearly shows the eccentric location of the radiation center. To the left is a porphyritic chondrule, in which sharply defined olivine crystals are embedded in a turbid half-vitreous groundmass. Above, a granular olivine chondrule clings to these two principal chondrules. Below are fragments and an irregularly formed chondrule. Black areas are iron and pyrrhotite.

Erklärung der Tafel VIII.

Figur 1. Der Stein von Dhurmsala, dem das Bild entnommen ist, enthält viele grössere Chondren von länglich-runder Form. Ein solches ist hier dargestellt um zu zeigen, dass bisweilen, wenn auch selten, in einem grossen Chondrum ein kleines eingeschlossen ist. Das grosse Chondrum ist unvollkommen porphyrisch. Krystalle, Körner und das kleine Chondrum, alle aus Olivin bestehend, sind von einer dichten, bei stärkerer Vergrösserung feinkörnig erscheinenden Grundmasse umgeben, zum Theile aber sitzen die Körner hart aneinander. Das kleine Chondrum ist monosomatisch.

Figur 2. Die Figur stellt ein feinkörniges Chondrum aus dem Stein von Seres dar. Dasselbe ist von länglich-runder, etwas abgeplatteter Form und besteht hauptsächlich aus gelblich-grünem Olivin, dessen Körner oft Glaskügelchen und opake Einschlüsse führen. Zwischen denselben ist nur eine geringe Menge amorpher Grundmasse bemerkbar. Selten ist ein bräunliches Bronzitkörnchen zu sehen. Die Rinde ist voll von Magnetkies und Eisen, auch im Innern des Chondrums treten zwei grössere Körner von Magnetkies auf.

Figur 3. Die in den Chondren enthaltene Glasmasse ist bisweilen in auffälliger Menge vorhanden. Hier ist ein solcher Fall aus dem Stein von Lancé abgebildet. Die Rinde des Kügelchens ist geschlossen, aus Olivinkörnern zusammengesetzt. Das Innere besteht aus braunem Glas, welches wiederum Olivinkörner einschliesst. Der Olivin enthält Kügelchen von braunem Glas und Magnetkies eingeschlossen.

Figur 4. Das hier dargestellte Olivinkügelchen im Stein von Tieschitz zeigt an allen Punkten gleichzeitige Auslöschung, entspricht also einem einzigen Krystall und hat Aehnlichkeit mit einem Kernkrystall. Die blass grünliche Hülle enthält viele braune Glaskügelchen, auch opake Körnchen. Der braune Kern besteht aus Olivin und aus braunem Glase. Der Olivin ist eine Fortsetzung der Hülle, doch ist er hier lückenhaft gebildet, aus krummen und lappigen, im Bilde beiläufig horizontalen Wänden bestehend, welche nur geringe Zwischenräume lassen. Diese sind mit braunem Glase gefüllt.

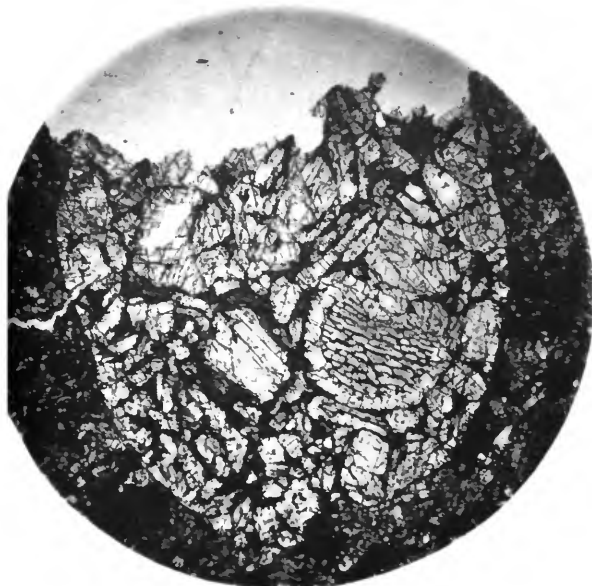
FIGURES 29-32 [PLATE VIII, FIGURES 1-4]

FIGURE 29.—The Dhurmsala stone contains many large, ovoid chondrules. One is shown here, providing an example of a small chondrule inside a larger one. Such occurrences are rather rare. The large chondrule is completely porphyritic. Crystals, grains, and the small chondrule are all composed of olivine. They are embedded in a dense, very fine-grained groundmass. Some grains are in close contact with one another. The small chondrule is monosomatic.

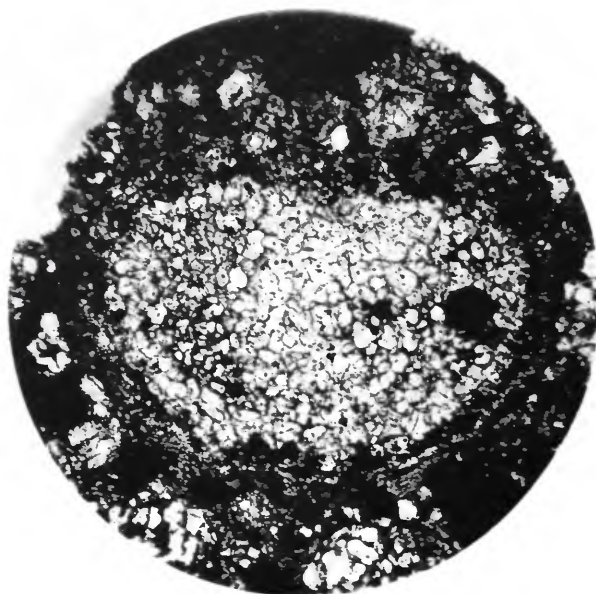
FIGURE 30.—A granular chondrule in the Seres stone. The chondrule is a somewhat flattened sphere and consists mostly of yellowish-green olivine, in grains which frequently contain small glass balls and opaque inclusions. Only a small amount of amorphous groundmass is apparent between the olivine crystals. A few brownish bronzite grains are present. The shell of the chondrule contains abundant pyrrhotite and iron; two larger pyrrhotite grains are visible in its interior.

FIGURE 31.—A small chondrule from the chondrite Lancé. Chondrules sometimes contain glass in surprisingly large amounts. In the example shown here, the chondrule has a closed shell of olivine crystals and an interior consisting of brown glass and olivine crystals. (In the 1885 edition, the areas of glass were tinted by hand; they make up about 25 percent of the area of the sectioned chondrule.) The olivine contains small spherical inclusions of brown glass and pyrrhotite.

FIGURE 32.—A small monosomatic chondrule with dark core and lighter shell, from the chondrite Tieschitz. Since all parts of the chondrule shown go to extinction simultaneously, it is a single crystal, similar to a zoned crystal. The pale greenish shell contains many small brown glass spheres and opaque grains. The brown core consists of olivine and brown glass. The olivine is continuous with the shell, in the form of curved or lobate discontinuous plates, which are horizontally oriented in the picture. The little space between these plates is filled with brown glass.



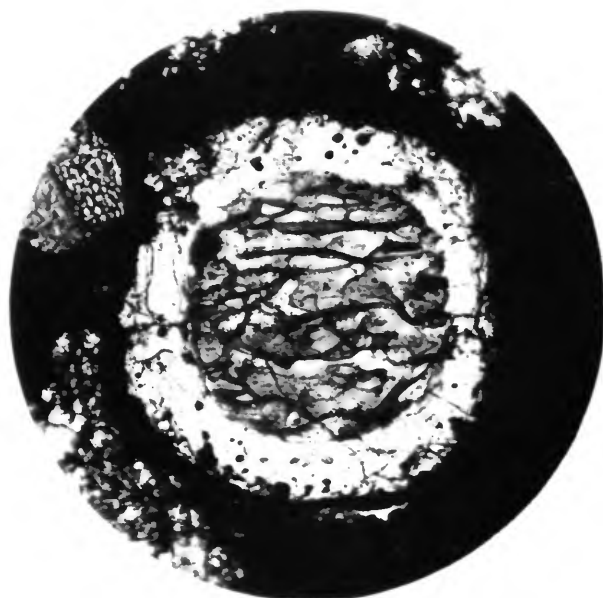
5 mm
FIGURE 29



0.5 mm
FIGURE 30



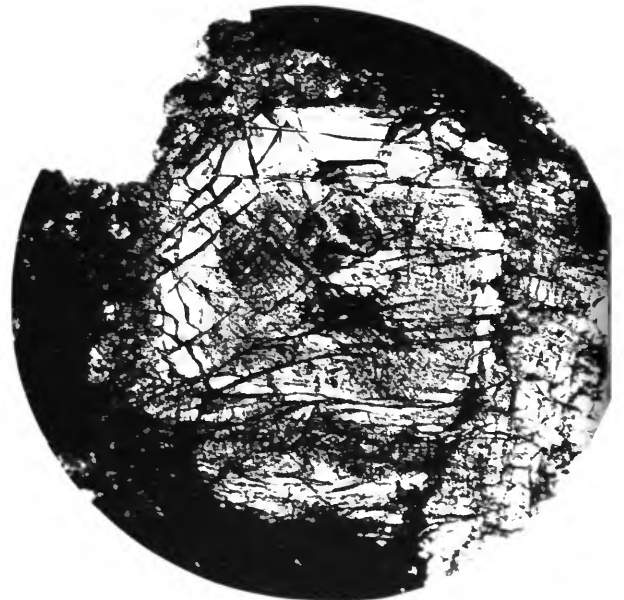
0.2 mm
FIGURE 31



0.2 mm
FIGURE 32



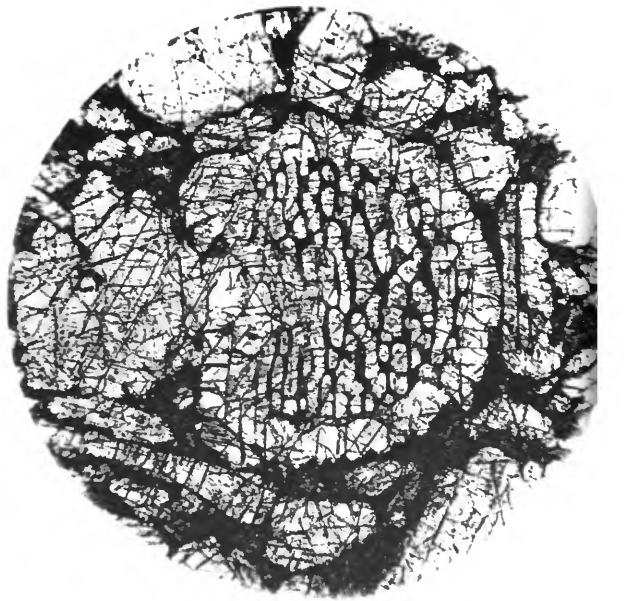
0.2 mm
FIGURE 33



0.5 mm
FIGURE 34



0.2 mm
FIGURE 35



1 mm
FIGURE 36

Erklärung der Tafel IX.

Figur 1. In einem porphyrischen Kügelchen des ausgezeichnet chondritischen Steines von Borkut sind mehrere Olivinkristalle umgeben von einer Matrix, welche aus braunem Glase besteht. Die Olivine schliessen viel von der Grundmasse ein. In dem oberen Krystall, welcher beiläufig parallel 100 durchschnitten erscheint und die scharfe Kante 021 : 021 darbietet, sind ausser dem grossen Einschluss in der Mitte, welcher sich wie ein negativer Krystall verhält, noch andere Glaseinschlüsse zu sehen, welche, wenn auch unvollkommen, einen schaligen Bau hervorrufen. Unter diesem Krystall ist ein grosses Individuum zu sehen, welches auch noch deutliche Krystallumrisse erkennen lässt. Dasselbe ist von mehreren tafelförmigen parallel gelagerten Glaseinschlüssen durchzogen, so dass der Krystall gefächert erscheint. Links ist ein Olivinkrystall mit sehr wenig Einschlüssen wiedergegeben.

Figur 2. Ein Olivinkrystall, welcher beiläufig parallel 010 durchschnitten ist und weniger scharfe Umriss zeigt. Im Inneren sieht man radiafaserige Aggregate, welche eine andere Auslöschung zeigen als die Umgebung und welche Bronzit zu sein scheinen, ausserdem feine gestreckte Glaseinschlüsse. Das Ganze erscheint im Innern als eine unregelmässige Verwachsung von Olivin mit Bronzit, nach Aussen zu aber als ein gleichartiger Krystall.

Figur 3. Schiefer Durchschnitt durch einen Olivinkrystall. Die Richtung des Schnittes ist der Zone 100 : 010 genähert. Auf der rechten Seite ist der Krystall geöffnet und von der Grundmasse aus dringen zwei geweihförmige Glaseinschlüsse herein, die bezüglich einer horizontalen Linie beiläufig symmetrisch angeordnet sind. Der Krystall erscheint demnach hier in mehrere Wände getheilt, welche gegen eine dickere Mittelwand symmetrisch gestellt sind. Links ist der Krystall einheitlich gebaut. Die vertikale Kante scheint der aufrechten Axe parallel zu sein. Die Umgebung besteht grösstentheils aus Olivinkörnern.

Figur 4. Ein merkwürdiges Individuum von Olivin, welches die Form eines Pilzes nachahmt. Der Stiel zur Linken wird von einem undeutlich ausgebildeten Krystall dargestellt, welcher ungefähr dieselbe Stellung hat, wie der oberste Krystall in Fig. 1. Der Hut wird von einem monosomatischen Kügelchen gebildet, welches im Innern von einem braunen Glasnetz durchzogen ist. Der Olivin erscheint hier in viele Platten und Stäbchen zertheilt, während die Rinde vollkommen zusammenhängend ist. Wie schon aus der Lage der Spaltrisse zu entnehmen ist, bilden Hut und Stiel ein Individuum. In der That geben alle Theile der ganzen Pilzform gleichzeitige Auslöschung. Der Doppelkörper ist umgeben von braunem Glas und vielen aneinander gedrängten Olivinkrystallen. Das Bild stellt, wie der Vergleich mit Fig. 1 auf voriger Tafel zeigt, einen Theil des dort abgebildeten porphyrischen Olivinkollens dar.

FIGURES 33-36 [PLATE IX, FIGURES 1-4]

FIGURE 33.—Part of a porphyritic chondrule in the chondrite Borkut; olivine crystals in a brown glass matrix. Much of this glass is enclosed by the olivine crystals. The upper crystal seems to have been sectioned parallel to $\{100\}$ so that the sharp edge (021) \angle (021) is presented. The large glass inclusion in its center seems to fill a negative crystal. Other glass inclusions are also visible and, although incomplete, suggest a lamellar structure. Below is a larger crystal, bounded by distinct crystal faces. It is penetrated by several parallel tabular glass inclusions, which give it a chambered character. To the left is an olivine crystal with very few inclusions.

FIGURE 34.—An olivine crystal sectioned parallel to $\{010\}$, in the chondrite L'Aigle. Its boundaries are not so sharp as those in figure 33. In the interior are a radiating fibrous aggregate and fine, elongated glass inclusions. The radiating fibers and surrounding olivine do not go to extinction simultaneously; the fibers seem to be bronzite. The whole appears to consist of an irregular intergrowth of olivine and bronzite inside an olivine single crystal.

FIGURE 35.—An olivine crystal in the chondrite Seres. The section cuts the olivine crystal diagonally, in the zone $\{001\}$. The crystal is open to the right, and two antler-shaped glass inclusions, symmetrical about a horizontal axis, have penetrated it from the groundmass. The crystal seems divided into a series of plates, which are arranged symmetrically about a thicker central plate. To the left, the crystal is uninterrupted. The vertical edge is probably parallel to the c axis. The crystal is surrounded mostly by olivine grains.

FIGURE 36.—A remarkable olivine crystal which has the form of a mushroom, in the chondrite Dhurmsala. The "stem," to the left, consists of an indistinctly formed crystal, oriented nearly the same as the upper crystal in figure 33. The "cap" is a monosomatic chondrule whose interior is interlaced with brown glass. Olivine in its interior appears divided into plates and rods, while its shell is continuous. That the stem and cap comprise a single crystal is suggested by the continuity of cleavage cracks and confirmed by simultaneous extinction of both parts. This compound object is surrounded by brown glass crowded with olivine crystals; it is part of the porphyritic chondrule in figure 29.

Erklärung der Tafel X.

Figur 1: In einem gemischten Kügelchen, welches aus Olivin, Bronzit und braunem Glas besteht und in dem Stein von Tieschitz beobachtet wurde, erscheint der Olivin entweder in geschlossenen Krystallen mit vielen langgezogenen Glaseinschlüssen oder in Krystallskeletten. Das Bild zeigt den größeren Theil eines solchen skelettartigen Individuums aus mäanderförmig angeordneten Leisten bestehend, welche fadenförmige, an den Enden öfters kopfige braune Glaseinschlüsse enthalten. Die Leisten, welche nach den Krystallaxen gestreckt sind, umschliessen eine tiefbraune Glasmasse und sind von Glas, Olivinkrystallen und radiaLfaserigem Bronzit umgeben. Früher, als mir noch weniger Erfahrung zur Seite stand, hatte ich diese Leisten für Bronzit gehalten (Denkschr. d. Wiener Akad. Bd. 39. pag. 197. Fig. 7).

Figur 2. Das Vorkommen von blätterigen Olivinkügelchen, welche man in den Chondriten öfters findet, wird hier durch ein deutliches Beispiel aus dem Stein von Mezö-Madaras dargestellt. Das Kügelchen besteht im Inneren aus parallel gestellten und optisch gleich orientirten blassgelbgr unen Tafeln von Olivin und aus hellbraunem Glas, welches die Zwischenräume ausfüllt. Der Schnitt ist ungefähr senkrecht gegen die Ebene der Platten geführt. Nach Aussen ist das Kügelchen von einer Olivinrinde geschlossen, welche mit den Platten des Inneren gleichzeitig auslöscht, so dass das Ganze, vom Glas abgesehen ein einziges von Fächern durchzogenes Individuum darstellt, einem netzartig ausgebildeten Krystall entsprechend.

Figur 3. Während in dem vorigen Falle das Kügelchen aus Platten zusammengesetzt ist, sind es hier vorzugsweise Stäbchen von Olivin, welche das Innere bilden. Dieselben scheinen nach den drei Krystallaxen gestreckt zu sein, da sie alle gleichzeitig auslöschen und an denselben drei Richtungen ausgesprochen sind. Nur der linke untere Theil der Kügelchen zeigt eine andere Auslöschung als das übrige und dem entsprechend eine andere, vierte Richtung der Stäbchen. Zwischen den Stäbchen ist wiederum ein hellbraunes Glas verbreitet, auch ist an vielen Stellen des Umrisses eine dünne Rinde bemerkbar, welche mit den Stäbchen zugleich auslöscht. Am unteren Rande rechts, wo keine Rinde wahrnehmbar ist, erscheint das Kügelchen unvollständig und so als ob ein Stück abgebrochen wäre. In diesem Kügelchen erscheint demnach der Olivin gröstentheils als ein einziges netzartig ausgebildetes Individuum, entsprechend den gestrickten Formen. Die schwarzen Unterbrechungen im Bilde des Kügelchens sind durch secundär entstandene Klüfte mit brauner Füllung hervorgebracht. Die Umgebung wird von Olivinkörnern und von Magnetkies gebildet.

Figur 4. Ein grosses polysomatisches Olivinkügelchen, aus mehreren Systemen von annähernd parallelen Tafeln von Olivin und von Glas zusammengesetzt. Jedes der Systeme zeigt eine andere einheitliche Auslöschung und erscheint bei stärkerer Vergröſserung ähnlich dem inneren Theile des in Fig. 2 dargestellten Kügelchens, doch finden sich im Glase hie und da doppelbrechende Nadeln, welche für Bronzit zu halten sind. Vier Systeme herrschen vor. Die geraden Begrenzungslinien derselben lassen auf ebene Zusammensetzungsfl achen schliessen. Am Rande wird an vielen Stellen eine dünne Olivinrinde bemerkbar, welche mit dem zugehörigen Plattensystem gleichzeitig auslöscht. Die Umgebung besteht aus Körnchen und Kügelchen, die vorwiegend Olivin sind und aus Magnetkies.

FIGURES 37-40 [PLATE X, FIGURES 1-4]

FIGURE 37.—Skeletal olivine with filiform glass inclusions in the chondrite Tieschitz. Occurring in one chondrule of mixed mineralogy (olivine, bronzite, and brown glass) in this meteorite, the olivine occurs either as closed crystals containing many elongated glass inclusions or as crystal skeletons. The picture shows most of one such skeletal crystal, formed of irregular plates. These contain threadlike brown glass inclusions, often with knoblike ends. The plates, which parallel the crystal axes, enclose a dark brown glass mass. The crystal skeleton is surrounded by glass, olivine crystals, and radiating bronzite fibers. Previously, on the basis of less experience, I took these plates to be bronzite (Makowsky and Tschermak, 1878, fig. 7).

FIGURE 38.—A good example of the lamellar olivine chondrules common in chondrites, from the Mez -

Madaras stone. The interior of the chondrule consists of parallel, optically continuous, pale yellow-green plates of olivine with light brown glass sandwiched between them. The section is approximately perpendicular to the plates. The chondrule is enclosed by an olivine shell, which also goes to extinction simultaneously with the parallel plates; thus the whole of the chondrule, except for the glass, is a single crystal of olivine.

FIGURE 39.—Olivine of reticulated appearance in a chondrule from the chondrite Homestead. While the chondrule in figure 38 was composed of olivine plates, this one consists mostly of minute rodlike olivine crystals. These seem to be elongated parallel to all three crystal axes, since three elongation directions are discernible even though all the crystals go to extinction simultaneously. Only the lower left portion

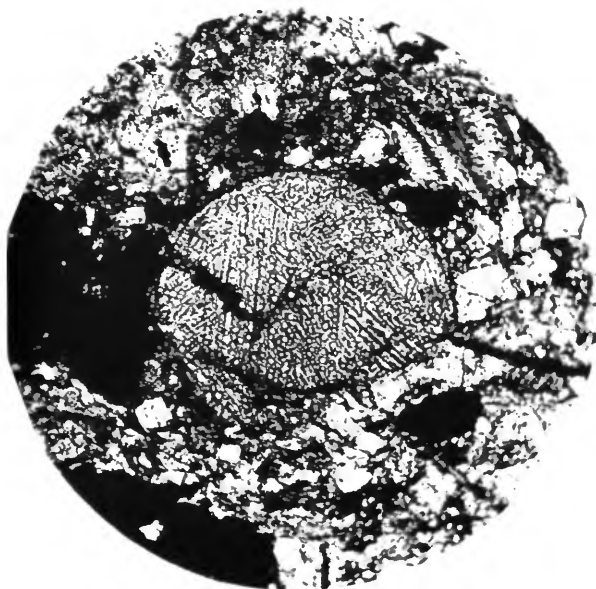
(Continued on p. 205)



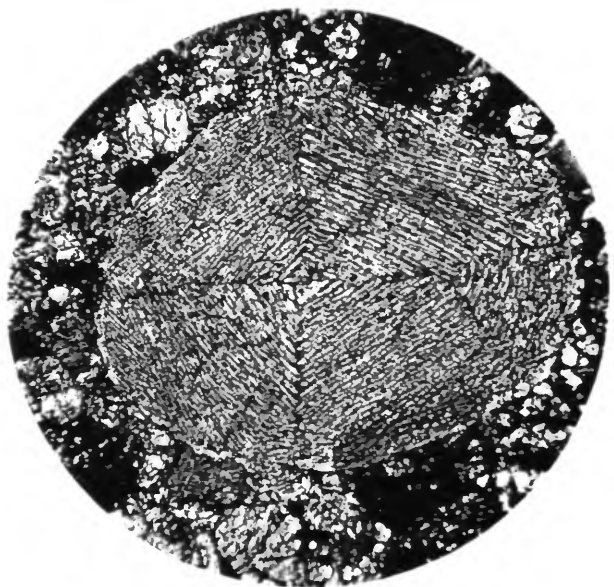
0.2 mm
FIGURE 37



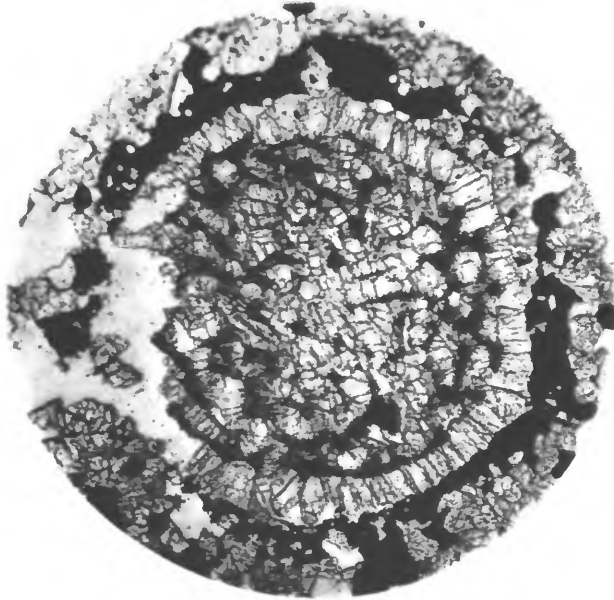
0.2 mm
FIGURE 38



0.2 mm
FIGURE 39



2 mm
FIGURE 40



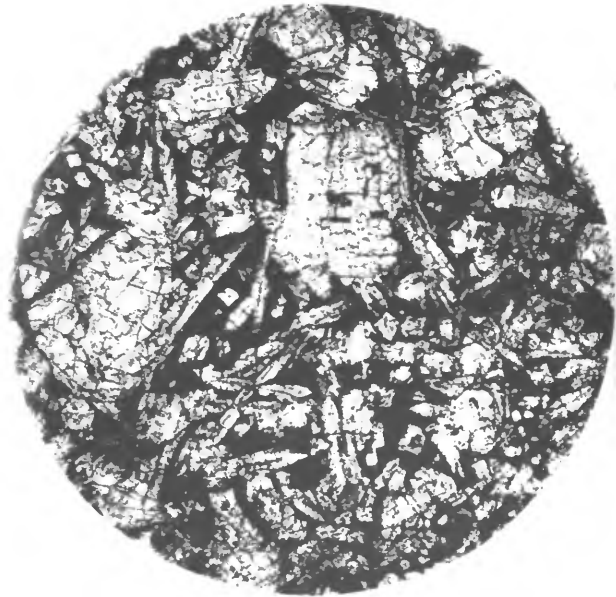
1 mm
FIGURE 41



0.5 mm
FIGURE 42



0.2 mm
FIGURE 43



0.5 mm
FIGURE 44

of the chondrule goes to extinction at a different angle, corresponding to a different (fourth) orientation of the olivine rods. The space between olivine crystals is again occupied by light brown glass. A thin olivine shell, optically continuous with olivine in the interior, covers much of the surface of the chondrule. At the lower right, where no shell is visible, the chondrule appears incomplete, as if a piece has broken off. In this chondrule, most of the olivine seems to comprise one netlike single crystal. The black flaws in the chondrule are late-formed cracks filled with a brown substance. Surrounding the chondrule are olivine and pyrrhotite grains.

FIGURE 40.—A large polysomatic olivine chondrule, consisting of several systems of almost-parallel olivine plates and glass, from the chondrite Knyahinya. Each of the systems shows a different uniform extinction, and each in itself looks like the system inside the chondrule in figure 38. In the specimen shown here, however, birefringent needles, probably bronzite, are scattered in the glass. Four systems are predominant. The straight boundaries between these suggest composition planes. A thin olivine shell is noticeable along much of the chondrule's surface; this goes to extinction with its adjacent plate system. Surrounding the chondrule are pyrrhotite and grains and chondrules mostly of olivine.

Erklärung der Tafel XI.

Figur 1. Durchschnitt eines Olivinkügelchens mit dicker, durchsichtiger Rinde, welche, von kleinen Abweichungen abgesehen, gleichzeitig mit dem Olivin des Inneren auslöscht. Der letztere bietet in diesem Schnitte eine gekrümmte Zeichnung, da das braune Glas ziemlich unregelmässig vertheilt ist. Aeusserlich erscheint das Kügelchen mit einer zusammenhängenden undurchsichtigen Schichte bedeckt, welche aus Körnchen von Magnetkies und auch von Eisen besteht. Im Wesentlichen herrscht Aehnlichkeit mit dem auf Tafel VIII in Fig. 4 dargestellten Objekte.

Figur 2. Auch dieses Olivinkügelchen ist mit Ausnahme der äussersten Rinde monosomatisch. Im Inneren zeigen sich viele flache Stäbchen von Olivin, die zum grösseren Theile nach einer im Bilde vertikalen Richtung ausgedehnt und einander parallel gelagert sind und nur zum kleineren Theile einer anderen Richtung folgen, welche die vorige unter einem schiefen Winkel schneidet. Die Stäbchen liegen in einer Grundmasse von braunem Glase. Die Rinde des Kügelchens ist von zweierlei Beschaffenheit. Der innere durchsichtigere Theil gibt gleichzeitig mit den Stäbchen im Inneren einheitliche Auslöschung. Er enthält viele kleine runde Einschlüsse von Magnetkies. Der äussere Theil erscheint aus vielen sehr verschieden orientirten Körnchen zusammengesetzt, welche meistens aus Olivin, im übrigen aus Magnetkies bestehen.

Figur 3. Die Rinde dieses Olivinkügelchens wird von mehreren kurzen, dicken, verschieden orientirten Individuen gebildet und umschliesst eine Masse braunen Glases, welches mehrere Olivinkristalle verbindet. Diese bieten z. Th. langgestreckte z. Th. kurze Durchschnitte dar, welche letztere die kranzförmige Anordnung der Rinde wiederholen. Die Umgebung bilden Körner und Kügelchen von Olivin, solche von Bronzit, ferner braunes Glas und Magnetkies.

Figur 4. Diese Figur zeigt die gewöhnliche Anordnung der Olivin- und Bronzitkristalle in den glasführenden Chondren. Der Olivin bildet meist breite, der Bronzit schmale gestreckte Individuen. An manchen Stellen sind vierseitige Querschnitte der letzteren zu bemerken und im unteren Theile der Figur erscheint auch ein Durchdringungszwilling von Bronzit in der Gestalt eines schiefen Kreuzes abgebildet. Die Bronzite schmiegen sich öfters an die Olivine an und drängen sich in den Kanälen zwischen den Olivinkristallen zusammen. Alle diese Kristalle sind in einem braunen Glase eingebettet.

FIGURES 41-44 [PLATE XI, FIGURES 1-4]

FIGURE 41.—A monosomatic olivine chondrule with a thick transparent shell, from the chondrite Alfianello. Olivine in the crust and the interior goes to extinction simultaneously. The interior presents a visceral-like pattern, the brown glass being rather irregularly distributed. This chondrule, which is essentially similar to that in figure 32, is surrounded by a continuous opaque layer of pyrrhotite and iron grains.

FIGURE 42.—An olivine chondrule, monosomatic in the center only, encased in a thick shell; from the chondrite Mezö-Madaras. Inside are many flat rods of olivine, most of which are parallel to one another and vertical in the figure. Only a few, parallel among

themselves, are at an angle to this main system. The olivine rods lie in a groundmass of brown glass. The shell of the chondrule is twofold in character. The inner transparent layer is optically continuous with the olivine rods in the interior and contains many small round inclusions of pyrrhotite. The outer layer appears to be composed of many randomly oriented grains, mostly of olivine, the rest of pyrrhotite.

FIGURE 43.—A polysomatic olivine chondrule in the chondrite Seres. The shell of this chondrule consists of a number of short, thick, differently oriented, olivine crystals, and encloses a mass of brown glass and olivine crystals. Some of the latter are elongated and

(Continued on p. 206)

some short; the short crystals tend to repeat the curved pattern of the chondrule's shell. The chondrule is surrounded by grains and balls of olivine and bronzite and by pyrrhotite and brown glass.

FIGURE 44.—Olivine, bronzite, and glass in a large chondrule from the Knyahinya stone. Olivine occurs

mostly in wide crystals, bronzite in narrow elongated crystals. Square cross sections of the latter are visible in many places, and a penetration twin of bronzite, in the form of an acute-angled cross, appears at lower left center. Bronzite crystals often cling to the olivine crystals and are crowded together in the channels between olivine crystals. All are embedded in a brown glass.

Erklärung der Tafel XII.

Figur 1. Ein Beispiel des Vorkommens einzelner Bronzitkrystalle in einer feinkörnig aussehenden Partie des Mocser Steines. Durch die Begrenzung von Magnetkies werden die Enden des Krystalls deutlicher hervorgehoben. Der Schnitt ist beiläufig parallel 100. Die obere dachförmige Grenze entspricht der gewöhnlich durch die Flächen $e = (122)$ hervorgebrachten stumpfen Endigung. Ausser den feinen Spaltlinien gemäss der Spaltbarkeit nach dem aufrechten Prisma geben sich auch noch andere Trennungen zu erkennen. Die Einschlüsse sind theils durchsichtige, theils opake Körnchen, selten Glaskügelchen. Um die Spaltlinien stärker hervortreten zu lassen, wurde das Bild bei starker Blendung aufgenommen. Der Bronzitkrystall hat links einen Fortsatz und grenzt dort an Bronzitkörner, rechts aber zum Theil an körnigen Olivin mit Plagioklas.

Figur 2. Ein Bronzitindividuum in einem der harten braunen halbglasigen Steinsplitter, welche in dem tuffartigen Chondrit von Alexinač so häufig sind. Der Schnitt ist der optischen Beobachtung zufolge beiläufig parallel 010 geführt, also ungefähr senkrecht zur negativen Mittellinie. Die zahlreichen grossen Einschlüsse sind sehr auffallend. Sie erfüllen negative Krystalle und bestehen aus Magnetkies, braunem Glase und einem Gemenge dieser beiden. Untergeordnet finden sich doppelbrechende Körnchen verschiedener Orientirung eingeschlossen, welche wohl auf Olivin zu beziehen sind. Der Bronzit ist beiderseits von Magnetkies eingefasst.

Figur 3. Von den Bronzitchondren mit grossen unregelmässig verbundenen Individuen gibt dieser Durchschnitt einen öfter vorkommenden Fall an. Das längliche Körperchen hat eine etwas zackige Begrenzung, die einer rauhen Oberfläche entspricht. Die Rinde ist vollkommen kompakt, im Inneren erscheint eine ziemlich grosse Menge braunen Glases eingeschlossen, welches auch kleine Körnchen von Magnetkies enthält.

Figur 4. Für die Darstellung einer in manchen Chondren wiederkehrenden eigenthümlichen Textur des Bronzits wurde ein Beispiel aus dem Stein von Knyahinya benutzt. Dickere Stäbchen von Bronzit bilden ein unregelmässiges Gitter, dessen Öffnungen mit parallelfaserigem bis radialfaserigem Bronzit erfüllt sind. Im unteren Theile des Bildes hat man eine Grenze des Kügelchens, auf der rechten Seite einen birnförmigen Einschluss von Magnetkies, welcher im Schlicke etwas ausgebrochen ist.

FIGURES 45-48 [PLATE XII, FIGURES 1-4]

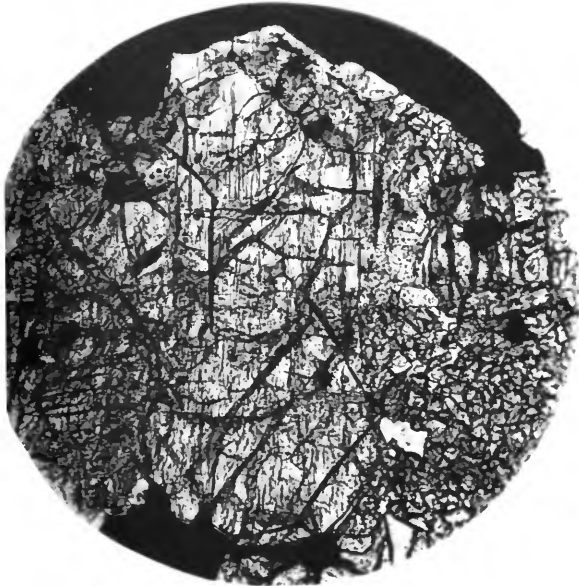
FIGURE 45.—An example of the occurrence of a bronzite single crystal, in an apparently fine-grained portion of the chondrite Moes. The ends of the crystal are especially well delineated because they abut on pyrrhotite. The section is parallel to $\{100\}$. The upper rooflike boundary corresponds to the usual blunt termination formed by the $\{122\}$ faces. Besides the fine cracks caused by cleavage along the vertical prism surfaces, other cleavage systems are apparent; the picture is highly magnified in order to make them more conspicuous. Inclusions are in part transparent and in part opaque grains, only rarely glass balls. The bronzite crystal has a continuation to the left and borders on other bronzite grains there; minerals to the right include olivine and plagioclase.

FIGURE 46.—A bronzite crystal in one of the hard, brown, semivitreous rock fragments which are so common in the tuffaceous chondrite Soko-Banja. Optical study shows that the section is parallel to $\{010\}$, there-

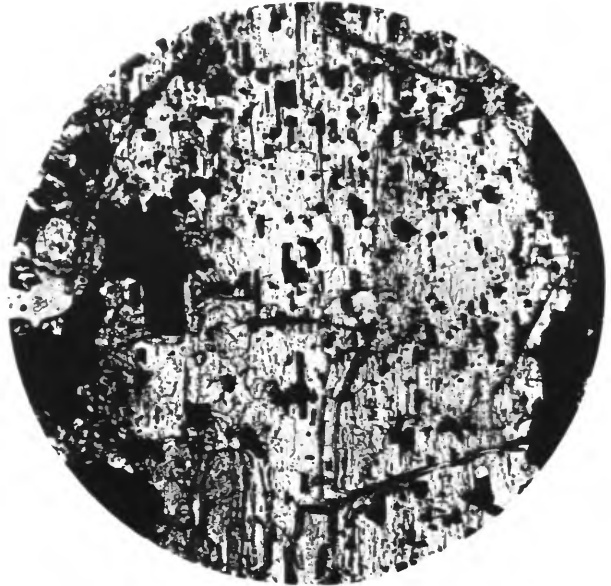
fore approximately perpendicular to the b axis. The numerous large inclusions are obvious; they fill negative crystals and consist of pyrrhotite, brown glass, and a mixture of these. A few birefringent grains of differing orientation are also included; these are probably olivine. The bronzite is bordered on both sides by pyrrhotite.

FIGURE 47.—A polysomatic bronzite and glass chondrule from the chondrite Pultusk. This section is an example of the common type of chondrule which consists of large, irregularly arranged crystals. This elongated chondrule has a rather jagged outline, corresponding to a rough surface. Although its surface is completely crystalline, the interior contains a considerable quantity of brown glass, which contains small pyrrhotite grains.

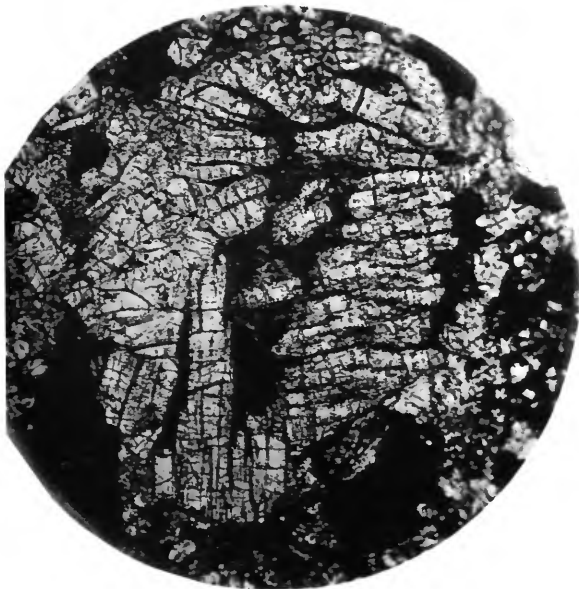
FIGURE 48.—Part of a bronzite chondrule from the chondrite Knyahinya, an example of a peculiar texture occurring in many bronzite chondrules. Thicker
(Continued on p. 209)



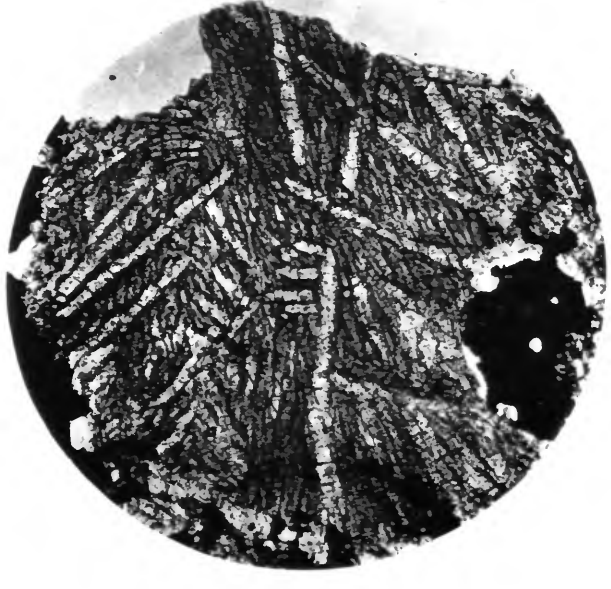
0.2 mm
FIGURE 45



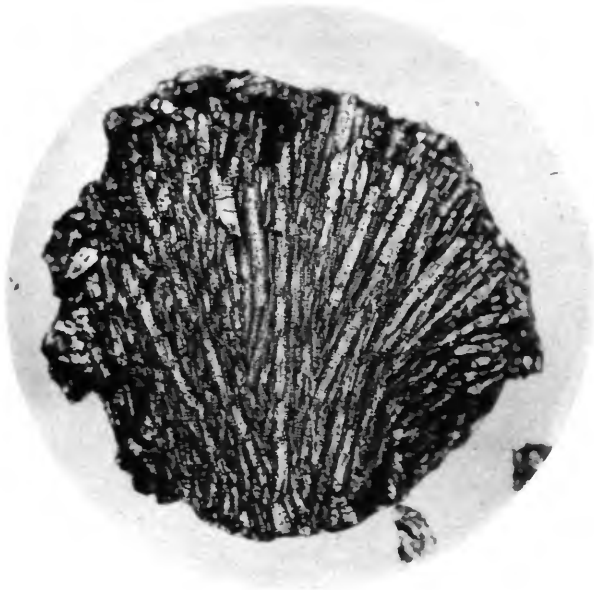
0.2 mm
FIGURE 46



0.5 mm
FIGURE 47



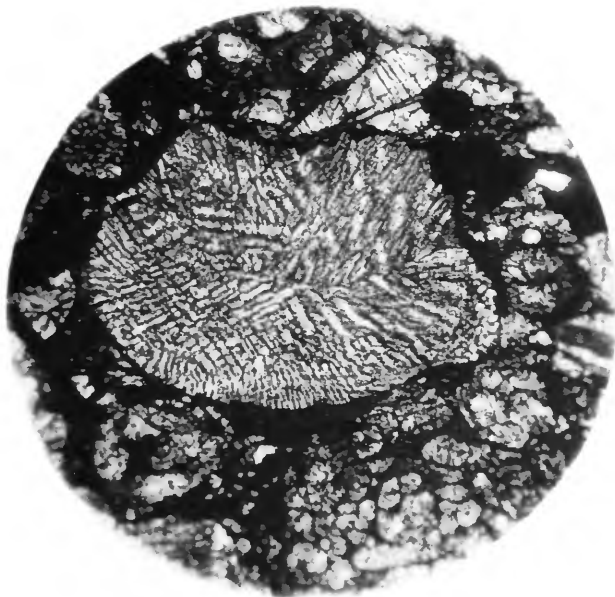
0.5 mm
FIGURE 48



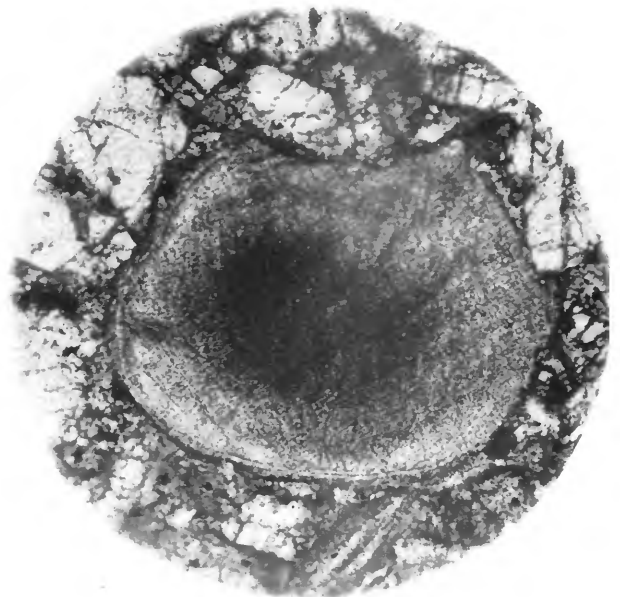
0.5 mm
FIGURE 49



1 mm
FIGURE 50



1 mm
FIGURE 51



0.5 mm
FIGURE 52

blades of bronzite form an irregular lattice, whose openings are filled with fibrous bronzite in parallel or radiating array. At lower left the original boundary

of the chondrule can be seen. To the right is a pear-shaped pyrrhotite inclusion, which was somewhat damaged during the grinding of the section.

Erklärung der Tafel XIII.

Figur 1. Die radialstengelige Textur vieler Bronzitchondren wird hier durch ein Beispiel aus dem Stein von Tipperary illustriert. Das Gefüge ist bei der Betrachtung mit freiem Auge radialfaserig und zwar ist die Faserung **excentrisch**. Viele der im Bilde sichtbaren Säulchen sind gerade, andere aber etwas gebogen. An den breiteren sind die feinen Spaltlinien entsprechend dem aufrechten Prisma und die welligen querverlaufenden Trennungen deutlich. An der Grenze des Kugelchens erscheint ein Ansatz von körnigem Bronzit.

Figur 2. Durchschnitt eines harten braunen Bronzitkugelchens aus dem Chondrit von Gnadenfrei, welchen ich Hrn. Prof. v. LASAULX verdanke. Ein Theil der Stengelchen ist vom Centrum des Kugelchens aus radial gerichtet, die Mehrzahl folgt aber anderen Richtungen. Die Spaltlinien und querverlaufenden Trennungen treten auch hier **allenthalben** hervor. Stellenweise zeigen sich unregelmässig geformte Beimengungen von Magnetkies und von braunem Glase.

Figur 3. Dieser anfänglich wirrstengelig erscheinende Durchschnitt besteht nach der optischen Prüfung aus vier parallelstengeligen Bronzitbündeln, deren jedes einheitlich auslöschet. Der eine Theil zur Linken mit einer deutlichen Gitterzeichnung erscheint als ein querdurchschnittenes Bündel parallel verwachsener Individuen, der Theil rechts oben entspricht nahezu einem Längsschnitt durch ein solches Bündel, während die beiden übrigen Theile als schiefe Durchschnitte solcher Verwachsungen anzusehen sind. Das Bild vereinigt mehrere nicht selten vorkommende Arten von Durchschnitten des Bronzits in den Chondriten. Der Umriss des Kugelchens erscheint oberhalb stark ausgerandet. Die Umgebung wird von dunkler Grundmasse und verschiedenen Chondren gebildet.

Figur 4. Durchschnitt eines dunkelbraunen festen Bronzitkugelchens, welche in den Chondriten häufig sind. Die Ebene des Durchschnittes liegt quer gegen die feine Faserung. An vielen Stellen des Umrisses bemerkt man eine sehr dünne Rinde von körniger Textur. Die nächst gelegene innere Schichte ist grau, etwas durchsichtig und bietet an vielen Stellen eine sehr feine Gitterzeichnung dar. Ganze Partien haben einheitliche Auslöschung. Der innere Theil ist fast undurchsichtig, wahrscheinlich in Folge einer Beimischung opaker Körnchen. Der Umriss ist ebenfalls ausgerandet. In der Umgebung zeigen sich vorherrschend Körner und Krystalle von Olivin.

FIGURES 49-52 [PLATE XIII, FIGURES 1-4]

FIGURE 49.—An example of the common, radiating-bladed bronzite chondrules, from the chondrite Moosfort. It can be seen by naked eye that the texture is of blades radiating from an eccentrically located point. Many of the visible blades are straight, but others are somewhat curved. In the wider crystals, fine cleavage cracks parallel to the vertical prism surfaces and wavy transverse partings are apparent. Attachments of granular bronzite are visible along the surface of the chondrule.

FIGURE 50.—Cross section of a hard, brown bronzite chondrule from the chondrite Gnadenfrei, for which I thank Prof. v. Lasaulx. Some of the blades radiate from the center of the chondrule, but most of them take different directions. Many cleavage cracks and transverse partings are visible. Irregularly shaped grains of pyrrhotite and brown glass are scattered about.

FIGURE 51.—Bronzite chondrule from the Mezö-Madaras stone. This cross section, confusing in appearance, consists of four bundles of parallel bronzite blades, each bundle going to extinction simultaneously. The bundle to the left, with a clear lattice-

like pattern, seems to consist of blades fused together in orthogonal rows and columns and is sectioned transversely to the blades. At upper right such a bundle is sectioned approximately parallel to the blades. The two remaining sections consist of such bundles sectioned diagonally to the blades. Bronzite blades in several aspects common in chondrites are combined in this one picture. The upper boundary of the chondrule is indented. It is surrounded by a dark groundmass and various chondrules.

FIGURE 52.—Cross section of a hard, dark-brown bronzite chondrule, of a type common in chondrites, in the chondrite Knyahinya. The plane of the section is transverse to the fine fibers. Along parts of the surface a very thin shell of granular texture is visible. The outer portions of the chondrule are gray, semitransparent, and in places display a very fine lattice texture. Individual areas tend each to go to extinction simultaneously. The central portion is almost opaque, probably because of an admixture of fine opaque grains. As in figure 51, the upper boundary is concave. The chondrule is surrounded mostly by grains and crystals of olivine.

Erklärung der Tafel XIV.

Figur 1. Die im Steine von Dhurmsala vorkommenden feinfaserigen Kügelchen sind hier durch das Bild eines Schnittes, welcher den divergirenden Fasern parallel ist, repräsentirt. Feine graue fächerförmig angeordnete Linien bezeichnen die excentrische Faserung. Am Rande oben und rechts gehen die trüben Fasern in grössere durchsichtige Bronzitindividuen aus. Opake Einschlüsse von Magnetkies machen sich besonders im oberen Theile bemerklich, im übrigen sind sie spärlich vertreten und bilden zuweilen sehr kleine sternförmige Gruppen. Eine Rinde ist nicht unterscheidbar.

Figur 2. Auch hier ist die radiafaserige Textur ausgesprochen, doch weniger deutlich, als im vorigen Falle, weil dickere Stengelchen und abweichend orientirte Körner von Bronzit öfters auftreten. Einschlüsse von Magnetkies finden sich besonders in den äusseren Theilen, ein grösserer kugeligter Einschluss dieser Art ist im unteren Theile bemerklich. An dem Umrisse, der elliptisch ist, hebt sich die etwas durchsichtige dünne Rinde von dem Inneren deutlich ab. Sie zeigt bei optischer Prüfung eine körnige Zusammensetzung. In der Nachbarschaft bemerkt man Olivin- und Bronzitkügelchen.

Figur 3. Das Auftreten jenes farblosen doppelbrechenden Silicates, welches eine Aelmlichkeit mit Monticellit zeigt, ist hier durch ein Bild aus dem Stein von Knyahinya charakterisirt. Die weissen Stellen entsprechen dem genannten Silicat. Sie scheinen von demselben Individuum herzurühren, da von untergeordneten Abweichungen abgesehen, alle gleichzeitig auslöschen. Im Ferneren bietet sich nichts Charakteristisches dar. Es zeigen sich nur krumme unregelmässige Sprünge und als Einschlüsse sehr kleine doppelbrechende Körnchen sowie eine Gruppe von Magnetkieskörnchen. Links oben bemerkt man gekrümmte Olivin, links unten parallelfaserigen Bronzit, welche beide mit dem farblosen Silicat innig verwachsen sind. Rechts ist ein Gemenge von Olivin und Magnetkies verbreitet.

Figur 4. Dieses Bild stellt dasselbe Silicat in einem Individuum vor, das wiederum eine einheitliche, etwas undulöse Auslöschung zeigt, hier jedoch an manchen Stellen feine Spaltlinien in drei Richtungen erkennen lässt. Die unregelmässigen Sprünge und die aus doppelbrechenden Körnchen bestehenden Einschlüsse treten auch hier auf. Zur Rechten hat man ein Korn von Olivin mit einer Tendenz zur Lamellenbildung in enger Verwachsung mit dem vorigen Silicat. Die Umgebung wird von Magnetkies und Olivin, der in Folge einer Zersetzung des ersteren braun gefärbt ist, gebildet.

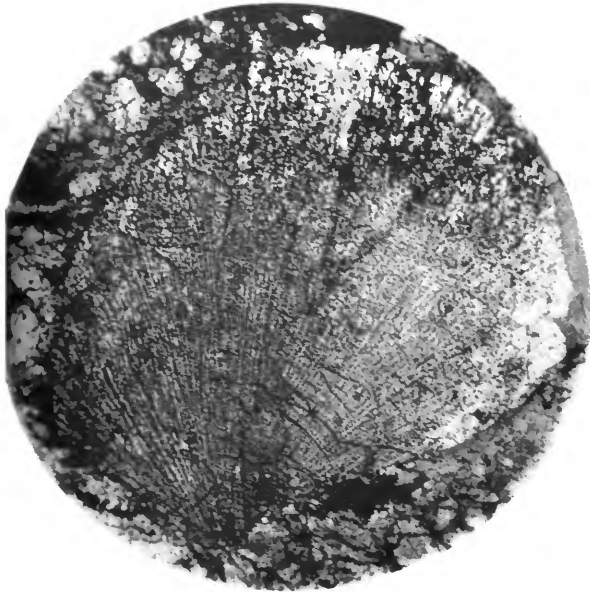
FIGURES 53-56 [PLATE XIV, FIGURES 1-4]

FIGURE 53.—The fine fibrous bronzite chondrules that occur in the chondrite Dhurmsala are represented by this picture of one sectioned parallel to the diverging fibers. Fine gray lines in fanlike form mark the eccentric system of fibers. Along the upper to right margin of the chondrule, larger transparent bronzite crystals are present instead of the semitransparent fibers. Opaque pyrrhotite inclusions are especially apparent in the upper part of the chondrule; elsewhere they are scarce, sometimes forming very small star-shaped clusters. No shell is visible.

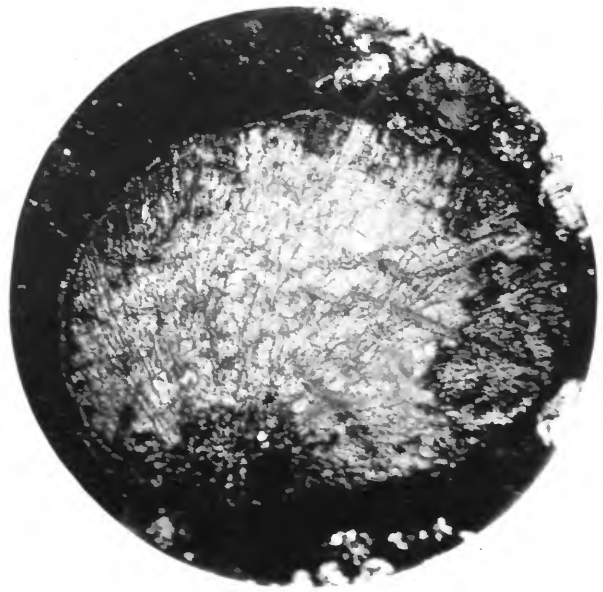
FIGURE 54.—A fibrous bronzite chondrule with a thin crust, in the chondrite Mezö-Madaras. The radiating fibrous texture also predominates here, but is less clear than in figure 53. Thicker fibers and bronzite grains whose orientation deviates from the radiating system are abundant. Inclusions of pyrrhotite are concentrated near the chondrule's surface; a larger spheroidal inclusion of this type is apparent near the bottom. Around the elliptical surface, a thin, semitransparent shell is clearly distinguishable from the interior. Optical examination shows it to be granular in texture. Other olivine and bronzite chondrules are visible around the chondrule.

FIGURE 55.—A colorless, birefringent silicate, similar to monticellite, in the chondrite Knyahinya (white areas in the figure). All white areas visible seem part of the same crystal, since they go to extinction simultaneously. No other properties of the substance have been determined. It contains only curved irregular cracks and, as inclusions, very small birefringent grains and a cluster of pyrrhotite grains. At upper left is olivine of visceral form; at lower left are parallel bronzite fibers; both are intergrown with the colorless silicate. To the right is a mixture of olivine and pyrrhotite.

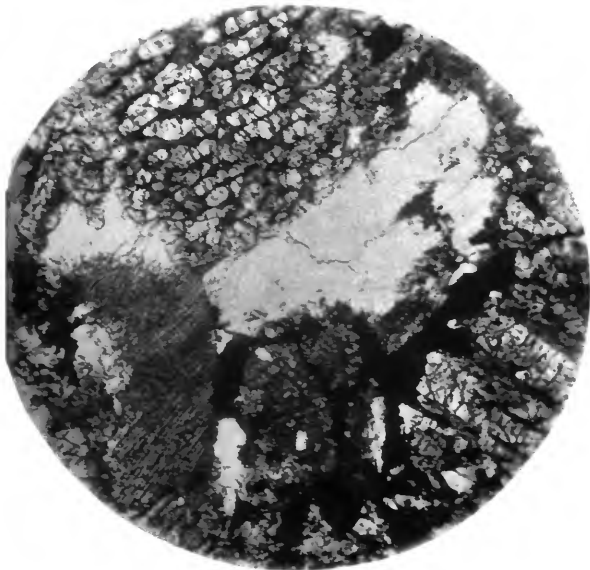
FIGURE 56.—A single crystal of the same silicate shown in figure 55 (Knyahinya), which goes to uniform though somewhat undulatory extinction. Here, however, fine cleavage cracks in three directions are visible in many places. Irregular cracks and birefringent inclusions are also present. To the right is an olivine grain, with a tendency to lamellar form, in close contact with the unknown silicate. Surrounding both are pyrrhotite and olivine, the latter colored brown by the decomposition of pyrrhotite.



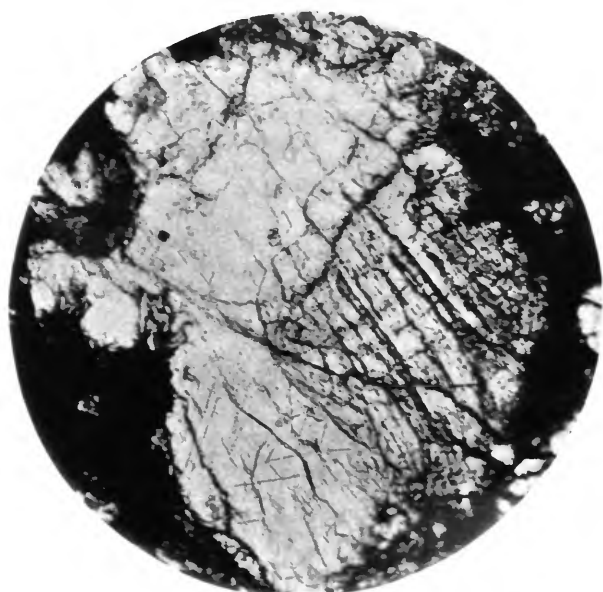
1 mm
FIGURE 53



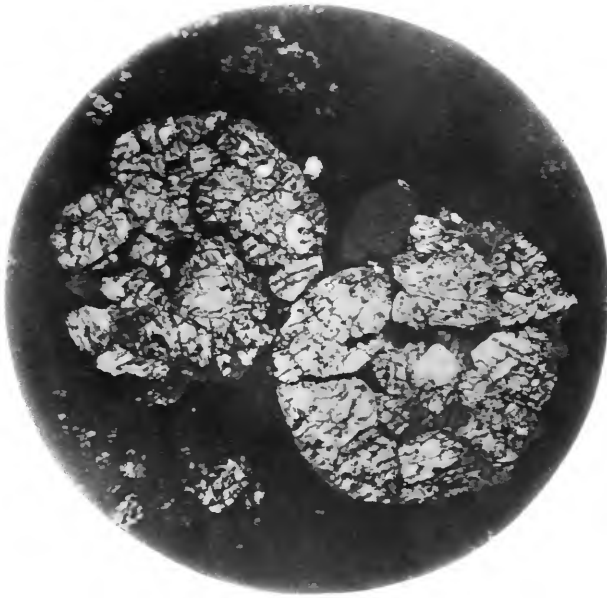
1 mm
FIGURE 54



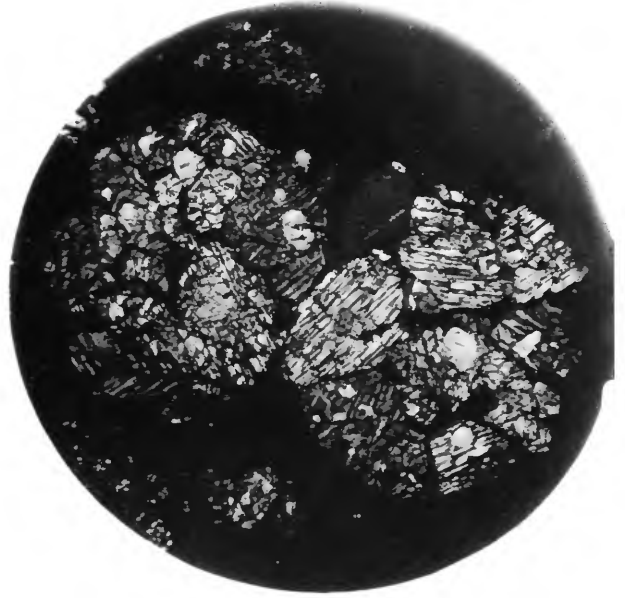
0.5 mm
FIGURE 55



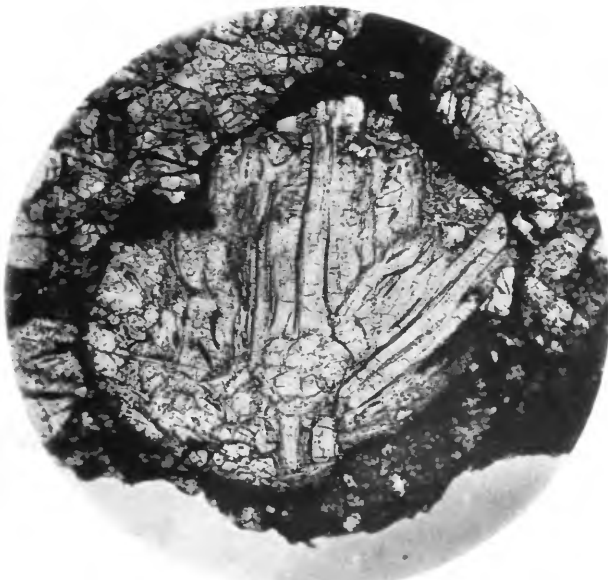
0.5 mm
FIGURE 56



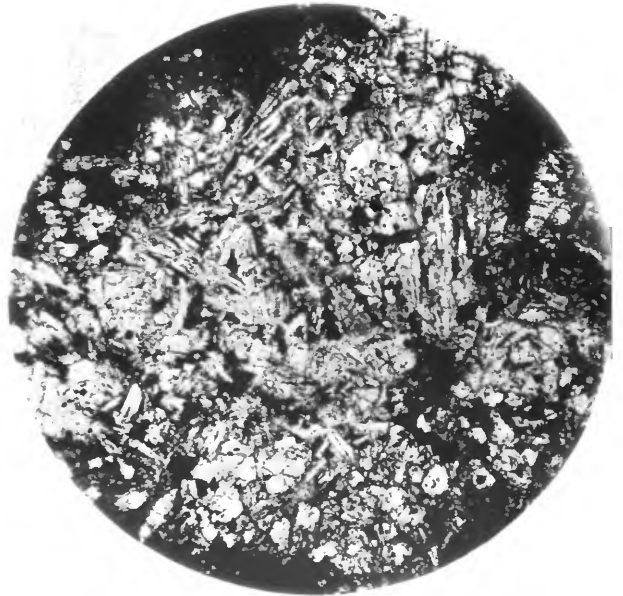
0.5 mm
FIGURE 57



0.5 mm
FIGURE 58



0.2 mm
FIGURE 59



0.2 mm
FIGURE 60

Erklärung der Tafel XV.

Figur 1. Der Gemengtheil, welcher als Augit bestimmt wurde, erscheint hier in Körnern, welche in dem dunklen Chondrit von Renazzo polysomatische Kügelchen zusammensetzen. Das Bild gibt die Durchschnitte zweier solcher Chondren, die einander berühren, nach der Aufnahme im gewöhnlichen Lichte wieder. Die Augitkörner haben stellenweise Umrisse, die an Krystalle erinnern. Manche umschliessen rundliche Olivinkörner, die wiederum Glaseinschlüsse und Magnetkies enthalten. Auch im Augit sind Kügelchen von Magnetkies verstreut. Zwischen den Augitkörnern ist eine braune Masse eingeklemmt, welche aus Glas und feinen Fasern besteht. Die Umgebung der Chondren ist eine schwärzliche Grundmasse.

Figur 2. Dieselben zwei Chondren bieten im polarisirten Lichte das Bild einer lamellaren Zwillingverwachsung, welche dem Augit in den Chondriten allgemein zuzukommen scheint. Die Lamellirung ist weder so scharf noch so eben, wie in den Plagioklasen. Die deutlich gestreiften Schnitte zeigen wenig lebhaft Farben, die anderen aber öfters schöne helle Farbentöne. Der grösste Unterschied in der Auslöschung benachbarter Lamellen beträgt etwa 35°. Die Olivinkörner heben sich von der Umgebung durch ihre Farben deutlich ab.

Figur 3. Ein Beispiel jener Augitchondren, in welchen die Individuen eine Durchwachsung zeigen, aus dem Stein von Mezö-Madaras. In der Mitte bemerkt man ein Individuum, welches in aufrechter Richtung Spaltlinien und gestreckte Einschlüsse zeigt, oben eine dachförmige Endigung erkennen lässt und unten von einem kleinen Individuum durchdrungen ist. Das grosse Individuum gibt im polarisirten Lichte ein System von öfters krummen und absätzigen Streifen parallel der aufrechten Richtung, entsprechend vielen Lamellen parallel 100, deren Auslöschungen mit dieser Ebene beiderseits ungefähr 20° bilden. Rechts hat man ein zweites Individuum, welches in eine schiefe Spitze ausgeht und keine Lamellirung zeigt. Die Auslöschungsschiefe ist hier kaum 9°. In der Lücke zwischen diesem und dem Hauptindividuum ist ein Gemenge von Glas und Augit, letzterer in Körnern und Nadeln, eingeklemmt. Das grünliche Glas erscheint auch in den schlauchförmigen Einschlüssen des grossen Individuums. Links unten zeigen sich mehrere Individuen, deren grösstes schief durchschnitten ist, so dass die schlauchförmigen Einschlüsse einen spindelförmigen Querschnitt ergeben. Die Umgebung ist zunächst eine dunkle Grundmasse, ferner treten in der Nachbarschaft Olivinchondren auf.

Figur 4. Der spreuförmige Augit mit Olivin, Magnetkies und Glasgrundmasse ein Gemenge darstellend, welches viele Chondren im Stein von Renazzo bildet und auch in andren Chondriten gefunden wird. Die meisten der stäbchenförmigen Augitschnitte zeigen schiefe Auslöschung, die breiten oft eine grobe Lamellirung. Bei starker Vergrösserung bieten die Augite, namentlich bezüglich der Glaseinschlüsse, denselben Charakter dar wie im vorigen Bilde. Die Olivinkörner heben sich durch ihre Form und ihr Verhalten im polarisirten Lichte von der Umgebung ab. Der Magnetkies ist in runden Körnchen verstreut. Die Grundmasse zeigt die Erscheinungen der Entglasung.

FIGURES 57-60 [PLATE XV, Figures 1-4]

FIGURE 57.—Two polysomatic chondrules consisting mostly of augite grains, from the dark chondrite Renazzo, viewed by unpolarized light. In places, the augite grains have outlines similar to crystals. Some grains enclose rounded olivine grains which in turn contain glass inclusions and pyrrhotite. Small pyrrhotite spheres are also scattered in the augite. A brown mass of glass and fine fibers fills the space between the augite grains. A black groundmass surrounds the chondrules.

FIGURE 58.—The two chondrules shown in figure 57, viewed by polarized light (planes of polarization horizontal and vertical), display a lamellar twinning structure such as generally occurs in the augite in chondrites. The lamellae are neither so sharply defined nor so flat as in plagioclase. The distinctly striped grains show few high-order interference colors, but most of the others are brightly colored. The maximum angle between extinction positions of adjacent lamellae is approximately 35°. The olivine grains are easily distinguished from their surroundings by their color.

FIGURE 59.—An example of an augite chondrule in which the augite crystals penetrate one another; from

the Mezö-Madaras stone. In the center a crystal displays cleavage cracks and elongated inclusions in the vertical direction and a rooflike termination at the top; near the bottom it is penetrated by a small crystal. By polarized light the large crystal shows a system of vertical stripes, slightly curved and in places interrupted corresponding to multiple lamellae parallel to {100}. The lamellae go to extinction at about 20° from the vertical, in one direction or the other. To the right is a second crystal which terminates in a point and shows no lamellar structure. Its extinction angle is scarcely 9°. The space between this and the main crystal is filled with a mixture of glass and augite, the latter in grains and needles. This greenish glass appears also in the tubelike inclusions of the main crystal. At lower left are several crystals, the largest of which is sectioned diagonally, so that its tubelike inclusions present spindle-shaped cross sections. The chondrule is surrounded by a dark groundmass and olivine chondrules.

FIGURE 60.—Many chondrules in Renazzo and other chondrites consist of a mixture of chafflike augite, olivine, pyrrhotite, and glass groundmass. The example pictured here occurs in Renazzo. Most of the narrow augite sections show inclined extinction; wide crystals are often coarsely lamellar. Greater magnifica-

(Continued on p. 214)

tion shows that the glass inclusions in the augite have the same character as those in figure 59. Olivine grains can be distinguished from their surroundings by their

form and behavior in polarized light. Pyrrhotite is dispersed in round grains. The groundmass shows signs of devitrification.

Erklärung der Tafel XVI.

Figur 1. Der Gemengtheil der Chondrite, welcher als Plagioklas bestimmt wurde, in der Form eines scharfen Splitters, umgeben von dunkler Grundmasse und Olivinkörnern im Stein von Murcia. Im polarisirten Lichte wird die Lamellirung, welche schon im gewöhnlichen Lichte bemerkbar ist, sehr deutlich und es zeigen sich abwechselnde breitere und sehr schmale Streifen. Die Nicolhauptschnitte sind hier und im folgenden Bilde horizontal und vertical zu denken. Ich verdanke den Schlift Hrn. Oberbergrath M. WEBSKY.

Figur 2. Ein Plagioklaskörnchen mit rundlichem Umriss, verwachsen mit Olivin und Magnetkies in dem Steine von Mocs. Während im gewöhnlichen Lichte keine Lamellirung zu sehen ist, erscheint dieselbe im polarisirten Lichte deutlich, indem verhältnissmässig breite Streifen hervortreten.

Figur 3. Das gewöhnliche Vorkommen der Plagioklaskörner in den Chondriten wird hier durch ein Bild aus dem Stein von Milena bei schwacher Vergrösserung charakterisirt. Alle weissen Stellen entsprechen dem Plagioklas, welcher mit Olivin, stellenweise auch mit Magnetkies innig verbunden ist und meistens als Zwischenklemmungsmasse vorkommt. Der Plagioklas umschliesst häufig grössere bis staubartig feine Körnchen von Olivin und auch von Magnetkies. Im polarisirten Lichte gibt er nur selten Streifen, meistens eine undulöse Auslöschung.

Figur 4. Eine zuweilen vorkommende, etwas regelmässige Verwachsung von Plagioklas mit Olivin und Magnetkies, in der Form eines Kugelchens im Steine von Dhurmsala. Alle blassen Stellen entsprechen dem Plagioklas, der stark vorherrscht und von schmalen Streifen, welche sowohl von Lamellen als von Stäbchen herrühren dürften, durchsetzt wird. Dieselben tragen den Charakter des Olivins und bilden vorwiegend zwei Parallelsysteme, die jedes für sich einheitlich auslöschten. Dies erinnert lebhaft an die Olivinlamellen mit zwischengeklemmtem Glas in Fig. 2 und 4 auf Taf. X. Hier aber ist der Plagioklas das Zwischenmittel, doch zeigt sich im polarisirten Lichte der letztere aus mehreren grossen und einigen kleineren Körnern zusammengesetzt, welche letzteren zum Theile die feine Streifung zeigen. Die grossen Körner erscheinen einfach, sie werden in der Erstreckung durch die Olivinlamellen gar nicht beschränkt, sie greifen vielmehr immer über mehrere desselben Systemes hinaus. Die schwarzen Stellen entsprechen dem Magnetkies, welchem jedoch auch ein wenig dunklen Glases anzuhängen scheint. Die stellenweise vorkommenden schwarzen feinen Netze und staubigen Einschlüsse können auf Chromit oder Magnetkies bezogen werden. Die Umgebung des Kugelchens, welches auf der rechten Seite abgeplattet erscheint, ist ein Gemenge von Olivin, Eisen, Magnetkies und dem Monticellit-ähnlichen Silicat.

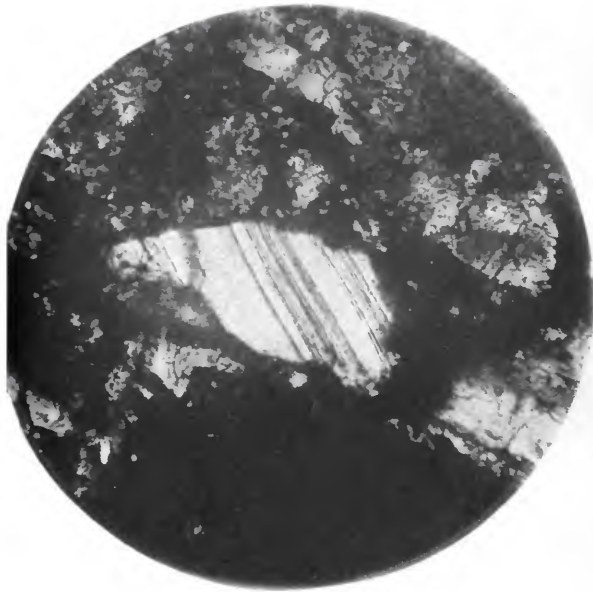
FIGURES 61-64 [PLATE XVI, FIGURES 1-4]

FIGURE 61.—An angular fragment of plagioclase surrounded by dark groundmass and olivine grains, in the chondrite Molina, viewed by polarized light. Twin lamellae, which are also visible by ordinary light, are conspicuous as alternating wide and very narrow stripes. Planes of polarization are horizontal and vertical with respect to the page in this and subsequent figures.

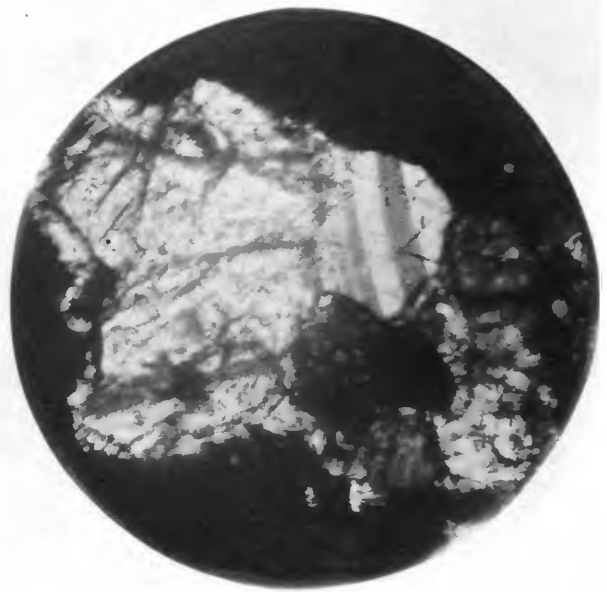
FIGURE 62.—A plagioclase grain with rounded outlines, in contact with olivine and pyrrhotite in the chondrite Mocs, viewed by polarized light. Although no lamellae are visible by ordinary light, they appear by polarized light and consist of relatively wide bands.

FIGURE 63.—The usual appearance of plagioclase grains in chondrites, illustrated here by a low-power photomicrograph of Milena. All white areas are plagioclase, which occurs in close contact with olivine and, in places, pyrrhotite. The plagioclase usually fills interstices between other mineral grains and frequently encloses dust-sized and larger grains of olivine and pyrrhotite. Few twin lamellae are visible by polarized light; extinction is usually undulose.

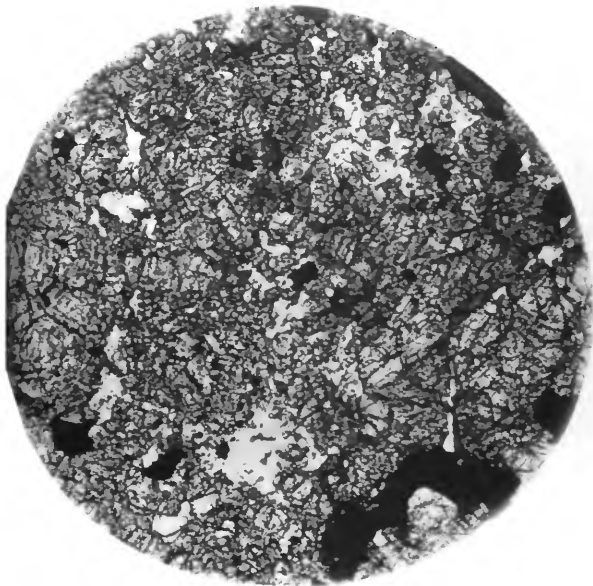
FIGURE 64.—A chondrule—of a type encountered occasionally—consisting of a regular fabric of plagioclase with olivine and pyrrhotite, in the chondrite Dhurmsala. All light areas are plagioclase, the predominant constituent. It is traversed by parallel stripes which are rods and plates of olivine. They form two parallel systems, each of which is optically continuous, reminiscent of the olivine lamellae with intervening glass layers shown in figures 38 and 40. However, in this chondrule plagioclase intervenes; by polarized light this can be seen to consist of several large and a few smaller grains. Some of the small grains contain fine twin lamellae. The large grains appear to be untwinned; they do not terminate against the olivine lamellae; instead each encloses or transgresses several lamellae. The black grains are pyrrhotite, to which some dark glass appears to be attached. The occasional fine black networks and dustlike inclusions are chromite or pyrrhotite. The chondrule, which is flattened on its right side, is surrounded by a mixture of olivine, iron, pyrrhotite, and the monticellite-like silicate.



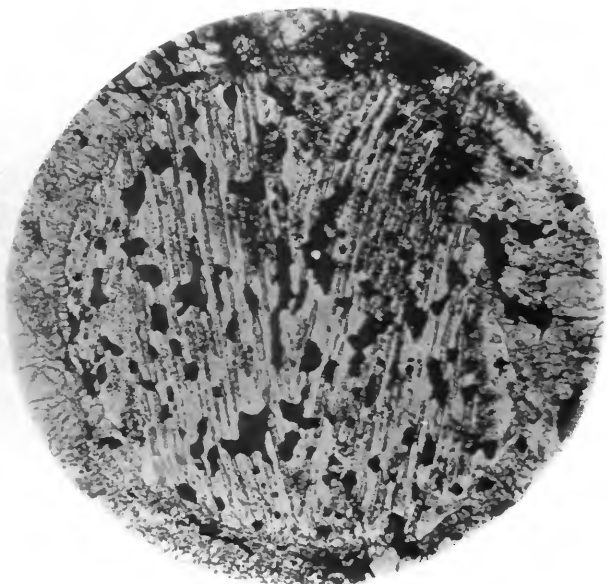
0.1 mm
FIGURE 61



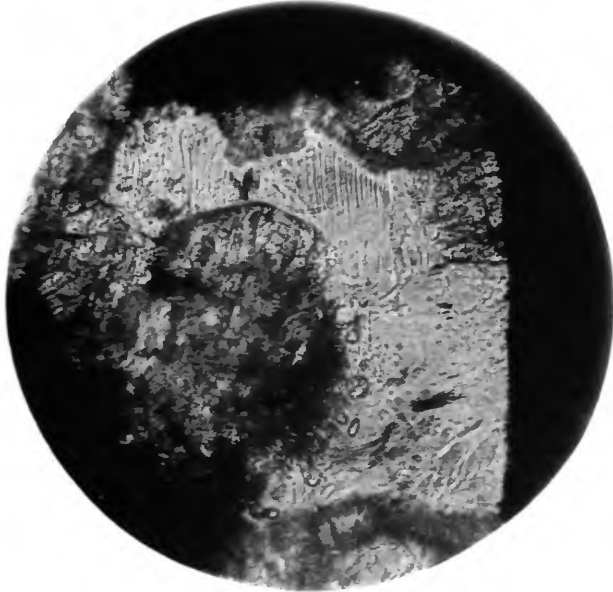
0.1 mm
FIGURE 62



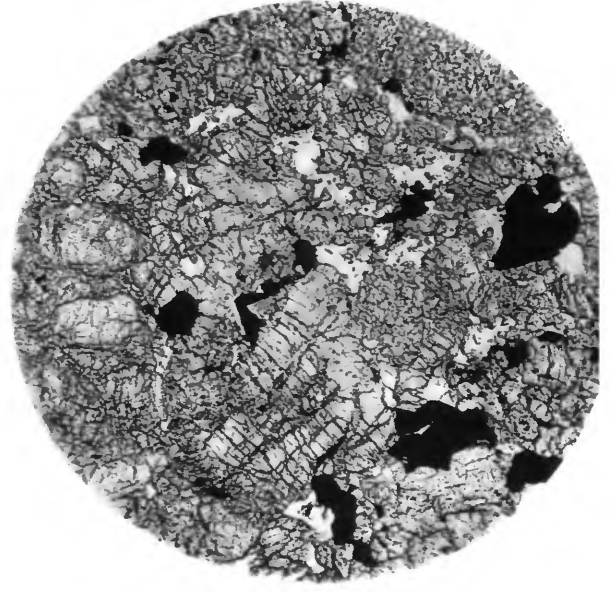
0.5 mm
FIGURE 63



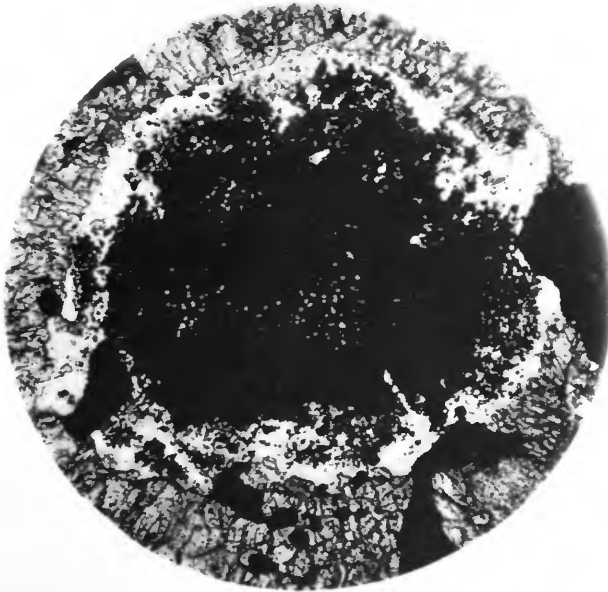
0.5 mm
FIGURE 64



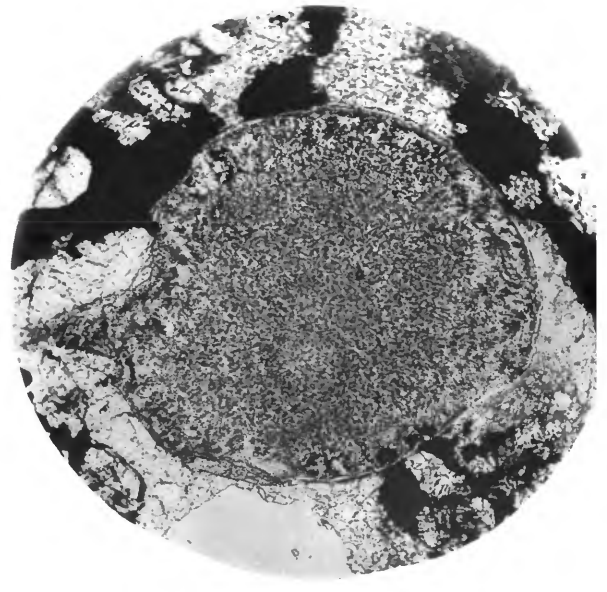
0.1mm
FIGURE 65



1mm
FIGURE 66



0.2 mm
FIGURE 67



0.2 mm
FIGURE 68

Erklärung der Tafel XVII.

Figur 1. Das farblose einfachbrechende Glas, als Maskelynit bezeichnet, welches in vielen Chondriten vorkommt, ist hier durch eine Probe aus dem Stein von Alfianello bei stärkerer Vergrößerung repräsentirt. Im oberen Theile des Bildes erblickt man parallele Linien, welche blos von einer Verschiedenheit der Lichtbrechung herrühren. Rechts oben und links unten ist der Maskelynit von Olivin begränzt, im übrigen von Magnetkies. Im Inneren zeigen sich an einigen Stellen Körner von Olivin. Zur Rechten hat der Maskelynit eine geradlinige Begränzung.

Figur 2. Das gewöhnliche Auftreten des Maskelynits in unregelmässigen meist lappigen Partikeln, welche häufig Olivinkörner einschliessen und von Magnetkies begleitet werden, ist hier durch ein Bild aus dem vorgenannten Stein dargestellt. Die Grundmasse, in welcher der Maskelynit verstreut erscheint, besteht vorwiegend aus grösseren und kleineren Körnchen von Olivin und Magnetkies. Links unten hat man auch ein scharfeckiges Partikelchen von Chromit.

Figur 3. Das Bild gibt den Durchschnitt einer der schwarzen, im Bruche glasglänzenden Kugeln wieder, welche in dem Stein von Chateau Renard stellenweise vorkommen. Die Grundmasse der Kugel ist Maskelynit, der an einigen Stellen wiederum die feinen parallelen Linien zeigt und an der Oberfläche der Kugel nur wenige schwarze Einschlüsse enthält. Im Inneren sind aber die opaken Körner in grosser Menge vorhanden. Einige derselben lassen sich im auffallenden Lichte als Magnetkies erkennen. Die Umgebung der Kugel wird hauptsächlich von körnigem Olivin, zum Theil von Magnetkies gebildet.

Figur 4. Eine halbdurchsichtige blassblaue Kugel im Stein von Tipperary, welche die Erscheinungen vorgeschrittener Entglasung darbietet. Im polarisirten Lichte zeigt sich eine Zusammensetzung aus vielen kleinen doppelbrechenden Körnchen ohne scharfe Umrisse die miteinander und mit der glasigen Grundmasse verfließen. Dieselben dürften für Olivin zu halten sein. Die sehr dünne doppelbrechende Rinde hat den Charakter des Olivins. Die Umgebung der Kugel ist eine körnige Grundmasse, welche aus Olivin und Eisen besteht.

FIGURES 65-68 [PLATE XVII, FIGURES 1-4]

FIGURE 65.—An example of the colorless isotropic glass maskelynite which occurs in many chondrites, from the chondrite Alfianello. Parallel lines, due to differences in refractivity, can be seen in the upper part of the grain. The maskelynite is bounded by olivine at the upper right and lower left; elsewhere, by pyrrhotite. The maskelynite has a straight border to the right and includes a few grains of olivine.

FIGURE 66.—The usual mode of occurrence of maskelynite, in irregular, usually lobate particles, enclosing numerous olivine grains and accompanied by pyrrhotite; again in the chondrite Alfianello. The groundmass in which maskelynite is dispersed consists mostly of large and small grains of olivine and pyrrhotite. At lower left is a sharp-edged chromite particle.

FIGURE 67.—The chondrite Château-Renard contains occasional black chondrules whose fracture surfaces

have a vitreous luster; this figure shows an example. The groundmass of the chondrule is maskelynite, which again displays the fine parallel lines in several places. Only a few black inclusions are embedded near the surface of the chondrule, but opaque grains are abundant in its interior. By reflected light, some of these can be identified as pyrrhotite. The chondrule is surrounded mostly by olivine, in part by pyrrhotite.

FIGURE 68.—A semitransparent, pale blue chondrule that appears to be in an advanced state of devitrification; in the chondrite Mooresfort. By polarized light it is seen to consist of many small birefringent grains (olivine) without sharp outlines, which blend into one another and into the glassy groundmass. The very thin birefringent crust has the character of olivine. Around the chondrule is a granular groundmass of olivine and iron.

Erklärung der Tafel XVIII.

Figur 1. Um den Charakter der vorzugsweise aus Glas bestehenden Chondren durch ein einziges Bild anzuzeigen, wurde dieses Beispiel aus dem Chondrit von Mezö-Madaras gewählt, welches in der blass-bräunlichen Grundmasse mehrere lange so wie auch einige kurze Olivinkrystalle, ferner rechts unten farnkrautähnliche Bildungen und links oben eine netzförmige Krystallisation, aus rechtwinkelig angeordneten Nadeln bestehend, endlich auch einzelne feine Nadeln erkennen lässt. Die Olivine sind öfters am Ende gabelig. Die Umgebung der Glaskugel wird von einer Grundmasse, in der Olivinkrystalle hervortreten, gebildet.

Figur 2. Die Erscheinung der Entglasung, welche die Zwischenmasse der Chondren so häufig darbietet, ist hier durch einen Fall im Stein von Lancé dargestellt. Eine porphyrische Olivinkugel, in welcher die Krystalle theils enge aneinander liegen, theils durch eine halbglasige Zwischenmasse getrennt sind, zeigt in der letzteren an vielen Stellen theils einzelne feine doppelbrechende Nadeln, theils netzartige Krystallisationen von rechtwinkelig angeordneten Nadelchen, endlich wie im vorliegenden Falle Haufwerke von derlei Nadeln, so dass an diesen Stellen kein durchsichtiges Glas, sondern eine trübe Zwischenmasse die Olivinkrystalle verbindet. An einzelnen Stellen ist die glasige Zwischenmasse dunkelbraun gefärbt.

Figur 3. Eine Andeutung des ungemein seltenen Falles, in welchem der Glaseinschluss in den Krystallen eine Libelle zeigt, wird hier durch eine Darstellung aus dem Stein von Lancé gegeben. In der schwarzen Grundmasse liegt ein Splitter von Olivin mit einem Glasei. Dasselbe erscheint im Bilde links oben und ist von einer kleinen Libelle begleitet. Das Glas ist kaum merklich gefärbt.

Figur 4. In den festen körnigen Chondriten enthält der Olivin zahlreiche Glaseinschlüsse, deren Charakter hier durch eine Probe aus dem Stein von Stauropol bezeichnet ist. Die kleineren Einschlüsse haben oft scharfe Umrisse und sind parallel angeordnet, entsprechen also negativen Krystallen; auch manche der unregelmässigen Einschlüsse haben noch diesen Charakter, so namentlich der grosse Einschluss links oben mit horizontaler Riefung. Im übrigen sind eiförmige und verschiedentlich geformte Glaspartikel vorhanden. Stellenweise zeigen die kleinen Einschlüsse eine Tendenz zu linearer Anordnung.

FIGURES 69-72 [PLATE XVIII, FIGURES 1-4]

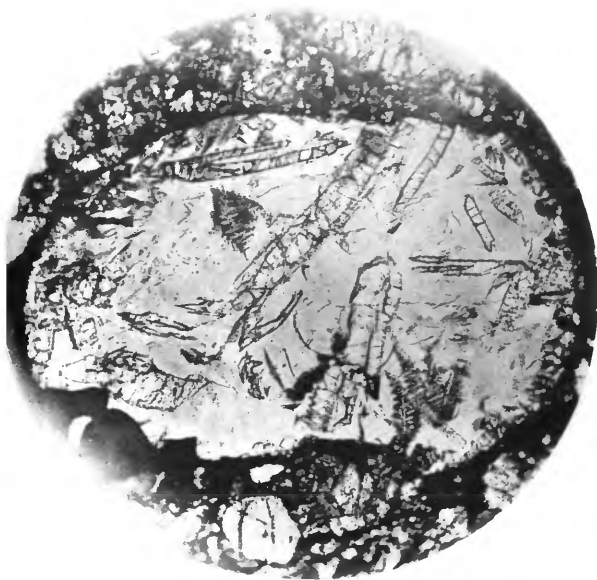
FIGURE 69.—A glass chondrule from the chondrite Mezö-Madaras. The pale brown glass contains a number of long and short olivine crystals, a fernlike structure at lower right, a crystalline network of needles in orthogonal array at upper left, and several individual fine needles. Forked or bifurcated olivine crystals are common. The chondrule is embedded in a groundmass in which olivine predominates.

FIGURE 70.—An example of devitrification, as it frequently appears in the glassy groundmasses of chondrules. [In the 1885 edition, this figure is variously ascribed to Renazzo and to Lancé.] A portion of porphyritic olivine chondrule is shown, in which some olivine crystals are pressed close against one another, others are separated by a semivitreous groundmass. In the latter situation, as seen in the picture, systems of fine, birefringent individual needles, perpendicular crystalline networks, and aggregates of needles are present. Locally the groundmass joining the olivine

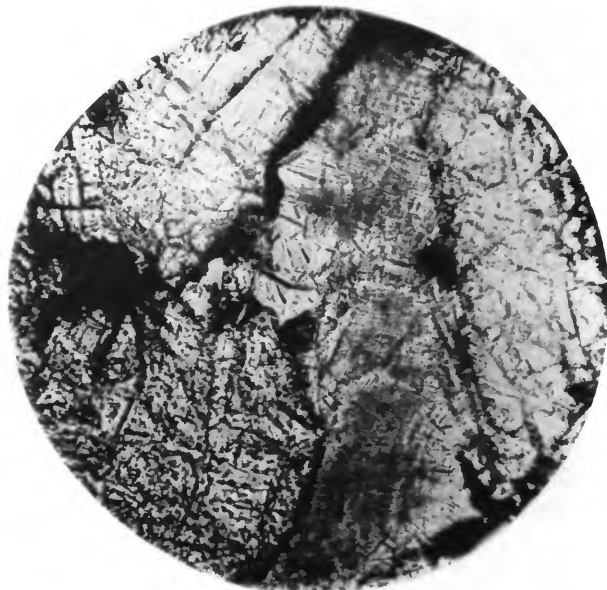
crystals consists of this translucent mixture instead of transparent glass. In several places the glassy groundmass is colored dark brown.

FIGURE 71.—A glass inclusion containing a bubble, in olivine in the chondrite Lancé. These bubbles are extremely rare. The almost colorless inclusion occurs in the upper left part of the olivine grain, which is embedded in a black groundmass.

FIGURE 72.—Olivine in the hard, granular chondrites contains numerous glass inclusions, whose character is illustrated by this example from the chondrite Stavropol. The smaller inclusions often have sharp outlines, are oriented parallel to one another, and therefore are negative crystals. Many of the irregular inclusions are also negative crystals, particularly the large inclusion at upper left, which has horizontal striations. In addition to these, glass particles that are egg-shaped or otherwise formed are present. Locally the small inclusions show a tendency to linear arrangement.



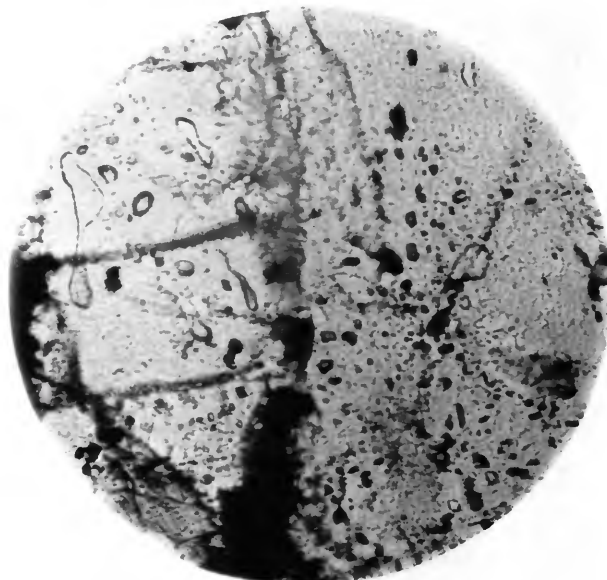
0.5 mm
FIGURE 69



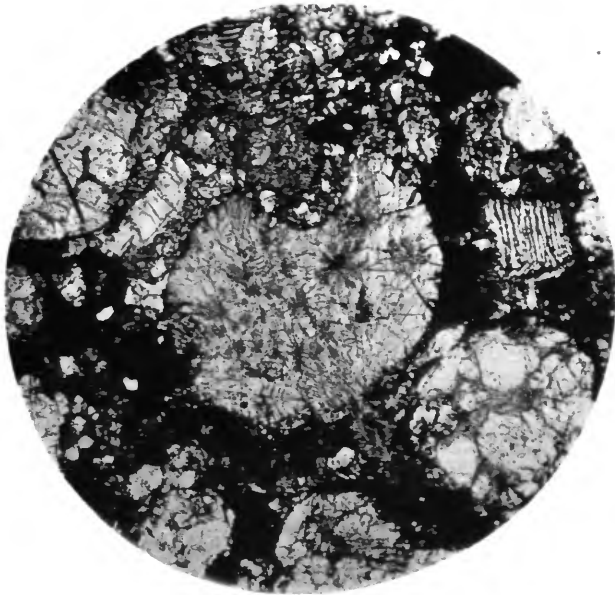
0.1 mm
FIGURE 70



0.1 mm
FIGURE 71



0.1 mm
FIGURE 72



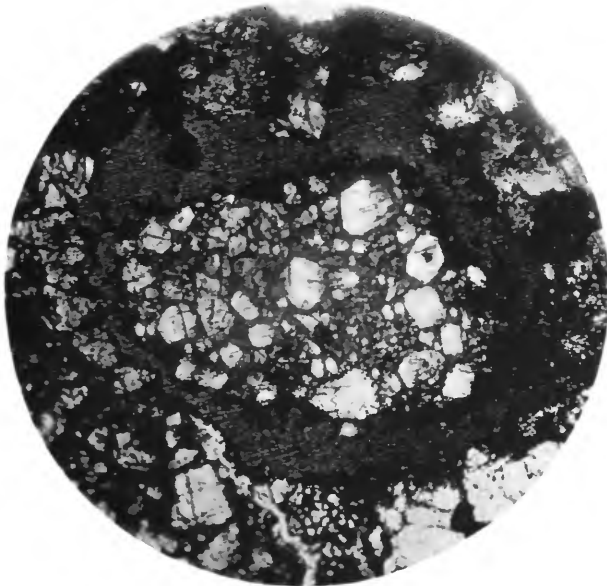
1mm

FIGURE 73



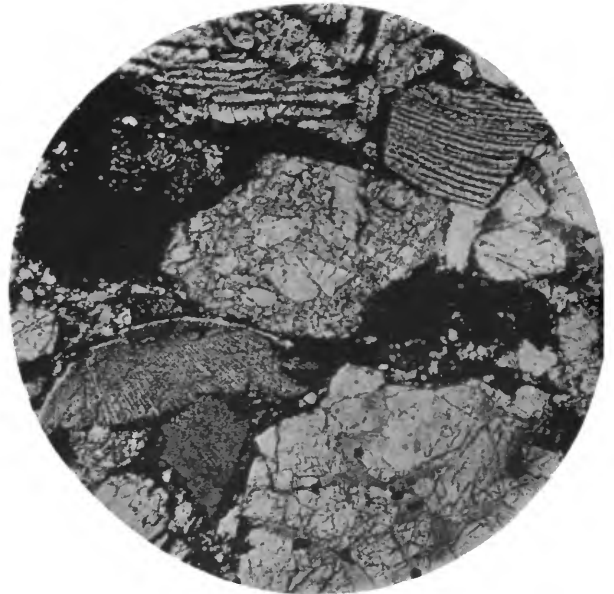
0.2 mm

FIGURE 74



1mm

FIGURE 75



0.5 mm

FIGURE 76

Erklärung der Tafel XIX.

Figur 1. Zweierlei Entglasung in einer braunen Kugel des Meteoriten von Mezö-Madaras. Einerseits erkennt man eine zarte excentrisch-radiale Faserung, deren Strahlungspunkt im Bilde an der unteren Grenze der Kugel liegt, andererseits bemerkt man viele Mikrolithe in radial angeordneten Flocken, welche im Durchschnitte blumenartige oder sternförmige Zeichnungen liefern. Die Fasern sind ungemein fein, ihre Farbe ist die des braunen Glases im selben Chondriten. Am oberen Rande zeigt die Kugel eine tiefe Einbuchtung. Die Umgebung ist zum Theile dunkle Grundmasse mit Partikeln von Magnetkies und Eisen, zum Theile sind es Olivinchondren oder Splitter von solchen.

Figur 2. Eine Doppelkugel im Stein von Borkut. Der kleinere Theil ist eine monosomatische gefächerte Olivinkugel mit trüber Zwischenmasse und blasser durchsichtiger Rinde; die grosse Kugel, welche die kleinere zur Hälfte umschliesst, ist von derselben Beschaffenheit und löscht gleichzeitig mit dieser aus. Da der Stein von Borkut beim Schleifen leicht zermahlen wird, so ist auch die Doppelkugel zum Theil aus ihrer Verbindung mit den Nachbarn gebracht.

Figur 3. Um die häufig vorkommende Umhüllung der Chondren durch eine Eisenrinde in einem Beispiele darzustellen wurde ein Präparat des Steines aus Cabarras Cty. bei gleichzeitiger Wirkung des auffallenden und des durchfallenden Lichtes photographirt. Das Eisen, welches bei der Betrachtung im durchgehenden Lichte schwarz erscheinen würde, zeichnet sich hier grau mit den Merkmalen der Rauigkeit auf der geschliffenen Fläche. Die Eisenrinde, welche die porphyrische Olivinkugel umgibt, ist von ungleicher Dicke und stellenweise schwammig.

Figur 4. Der Tuffcharakter, welcher in vielen Chondriten erkennbar ist, wird hier durch eine Probe aus dem Chondrit von Mezö-Madaras illustriert. Das Bild zeigt durchweg Splitter von Chondren, verbunden durch eine spärliche dunkle Grundmasse. Oberhalb sieht man Theile von Olivinchondren, einen kleinen Splitter mit deutlichem Lamellenbau, in der Mitte das stumpfeckige Bruchstück einer porphyrischen Olivinkugel mit heller Glasmasse, rechts davon Olivinsplitter und Magnetkies, links ein Eisenkorn. Unterhalb hat man links die Splitter von einer radial-faserigen Bronzitkugel, rechts ein Stück von einer porphyrischen Olivinkugel mit stark entglaster Zwischenmasse.

FIGURE 73-76 [PLATE XIX, FIGURES 1-4]

FIGURE 73.—A brown bronzite chondrule containing star-shaped microlites, in the chondrite Mezö-Madaras. Two types of devitrification are evident here. First, a faint eccentrically radiating fibrous texture is visible, whose point of origin lies on the lower surface of the chondrule. The fibers are extremely fine and have the same brown color as the glass in the chondrule. Second, numerous microlites form radially disposed flakes which resemble flowers or stars in cross section. The upper surface of the chondrule is deeply indented. Surrounding it are chondrules and fragments of olivine in a dark groundmass with iron and pyrrhotite particles.

FIGURE 74.—A double chondrule in the chondrite Borkut. The smaller part is a monosomatic compartmented olivine chondrule with a pale transparent shell; translucent material fills the space between olivine plates. The large chondrule, which partly encloses the small one, is of the same character; both go to extinction simultaneously. Borkut is fragile and tends to disintegrate during sectioning, so that the double chondrule is partially separated from its original matrix.

FIGURE 75.—Many chondrules are armored by an iron shell, as in this example from the chondrite Monroe. The specimen is illuminated by both transmitted and reflected light so that the iron, which would appear black by transmitted light alone, here looks gray in tone and shows the roughness of its surface (from grinding of the section). The iron shell, which encloses a porphyritic olivine chondrule, is of unequal thickness and in places is spongy and porous.

FIGURE 76.—The tuffaceous character of many chondrites is illustrated here by a photomicrograph of a portion of Mezö-Madaras. Fragments of chondrules appear throughout, bound together by a sparse dark groundmass. Above, parts of olivine chondrules are visible, including a small fragment with well-defined lamellar structure; in the middle, a rounded-off fragment of porphyritic olivine chondrule with light glass groundmass; to the right, olivine fragments and pyrrhotite; to the left, an iron grain. At lower left a fragment of a radiating fibrous bronzite chondrule can be seen and, at lower right, a piece of a porphyritic olivine chondrule with highly devitrified groundmass.

Erklärung der Tafel XX.

Figur 1. Um zu zeigen, dass die kohligten Chondrite wie jener vom Capland nur durch die Imprägnation der Grundmasse von den übrigen verschieden sind, und Chondren derselben Art enthalten, wurde eine Stelle aus dem genannten Stein, welche eine porphyrische Olivinkugel mit dunkelbraunem Glase und ziemlich deutlichen Krystallen darbietet, zur Darstellung gebracht. Da die schwarze Grundmasse beim Schleifen leicht zerbröckelt, so ist diese im Präparat vielfach zerrissen. Man sieht in derselben ausser den Chondren auch viele kleine durchsichtige Olivinsplitter.

Figur 2. Für die kohligten Chondrite sind die feinkörnigen lappigen Bildungen charakteristisch, welche hier durch eine Probe aus dem Stein von Grosnaja repräsentirt werden. Die Masse dieser Chondren erscheint im durchfallenden Lichte grau bis bräunlich, von filzartiger Textur mit vielen trüben Flocken und schwarzen Punkten. Im polarisirten Lichte erkennt man, von den trüben Stellen abgesehen, eine innige Verbindung feiner doppelbrechender Körnchen. Das Ganze hat Aehnlichkeit mit der trüben entglasten Zwischenmasse vieler Chondren.

Figur 3. Als ein Beispiel von löcheriger Struktur mancher Chondrite ist hier eine Stelle in einem Präparat aus dem Stein von Goalpara abgebildet. Die weissen Stellen in diesem Bilde sind nicht etwa durch Herausfallen einzelner Theilchen beim Schleifen bedingt, sondern rühren von ursprünglich vorhandenen Löchern her. Diese sind meist von schwarzer Grundmasse umgränzt. Auf der rechten Seite des Bildes erkennt man zwei Krystallindividuen, deren eines rundliche Umriss hat. Diese Körner, welche als Enstatit bestimmt wurden, bedingen das porphyrische Gefüge des Steines. In der Grundmasse heben sich viele kleine Körner hervor, die als Olivin zu deuten sind. Die schwarze Masse besteht aus Eisen und einem matten Körper, welcher als halbglasige kohlige Zwischenmasse die Körnchen umgibt und in deren Sprünge in feinen Verästelungen eindringt.

Figur 4. Die körnige Beschaffenheit der festen Chondrite ist hier durch ein dem Stein von Erxleben entnommenes Bild illustriert. In der Mitte oben zeichnet sich ein längliches Bronzitkorn mit kleinen durchsichtigen und grossen länglichen dunklen Glaseinschlüssen. Darunter bemerkt man ein lichtiges Körnchen ohne Zeichnung, welches einem Plagioklas angehört, da es im polarisirten Lichte eine deutliche Streifung zeigt. Im Uebrigen hat man Olivinkörner, unten rechts ein solches mit horizontalen Streifen, welche von Lamellen und dem zwischenliegenden Glase herrühren. Die grossen schwarzen Flecken sind die Schattenbilder von Eisen, theilweise von Magnetkies.

FIGURES 77-80 [PLATE XX, FIGURES 1-4]

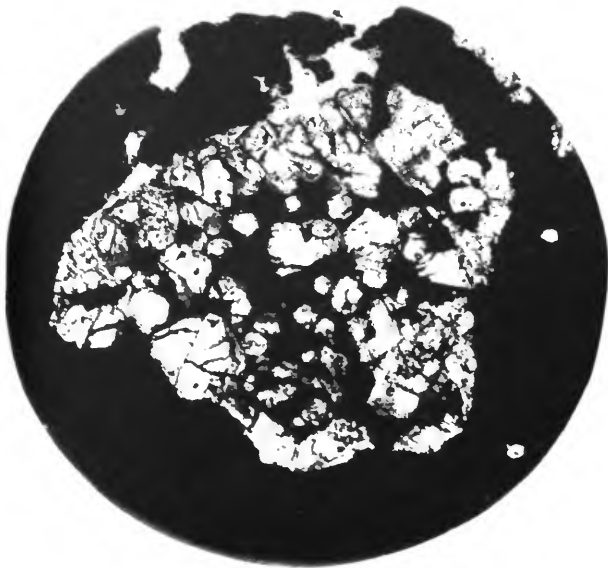
FIGURE 77.—An olivine chondrule in the carbonaceous chondrite Cold Bokkeveld. Carbonaceous chondrites like this differ from other chondrites only in the impregnation of their groundmasses; both types contain chondrules of the same kind. This figure shows a porphyritic olivine chondrule containing dark brown glass and well-defined crystals. The black groundmass tended to crumble during sectioning, hence the gaps visible in the section. Besides the chondrule, several small transparent olivine fragments can be seen.

FIGURE 78.—Fine-grained chondrules of lobate form, characteristic of carbonaceous chondrites, in the Grosnaja stone. By transmitted light these chondrules appear gray to brownish, of feltlike texture with many translucent flakes and black dots. By polarized light, a compact texture of fine birefringent grains can be seen, except in the translucent areas. The whole is similar to the cloudy devitrified groundmasses occurring in many chondrules.

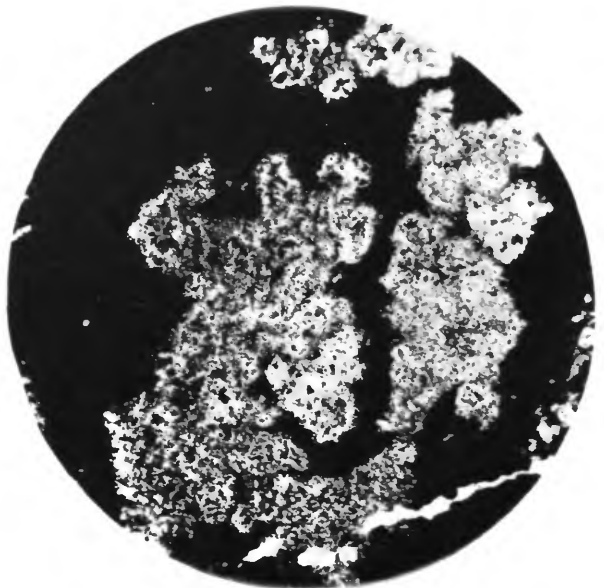
FIGURE 79.—A section of the Goalpara stone, an example of the porous or perforated character shown by

many chondrites. The white areas in the picture do not represent losses caused by the grinding process, but are voids which exist in the stone. Most of these gaps are lined with a black substance. On the right side of the picture, two crystals with rounded outlines can be seen. These grains, which were found to be enstatite, give the stone a porphyritic texture. The groundmass consists of many small grains, apparently of olivine. The black masses are iron and fine networks of a non-reflecting semivitreous carbonaceous substance which surrounds the grains and penetrates their cracks.

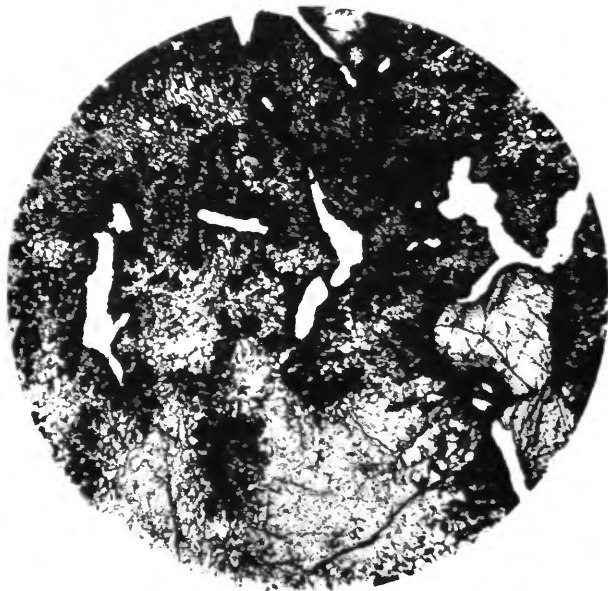
FIGURE 80.—The Erxleben stone, an example of the granular texture of some hard, compact chondrites. At top center a bronzite grain containing small transparent and large elongated dark glass inclusions can be seen. Beneath is a light grain without markings, which is plagioclase; it shows well-defined parallel bands by polarized light. Most of the rest is olivine; at bottom center is a striped olivine grain, consisting of lamellae separated by glass. The large black areas are silhouettes of iron and pyrrhotite grains.



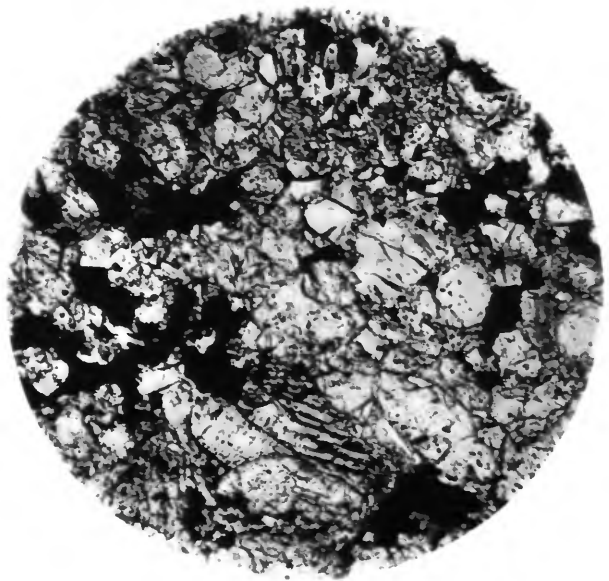
0.2 mm
FIGURE 77



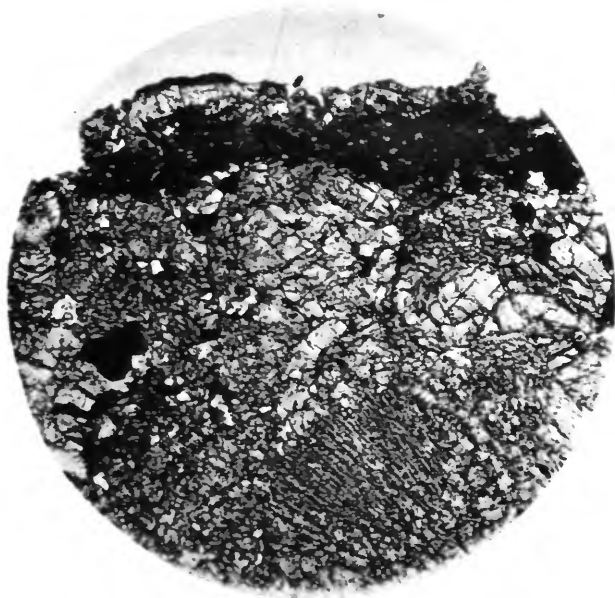
1 mm
FIGURE 78



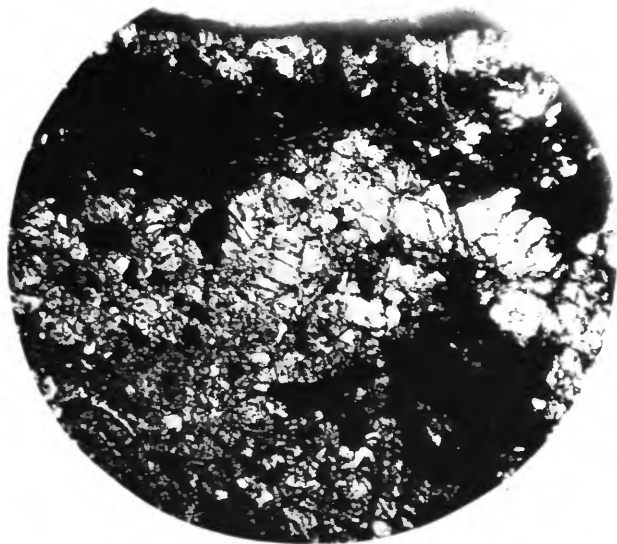
2 mm
FIGURE 79



1 mm
FIGURE 80



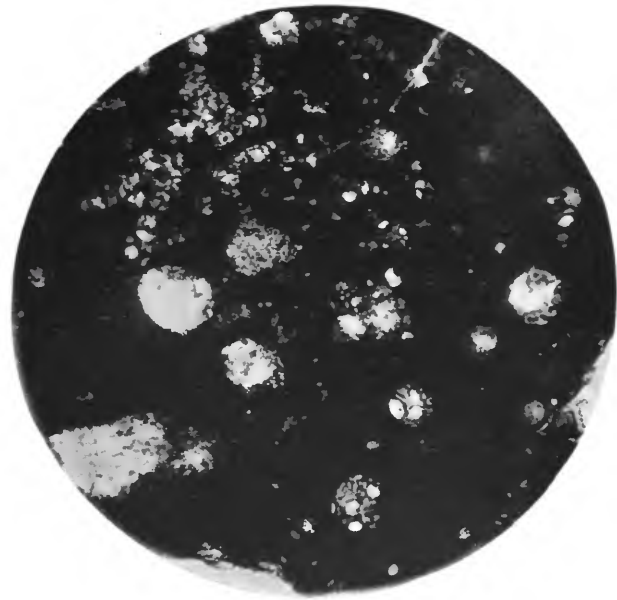
0.5 mm
FIGURE S1



0.5 mm
FIGURE S2



0.5 mm
FIGURE S3



0.2 mm
FIGURE S4

Erklärung der Tafel XXI.

Figur 1. Die drei Lagen, aus welchen die Rinde der Chondrite besteht, sind hier in einem Bilde aus dem Stein von Château Renard ersichtlich, welches einen Verticalschnitt darstellt. Da die Rinde als äusserster und dabei sprödester Theil ungemein leicht abbröckelt, so ist derselbe im Präparat nicht vollkommen erhalten. Links oberhalb ercheinen aber alle drei Zonen: zuerst eine dünne dunkle aus schwarzem bis braunem Glase bestehende äussere Schmelzrinde, darunter eine durchsichtige, hier aus Olivin und Maskelynit bestehende Saugzone, zu unterst die mächtige Imprägnationszone, welche dicker ist als die beiden vorigen zusammen. Letztere ist stellenweise von hellen Punkten durchsprenkelt. Unterhalb zeigt sich das unveränderte Gemenge, zumeist aus Olivinkörnern mit untergeordnetem farblosem Maskelynit, links ein Eisenkorn, unten eine radialfaserige Bronzitkugel.

Figur 2. Hier ist die Rinde vollkommen erhalten. Zu oberst erscheint die schwarze äussere Schmelzrinde, welche in den äussersten Theilen auch etwas von farblosem Glase (Maskelynit) erkennen lässt. Solche Stellen sind auf der äusseren Rinde im auffallenden Lichte glasig und sehen wie gefirnisst aus. Die zweite oder Saugzone ist wiederum hell, stellenweise von schwarzem Glase durchsetzt. Die dritte oder Imprägnationszone ist wiederum schwarz, stellenweise fein durchsprenkelt, rechts grössere durchsichtige Olivinkörner enthaltend. Im unteren Theile des Bildes hat man die Darstellung des unveränderten Gemenges, welches hier aus Olivinkörnern, aus wenigen Bronzit- und Plagioklaskörnern und aus grossen Partikeln von Magnetkies besteht.

Figur 3. An demselben Meteoriten von Mocs gelang ein Schnitt, welcher der Rinde ungefähr parallel geführt wurde. Da die Rinde krumm ist, so blieb derselbe nicht an allen Stellen in derselben Rindenschichte, sondern er geht gleichzeitig durch die Saugzone, welche durch die hellen Theile bezeichnet ist, und durch die Imprägnationszone, welche durchsprenkelt erscheint. In der Saugzone und in den hellen Partikeln der Imprägnationszone, lässt sich vorzugweise Olivin und nur hie und da ein Bronzitkorn erkennen. Die farblosen Körnchen und lappigen Häufchen, welche oft Olivinkörnchen einschliessen und vollkommen dem Plagioklas gleichen, der in den übrigen Theilen des Steines den farblosen Gemengtheil bildet, sind hier isotrop (Maskelynit).

Figur 4. Da ein Verticalschnitt durch die Rinde eines Eukrits nicht gelang, so begnüge ich mich hier den Parallelschnitt durch die schwarze glasglänzende Rinde des Steines von Juvinas darzustellen. Die Hauptmasse ist ein dunkelbraunes Glas mit vielen runden Vertiefungen und mit geschlossenen Blasen. Im Glase sind hie und da farblose Körner und Krystalle von Anorthit eingeschlossen, welche im polarisirten Lichte das gewöhnliche Verhalten zeigen. Ein Beispiel ist links am Rande des Bildes zu sehen, in der Mitte aber zeichnen sich feinkörnige doppelbrechende Partikel. Augit ist nicht zu bemerken.

FIGURES 81-84 [PLATE XXI, FIGURES 1-4]

FIGURE 81.—A perpendicular section through the flight crust of the chondrite Château-Renard. Such crusts consist of three layers. Being brittle and easily flaked off, the crust is not fully preserved in the section, and all three layers are visible only at the upper left. Outermost is a thin, dark fusion crust of black to brown glass; under this lies a transparent absorption zone, consisting in this case of olivine and maskelynite. Beneath both occurs the conspicuous impregnation zone, thicker than the two upper layers together. Light-colored specks are scattered through the impregnation zone. Under this zone in turn lies the unaltered mass of the meteorite, consisting mostly of olivine and subordinate colorless maskelynite; at left is an iron grain, and at the bottom, a radiating fibrous bronzite chondrule.

FIGURE 82.—A perpendicular section through the flight crust of the chondrite Mocs. Here the crust is fully preserved. Uppermost is the black outer fusion crust, in the outermost part of which some colorless glass (maskelynite) can be seen. These maskelynite areas have a glossy, varnished appearance when the intact meteorite is viewed by incident light. The second or absorption zone is again light in color and penetrated in places by black glass. The third or impregnation zone is black, sprinkled with light-

colored specks, and contains, at the right, larger transparent olivine grains. The lower part of the picture is typical unaltered meteorite, consisting here of olivine grains, a few bronzite and plagioclase grains, and large particles of pyrrhotite.

FIGURE 83.—A section roughly parallel to the flight crust of the Mocs stone. Because of undulations in the surface of the meteorite, the section cannot follow one particular crustal layer but contains both absorption zone (light areas) and impregnation zone (dark areas, with scattered light grains). The absorption zone and light grains in the impregnation zone consist of olivine and subordinate bronzite. The colorless grains and lobate masses, which often enclose olivine grains and which closely resemble the plagioclase in the main mass of the stone, are here isotropic (maskelynite).

FIGURE 84.—A parallel section through the black, glossy flight crust of the eucrite Juvinas. An attempt to obtain a perpendicular section failed. The parallel section shows a dark brown glass with many round cavities and bubbles and scattered grains and crystals identifiable by polarized light as anorthite. The grain at lower left is anorthite; in the center are fine-grained birefringent particles. No augite is visible.

Erklärung der Tafel XXII.

Figur 1. Ein Beispiel für die in den Chondriten häufig vorkommenden Klüfte, welche sich im Querschnitte bald als feine bald als breite Adern darstellen. Die Grundmasse, welche hier vorwiegend Körner von Olivin, eine geringe Menge von Bronzitkörnern, Häufchen von Plagioklas und Körner von Magnetkies enthält, wird von zwei Systemen von Sprüngen durchsetzt, welche mit einer schwarzen glanzlosen Masse erfüllt sind. Die Sprünge schmiegen sich, wie dieser Fall erkennen lässt, gerne an die Magnetkieskörner an.

Figur 2. Von den breiten schwarzen gangähnlichen Massen, welche in Verbindung mit den vorbezeichneten Klüften in manchen Exemplaren des Meteoriten von Mocs beobachtet werden, ist hier eine gewählt, welche die Verhältnisse gut erkennen lässt. Der dunkle Streifen, welcher die Grundmasse durchzieht, ist ein Querschnitt des Ganges. Derselbe zeigt nur stellenweise eine schärfere Abgrenzung gegen die Grundmasse, meist jedoch einen allmähigen Uebergang in dieselbe. In der schwarzen Masse liegen Eisentropfen und längliche Eisenklümpchen. Da die Aufnahme des Bildes zugleich im durchgehenden und im auffallenden Lichte ausgeführt wurde, so erscheint das Eisen im Bilde nicht schwarz sondern grau. In der Mitte der gangförmigen Masse bemerkt man nach der Länge derselben gestreckte Eisenfäden, ferner feine Quersprünge mit Eisen erfüllt. Besonders deutlich sind diese Eisenklüfte im unteren Theile des Bildes, wo dieselben mit einem länglichen Eisenklümpchen in Verbindung stehen. Eine solche nach rechts verlaufende Klüft hängt mit einem offenen Sprung zusammen. Die schwarze Masse ist von hellen Olivinpartikeln durchsprengt.

Figur 3. Der klastische Charakter vieler Stellen in dem Meteoriten von der Sierra de Chaco zeigt sich hier in einem Bilde, welches grosse und kleine Splitter von Plagioklas nebst Splittern von Bronzit und Olivin durch eine Eisengrundmasse verbunden darstellt. Der Plagioklas lässt schon im gewöhnlichen Lichte die Zwillingsbildung erkennen. Der Bronzit charakterisirt sich durch feine Spalttrisse, der Olivin ist mit dunklen Einschlüssen erfüllt.

Figur 4. Hier ist jener Plagioklas des Meteoriten von der Sierra de Chaco, welcher durch grosse durchsichtige krystallisirte Einschlüsse merkwürdig erscheint, dargestellt. Wie das Bild zeigt, sind die Einschlüsse vorzugsweise im Inneren der Krystalle angehäuft. Die Form derselben ist bald kurz-säulenförmig, bald ist der Umriss dreiseitig, fast quadratisch, fünfseitig oder rundlich. Manche sind von dreiseitigen Flächen eingeschlossen und haben ungefähr monokline Gestalt. Einige liegen mit ihren Längsaxen den Plagioklaslamellen parallel, andere nicht. Der Plagioklas zeigt ausserdem einige schwarze opake Einschlüsse und ist von einem dunklen von Einschlüssen stark durchsetzten Bronzit und von Augit umgeben.

FIGURES 85-88 [PLATE XXII, FIGURES 1-4]

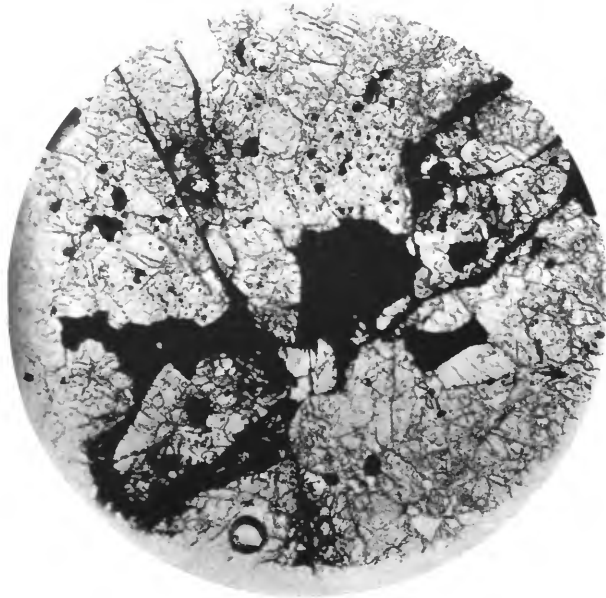
FIGURE 85.—A network of veins in the chondrite Mocs. Such veins, both wide and narrow, are common in chondrites. The bulk of the chondrite, which consists here of olivine and less abundant bronzite, plagioclase, and pyrrhotite grains, is cut by two systems of cracks that are filled with a dull black material. As this figure shows, the cracks tend to intersect with the pyrrhotite grains.

FIGURE 86.—An example of the wide, black, gangue-like masses that are frequently found associated with the vein systems (fig. 85), in the meteorite Mocs. Only locally is there a sharp boundary between the black mass and the enclosing body of the meteorite; in most places there is a gradual transition between the two. In the black mass are drops and elongated blobs of iron. The section was illuminated simultaneously by transmitted and reflected light, so that the iron appears gray instead of black. In the center of the black mass and running parallel to its length are filaments of iron. Besides these, fine transverse cracks filled with iron can be seen and are especially clear in the lower part of the picture, where they intersect an elongated blob of iron. One such iron-filled crack, to the right of the elongated

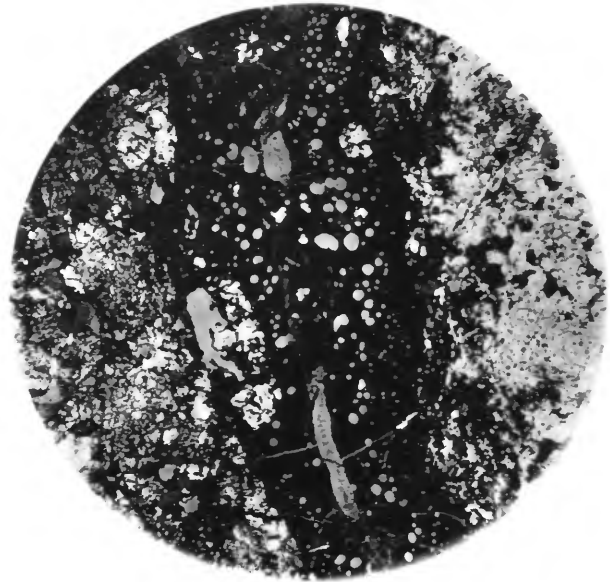
blob, turns into an open fissure. Light-colored olivine grains are scattered in the black mass.

FIGURE 87.—The grahamite Vaca Muerta, showing its clastic character. Large and small fragments of plagioclase, as well as bronzite and olivine fragments, are embedded in a groundmass of iron. Twin lamellae in the plagioclase can be seen even by unpolarized light. The bronzite is characterized by fine cleavage cracks, while the olivine is filled with dark inclusions.

FIGURE 88.—Plagioclase containing large, transparent, crystallized inclusions, in the grahamite Vaca Muerta. The inclusions usually cluster in the centers of the crystals; some are stumpy prisms; others are triangular, almost rectangular, five-sided, or rounded in outline. Some are bounded by triangular surfaces and have approximately monoclinic form. The long axes of some inclusions are oriented parallel to the plagioclase twin lamellae; others are not. The plagioclase also contains several black opaque inclusions; it is surrounded by dark bronzite full of inclusions and by augite.



1 mm
FIGURE S5



2 mm
FIGURE S6



1 mm
FIGURE S7

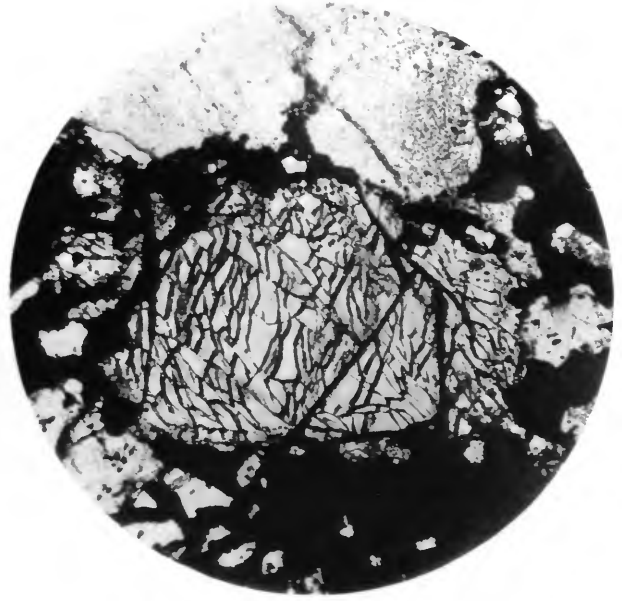


1 mm
FIGURE S8



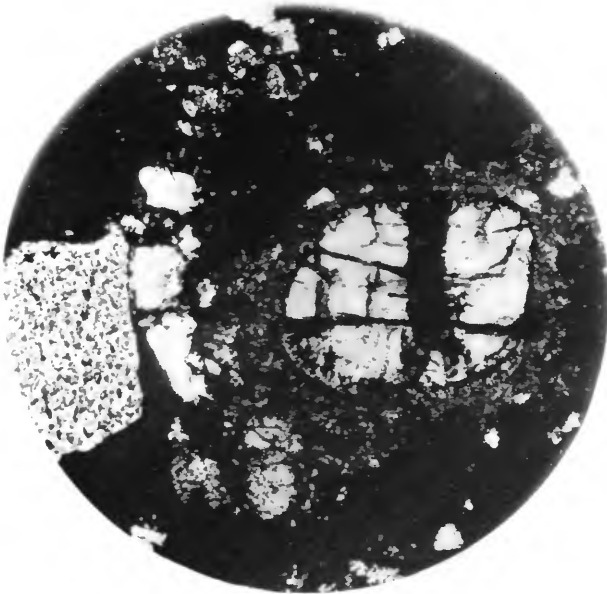
1 mm

FIGURE 89



0.5 mm

FIGURE 90



1 mm

FIGURE 91



0.5 mm

FIGURE 92

Erklärung der Tafel XXIII.

Figur 1. Der Bronzit in der Masse von der Sierra de Chaco zeigt im Längsschnitte ein feinfaseriges Ansehen, wie es in diesem Bilde deutlich wird. Der Schnitt ist beiläufig parallel 010. Am oberen Ende sind Spuren einer Krystallendigung wahrzunehmen. Im Inneren bemerkt man einige feine Längslinien, welche Querschnitten dünner Blättchen entsprechen. Die Auslöschungsschiefe derselben von ungefähr 50° deutet auf einen Augit. Im Uebrigen zeigen sich opake Einschlüsse von denen die grösseren im auffallenden Lichte als Magnetkies erkannt werden. Einige haben ziemlich scharfe Umriss wie negative Krystalle, andere sind unregelmässig, zum Theil staubartig. Ein quer verlaufender Sprung ist mit Magnetkieskörnern besetzt. Oberhalb ist der Bronzit von Eisen eingefasst, unten von Magnetkies, Eisen und Plagioklas begrenzt.

Figur 2. Der im selben Meteoriten stellenweise vorkommende Augit erscheint hier in einem Querschnitte der von vielen Spaltrissen durchzogen ist und dessen untere Grenze der Querfläche 100 entspricht. Der Schnitt liefert das Bild einer optischen Axe sehr schön. Einschlüsse sind sparsam. Von der faserigen Beschaffenheit des Bronzits ist hier nichts zu sehen. Oberhalb gränzt der Augit an feinkörnigen Plagioklas, welcher viele kleine kristallinische Einschlüsse enthält. Im übrigen besteht die Nachbarschaft aus Eisen, Magnetkies, Olivin, Bronzit.

Figur 3. Von den Olivinkörnern im Grahamit ist hier eines zur Darstellung gebracht, welches eine doppelte Rinde besitzt. Die innere ist eine schwarze Imprägnation, die äussere eine feinkörnige fast trübe Masse. Dies erinnert an manche Olivinchondren. Das innere Olivinkorn ist ein Individuum. Im Bilde zeigt dieses nur grobe Sprünge, doch lassen sich bei stärkerer Vergrösserung auch feine dunkle Striche wahrnehmen, die sich an den breiten Sprung horizontal ansetzen. Links vom Olivin hat man Splitter von Plagioklas, darunter einen, der von Einschlüssen ganz erfüllt ist.

Figur 4. Dieses Bild gibt eine Vorstellung von den feinen Linien, welche im Olivin der Grahamite und Mesosiderite öfters beobachtet werden. Von der Rinde und von den Sprüngen des Olivins her erstrecken sich zahlreiche feine Nadeln, welche theils grau theils braun erscheinen, in zwei aufeinander senkrechten Richtungen in das Innere des Krystalls. In den breiten Sprüngen erkennt man bei auffallendem Lichte stellenweise Magnetkies. Die feinen grauen Nadeln erweisen sich bei stärkerer Vergrösserung als Canäle. Die braunen dürften ihre Füllung einer Oxydation des Magnetkieses verdanken. Im auffallenden Lichte zeigt das Olivinkorn einen blaulichen Schiller wie der Mondstein, besonders dort wo die grauen Nadeln häufiger sind. Auch dieses Korn ist von dichter Masse umgeben, welche gleichfalls Olivin zu sein scheint und mit Körnchen von Magnetkies gemengt ist. Früher habe ich diese Olivinkörner mit feinen Nadeln nicht als solche erkannt, sondern dieselben als ein anderes dem Cordierit ähnliches Silicat betrachtet (Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 88 Abth. I. pag. 353).

FIGURES 89-92 [PLATE XXIII, FIGURES 1-4]

FIGURE 89.—Bronzite in Vaca Muerta. In longitudinal section this bronzite has a finely fibrous appearance, as can be seen in the figure. The section is parallel to {010}. At the top, traces of a crystal termination are visible. Inside are several fine longitudinal lines, which are cross sections of thin plates. These are probably augite; their extinction angle is approximately 50° . Opaque inclusions are also present; the larger of these appear by reflected light to be pyrrhotite. Several have sharp outlines, like negative crystals; others are irregular. A transverse crack is bordered with pyrrhotite grains. Above, the bronzite abuts on iron; below, on pyrrhotite, iron, and plagioclase.

FIGURE 90.—Augite and fine-grained plagioclase in Vaca Muerta. Augite in this grahamite appears here divided by many cleavage cracks and bounded below by the (100) crystal surface. The section is perpendicular to one of the optic axes. Inclusions are rare and the fibrous appearance of bronzite is missing. Above the augite is fine-grained plagioclase, containing many

small crystalline inclusions. Other neighboring minerals are iron, pyrrhotite, olivine, and bronzite.

FIGURE 91.—An olivine grain with double shell, in the grahamite Vaca Muerta. The inner layer is a black impregnation zone; the outer a fine-grained, almost translucent mass. This structure is similar to many olivine chondrules. The central olivine grain is a single crystal. In the picture only coarse cracks can be seen, but higher magnification reveals fine dark horizontal lines which intersect the main vertical crack. Left of the olivine are plagioclase fragments, including one crowded with inclusions.

FIGURE 92.—Olivine with a lattice of fine lines, common in grahamites and mesosiderites; from the grahamite Vaca Muerta. Numerous fine gray and brown lines extend inward from the rim and away from cracks in the olivine crystal, forming two perpendicular systems. Here and there in the wide cracks pyrrhotite can be seen by reflected light. Stronger magnification shows the fine gray needles to be hollow tubes; the brown needles are filled with an oxidation product of

(Continued on p. 230)

pyrrhotite. The olivine grain has a bluish luster by incident light, especially where the gray needles are thickest. As in figure 91, the olivine grain is surrounded by a dense mass apparently of olivine mixed

with pyrrhotite grains. Previously I did not recognize these olivine grains with fine needles for what they are, but regarded them as another of the cordierite-like silicates (Tschermak, 1883).

Erklärung der Tafel XXIV.

Figur 1. Das körnige Gemenge, welches die Silicatmasse des Mesosiderits von Estherville bildet, enthält an der hier abgebildeten Stelle mehrere grössere Körner von Plagioklas, deren eines ebensolche krystallirte Einschlüsse zeigt, wie der Plagioklas in der Masse von der Sierra de Chaco, während der langgestreckte Plagioklas im oberen Theile des Bildes durch staubartig feine Glaseier und Körnchen getrübt ist. Die Grundmasse zeigt ausser Eisen und Magnetkies noch Bronzit mit feinen Spaltrissen und Olivin mit vielen dunkelbraunen Glaseinschlüssen.

Figur 2. Ansicht eines Schnittes durch ein Körnchen von Peckhamit parallel einer Spaltungsfläche. Das Blättchen ist graugrünlich, ziemlich trübe. Die grösseren Einschlüsse erscheinen als untereinander parallele stäbchenförmige oder spindelförmige Hohlräume die öfter theilweise mit Glas gefüllt sind, ferner als schwarze Kugeln, welche Glasfüllungen zu enthalten scheinen, die kleinen Einschlüsse als rundliche oder kurzsäulenförmige braune Glaspartikel, endlich an die letzteren anschliessend als feiner Staub, mit welchem die ganze Masse durchsät ist.

Figur 3. Dieses Bild gibt einen Durchschnitt jenes Olivins in der Masse von Hainholz, der an Einschlüssen besonders reich ist, wieder. Der Olivin ist farblos, von Sprüngen durchzogen, welche mit rothbrauner, bei der Verwitterung entstandener Masse gefüllt sind. Die Einschlüsse sind rund oder eckig, dabei immer opak. Viele derselben zeigen im auffallenden Lichte die Farbe des Magnetkieses, andere sind schwarz und scheinen Glaseinschlüsse zu sein.

Figur 4. Eine Stelle in der Grundmasse des Mesosiderits von Hainholz, die frei von Eisen ist und wenig von den Oxydationsprodukten enthält, welche in dieser schon etwas verwitterten Masse verbreitet erscheinen. Dieselbe ist hier dargestellt um die feinkörnige Textur und das feste Gefüge zur Anschauung zu bringen. Die Krystalle und Körner sind Bronzit mit meistens deutlichen Spaltrissen, Augit von dem vorigen durch die schiefe Auslöschung unterscheidbar, Plagioklas in farblosen Körnern und Leistchen mit deutlicher Zwillingsbildung. Zwischen die Körner und Krystalle klemmt sich etwas von bräunlichem Glase ein, worin stellenweise feine Nadeln erkennbar sind.

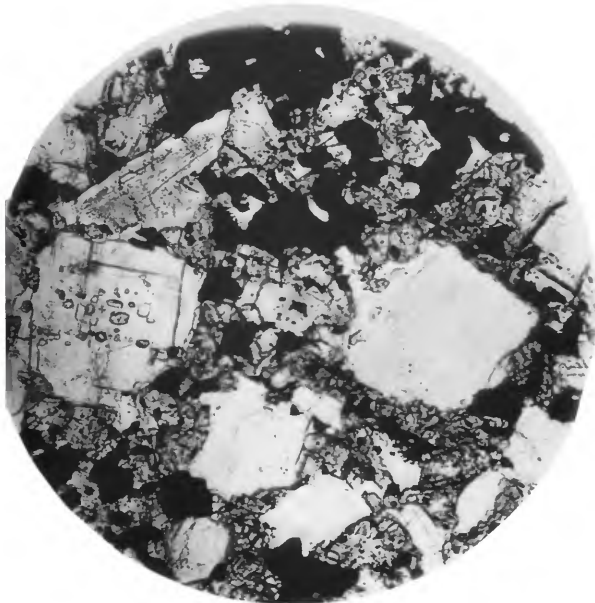
FIGURES 93-96 [PLATE XXIV, FIGURES 1-4]

FIGURE 93.—A portion of the granular mixture which makes up the silicate phase of the mesosiderite Estherville. Several large grains of plagioclase containing crystalline inclusions are apparent, as in Vaca Muerta (fig. 88). The elongated plagioclase crystal at upper left contains numerous dust-fine glass spheres and grains, which give it a turbid appearance. Besides these, the ground mass contains iron and pyrrhotite, bronzite with fine cleavage cracks, and olivine with many dark brown glass inclusions.

FIGURE 94.—Section of a grain of peckhamite, parallel to a cleavage face, from the mesosiderite Estherville. The peckhamite is gray green in color and rather turbid. Some of the larger inclusions appear to be parallel rod- or spindle-shaped cavities, many of which are partly filled with glass. Others are black spheres that seem to contain glass fillings. The smaller inclusions are rounded or prismatic brown glass particles and fine specks of the same, which permeate the entire crystal.

FIGURE 95.—An olivine grain particularly rich in inclusions, in the mesosiderite Hainholz. It is colorless and cut by cracks, which are filled with a red-brown material produced by terrestrial weathering. The inclusions are round or angular, but always opaque. Many show the color of pyrrhotite by reflected light; others are black and appear to be glass inclusions.

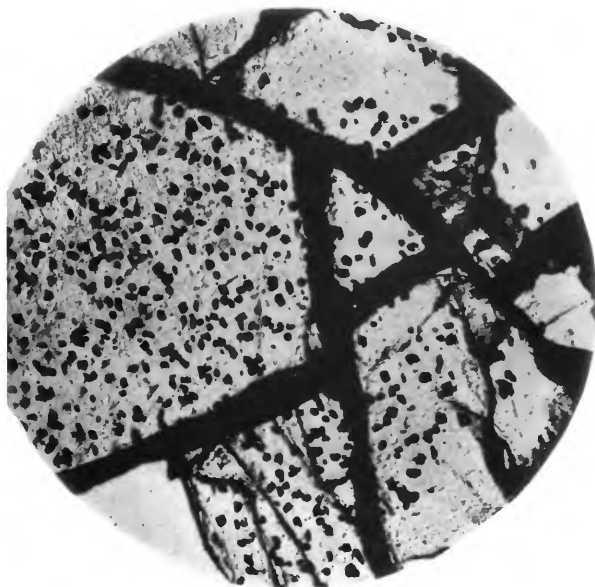
FIGURE 96.—A portion of the groundmass that contains no iron and little oxidized matter, in the mesosiderite Hainholz. The oxidized material is generally widespread in this somewhat weathered meteorite. The figure demonstrates the fine-grained, massive texture of this mesosiderite. The crystals and grains are bronzite, mostly with clearly visible cleavage cracks; augite, distinguishable from bronzite by its inclined extinction; and plagioclase in colorless grains and laths with well-developed twin structures. Interstices between the grains and crystals contain small amounts of brownish glass in which fine needles are visible.



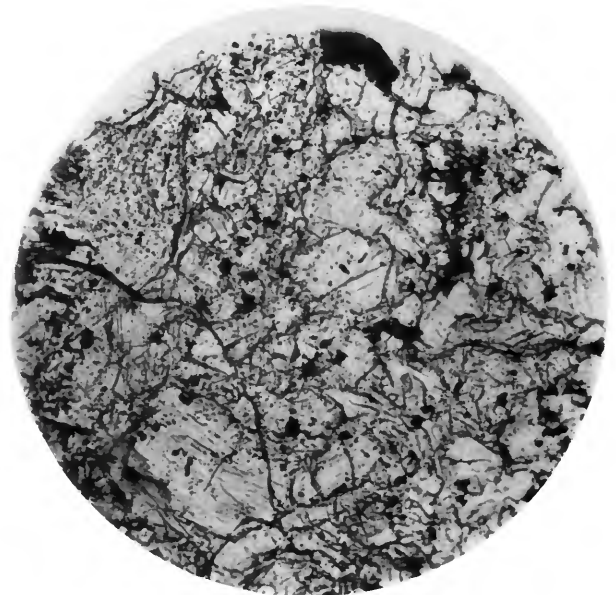
0.5 mm
FIGURE 93



0.5 mm
FIGURE 94



0.5 mm
FIGURE 95



0.5 mm
FIGURE 96



1 mm

FIGURE 97



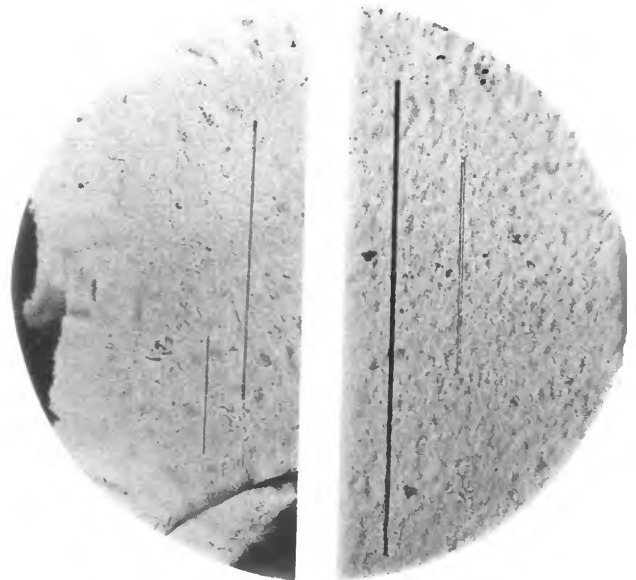
0.5 mm

FIGURE 98



1 mm

FIGURE 99



0.1 mm

0.2 mm

FIGURE 100

Erklärung der Tafel XXV.

Figur 1. Eines der körnigen Häufchen, welche der Tridymit in der Masse von Rittersgrün bildet, im Durchschnitte. Die Aufnahme geschah im polarisirten Lichte. Man erkennt an den hellgrauen Tönen die verschiedene Stellung der zwillingsgemäss verbundenen Individuen. Diese sind öfters ziemlich breit, zuweilen auch sehr schmal. Stellenweise sind winzige Individuen in Zwillingsstellung von grösseren umschlossen. Der körnige Tridymit ist von breiten und schmälere Sprüngen durchzogen, welche mit rothbrauner von einer Oxydation herrührender Masse erfüllt sind. Rechts gränzt Bronzit an.

Figur 2. Nach Entfernung des Eisens durch Salzsäure aus einer Probe der Masse von Rittersgrün wurde ein Blättchen von Tridymit isolirt, welches im polarisirten Lichte aufgenommen ist. Die Hauptschnitte des Nicols sind horizontal und vertical zu denken. Das Blättchen zeigt oberhalb zwei unvollkommene Randkanten und ist von einem ziemlich ebenen Flächenpaar begränzt. Als Hauptindividuum erscheint der mittlere helle Theil von sechsseitigem Umrisse. Derselbe hat rechts einen hakenförmigen Fortsatz, dessen Form durch dunkle Zwickel bedingt ist, welche einem Individuum von anderer Stellung angehören. Auch der linke Theil des Blättchens hat die letztere Stellung mit Ausnahme eines dreieckigen Feldes, welches sich an das Hauptindividuum anschliesst und einen Mittelton zeigt.

Figur 3. Der Bronzit im Rittersgrüner Meteoriten ist hier durch einen Schnitt, welcher durch ein Korn mit stellenweise ebenflächiger Begrenzung hindurchgeht, repräsentirt. Die schülferige Schnittfläche, die gröberen und feineren Spaltlinien, die querlaufenden Sprünge treten im Bilde deutlich hervor. Die schwarzen Einschlüsse sind Magnetkies (Troilit), der braune rundliche Einschluss oberhalb ist doppelbrechend, ebenso der durchsichtige Theil des Einschlusses rechts unten. Es dürfte Olivin sein.

Figur 4. Die linke Hälfte des Bildes zeigt einige von G. Rose als Röhren bezeichnete Canäle im Olivin des Brahiner Pallasits. Die grösste Röhre erscheint am oberen Ende durch braunes Glas gefüllt. In der rechten Hälfte, welche dem Olivin aus der Masse von Krasnojarsk entspricht, hat man eine grosse vollständig mit braunem Glas gefüllte und eine kürzere farblos erscheinende Röhre, welche keine solche Füllung zeigt, jedoch ein fast farbloses Glas zu enthalten scheint.

FIGURES 97-100 [PLATE XXV, FIGURES 1-4]

FIGURE 97.—A section of an aggregate of tridymite grains, characteristic of the siderophyre Steinbach, viewed by polarized light. The different light gray tones in the picture reflect different orientations of adjacent regions in twinned crystals. These twins are often rather wide, but sometimes very narrow. Occasionally a small crystal is surrounded by a larger, to which it is twinned. The granular tridymite is divided by wide and narrow cracks that are filled with a red-brown oxidation product. To the right is a bronzite grain.

FIGURE 98.—A lamella of tridymite, separated from a specimen of the siderophyre Steinbach after iron in the latter had been dissolved in hydrochloric acid, viewed in polarized light. Planes of polarization are vertical and horizontal in the figure. The two principal surfaces of the lamella are almost flat; at the top of the picture it is bounded by two imperfect edges. The main crystal (center, light in color) appears hexagonal in outline. The hooklike continuation at the right contains a dark wedge, which belongs to another

crystal of different orientation. The left part of the lamella has the same orientation as the wedge, except for a triangular field which abuts on the main crystal and displays an intermediate tone.

FIGURE 99.—Section of a bronzite grain bounded partly by flat crystal surfaces, from the siderophyre Steinbach. Note the scaly appearance of the cut surface, the coarse and fine cleavage cracks, and the transverse fissures. The black inclusions are pyrrhotite; the rounded brown inclusion near the center is birefringent, as are the transparent parts of the inclusion at lower right. This may be olivine.

FIGURE 100.—The left half of the figure shows several fine tubes in the olivine of the pallasite Brahin as described by G. Rose. The upper end of the larger tube appears to be filled with brown glass. Similar tubes in olivine from the Krasnojarsk pallasite are depicted in the right half of the figure. The longer tube is completely filled with brown glass; the shorter tube appears to contain an almost colorless glass.

Appendix

Explanation of Terms

General Crystallography

Every face on a given crystal is described and referred to by a *Miller index*, consisting of three integers enclosed in parentheses, as (010). The three numbers are coordinates of a point on the pole to the plane to be described, in the reference frame formed by the *a*, *b*, and *c* crystallographic axes, and with the *a*, *b*, and *c* dimensions of the unit cell of the crystal serving as units of distance. As an example, (010) is a face perpendicular to the crystal's *b* axis. When a coordinate value is negative, the minus sign appears above its integer in the Miller index, as (1 $\bar{1}$).

Pyramid faces such as (121) cut all three axes; *prism* and *dome* faces cut two axes, as (110); *pinacoid* faces, as (100), cut only one axis.

All symmetrically equivalent faces or planes, such as the set (111), ($\bar{1}$ 11), (1 $\bar{1}$ 1), (11 $\bar{1}$), (1 $\bar{1}$ $\bar{1}$), ($\bar{1}$ 1 $\bar{1}$), ($\bar{1}$ $\bar{1}$ 1), and ($\bar{1}$ $\bar{1}$ $\bar{1}$), constitute a *form*. This is denoted by the simplest Miller index of the set it comprises, enclosed in curly brackets: {111}, in the case above.

A *zone* is a set of faces or planes which are parallel to a single axis (the *zone axis*). A zone-axis is given the Miller index of a plane perpendicular to it, but enclosed in square brackets. For example, the faces {110} and {100} have the zone axis [001].

The faces or forms developed on a particular crystal and their relative size determine the morphology or *habit* of the crystal. Crystals may be tabular, platy, bladed, prismatic, fibrous, etc., in habit. Descriptive of the degree of perfection of crystal faces, especially as observed in thin-section, are the following terms: *euhedral* (completely bounded by regular crystal faces), *anhedral* (irregular in shape, lacking regular crystal faces), and *subhedral* (partly irregular, in part bounded by crystal faces).

Crystallites and *microlites* are very small crystals, microns or less in dimension.

Cleavage is the parting of a crystal, or the tendency of a crystal to part, along a lattice

plane (hence, often parallel to one of its faces). Ordinary fracture is irregular and does not follow lattice planes.

Twins are adjacent crystals of the same species, the orientations of which are related by some law. Usually one crystal could be brought into coincidence with the other by 180° rotation about a twin axis or by reflection across a twin plane, or both. Simple twinning involves two crystals; by the same law, repeated twinning often occurs. Repeated twinning of crystal lamellae such that alternate lamellae have the same orientation is called *polysynthetic twinning*. *Penetration twins* are crystals that grow through one another in an irregular way.

A *pseudomorph* is a crystal having inappropriate morphology; its exterior form is a relic of another crystal which earlier occupied its place in the rock. The pseudomorph may differ in composition from the earlier crystal; when it does not and the pseudomorph differs from the earlier mineral only in its lattice structure, Tschermak calls it a *paramorph*.

Optical Crystallography

The texture and fabric of a rock are best studied by preparing a thin-section of the specimen and examining it under a microscope. In Tschermak's day, this was also the only way of determining the mineral constituents of fine-grained rocks.

A *thin-section* is a slice of rock about 0.03 mm thick, cemented between a glass slide and a cover glass. It is analogous to a microtome section, as used in pathology, but is prepared by a process of grinding rather than slicing. Silicate minerals ground this thin are quite transparent, so the section can be examined by transmitted light.

For this purpose a petrographic microscope is employed. It differs from an ordinary microscope with a light source under the stage in having two polarizing (Nicol) prisms in the

optic train, one below the specimen stage (between light source and condenser lens), the other above the stage (removable, between objective and ocular). Polarization planes of the two prisms are mutually perpendicular. In addition, the stage of a petrographic microscope can be rotated about the axis of the optic train, and a Bertrand lens can be inserted between the upper Nicol prism and the ocular.

With the upper Nicol prism and the Bertrand lens removed, the instrument functions like an ordinary microscope, and rock textures and fabrics and mineral morphology can be studied and photographed. Most of the figures in this volume were photographed under these conditions.

Some minerals are *pleochroic*; i.e., they change color or color intensity as the stage is rotated and their orientation with respect to the plane of polarization of the lower Nicol prism is changed. Modern polaroid materials are pleochroic.

When the upper Nicol prism is inserted ("crossed Nicols"), the microscope field appears black to the observer (since planes of polarization of the prisms are perpendicular) if the microscope stage is empty, or if only optically *isotropic* or simply refracting substances are under examination, e.g., glass, liquids, crystals in the cubic system.

Crystals in the other systems are optically *anisotropic* or doubly refracting. Their indices of refraction vary with direction of passage of light through the crystal. If vectors radiating from a common point are used to express the relationship between direction of passage of light and refractive index, the envelope of the vectors is an ellipsoid (called the *indicatrix*), its principal axes corresponding to the crystal's principal indices of refraction.

When an anisotropic crystal is examined between crossed Nicols, the plane polarized light entering it is refracted into two components. In general, the polarization directions of the two components are not perpendicular to the polarization plane of the upper Nicol; hence subcomponents of this refracted light are passed by the upper Nicol and reach the observer. The mineral is then said to be *birefringent*.

The two refracted components travel at different velocities, so their wave forms are out of phase when they emerge from the crystal. The de-

gree to which they are out of phase depends on the magnitude of the disparity between principal indices of refraction (birefringence), thickness of the section, orientation of the crystal, and wavelength of the light. The light source used is generally polychromatic (white); some wavelengths are cancelled and others reinforced by phase shifts; the aggregate of reinforced wavelengths determines the *interference color* of the mineral seen by the observer.

When an anisotropic crystal is oriented so that the principal axes of the indicatrix parallel the polarization planes of the Nicol prisms, however, all light components are absorbed by the upper Nicol, and the crystal appears dark to the observer. When rotated into this position, it is said to *go to extinction*.

The principal axes of the indicatrix parallel the crystallographic axes (and hence certain of the crystal faces and cleavage planes) in the orthorhombic, hexagonal, and tetragonal systems. These minerals go to extinction when their prism or pinacoid faces are oriented parallel to the polarization plane of either Nicol prism; they display *parallel extinction*.

In monoclinic and triclinic crystals this is not generally the case; under proper conditions of orientation an *extinction angle* can be measured between a crystallographic axis (deduced from crystal faces or cleavage) and an indicatrix axis (orthogonal to the polarization planes of the Nicols when the crystal goes to extinction).

The petrographic microscope becomes a *conoscope* with the insertion of the upper Nicol prism and the Bertrand lens and the employment of a powerful objective and a strongly convergent condenser system. The convergent light traverses the crystal in many different directions; each point in the conoscopic image is illuminated by all the rays traversing the crystal in one particular direction. An *interference figure*, consisting of dark bars and colored rings, is observed. Space does not permit discussion of the generation of these figures; their character depends not only on the orientation but also on the nature of the crystal. *Biaxial* (orthorhombic, monoclinic, and triclinic) crystals can be distinguished from *uniaxial* (tetragonal and hexagonal) crystals by their interference figures.

Pleochroism, birefringence, extinction angle, and interference figure vary among the different

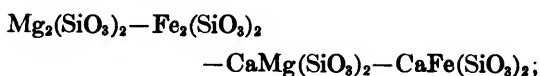
transparent minerals and are used as diagnostic properties to identify the mineral under observation.

Mineralogy

Most of the minerals found in meteorites are also common terrestrial minerals. In the list below, those lacking terrestrial counterparts are indicated by an asterisk. The assignments of mineral names to the particular compositional ranges given below are those used by Tschermak. In several cases these do not correspond to modern usage.

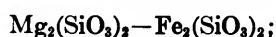
Olivine: a member of the solid solution series $Mg_2SiO_4-Fe_2SiO_4$; orthorhombic. Cleavage poor. Soluble in HCl.

Pyroxene: a member of the general solid-solution system



Ca-rich pyroxenes commonly contain a small amount of Al. Pronounced cleavage parallel to the long axis (*c* axis); insoluble in HCl.

Bronzite: a pyroxene (orthopyroxene) belonging to the subsystem



orthorhombic.

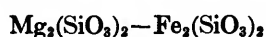
Enstatite: an iron-poor bronzite ($FeO < 5$ wt. %).

Hypersthene: an iron-rich bronzite ($FeO > 15$ wt. %).

Diopside: a pyroxene belonging to the subsystem $CaMg(SiO_3)_2-CaFe(SiO_3)_2$, especially a CaMg-rich member. Monoclinic.

Diallage: a lamellar or thinly foliated diopside; may contain Al in small amounts.

Augite: a monoclinic pyroxene near diopside in composition, but with variable amounts of Fe, Al, and additional Mg replacing part of the diopsidic Ca, and some Al substituting for Si. Tschermak notes that chondritic augite is poorer in Ca and Al than terrestrial augite; it is, in fact, closer to the



series in composition than to $CaMg(SiO_3)_2$. Monoclinic pyroxenes in this composition range are now called pigeonites.

Plagioclase feldspar: a member of the solid solution series $NaAlSi_3O_8-CaAl_2Si_2O_8$; triclinic. Cleavage good in several directions. Plagioclase feldspar is subdivided thus:

Albite: pure $NaAlSi_3O_8$.

Oligoclase: $0 < CaAl_2Si_2O_8 < 25$ mole %.

Andesine: $25 < CaAl_2Si_2O_8 < 50$ mole %.

Labradorite: $50 < CaAl_2Si_2O_8 < 75$ mole %.

Bytownite: $75 < CaAl_2Si_2O_8 < 100$ mole %.

Anorthite: pure $CaAl_2Si_2O_8$.

**Maskelynite*: a glass having the composition of labradorite feldspar.

**Troilite*: FeS ; opaque, silvery, ferromagnetic, hexagonal.

Pyrrhotite: The terrestrial equivalent of troilite; slightly impoverished in Fe, ranging from $Fe_{0.86}S$ to $Fe_{0.98}S$ in composition. All meteoritic FeS is troilite, although Tschermak identifies it in stony meteorites as pyrrhotite.

**Daubréelite*: $FeCr_2S_4$; opaque, black, cubic.

**Oldhamite*: CaS ; opaque, brown, cubic.

**Osbornite*: TiN ; cubic.

Tridymite (asmanite): a high-temperature form of SiO_2 ; orthorhombic.

Magnetite: Fe_3O_4 ; opaque, black, ferromagnetic, cubic.

Chromite: $FeCr_2O_4$; opaque, black, cubic.

**Schreibersite*: $(Fe,Ni)_3P$; opaque, metallic luster, tetragonal.

Brunnerite: a member of the solid-solution series $MgCO_3-FeCO_3$, containing up to 30 mole % $FeCO_3$; hexagonal.

Hisingerite: a hydrated ferric silicate of uncertain composition; black, cubic.

"*Monticellite-like mineral*": more recent study of this constituent observed by Tschermak showed it to be an hitherto unknown mineral and one occurring only in meteorites; now named **merrillite*, it is hexagonal and the best estimate of its composition is



Petrography and Miscellaneous Terms

Petrography is the descriptive study of rocks. Over-all rock textures or consistencies dealt with in this volume include: *massive*—homogeneous, hard, close-knit; *brecciated*, or nearly the same; *clastic*—composed of angular frag-

ments, more or less welded together; *tuffaceous*—similar to a tuff, i.e., a welded agglomeration of volcanic ash (particles <4 mm in diameter: some of these are drop-shaped; others, angular fragments). A *friable* rock is weak and crumbly. A *xenolith* is a piece of rock which was engulfed and trapped in a cooling lava or magma; it differs in composition from the surrounding igneous rock and was not melted and assimilated by it.

Minerals may display crystal faces or may be nondescript in form. Tschermak calls the former *crystals* and the latter *grains*, although both are crystalline. *Crystalline* rock textures are massive and consist mostly of crystals of nearly the same size. *Porphyritic* rocks or porphyries consist of coarse euhedral or subhedral crystals (*phenocrysts*) dispersed and embedded in a rocky groundmass, the constituent grains of which are substantially smaller than the phenocrysts. Whenever entities (phenocrysts, coarse fragments, chondrules, etc.) are embedded raisin-bread fashion in a conspicuously different matrix (usually fine-grained), the latter is a *groundmass*. *Druses* are small (a few millimeters) voids in a rock, into which crystals with highly developed faces project. An *inclusion* is usually a fine (micron-size) crystal or grain of foreign matter enclosed in a crystal. Chondrules in which essentially all the crystalline matter is part of a single crystal (however branching or skeletal) are called *monosomatic*. *Polysomatic*

chondrules contain more than one crystal.

Rocks and meteorites also contain *amorphous* or noncrystalline matter; much of this is glass. Terrestrial rocks consisting entirely of glass include *obsidians* (granitic in composition) and *perlites* (also granitic, but with several percent of water; characterized by systems of curved cracks). Glass is unstable and in time tends to *devitrify*, i.e., to revert to crystalline matter. In obsidians, *spherulites* are often the product of devitrification; these are spheroids, millimeters in dimension, consisting of very fine fibrous minerals which radiate from their centers. Devitrification usually yields *cryptocrystalline* minerals, too fine to be resolved microscopically. Tschermak's *dicht* ("dense") has been translated as cryptocrystalline, or turbid, or translucent.

Veins are narrow cracks in a rock which have been filled with a solid substance; they form irregular surfaces, not filaments as the word implies. *Gangue* is used to designate the material filling wider cracks and engulfing rock fragments; movement of the material into the cracks in the form of a liquid is implied. By *impregnation*, Tschermak means the invasion of a zone of rock by a mobile substance which imparts darkness or opacity to the originally transparent minerals.

Hammer scale is an oxide coating which forms on ingots or billets during the steelmaking process.

References

- BECKE, F.
1885. Über Zwillingverwachsungen gesteinsbildender Pyroxene und Amphibole. *Mineralog. Petrogr. Mitth.*, vol. 7, pp. 93-107.
- BREZINA, A.
1882. Bericht über neue oder wenig bekannte Meteoriten. IV. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 85, part 1, pp. 335-344.
- COHEN, E.
1878. Über den Meteoriten von Zsadány, Temesvar Comitatus, Banat. *Verhandl. Naturhist.-Med. Ver. Heidelberg*, vol. 2, pp. 154-163.
- DAUBRÉE, G. A.
1870. Études récentes sur les météorites. *Journ. Savants*, pp. 40-62, 114-129, 178-189, 243-256.
- DRASCHE, R. VON
1875. Über den Meteoriten von Lancé. *Mineralog. Petrogr. Mitth.*, pp. 1-8.
- FLIGHT, W.
1875. A chapter in the history of meteorites. *Geol. Mag.*, ser. 2, vol. 2, pp. 401-412.
- FOULLON, H. VON
1883. Über die mineralogische und chemische Zusammensetzung des am 16. Februar 1883 bei Alfanello gefallenen Meteorsteines. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 88, part 1, pp. 433-443.

- GÜMBEL, C. W. VON
 1875. Über die Beschaffenheit des Steinmeteoriten vom Fall am 12. Februar 1875 in der Grafschaft Jowa N.-A. Sitzber. Math.-Phys. Classe, Akad. Wiss. München, vol. 5, pp. 313-330.
 1878. Über die in Bayern gefundenen Steinmeteoriten. Sitzber. Math.-Phys. Classe, Akad. Wiss. München, vol. 8, pp. 14-72.
- KENNGOTT, G. A.
 1869. Ein Dünnschliff einer Meteorsteinprobe von Knyahinya. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 59, part 2, pp. 873-880.
- LASAULX, A. VON
 1882. Über die Vermehrung der Meteoriten-sammlung des mineralogischen Museums. Sitzber. Niederrh. Ges. Natur-Heilk. Bonn, vol. 39, pp. 100-110.
- MAKOWSKY, A., AND TSCHERMAK, G.
 1878. Bericht über den Meteoritenfall bei Tieschitz in Mähren. Denkschr. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 39, part 2, pp. 187-202.
- MASKELYNE, N. S.
 1870a. On the mineral constituents of meteorites. Proc. Roy. Soc. London, vol. 18, pp. 146-157.
 1870b. On the mineral constituents of meteorites. Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. 160, pp. 189-214.
- PRINZ, W.
 1885. Les météorites tombées en Belgique et les météorites en général. Ciel et Terre, vol. 5, pp. 498-509.
- RAMMELSBERG, K.
 1861. Über einige nordamerikanische Meteoriten. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, pp. 895-900.
 1870. Die chemische Natur der Meteoriten. Abhandl. Phys. Klasse, Akad. Wiss. Berlin, pp. 75-160.
- RATH, G. VOM
 1868. Über die Meteorite von Pultusk, im Königreich Polen, gefallen am 30. Januar 1868. Festschr. Niederrh. Ges. Natur-Heilk. zu 50. Jährigem Jubiläum Universität Bonn, pp. 1-27.
 1872. Über den Meteoriten von Ibbenbüren (Westphalen), gefallen am 17. Juni 1870. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, pp. 27-36.
 1880. Über den Meteoriten von Estherville. Sitzber. Niederrh. Ges. Natur-Heilk. Bonn, vol. 37, pp. 239-241.
- REICHENBACH, K. VON
 1860. Meteoriten in Meteoriten. Ann. Chem. Phys., vol. 111, pp. 353-386.
- ROSE, G.
 1864. Beschreibung und Einteilung der Meteoriten auf Grund der Sammlung im mineralogischen Museum zu Berlin. Druckerei der Königlichen Akademie der Wissenschaften, Berlin.
- SMITH, J. L.
 1880. Study of the Emmet County meteorite, that fell near Estherville, Emmet County, Iowa, May 19, 1879. Amer. Journ. Sci., ser. 3, vol. 19, pp. 459-463.
- SORBY, H. C.
 1877. On the structure and origin of meteorites. Nature, vol. 15, pp. 495-498.
- TSCHERMAK, G.
 1870a. Über den Meteorstein von Goalpara und über die leuchtende Spur der Meteore. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 62, part 2, pp. 855-864.
 1870b. Der Meteorit von Lodran. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 61, part 2, pp. 465-475.
 1872a. Die Meteoriten des k. k. mineralogischen Museums am 1. October 1872. Mineralog. Petrogr. Mitth., pp. 165-172.
 1872b. Die Meteoriten von Shergotty und Gopalpur. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 65, part 1, pp. 122-146.
 1872c. Die Meteoriten von Stannern, Constantinopel, Shergotty und Gopalpur. Mineralog. Petrogr. Mitth., pp. 83-100.
 1874. Die Trümmerstruktur der Meteoriten von Orvinio und Chantonay. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 70, part 1, pp. 459-472.
 1875. Die Bildung der Meteoriten und der Vulcanismus. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 71, part 2, pp. 661-673.
 1878. Der Meteorit von Grosnaja. Mineralog. Petrogr. Mitth., vol. 1, pp. 153-164.
 1882. Über die Meteoriten von Mocs. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 85, part 1, pp. 195-209.
 1883. Beitrag zur Classification der Meteoriten. Sitzber. Math.-Naturw. Classe, Akad. Wiss. Wien, vol. 88, part 1, pp. 347-371.
- VAUQUELIN, L. N.
 1816. Analyse de l'aérolithe tombé aux environs de Langres, et envoyé à l'Institut par M. Pistolet. Ann. Chim. Phys., ser. 2, vol. 1, pp. 49-54.
- WADSWORTH, M. E.
 1884. Lithological studies. A description and classification of the rocks of the Cordilleras. Mem. Museum Comp. Zool. Harvard Coll., vol. 11.

