Ein 1831 bei Magdeburg gefundenes Eisen.

Von

F. Rinne in Hannover.

Mit 15 Figuren im Text.

Vorweg sei vermerkt, daß das oben erwähnte Magdeburger Eisen ohne Zweifel eine sogen. Eisensau und zwar vom Kupferhüttenprozeß ist[1]. Wenn mit dieser Erkenntnis zwar das naturgeschichtliche Interesse an dem ursprünglich für meteorisch gehaltenen Funde sinkt, so ist das Eisen doch von nicht geringem naturwissenschaftlichen Wert, auch als Vergleichsobjekt mit Meteoreisen.

Es ist unter Umständen schwer, technisches und meteorisches Eisen zu unterscheiden. Es gibt aber ein allerdings nicht immer vorhandenes Merkmal, das nach dem jetzigen Stande der Dinge, d. h. nach den Erfahrungen über Meteoreisen und über künstliche Eisenfabrikate und Zufallsprodukte nur bei Meteoreisen vorkommt, das ist das Nebeneinandervorhandensein von nickelarmen Eisen (Kamacit) und nickelreichem (Taenit) in irgend einer Form. — Es wird das am ehesten klar durch Betrachtung der bekannten graphischen Darstellungen der Fig. 1 und 2, auf welche deshalb hier hingewiesen sei.

---

[1] Es sind das Eisenmassen, die sich auf und in der Sohle von Schachtöfen absetzen und sie oft stark verunreinigen („versauen"). Bei Kupferschmelzöfen mit einem Auge (Auslaßöffnung) gelangen die Sauen mit den Sulfiden und der Schlacke in den Herd (Spurtiegel), dessen Tiefstes sie einnehmen.

Fig. 1 stellt das Erstarrungsschema für Eisen mit wechselndem Kohlenstoffgehalt dar. Es ist sehr leicht zu deuten, wenn man erwägt, daß die Ordinaten die Temperatur, die Abszissen die Zusammensetzung angeben. Verfolgt man die Differenzierung eines bestimmten Eisens beim Erkalten, so ist nur nötig, einen Punkt auf derjenigen Vertikalen nach unten

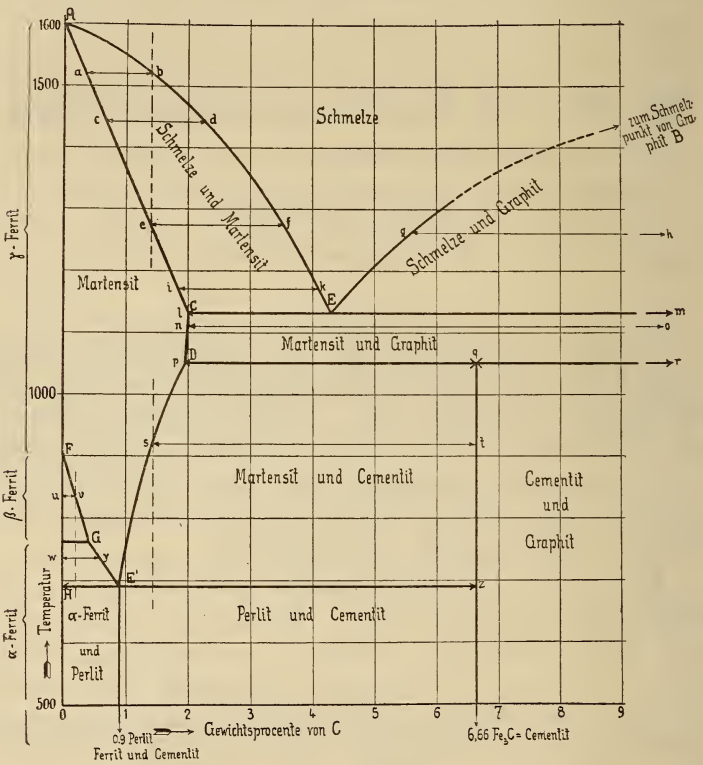

Fig. 1.

laufen zu lassen, welche die Zusammensetzung angibt. Die Doppelpfeile in den Feldern, in welche der darstellende Punkt auf seinem Wege eintaucht, geben die jeweilige Entmischung an. Unter den Linien A C E m vollziehen sie sich im festen kristallisierten Zustande des Eisens. Einige gestrichelte Linien sind als Beispiele eingezeichnet. So bedeutet in Fig. 1 Pfeil c d Entmischung in feste Lösung Martensit (der Zusammensetzung c) und in Schmelzrest d, Pfeil s t eine Sonderung in Cementit t

und Martensit s. Nehmen wir z. B. ein Eisen mit 0,2 % C an, so durchläuft es von der Schmelze aus gerechnet in einem Intervall von vielleicht 1590—1525° den Breizustand (Feld ACE), der durch Nebeneinandersein von Schmelze und Martensitkristallen gekennzeichnet ist, um bei der letztgenannten Temperatur eine homogene, feste, kristallisierte Lösung Martensit mit 0,2 % C zu bilden, die man durch Abschrecken als solche erhalten kann. Bei langsamer Abkühlung wandelt sich hingegen das Kristallaggregat des Martensit, den man sich als molekulares Gemisch von Fe und Fe_3C denken kann, infolge von Löslichkeitsverminderung für Fe teilweise in Ferrit um. Es mag dies beim herangezogenen Beispiel bei v beginnen, eben dort, wo der figurative Punkt in ein neues Feld (an der Begrenzung FG) eintritt. Es kristallisiert also aus der festen Martensitlösung fortgesetzt Eisen (und zwar β-Ferrit) aus, das sich, wenn der darstellende Punkt an die Horizontale von G gelangt, in α-Ferrit umwandelt. Beim weiteren Sinken der Temperatur, in der graphischen Darstellung also beim Absinken des leitenden Punktes auf der gestrichelten Linie, scheidet die Martensitlösung fortgesetzt nun natürlich α-Ferrit aus, bis schließlich bei der Temperatur von HE′ der Lösungsrest sich zu dem eutropischen Gemische von Ferrit und Cementit (d. h. zu Perlit) umwandelt. Bedenkt man, daß FGE′ als Grenze der Felder Ferrit + Martensit und Martensit die Ausscheidungslinie für Ferrit vorführt und entsprechend DE′ die Ausscheidungslinie für Cementit, so ist die graphische Darstellung des erwähnten „Umstehens“ der festen Lösung alsbald verständlich. Im erwähnten Beispiele folgen also aufeinander die Zustände 1. der Schmelze, 2. des Kristallisierens zu einer festen Lösung während eines Temperaturintervalles, 3. des unveränderten Bestehens der ungesättigten festen Lösung während eines Temperaturintervalls, 4. des fortschreitenden Umstehens während eines Temperaturintervalls. Geht die Abkühlung sehr schnell vor sich, so bleibt das Umstehen aus oder es ist unvollkommen, wie Zwischenformen von Martensit und Perlit, nämlich sogen. Troostit und Sorbit, nahe legen.

Ganz entsprechend ist Fig. 2 zu deuten, welche ein Erstarrungsschema für (Fe, Ni) nach Roozeboom und Osmond dar-

stellt. Auch hier gibt der Verlauf eines figurativen Punktes, den man nach der jeweiligen Zusammensetzung auf der entsprechenden Vertikalen wählen muß, den Verlauf der Entmischung an. In jedem mit Doppelpfeil versehenen Felde, in welches der Punkt einlauft, tritt Entmischung ein. Die Enden der Pfeile geben die zusammen existierenden, im Gleichgewicht befindlichen Stoffe an. Z. B. bedeutet Pfeil cd Entmischung im Kamacit c und festen Lösungsrest d. Auf HJ findet Zerfall in Kamacit H und Taenit J statt usw. Dabei ist aber zu vermerken, daß der untere Kurventeil nur eine Annahme ist. Läßt man eine künstliche (Fe, Ni)-Schmelze beliebiger Zusammensetzung erstarren, so bleibt der Kristallisationslauf gewissermaßen im Felde der festen Lösung stecken. Es kommt erfahrungsmäßig nicht zu der im unteren Liniensystem der Fig. 2 angedeuteten Entmischung. Es ist der untere Teil der Figur nur ein Schema für die bei Meteoreisen, im Gegensatz zu künstlichem Nickeleisen, tatsächlich stattgefundene Differenzierung in Kamacit und Taenit. Bislang ist nicht bekannt geworden, daß künstlich dargestelltes nickelhaltiges Eisen die Aufteilung in Kamacit und Taenit vorgeführt hat. Stets hat man eine vollkommene Mischbarkeit bei niedrigen Temperaturen vorgefunden auch bei Gehalten an Ni, die bei Meteoreisen in die Mischungslücke (in Fig. 2 als H′J′ angenommen) fallen würden. Wenn also auch in den Strukturverhältnissen eine

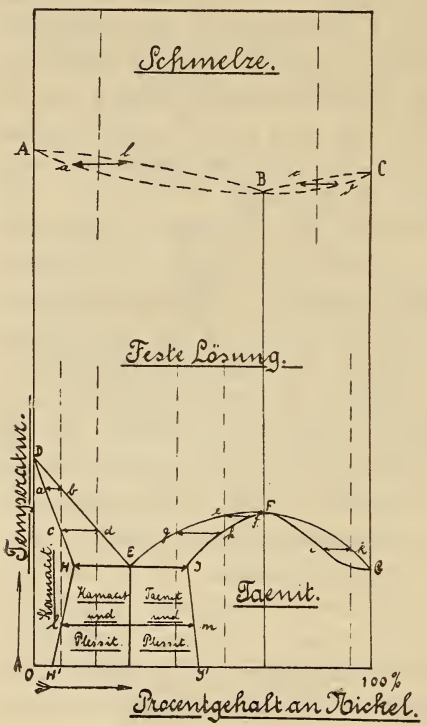

Fig. 2.

Reihe von Analogien zwischen Meteoreisen und technischem Eisen vorhanden sind (dies Jahrb. 1905. I. 122), so zeigt also doch die Erfahrung bislang einen wesentlichen Unterschied zwischen meteorischem und künstlichem Eisen bezüglich der Bestandteile. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß es gelingen wird, auch beim künstlichen Eisen die Aufteilung in Kamacit und Taenit zu bewerkstelligen. Als Hinderungsgrund dafür liegt es sehr nahe, allzu schnelle Abkühlung anzunehmen zumal im Hinblick auf das technische Eisen, das ja auch vor einer Aufteilung, nämlich der festen Lösung Martensit in Ferrit und Cementit bewahrt werden kann, wenn man die Wärme schnell sinken läßt. So könnte man meinen, daß eine sehr langsame Abkühlung die makroskopische oder doch wenigstens mikroskopische Differenzierung in Kamacit und Taenit zu wege brächte. Allein auch hierbei ist als besonderer Umstand zu bedenken, daß das Auseinanderfallen in die beiden Extreme nicht im ganzen Verlauf der Abkühlung allmählich vor sich geht, sondern in einem Temperaturintervall einsetzen und im wesentlichen sich bei einer bestimmten, noch unbekannten Temperatur vollenden wird, so daß gerade dieser Wärmegrad lange Zeiten innegehalten werden müßte. Sehr langes Verweilen bei den Temperaturen oberhalb der unbekannten Differenzierungslinie HJ bringt die in Rede stehende Sache nicht zu Ende. Die Verhältnisse liegen also nicht einfach. Zur Festlegung der Entmischungstemperatur muß man sich an die magnetische Änderung des Nickeleisens halten; sie deutet wohl auch auf andere molekulare Änderungen hin. Indes diese Verhältnisse sind gleichfalls insofern verwickelt, als die für jede Mischung wechselnde Umschlagstemperatur bei Gehalten bis ca. 25 % Ni beim Abkühlen und beim Erwärmen verschieden hoch, bei 25 % Ni z. B. um 500° auseinander liegen. Die betreffenden Nickellegierungen sind wie man sagt irreversibel. So ist denn die Sachlage in der Tat recht schwierig.

Anderseits zeigen neuere metallurgische Verfahren, daß begleitende Stoffe von Einfluß auf die Aufteilungen sind. Es kommen in der Technik verzögernde Zusätze in Betracht, die es mit sich bringen, daß auch bei ziemlich langsamer Erkaltung die Differenzierung harter fester Lösungen ausbleibt

bezw. daß eine Erwärmung nur sehr allmählich ihre Aufteilungswirkung ausübt. Während gewöhnlicher Stahl bei der Benützung infolge der Reibungswärme sich alsbald differenziert, d. h. umkristallisiert, ertragen sogen. Schnelldrehstähle (mit C, Cr, Wo, auch Mo) lange Zeit erhebliche Wärme (Rotglut), ohne diese Umwandlung durchzumachen. Vielleicht gibt es auch Stoffe, welche die in Rede stehende Umwandlung der festen (Fe, Ni)-Lösung begünstigen und bei entsprechendem Verhältnis von Fe, Ni die Bildung von Kamacit, Taenit und Plessit zuwege bringen. Wie auf vielen anderen Gebieten der Meteoritenkunde sind in der Hinsicht gleichfalls noch Versuche nötig.

Selbstverständlich kann eine Aufteilung in nickelreichen und nickelarmen Nickelferrit nicht statthaben, wenn der Ni-Gehalt die Maximalzahl für die Löslichkeitsgrenze (bei Meteoreisen ca. 6,5 % Ni) nicht überschreitet. Solche Ni-armen Eisen sind als Meteore und als Kunsterzeugnisse übereins. Die Sammlern nicht erwünschte Fabrikation sublacunitischer, von Meteoreisen nicht abweichender Eisen macht keine Schwierigkeit.

Was nun das Eisen von Magdeburg angeht[1], so stammen die in einer Reihe von Sammlungen vorhandenen Stücke von sechs Eisenklumpen im Gesamtgewicht von 137 Pfund, die 1831 in der Nähe der Stadt Magdeburg auf dem Wege nach Dorf Olvenstedt beim Straßenbau aufgefunden wurden. Lehrer Kote hielt es für nicht unwahrscheinlich, daß das Eisen der Meteorit sei, der im Jahre 998 bei Magdeburg gefallen sein soll. Es waren länglich platte Stücke, z. T. mit poröser Schlacke, die man als Anzeichen eines früheren Schmelzversuches mit dem vermeintlichen Meteoreisen ansah. Man fand auch einige Stücke, die nur aus Schlacke bestanden. Das Eisen zeigte zwei Abänderungen, eine mehr grobkörnige, grau mit starkem Zusammenhalt und eine feinkörnigere, undeutlich schuppig, heller und spröde. Spez. Gew. der ersten Art 7,218, der zweiten 7,389 nach Stromeyer[2], der dann ferner als chemische Zusammensetzung ermittelte:

---

[1] Vergl. außer den weiter unten angeführten Zitaten noch v. Schreibers, Über die neuerlichst bei Magdeburg zufällig aufgefundene probl. Metallmasse. Baumgarten'sche Zeitschr. **2.** 1. 1833.

[2] Stromeyer, Chemische Untersuchung der unlängst bei Magdeburg entdeckten und für Meteoreisen gehaltenen Eisenmasse. Pogg. Ann. **28.** 551. 1833.

	a) grob	b) fein
Fe	76,77	74,60
Mn	0,02	0,01
Ni	1,15	1,28
Co	3,25	3,07
Mo	9,97	10,19
Cu	3,40	4,32
C	0,38	0,48
P	1,25	2,27
S	2,06	0,92
As	1,40	2,47
Si	0,35	0,39
Sa.	100,00	100,00

Stromeyer war sehr darüber im Zweifel, ob der Fund meteorisch sei, doch schien ihm anderseits besonders der Molybdängehalt der Annahme entgegen zu sein, daß ein Hüttenprodukt vorläge.

Sämtliche Stücke des Magdeburger Eisens wurden von Apel in Göttingen erworben, welcher dann Proben an verschiedene Sammler ziemlich teuer verkaufte.

Nach Heine[1] ist es nun aber aktenkundig, daß von dem damaligen Immediatbergamte zu Alvensleben in den 1780er Jahren von Rothenburg aus nicht unbedeutende Quantitäten Eisensauen zu Versuchen bezogen worden sind. Danach könnten die Funde bei Magdeburg Reste davon sein. Weiterhin stellte er fest, daß beim Kupferhüttenprozeß, welchem Mansfelder Kupferschiefer zugrunde liegt, molybdänhaltige Eisensauen vorkommen. Seine Analysen von entsprechenden Bildungen der Oberhütte bei Eisleben sind:

	Grobkörnige Abänderung
Fe	73,26
Ni	4,63
Co	0,77
Mo	9,13
Cu	1,79
C	1,42
P	6,04
S	0,09
Sa.	97,13
Spez. Gew.	7,578

[1] Heine, Chemische Untersuchung einiger Eisensauen von der Oberhütte bei Eisleben. Zeitschr. f. prakt. Chem. 9. 177. 1836.

	Feinkörnige	Abänderung
Fe	57,68 und	57,91
Ni	5,50	3,42
Co		0,67
Mo	27,33	28,49
Cu	2,49	2,45
C	1,31	0,87
P	4,58	3,51
S	0,46	0,61
Sa.	99,35	97,93
Spez. Gew.	—	7,883

Fr. Aug. Genth[1] analysierte beim Kupferschieferhüttenprozeß fallende Produkte der Friedrichshütte bei Riechelsdorf. Dort wurden graues Totliegendes (Sanderz) und Kupferschiefer verschmolzen. An Mineralien dieser Gesteine werden erwähnt Buntkupfererz, Eisenkies, daneben Kupferkies, Rotkupfererz, Kupferglanz, Malachit, Kupferlasur, gediegen Kupfer, Rotnickelkies, Speiskobalt, Zinkblende, Bleiglanz, Molybdänglanz, Fahlerz u. dergl. Es ist also verständlich, daß Ni-, Co- und auch Mo-haltige Eisensauen bei solchem Betriebe fallen.

Eine Eisensau aus dem Brillherde erwies sich folgendermaßen zusammengesetzt:

Fe	84,24
Mn	Spuren
Ni	
Co	2,85
Mo	6,98
Cu	4,52
Al	Spur
C	1,12
P	0,04
S	0,31
As	Spur
Si	1,28
Sa.	101,34
Spez. Gew.	7,549

Aus dem Sohlstein des Hohofens wurde eine Eisensau losgebrochen, welche ergab:

[1] Fr. Aug. Genth, Chemische Untersuchung der beim Kupferhüttenprozeß fallenden Produkte. Jahrb. f. prakt. Chem. **37**. 193. 1846.

Fe	86,64
Ni	Spur
Co	3,61
Cu	5,19
Al	Spur
C	0,73
P	1,04
S	0,59
Si	2,98
Sa.	100,78
Spez. Gew.	7,466

Nachdem also festgestellt ist, daß Eisensauen vom Kupferhüttenprozeß, bei dem Kupferschiefer verschmolzen sind, wechselnde Mengen auch von Mo, Ni, Co führen, und daß solche Eisenmassen nach Magdeburg früher verfrachtet sind, so kann, ganz abgesehen davon, daß den obigen ähnliche chemische Zusammensetzungen bei Meteoreisen nie beobachtet sind, kein Zweifel sein, daß das 1831 bei Magdeburg gefundene Eisen zu den Hüttenerzeugnissen vom Kupferhüttenprozeß des Kupferschiefers zu rechnen ist. Die Stromeyer'schen Analysen des Magdeburger Eisens ergaben im Durchschnitt

Fe	75,68
Mn	0,02
Ni	1,22
Co	3,16
Mo	10,08
Cu	3,86
C	0,43
P	1,76
S	1,49
As	1,93
Si	0,37
Sa.	100,00

Hiernach hat man es also mit einem recht verwickelt aufgebauten Körper zu tun. Das mir zur Verfügung stehende Eisen, welches nach den alten Etiketten, wie das von Stromeyer analysierte, von Apel in Göttingen bezogen war, unterschied sich von dem analysierten durch mangelnden As-Gehalt. Sieht man also von diesem Stoff zunächst ab, so bleiben doch durch die Kombination von Fe vor allem mit reichlich Mo, mit Co, Ni und Cu, C, P und S verschiedene Möglichkeiten der Aufteilung in metallographischer Hinsicht über.

Den Grundstock bildet das Eisen. Man muß von vornherein im Hinblick auf den chemischen Befund voraussetzen, daß es in großer Menge gediegen da ist, anderseits in chemischer Verbindung mit dem C als Carbid, mit P als Phosphid und mit S als Sulfid vorhanden sein muß, wobei indes sehr wohl ein Teil von C und P als Carbid oder Phosphid im Eisen gelöst sein kann, sich also der metallographischen Betrachtung nicht als selbständiger Körper zeigt.

Der Mn-Gehalt ist so unbedeutend, daß er nur als isomorphe Beimischung zum Fe in Betracht kommt. Nach den bisherigen Erfahrungen geht Mn solche feste Lösungen leicht ein. Ähnlich ist es für Ni und Co, sowie für Si. Sie verschwinden als isomorphe Beimischung bezw. in nicht isomorpher fester Lösung z. B. als Nickelferrit, Nickeleisencarbid, Nickeleisenphosphid, Nickeleisensulfid.

Die auffallende große Menge von Mo erfordert einen besonderen Vergleich. Guillet[1] fand bei Stählen mit etwa 0,2 % C, daß ihnen ein Gehalt von 0,5—1 % Mo die gewöhnliche Art insofern nicht nimmt, als auch bei ihnen Perlit neben Ferrit auftritt. Bei 2 % Mo erscheint der Perlit aber schon außerordentlich zerteilt, bei 5 % Mo sieht man ihn gar nicht mehr. Es hat sich dann ein „Spezialgemengteil" gebildet, der bei noch höherem Mo-Gehalt bleibt.

In Serien mit 0,7 % C hat man gleich anfangs einen sehr zerteilten Perlit. Der Spezialgemengteil erscheint schon bei einem Gehalt von 1,2 % Mo und kommt bei steigendem Mo-Gehalt immer reichlicher vor. Bei 10 % Mo beobachtete Guillet ein förmliches Eutektikum, gebildet aus dem in Rede stehenden Bestandteil und Ferrit. Als chemische Natur dieses besonderen Gemengteils wird von dem Genannten nach seinen entsprechenden Erfahrungen mit Wo-Stahl die eines Doppelcarbids angenommen. Ersichtlich sind diese Schlüsse noch nicht ganz gefestigt; immerhin sind es wertvolle Anzeichen zur Deutung des Magdeburger Eisens.

Carnot und Goutal[2] machten ein aus Molybdänstahl

---

[1] Léon Guillet, Etude industrielle des alliages métalliques. 1906. p. 340.

[2] Ad. Carnot et Goutal, Rech. s. l'état chim. d. div. éléments contenus d. l. produits sidérurgiques. Compt. rend. **128**. 207. 1899.

isoliertes Carbid $Fe_3 C Mo_2 C$ bekannt, auch ein Molybdäneisen der Formel $Fe_3 Mo_2$. Metallographische Bestätigung fehlt.

Was den Cu-Gehalt des Magdeburger Eisens anlangt, so sei die Stromeyer'sche Beobachtung erwähnt, nach welchem im Innern seiner Stücke Haarkupfer in geringer Menge auftrat. Weiterhin deutet die bläuliche Farbe mancher Teile von Sulfidknollen im Eisen auf die Art des Cu-Gehalts hin. Bezüglich des Verhältnisses der gediegenen Metalle Fe und Cu zueinander haben die metallurgischen Erfahrungen eine homogene feste Lösung zwischen den beiden Substanzen ergeben, falls der Cu-Gehalt 8 % nicht übersteigt[1], ebenso wie anderseits Cu bis 2,73 % Fe in fester Lösung zu halten vermag. Ein C-Gehalt ändert die Zahlen.

Die C-Menge von 0,43 % hat trotz dieser gegenüber anderen Ergebnissen der Analyse nur kleinen Zahl sehr hohe Bedeutung, wie das ja vom technischen Eisen hinlänglich bekannt ist. Dort bringt ein Gehalt von nur 0,1 % C schon recht beträchtliche Änderungen in Bestandteilen und Gefüge gegenüber reinem Eisen hervor. Der Gehalt von 0,43 C und von 10 % Mo legt die Gegenwart eines Mo-haltigen Carbids nahe.

Der P-Gehalt von 1,76 % weist auf ein Phosphid hin. Es ist allerdings zu bedenken, daß beim technischen Eisen feste Lösungen von $Fe_3 P$ in Fe erscheinen, in denen das Phosphid dann natürlich als selbständiger Körper nicht zur Geltung kommt. Stead fand die Grenze der Löslichkeit von P in Fe bei 1,7 % P; erst bei einer P-Menge über 1,7 schied sich der Phosphidüberschuß aus, um bei 10 % P die Zusammensetzung des eutektischen Gemisches von Phosphorferrit und Phosphid zu erreichen und darüber hinaus außerdem Phosphideinsprenglinge zu bewirken. Aber auch hier ändern sicher metallische Begleiter des Eisens die Löslichkeitszahlen.

Der S findet von vornherein seine Erklärung in Sulfidbildung, sei es von Fe oder Cu, wobei natürlich auch Ni,

---

[1] Stead, Bulletin de la soc. d'encouragement. 1902. Févr. Nach den inzwischen veröffentlichten Untersuchungen von O. Pfeiffer (Metallurgie. 3. 1906. 281) ist eine Legierungsfähigkeit des Kupfers mit reinem und gekohltem Eisen nicht anzunehmen.

Co, Mo ihren Anteil an den Schwefelverbindungen haben können.

Es ist ersichtlich, daß die chemische Analyse allein keine Deutung des verwickelt aufgebauten Eisens gestattet, ebenso wie im übrigen im allgemeinen das metallographische Studium für sich ganz bestimmte Schlüsse nicht zuläßt. Erst die Anwendung beider Methoden führt auf einen sicheren Weg. Immerhin bleiben auch bei der Kombination der Untersuchung oft genug noch Zweifel auf diesem noch zu wenig betretenen Felde übrig. So möchte ich denn auch die folgenden Ergebnisse mit der nötigen Reserve veröffentlicht haben. Ich freue mich aber mitteilen zu können, daß Herr Osmond, sicher der erfahrenste Metallograph, mir seine Meinung über das Magdeburger Eisen mitteilte und daß seine Deutungen im wesentlichen mit meiner Ansicht übereinstimmen. So glaube ich, die nötige Sicherheit in der Darstellung geben zu können, die für eine Veröffentlichung nicht entbehrt werden kann.

Der Bruch durch ein Eisen des in Rede stehenden Vorkommens läßt die schöne Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, wie sie auf der Schnittfläche nach zweckentsprechender Behandlung heraustreten, nicht ahnen. Man sieht auf frischen Bruchflächen wenig mehr als ein körniges Gefüge, insofern sich durch wechselnden Glanz kleine, nämlich einige Millimeter große Bezirke voneinander abheben. Die Farbe ist eisengrau. Die Hauptuntersuchung mußte auf Schnittflächen geschehen. Es wurden nacheinander die folgenden metallographischen Methoden angewandt, wobei die Beobachtungen unter dem Mikroskop meist vermittelst Illuminator gemacht wurden. Bei schwacher Vergrößerung und schief liegender Platte (z. B. in ein Kästchen mit Sand gebettet) leistet das Greenough'sche stereoskopische Mikroskop von Zeiss ausgezeichnete Dienste.

Polieren.

Mittels rotierender Scheibe unter Carborundbenutzung abgetrennte Plättchen wurden auf gröberem und dann feinerem Schmirgelpapier geebnet und unter Anwendung der feinsten Papiersorte poliert. Den vollkommenen Glanz erhielten die Präparate durch Tonerde (aus Ammoniakalaun durch Glühen hergestellt) auf rotierender Filzscheibe.

Man erkennt nun mit bloßem Auge schon den Gegensatz zwischen hellblanken Metallmassen und dunklen Punkten und Körnchen, die sich wesentlich als Sulfid erweisen. Gelegentlich erreichen sie an 3 mm Durchmesser. Sie weisen dann eine gelbe Farbe nach Art des Troilits auf, die z. T. auf dem ganzen Bezirk eines Durchschnitts herrscht, z. T. treten mehr oder minder große bläuliche, auch ockerig verwitterte Partien auf.

Die Sulfide sind recht zerreiblich und geben beim Schleifen leicht Veranlassung zu zerfressener Oberfläche oder zur Lochbildung.

Reliefpolieren.

Beim Polieren auf nachgiebiger Unterlage unter Anwendung nur geringen Druckes heben sich die Gemengteile nach ihrer verschiedenen Härte voneinander ab. In bekannter Art wurde auf Holz gespanntes Pergamentpapier benutzt, welches mit wenig feinstem Polierrot naß überrieben war. Es kamen nun in dem früher ziemlich gleichmäßig erscheinenden Metall drei verschieden harte Bestandteile zur Geltung. Ein besonders widerstandsfähiger Gemengteil hebt sich mit scharfen Rändern heraus. Es ist, wie die nachfolgenden Untersuchungen zeigen, ein Phosphid. Mehr weich umrandet, aber immerhin auch deutlich erhaben, erscheint der zweite Gemengteil, der als Carbid angesprochen werden muß; den großen Untergrund bildet der weichste Körper, also offenbar das Eisen.

Ätzen polierter Flächen.

Die polierten Flächen wurden mit verschiedenen Ätzmitteln behandelt.

a) Anwendung von Salpetersäure, 4 % in absolutem Alkohol; nachher Trocknen im warmen Luftstrom. Hierbei heben sich das Eisen einerseits und Carbid und Phosphid anderseits vortrefflich voneinander insofern ab, als ersteres sich dunkel färbt, letztere ihren Glanz behalten.

b) Anwendung von Pikrinsäure, 5 % in absolutem Alkohol; nachher Trocknen im warmen Luftstrom. Auch dies ausgezeichnete Ätzmittel schafft in gleicher Weise wie Salpetersäure einen Gegensatz zwischen Eisen einerseits und Carbid bezw. Phosphid anderseits.

Anlassen polierter Flächen.

Diese ganz vorzügliche Methode bringt im vorliegenden Falle ein nicht nur außerordentlich lehrreiches, sondern zugleich sehr farbenprächtiges Bild zustande. Bekanntermaßen ist es die zuerst angewandte Art, in welcher Meteoreisen und damit Eisen überhaupt metallographisch behandelt wurde. Die Widmannstätten'schen Figuren wurden auf die in Rede stehende Weise gefunden. Später ist die Anlaßmethode insbesondere von Martens und Behrens mit Erfolg benutzt, und bedeutsame metallographische Erfolge sind durch ihre Anwendung insbesondere durch Stead gewonnen, vor allem bei der Unterscheidung von Eisencarbid und Eisenphosphid. Bei kleinen Platten kann man das Verfahren bequem über dem Spirituslämpchen ausführen, bei größeren wie bekannt durch Erhitzen einer Eisenplatte mittels Bunsenbrenner, in deren Mitte die Probe lagert, oder durch Verweilenlassen kleiner Stücke während etwa 10 Minuten im Trockenschrank bei 275° C. Die in Rede stehenden polierten Platten erscheinen beim Erhitzen nacheinander, im großen betrachtet, gelblich, rötlich und dann blau. Man hört z. B. beim roten Farbenton mit Erhitzen auf und läßt das Anlassen durch Nachwirkung noch etwas voranschreiten, oder man geht bis zum erwünschten Farbenton und kühlt schnell in Quecksilber oder unter Sand ab.

Auf der angelassenen Fläche des Magdeburger Eisens erscheinen außer den Sulfiden, die gleichfalls anlaufen und ihre Eigenfarbe vertiefen, ganz vorzüglich deutlich, selbst in den mikroskopisch allerfeinsten Teilchen unterschieden, das Eisen, das Carbid und das Phosphid, und zwar in Abstufungen der Farben, wie z. B. blau (Eisen), rötlichgelb (Carbid), weiß (Phosphid). Zuerst läuft also das Eisen an. Ist es ausgesprochen gelb, so ist das Carbid lichtgelb, das Phosphid noch weiß, d. h. nicht merklich angegriffen. Beim weiteren Erhitzen ändern sich die Farben des Eisens und Carbids entsprechend in rötlich und lachsgelb, während das Phosphid auch jetzt noch weiß ist. Schließlich kann man ihm gleichfalls einen, z. B. gelblichen Ton verleihen, dann wird das Carbid blau und das Eisen grünlichblau. Ein wenig längere Erhitzung macht Eisen und Carbid bereits mißfarben, so daß sich also eine frühere Anlaßstufe empfiehlt.

Seien unter Hinweis auf die obigen Methoden zunächst einige von mir mittels eines großen Zeiss'schen mikrophoto-

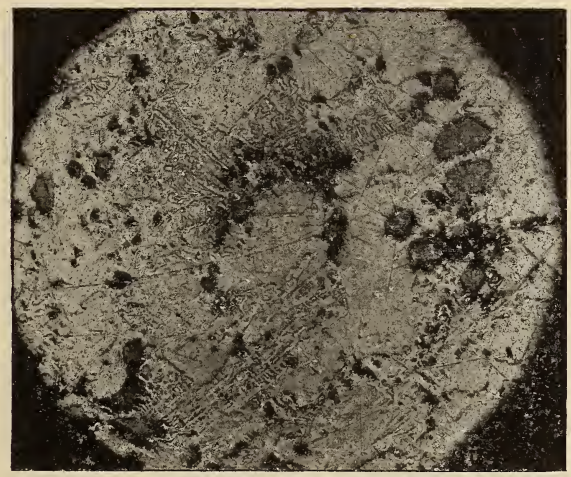

Fig. 3.

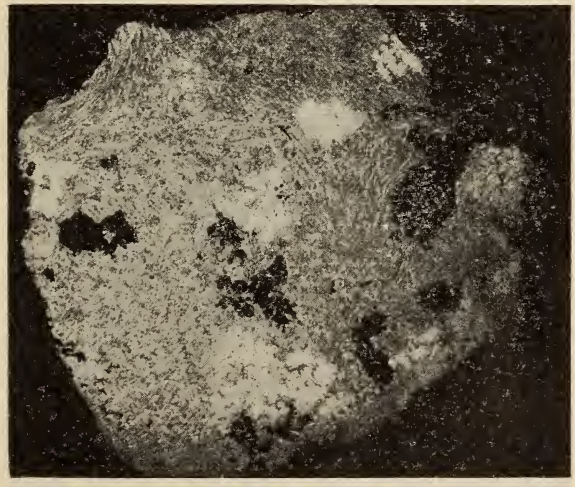

Fig. 4.

graphischen Apparats hergestellte Bilder erläutert. In Fig. 3 (Vergrößerung 1 : 65), welche einen charakteristischen Teil einer reliefpolierten Platte darstellt, erkennt man im Gesichts-

felde verstreut, durch dunklen Farbenton sich abhebend, die Sulfiddurchschnitte, dann oben, sich scharf absetzend, das

Fig. 5.

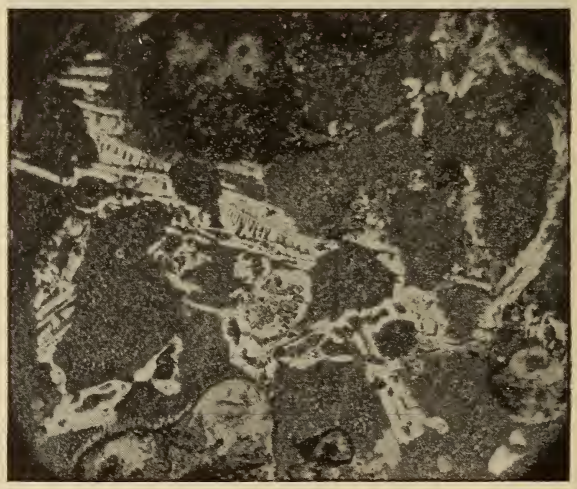

Fig 6.

Phosphid, und ein wenig verwaschener, aber doch trefflich im Relief, unten das Carbid. Das milde Eisen bildet den

Untergrund. Fig. 4, die ein nur sehr schwach vergrößertes Bild vorstellt (1 : 2), gibt ein angelassenes Stück wieder. Außer den tiefschwarzen Stellen, die z. T. Löcher, z. T. Sulfid sind, sieht man auf der Platte vor allem reichlich weißes Phosphid in Knauern und Streifen. Der Unterschied zwischen Eisen und Carbid läßt sich erst bei stärkerer Vergrößerung erkennen. So ist es z. B. in Fig. 5 (Vergr. 1 : 75), wo das Phosphid einer angelassenen Platte weiß, das Carbid im Halbton und das Eisen sich dunkel zeigt.

Das Eisen ist der Hauptgemengteil. In Fig. 6 erscheint es, wie vielfach auf den Platten, in rundlichen, auch etwas länglichen Durchschnitten. Sie sind im Bilde der Fig. 6, die eine angelassene Stelle wiedergibt, dunkler als die maschige helle Umrandung, die im übrigen gleichfalls in sich von dunklen Eisenteilen durchbrochen ist.

Beim Reliefpolieren stellt das Eisen die Niederungen dar, beim Ätzen mit Pikrinsäure oder Salpetersäure färbt es sich dunkel. Herr Osmond machte mich freundlichst darauf aufmerksam, daß es sich damit Troostit oder Sorbit[1] ähnlich zeigt. Aller Wahrscheinlichkeit nach enthält es in fester Lösung Mo, Ni, Co, vielleicht etwas Carbid und Phosphid.

Was dies Eisen aber gerade auch für den Petrographen höchst interessant macht, das sind die Abscheidungen, die es offenbar im festen Zustande erfahren hat. Man hat in dem Eisen eine Kristallisation vor sich, die sich aus dem Schmelzfluß C- und P-haltig abschied, deren Lösungsfähigkeit für diese Stoffe aber beim Sinken der Temperatur abnahm. Man muß sich in dem Falle C und P in fester Lösung als Carbid und Phosphid vorstellen[2]. Bei der Temperaturerniedrigung kristallisierte nun der überschüssig werdende Teil an Carbid und Phosphid aus. Natürlich ist anzunehmen, daß immer noch geringe Mengen dieser Substanzen gelöst im Eisen enthalten sind, daß die Löslichkeit also nicht = 0 geworden ist.

---

[1] Troostit und Sorbit sind Übergangszustände zwischen Martensit (kristallisierte feste Lösung von Fe_3C in Fe) und Perlit (eutropisches Gemenge von Ferrit und Cementit).

[2] Ein Beispiel der nicht isomorphen molekularen Gemische, ähnlich wie $FeCl_3$ in NH_4Cl oder Fe_2O_3 in SnO_2 gelöst ist.

In oben angegebener Art wird man einmal den feinen hellen Staub in den dunklen Eisenkörnern der Fig. 6 deuten müssen. Ferner treten, so in Fig. 7, sekundäres Carbid und Phosphid gelegentlich in vielen, aus Stäbchen und Fäserchen zusammengesetzten Büscheln im Eisen ziemlich reichlich auf. Die Erscheinungen solchen Staubcarbids und Phosphids bezw. Büschelcarbids und Phosphids auf angelassenen Platten sind außerordentlich zierlich und infolge des Farbengegensatzes zwischen dem z. B. blau angelassenen Eisen, dem gelben Carbid und weißen Phosphid ganz ungemein anziehend.

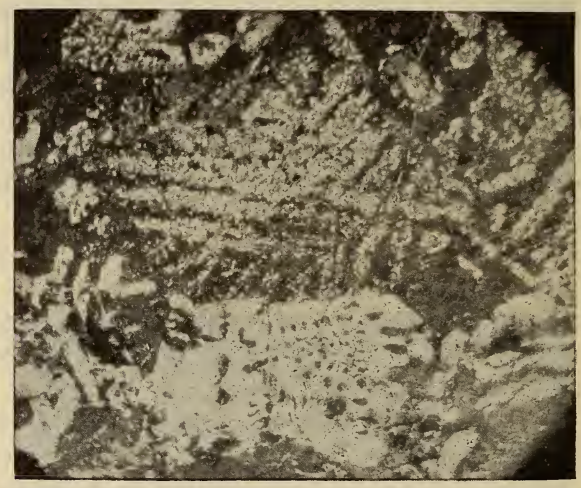

Fig. 7.

Die Altersfolge von Wirt und Gast ist nach obigem hier gerade umgekehrt als man denken möchte. Die „Einschlüsse“ sind jünger als der sie einschließende Körper. Die Erscheinung ist im Hinblick auf Meteoreisen interessant, bei dem allem Anschein nach eine Löslichkeitsverringerung von Ni im Fe öfter die Ausscheidung von Staubtaenit veranlaßt hat. Weiterhin erscheint es mir nach obigem wahrscheinlich, daß mancher in den Kamacitbalken eingelagerter Cohenit und Schreibersit einem solchen Umstehen zuzuschreiben ist.

Das Eisen kommt nun weiterhin in Verwachsung mit Carbid vor, und zwar in einer Art, wie man sie von gewissen

eutektischen Mischungen kennt. In Fig. 7 unten bildet das Carbid (hell im Gegensatz zum Eisen) ein im Schnitt lappenförmig erscheinendes Feld, in dem besonders im Innern rundlich eiförmige oder längliche Eisenteilchen (dunkel) liegen, so daß eine Ähnlichkeit mit gewissen durchbrochenen Lederarbeiten heraustritt. Manche Kontaktmineralien zeigen Entsprechendes. Ähnliches bot im übrigen schon Fig. 6 dar, und vorgreifend sei auf Fig. 13 hingewiesen, in der die dunklen Teile das Eisen darstellen.

Das Carbid, welches sich schon beim Reliefpolieren durch seine größere Härte vom Eisenuntergrund abhebt (Fig. 3 unten), dem Phosphid (Fig. 3 oben) aber hierin anscheinend ein wenig nachsteht, ist im allgemeinen bei der Schilderung des Eisenbestandteils bereits gewürdigt. Es zeigt sich im Schliff vielfach in durchbrochenen Lappen und Streifen, dann als Stäbchen, Fäserchen und Punkte, die beim Ätzen hell bleiben und beim Anlassen gegenüber dem z. T. blau gewordenen Eisen wenig weit gediehene Oxydationsstufen aufweisen, also rötlich oder gelb erscheinen. Es ist nun bemerkenswert, daß die in Rede stehende Verbindung in ihren Anlaßtönen auf demselben Schnitt und oft auch im selben Durchschnitt wechselt. Manche Carbidlappen sind eigenartig verwaschen fleckig. Es deutet das auf einen wechselnden Gehalt an Stoffen, welche die Grundsubstanz, die wohl Fe_3C ist, begleiten, also wahrscheinlich auf ungleichmäßige Beimengung von Mo, vielleicht auch von Ni und Co, die als Carbid in fester Lösung im Fe_3C (Cementit) zu denken sind. Eine andere Ungleichmäßigkeit erklärt sich durch das Zusammenvorkommen des Carbids mit dem Phosphid. Es ist schon oben erwähnt, daß im Eisen Ausscheidungen von Staub, Fasern und Büscheln vorkommen und daß man es in ihnen mit Carbid und zurücktretendem Phosphid zu tun hat. Bei Büschelbildungen nimmt letzteres besonders gern die Faserenden ein. Bei scharfem Zusehen erkennt man nun in manchen durch Anlassen z. B. rosa gefärbten Carbidstreifen eine äußerst feine, höchst zierliche Struktur, die durchaus an Perlit erinnert, d. h. man hat zarte, sich nicht schneidende, faserige oder wurmförmige Durchschnitte von Carbid und Phosphid vor sich, die also, körperlich gedacht, in feinst lamellarer Struktur nebeneinander

liegen, gerade wie Ferrit und Cementit im typischen Perlit. Vielfach tritt deutlich Phosphid als Achse solcher Streifen heraus, die dann seitlich von dem Eutektikum umsäumt erscheint. So ist es z. B. in Fig. 8, in der die korallenartigen Gebilde oft einen hellen Phosphidstrang, umgeben vom in Rede stehenden Eutektikum, aufweisen. Es handelt sich in Fig. 8 noch um ziemlich schwache Vergrößerung (1 : 150), so daß die Lamellarstruktur wenigstens in der Autotypiewiedergabe nicht erkennbar ist. Herrn Osmond verdanke ich aber eine ausgezeichnete Photographie des Eutektikums in

Fig. 8.

der sehr beträchtlichen Vergrößerung von 1 : 1200, die in der Tat ein Musterbeispiel für mikrophotographische Aufnahmen besonders schwieriger, weil selbst mikroskopisch recht winziger Details ist (Fig. 9). Man erkennt, wie die Richtung der Lamellen im allgemeinen quer zur Längsrichtung der pseudopodienartigen Büschel verläuft. Die Erscheinungen wie in Fig. 8 und 9 sind den Petrographen z. B. in Graniten und Gabbrogesteinen nicht unbekannt.

Das Phosphid bietet von allen Gemengteilen die zierlichsten Erscheinungen unter dem Mikroskop dar. Betrachtet man auf angelassenem Schliff einen makroskopisch weiß er-

scheinenden Fleck, etwa des in Fig. 4 dargestellten Stückes, so erkennt man ein Geäder aus Phosphid im Eisenuntergrunde,

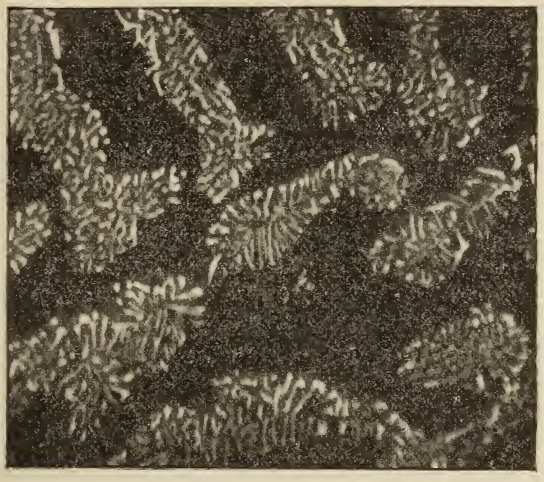

Fig. 9.

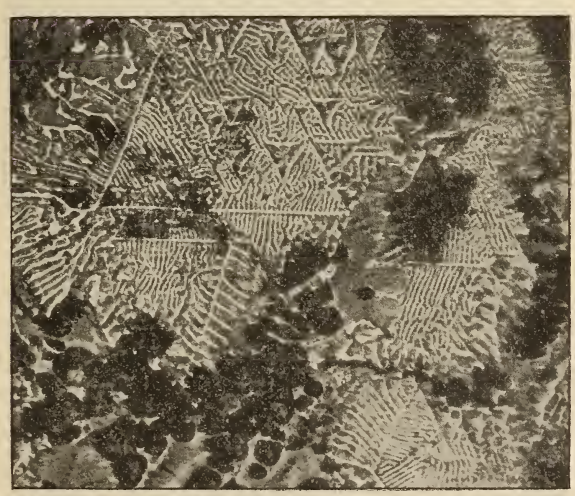

Fig. 10.

das sich infolge des prächtigen Farbengegensatzes z. B. von weiß und blau ganz prächtig heraushebt. Auch diese Erscheinung hat Ähnlichkeit mit vielen eutektischen bezw. mit

eutropischen Verwachsungen. Oft sieht man Skelettformen, die nach dem Leitmotiv jedenfalls annähernd gleichseitiger Drei-

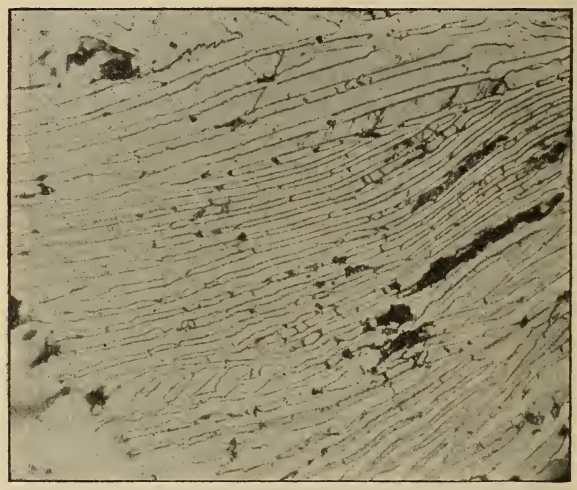

Fig. 11.

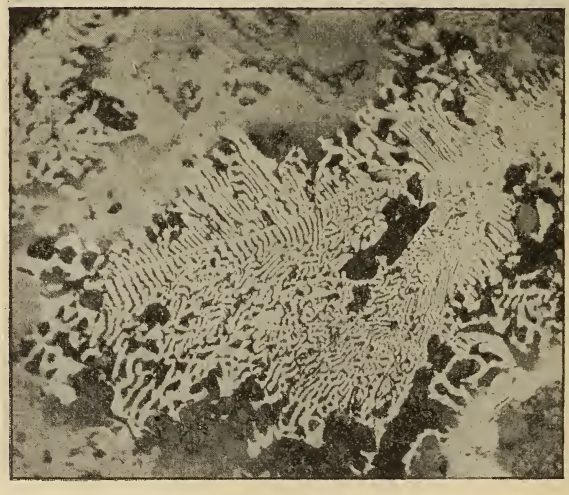

Fig. 12.

ecke aufgebaut sind, so in Fig. 10, die ich der freundlichen photographischen Hilfe des Herrn Dr. Hauswaldt verdanke. Man möchte an oktaedrische Wachstumsformen denken, womit

auch gewisse rechtwinklige Gruppierungen harmonieren würden, wie man sie z. B. in Fig. 5 erkennen kann. Da es sich aber wohl um das übliche Phosphid mit dem chemischen Grundstock Fe_3P handeln wird (Schreibersit bezw. Rhabdit der Meteoreisen), das dem tetragonalen System zugeschrieben wird, so kann man bei der Ähnlichkeit der Schreibersitabmessungen mit regulären Winkeln auch recht wohl tetragonale Wachstumsformen als vorliegend annehmen. Zuweilen sind die Skelette sehr scharf umrandet, wie z. B. in den Fig. 3, 5, 10, 11, gelegentlich mehr verwaschen begrenzt (Fig. 12).

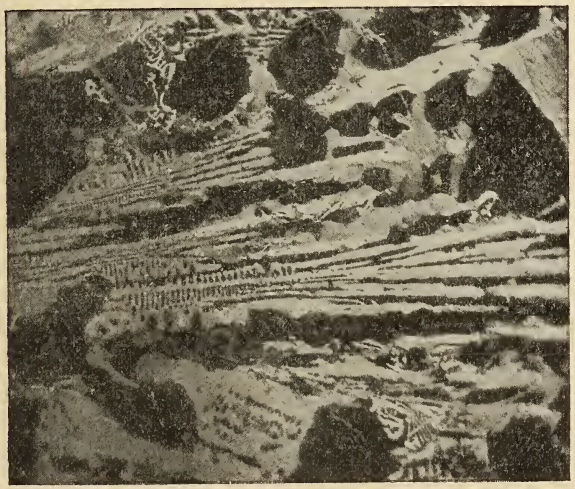

Fig. 13.

Es hängt das wohl von der Schnittlage, auch natürlich von der Präparation ab. Fig. 11 erinnert recht sehr an grobes Perlitgefüge, wie man es z. B. in Cementstahl beobachtet, bei dem im Bilde 11 der Cementit (Fe_3C) an Stelle des Phosphids zu denken ist. Sei auch noch ein schriftgranitischer Bau erwähnt, der sich gelegentlich findet und bei dem das Phosphid die Stelle des Quarzes und das Eisen die des Feldspatuntergrundes spielt. Das gelegentlich korallenartige Aussehen des Phosphids ist schon weiter oben durch Fig. 8 belegt. Es mag sich schließlich noch Fig. 13 anschließen, in der im dunklen Eisengrunde sich links im Halbton das

Carbid heraushebt, das auch dort schon in feinster Verwachsung mit dem Phosphid vorkommt, ihm aber im rechten Teile des Bildes das Feld der Streifen fast vollkommen überläßt. Im übrigen ist es nicht möglich und auch nicht nötig, erschöpfend die schöne Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zu schildern, die dem Beobachter im mikroskopischen Bild prächtig entgegen tritt. Die Typen der Erscheinung sind im obigen erwähnt.

Bezüglich der chemischen Natur des Phosphids wurden einige Versuche angestellt, die aber bei dem recht verwickelten stofflichen Aufbau des Materials nicht ganz überwundene

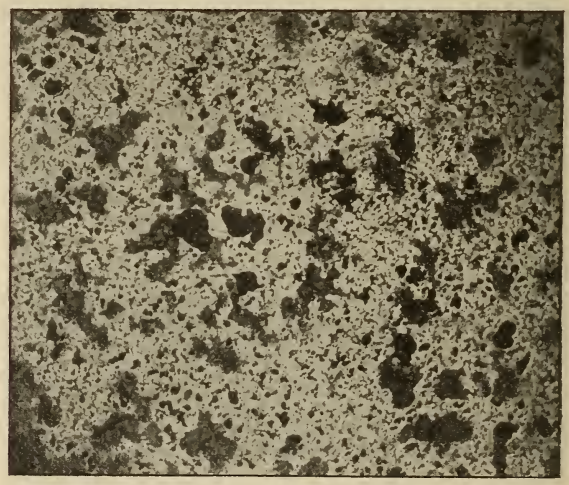

Fig. 14.

Schwierigkeiten machten. Ätzt man polierte Schliffe des Magdeburger Eisens mit sehr verdünnter Salpetersäure, so werden bei makroskopischer Betrachtung die Phosphidstellen scheinbar angegriffen. So sieht es z. B. in Fig. 14 aus, die bei schwacher Vergrößerung (1 : 6) aufgenommen ist. Die tief schwarzen Flecke sind Sulfid, die in ziemlich dunklem Halbton erscheinenden Partien die Stellen mit Phosphid. In Wirklichkeit ist aber nicht das Phosphid von HNO_3 zerstört, sondern seine nächste Eisenumgebung und die Eisenzwischenmasse. Wie Fig. 12 zeigt, ist sie stark gedunkelt. Nach außen hellt das Eisen wieder auf. Es ist also offenbar in

der Nähe der Phosphidausscheidungen anders zusammengesetzt als weiter ab, ein ganz interessantes Beispiel einer Hofbildung. Sie ist ein Anzeichen dafür, daß der Phosphor im Magdeburger Eisen nicht nur als Phosphid vorhanden ist, sondern auch in fester Lösung vorkommt, und daß letztere gewissermaßen einem Kristallisationshof um die sichtbaren Phosphidausscheidungen darstellt. Ähnliches beobachtet man nämlich auch sonst bei technischem Eisen. Nach den Untersuchungen von Stead[1] dunkelt Phosphorferrit beim Ätzen, und zwar um so mehr, je größer der Phosphorgehalt ist. Es scheint also auch hier vor allem in der Nachbarschaft des Phosphids ein Phosphorferrit (wohl Phosphor-Molybdän-Nickel-Kobalt-Ferrit) vorzuliegen.

Beim Behandeln mit Kupferchlorid-Ammonchlorid wird bekanntermaßen das Schreibersit-Phosphid nicht wesentlich angegriffen, so daß es von Kamacit, Taenit und Cohenit getrennt werden kann. So wurde denn auch das Magdeburger Eisen mit der genannten Lösung (8 Tage und Nächte lang unter Umrühren mittels einer Turbine) behandelt und der Rückstand magnetisch aufbereitet. Er enthielt außer Eisen noch Nickel-Kobalt, ferner reichlich Molybdän und viel Phosphor. Ob, wie recht wahrscheinlich, das Phosphid auf den Typus Fe_3P zurückzuführen ist, mit teilweisem Ersatz des Fe durch Nickel-Kobalt sowie Molybdän, ist nicht ganz sicher, da sich nur 12,65 % P ergaben statt 15,6 % bei reinem Fe_3P. Da nun der Mo-Gehalt (gefunden 5,55 %) die P-Zahl herunterdrückt, so scheint mir, auch wegen der schwierigen chemischen Behandlung doch wohl ein Molybdän-Schreibersit vorzuliegen. Es war mir nun weiter ganz interessant, das Verhalten des meteorischen Schreibersits beim Anlassen mit dem des im technischen Eisen sehr verbreiteten Fe_3P und des Magdeburger Phosphids zu vergleichen. Es ist zunächst befremdlich, daß z. B. isolierter Schreibersit von Beaconsfield und von Magura sich weit eher anlassen als das technische Phosphid desselben chemischen Typus (Fe_3P) und auch als das Magdeburger Phosphid. Bekanntlich ist Schreibersit $(Fe, Ni, Co)_3P$. Der Nickelgehalt wechselt. Nach einer Zusammenstellung neuerer

[1] J. E. Stead, Iron and Phosphorous. The Metallographist. 4. 1901. p. 89.

Analysen von E. Cohen[1] kennt man solche mit 11—43 % Ni. Die sogen. Rhabdite sind die Ni-reichen Abarten. Dazu kommt nun das in technischem Eisen bekannte Fe_3P ohne Nickel. Nach Stead kennzeichnet sich dies durch schwere Oxydierbarkeit. Es bleibt beim Anlassen zunächst weiß, wenn z. B. Ferrit und Cementit bereits gefärbt sind. Weiterhin fand ich, daß auch der Ni-reiche Rhabdit von Beaconsfield schwer anläuft. Es ist das ein chemisch bemerkenswerter Fall insofern, als die Extreme der genannten Phosphidreihe, nämlich das technische Phosphid Fe_3P und das nickelreiche Phosphid, der Rhabdit, dem Einfluß des Sauerstoffs der Luft beim Erwärmen guten Widerstand leisten, während die Phosphide mit Zwischengehalt an Ni leichter angreifbar sind. Es wäre das also ein Beispiel nicht einfach additiver Eigenschaften bei isomorphen Mischungen; die Oxydationskurve hätte vielmehr zwischen den Endgliedern ein Maximum. Bei der Gelegenheit sei noch vermerkt, daß Schreibersit je nach der Temperatur in zwei Modifikationen vorkommt, in einer magnetischen bei niedriger und einer unmagnetischen bei erhöhter Temperatur. Es ist das eine Eigenschaft, die man bei mehreren Eisenverbindungen findet. Auch das Eisen selbst zeigt die erwähnte, recht bemerkenswerte Eigenart. Im reinen Zustande folgt es bis 740° dem Magneten, darüber hinaus nicht mehr. Man bezeichnet das magnetische Eisen als α-Ferrit. Es geht bei 740° in festem Zustande in β-Ferrit über, ähnlich wie z. B. Boracit bei 265° seine Modifikation wechselt. Für Magnetit, also für eine sehr Fe-reiche Substanz, ist ein solcher magnetischer Umschlag gleichfalls bekannt[2]. Er tritt bei etwa 575° ein. Auch der Cementit (Cohenit) kommt in zwei solchen Zuständen vor. Erhitzt man kleine Teilchen von Cohenit, Schreibersit und Magnetit, die an einem Magneten hängen, gleichzeitig, so fällt erst Cohenit, dann Schreibersit, dann Magnetit herab zum Zeichen, daß die Umschlagstemperaturen der α- in die β-Modifikation bei Cohenit am niedrigsten, eine mittlere bei Schreibersit (bei beiden unter Rotglut) am höchsten von den

[1] E. Cohen, Meteoritenkunde. 1. 1894. p. 131 und 2. 1903. p. 233.

[2] F. Rinne, Über das Verschwinden und Wiedererscheinen des Magnetismus beim Erhitzen und Abkühlen von Magneteisenerz. Centralbl. f. Min. etc. 1902. p. 294.

dreien bei Magnetit ist, der aber immerhin weit eher unmagnetisch wird als Ferrit. Der Eisengehalt regiert die Umschlagstemperaturen also nicht direkt, was auch bei chemischen Verbindungen nicht anzunehmen ist, sonst müßte die Aufeinanderfolge Schreibersit, Magnetit, Cohenit, Ferrit sein.

Die Sulfide erscheinen in kleinen bis ca. 3 mm großen und in sehr kleinen, rundlichen, auch länglichen, ovalen oder gelappten Durchschnitten, von denen zuweilen benachbarte einen Parallelismus aufweisen, also auf unterschnittflächliche Verbindung der Teilchen hinweisen, auf die Art ein skelett-

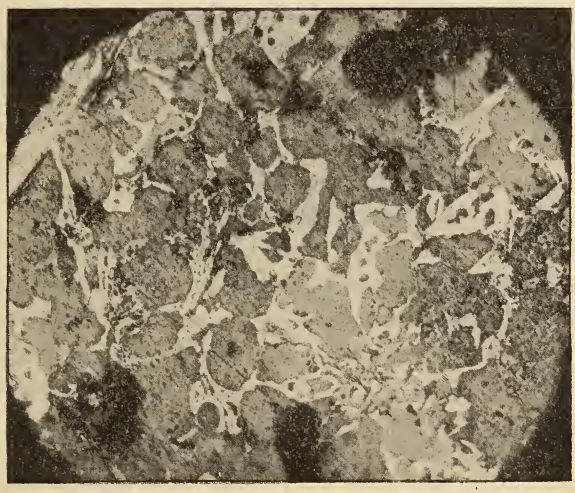

Fig. 15.

förmiges Wachstum andeutend. Durchschnitte der Sulfide kann man z. B. in Fig. 3 beobachten. Sie erfordern zur Erkennung außer Politur keine besondere Behandlung der Platten und zeigen bei der mikroskopischen Betrachtung unmittelbar einen Aufbau aus verschiedenen Körpern. Man sieht gelbes Eisensulfid (Troilit, Fe S) und bläuliches Kupfersulfid, ähnlich wie auf Schliffen vom Kupferstein des Hüttenbetriebes. Es fehlen auch nicht rosa Fetzen und Punkte von wohl sicher gediegen Kupfer. Besonders gut kann man in Fig. 6 oben und unten am Rande etwas links, auch rechts unten an der Seite des Bildes die Verschiedenartigkeit im Bau der Sulfid-

einlagerungen wahrnehmen. Ihre ganze Erscheinungsart erinnert recht sehr an die der Troilitknollen in Meteoreisen.

Das Gefüge des Magdeburger Eisens ist ganz charakteristisch. Einsprenglingsartig treten makroskopisch Sulfid und mehr oder minder ausgesprochen das Phosphid auf; im mikroskopischen Bilde ist vielfach recht kennzeichnend, daß rundliche Eisenkörner in einer spärlichen Grundmasse liegen, und zwar von Eisen mit Carbid, oft in grober eutektischer Verwachsung (Fig. 6), oder von Carbid mit Phosphid bezw. Phosphid allein (Fig. 15, 1 : 65). Im übrigen wechseln die Bilder strukturell doch ziemlich stark. Manche erinnern recht sehr an sogen. granophyrische Quarzporphyre.

Bezüglich der Erstarrungsgeschichte wird man drei Perioden unterscheiden müssen: 1. Schmelzfluß, 2. Kristallisations-Intervall, 3. Bildungen durch Umstehen in der bereits festen, wenn auch noch hoch temperierten Masse. Von den Bestandteilen der Magdeburger Eisensau, 1. Eisen, 2. Carbid, 3. Phosphid, 4. Sulfid mit gediegen Kupfer, gehören zu den Ausscheidungen aus Schmelzfluß sicher die Sulfide. Sie sind aus dem flüssigen Zustande kristallisiert und haben im festen Zustande Modifikationsumschläge unter Volumänderung erfahren, was mit ihrem etwas spröden Verfallen im Einklang steht und wie es ja für FeS bekannt ist[1]. Schmelzflußausscheidung ist natürlich auch das Eisen, ferner das Carbid zum Teil. Auch beim technischen Eisen gibt es unmittelbare Kristallisation von Fe_3C aus dem Schmelzfluß. Die Hartgußindustrie beruht darauf. Wie Heyn[2] betonte, ist zwar Graphit die stabile Bildung, durch Überkühlung kommt es aber zur unmittelbaren Carbidkristallisation, die sonst erst durch Ausscheidung aus der festen Lösung erfolgen würde. Beim langen Glühen (Tempern) wird der stabile Zustand mit Ausscheidung von Graphit (Temperkohle) erreicht. Das Phosphid des technischen Eisens wird im allgemeinen wohl als

---

[1] Vergl. H. Le Chatelier et Ziegler, Sulfure de fer, ses propriétés et son état dans le fer fondu. Bull. d. l. soc. d'encourag. 1902. p. 368. Eine im Laboratorium von Prof. Tammann ausgearbeitete Abhandlung über Eisen und Schwefel wird demnächst veröffentlicht.

[2] E. Heyn, Labile und metastabile Gleichgewichte in Eisen-Kohlenstoff-Legierungen. Zeitschr. f. Elektrochemie. 1904. p. 491.

unmittelbare Schmelzflußausscheidung betrachtet. Beim Magdeburger Eisen wird man die größeren Durchschnitte des Carbids und des Phosphids, die oft in eutektischer Struktur mit dem Eisen und miteinander erscheinen, als Absonderungen aus dem Fluß betrachten müssen. Kaum zu bezweifeln ist aber anderseits, daß die staubförmigen, faserigen und büscheligen Teilchen von Carbid und Phosphid sich aus bereits festem Eisen aussonderten, als dessen Löslichkeit für die in Rede stehenden Stoffe mit der Temperaturerniedrigung sank.

Es sind das alles Erscheinungen, die nicht nur das Wesen der Meteoreisen mehr und mehr erhellen, sondern auch Vergleiche mit den silikatischen Eruptivgesteinen zulassen.

Hannover, Mineral.-geol. Institut der Technischen Hochschule.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: 1906_2

Autor(en)/Author(s): Rinne Friedrich

Artikel/Article: Ein 1831 bei Magdeburg gefundenes Eisen. 61-89