

## 4. Die genetischen Verhältnisse der Kupfererzvorkommen von Otavi<sup>1)</sup>.

Von Herrn P. KRUSCH in Berlin.

Hierzu Tafel XIII und XIV und 7 Textfiguren.

Das Material verdanke ich der Generaldirektion der Otavi-Gesellschaft in Berlin, dem Leiter der Gruben Herrn Direktor Dr. HEIMANN in Tsumeb, den die Lagerstätten aus eigener Anschauung kennenden Herren Kollegen Dr. Lotz und Bergingenieur ZELENY, und nicht zum geringsten Teile Herrn Geheimen Bergrat SCHEIBE, dessen Material namentlich in bezug auf den Aplit, den sog. Eruptivkörper, ausschlaggebend war. Allen sage ich an dieser Stelle für ihre Unterstützung meinen verbindlichsten Dank.

Im letzten Jahrzehnt haben die Lagerstättengeologen und Bergleute nur zwei neue Kupfervorkommen von Bedeutung aufgefunden, nämlich Otavi in Deutsch-Südwestafrika und Katanga im südlichen Kongostaat. Beide Lagerstätten fallen durch den hohen Gehalt ihrer Erze auf. Obgleich auf beiden Vorkommen ausgedehnte Aufschlußarbeiten vorhanden sind, war die Genesis beider bisher unklar, da infolge der Eigenart der Vorkommen nicht die Untersuchung an Ort und Stelle genügt, sondern vor allen Dingen das Mikroskop zu Hilfe genommen werden muß. Während bei Katanga das zur Verfügung stehende Material noch nicht ausreicht, um eine Entscheidung über die Genesis zu fällen, glaube ich jetzt bei Otavi die genetischen Verhältnisse wenigstens in großen Zügen klarstellen zu können.

### Geologische Position.

Siehe Textfig. 1—7.

Otavi liegt im Norden des Hererolandes (Textfig. 1). Die Kupferlagerstätten sind den Eingeborenen mutmaßlich seit Generationen vor der Ankunft der ersten Weißen bekannt gewesen und scheinen früher von den Ovambos zur Herstellung von Arm- und Fuß-

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten in der Sitzung vom 1. Februar 1911.

spangen ausgebeutet worden zu sein. WAGNER<sup>2)</sup> vermutet, daß man damals die Erze nicht an Ort und Stelle verschmolzen hat,

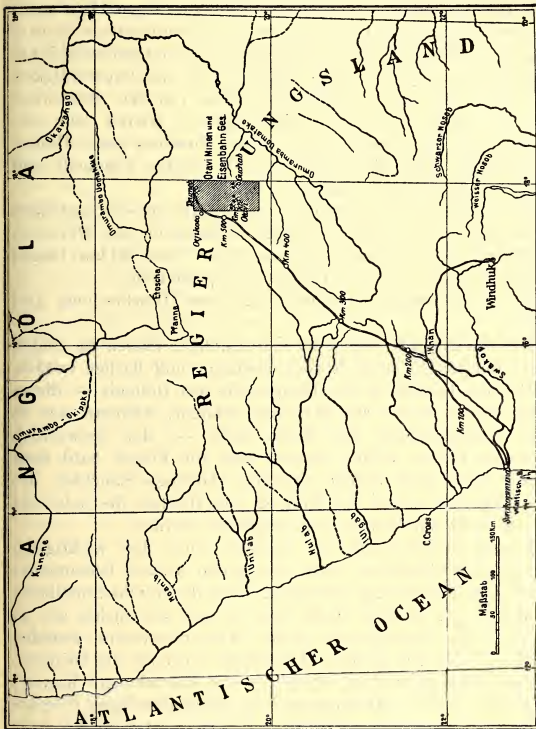


Fig. 1. Lage der Otavi-Kupferlagerstätten in Deutsch-Südwestafrika.

sondern 130 engl. Meilen bis Odonga transportierte<sup>3)</sup>. Die Europäer wurden auf die Kupfervorkommen der Otavikette zuerst

<sup>2)</sup> P. A. WAGNER: The geology of a portion of the Grootfontein District of German South West Africa. Transact. of the Geol. Society of S. Africa, Vol. XIII, 1910.

<sup>3)</sup> H. SCHINZ: Deutsch-Südwestafrika. Oldenburg 1891.

im Jahre 1852 durch Sir FRANCIS GALTON<sup>4)</sup> aufmerksam, der eine Reise von der Walfischbay in das Ovamboland schildert.

Im Jahre 1901 untersuchte nach MAUCHER<sup>5)</sup> eine Expedition unter dem Ingenieur CHRISTOFFER JAMES die Lagerstätte nochmals, nachdem im Jahre 1892 von dem Bergingenieur MARTIN ROGAS die Abbauwürdigkeit festgestellt und vier Schürfschächte niedergebracht waren. JAMES stellte erneut die Bauwürdigkeit fest. Seit 1905 findet regelmäßiger Abbau von den Schächten, die ROGAS und JAMES abteuften, statt. Hierzu kam ein im Hangenden der Lagerstätte niedergebrachter neuer Hauptförderschacht. Der Westschacht wurde weiter abgeteuft und hier neue Abbausohlen angelegt.

Zum Schmelzen dienen zwei Schachttöfen von 50—60 t täglichem Durchsetzquantum zu 40—50 Proz. Kupferstein und Werkblei. Das Wasser zum Betrieb wird in einer etwa 20 km langen Hochdruckleitung aus dem Otjikotosee genommen.

Die erste moderne, wenn auch kurze Beschreibung gibt KUNTZ<sup>6)</sup>.

Die Vorkommen liegen im Otavigebirge, dessen im Süden steilere Bergketten nach Norden niedriger und flacher werden. Das Gebirge besteht in der Hauptsache aus Dolomit — dieses Gestein wurde zuerst von MAUCHER erkannt, während man es früher durchgehendst für Kalk hielt —, der ostwestlich streichende Falten bildet, derart, daß die Flügel bald nach Norden, bald nach Süden einfallen. Gewisse Schichten des Otavi-Dolomites neigen zur Bildung von Höhlen, die bald leer sind und bald mit Wasser usw. ausgefüllt wurden.

Der Otavi-Dolomit ist deshalb einer der wichtigsten Wasserträger Südafrikas, dem eine große Anzahl bedeutender Quellen ihre Entstehung verdanken. Von der durchschnittlichen Regenhöhe von 24 Zoll fließt hier so gut wie nichts ab, so daß sich im Untergrunde große Wasserreservoirs befinden müssen. Einem der größten Hohlräume verdankt der Otjikotosee, westsüdwestlich von Tsumeb, seine Entstehung. KUNTZ<sup>6)</sup> läßt einen Teil der Hohlräume von sandsteinartigen Körpern mit Erz ausgefüllt sein. Diese sandsteinartigen Körper, die bisher nicht mikroskopisch untersucht wurden, spielen seit 1904 bei diesen Lagerstätten bei sämtlichen Autoren eine große

<sup>4)</sup> FRANCIS GALTON: Travels in Tropical Africa 1852.

<sup>5)</sup> MAUCHER: Die Erzlagerstätten von Tsumeb. Z. f. pr. Geol. 1908, S. 24.

<sup>6)</sup> J. KUNTZ: Kupfererzvorkommen in Südwestafrika. Z. f. pr. Geol. 1904, S. 404.

Rolle (in Textfig. 2—7 als Aplit bezeichnet). Auf den Charakter des Gesteins komme ich später zurück.

Von Interesse ist die Stellung der erzführenden Dolomite im geologischen Schichtenprofil (Textfig. 2—7).

Nach den Untersuchungen von WAGNER, welche auf denjenigen von PASSARGE, KUNTZ, RANGE, HERMANN<sup>7)</sup> weiter bauen besteht die Otavi-Dolomit-Formation aus zwei Hauptdolomit horizonten, welche durch einen eisenreichen Schieferkomplex von schwankender Mächtigkeit getrennt werden. Infolge des verschiedenen Pflanzenwuchses und der verschiedenen Widerstandsfähigkeit gegen die Atmosphärien läßt sich die Verbreitung von Dolomit und Schiefer an der Tagesoberfläche leicht feststellen.

Ein höchst instruktives Profil beschreibt WAGNER aus den Gebirgen östlich von Jouberts Farm, Uitkomst, welches sich in folgender Weise parallelisieren läßt (siehe Tabelle S. 244):

In bezug auf das geologische Alter glaubt WAGNER die exakten Äquivalente des Otavi-Systems in Britisch-Südafrika im Ngami-System zu sehen, wie es südlich vom Lake Ngami entwickelt ist. PASSARGE, der diese Gesteine im einzelnen beschrieben hat, vergleicht sie mit denjenigen des Transvaal Systems; ähnliche Ansichten haben LOTZ<sup>7)</sup> und RANGE in bezug auf die Nama-Formation geäußert, welche nach WAGNER mit dem Otavi-System identisch ist.

Die beiden unteren Stufen des Otavi-Systems sind nach LOTZ identisch mit der Black Reef Series und der Dolomit Series des Potchefstrom-Systems in Transvaal.

Nach WAGNER sind die Nosib Series, die Otavi-Dolomite und die Fish River Beds die entsprechenden Äquivalente der Black-Reef-Dolomite und Pretoria Formation von Britisch-Südafrika. WAGNER gibt aber zu, daß die Entscheidung über die Richtigkeit dieser Identifizierung nur mit Hilfe von Fossilien möglich ist. In dieser Beziehung verdient das Auffinden eines schlecht erhaltenen Orthoceratiden durch HERMANN im Otavi-Dolomit Interesse.

Kupfererze finden sich im Otavigebirge an vier verschiedenen Stellen, nämlich bei Tsumeb auf dem Nordabhange

<sup>7)</sup> S. PASSARGE: Die Kalahari. Berlin 1904. — J. KUNTZ: Trans. Geol. Soc. S. A. 1904, S. 70. — P. RANGE: Zur Stratigraphie des Hererolandes. Diese Zeitschr. 1909, Monatsberichte S. 291. — HERMANN: Diese Zeitschr. 1908, Monatsbericht Nr. 11. — HERMANN: Zeitschr. f. prakt. Geol. 1909, S. 372.

<sup>8)</sup> Lotz: Diese Zeitschr. 1906, S. 239, 242.

Profil von Jouberts Farm Uitkomst	Grootfontein District Nach WAGNER	Hereroland Nach HERMANN u. RANGE	Namaland Nach RANGE	Geologisches Alter
5. Grobbankiger grauer Dolomit. 4. Eisenschüssige Schiefer. 3. Gutgeschichtete Dolomite. 2. Mit scharfer Grenze diskordant auf 1 liegend ein ungefähr 9 Zoll mächtiges Konglomerat, bestehend aus Fragmenten von Quarz und granitischen Gesteinen mit dunkler Grundmasse. Das Konglomerat wird überlagert von einer wenig mächtigen Arkoseschicht, auf der Lagen braunen Sandsteins auftreten.	Fish River Series Otavi-Dolomit-Formation Nosib Series	Waterberg-formation == Gobabisschichten Otavidolomit ?	Fischfluß-sandstein usw. Schwarzkalk Unterer Teil der Namaformation Namaformation	Paläozoisch Devon Archaisch u. Paläozoisch vielleicht bis zum Silur (?).
1. Granit und gneisartige Gesteine.	Basement-System	Komafornation	Gneisschieferzone oder Pri-märformation SCHEKES	

und bei Groß-Otavi, Klein-Otavi oder Asis und bei Guchab auf dem Südabhange (siehe die Übersichtskarte Textfig. 1).

Am unbedeutendsten ist die Lagerstätte von Groß-Otavi; hier treten in steil nach Süden fallenden Dolomitschichten Nester und netzartige Trümer von Erz auf. Die Mächtigkeit der Haupterzzone beträgt in der Mitte annähernd 1 m, nach beiden Seiten wird sie geringer. Auch hier ist das Erz mit den sogenannten sandsteinartigen Massen verbunden. Die Erzführung besteht aus Kupferglanz mit viel Malachit und Bleiglantz; die Erznerster schwanken zwischen Erbsengröße und Körpern von mehr als 1 cbm.

Kompakter sind die Lagerstätten bei Asis oder Klein-Otavi und Guchab im Otavital, beim km 54 der Bahnlinie Otavi—Grootfontein. Auch hier scheint nach KUNTZ eine bestimmte Kalkschicht besonders geeignet für die Erzanreicherung gewesen zu sein.

Zweifellos das bedeutendste Vorkommen ist das von Tsumeb auf dem Nordabhang des Otavigebirges. Hier hebt sich ein durch Kupfererz grüngefärbter Hügel von dem grauen Otavidolomit scharf ab. KUNTZ stellte damals eine 200 Schritt im Streichen und 40 Schritt im Fallen umfassende Erzfläche fest. Dolomit und Lagerstätte fallen steil nach Süden ein.

Auch hier wird eine anscheinend weniger widerstandsfähige Dolomitschicht von dem Erz bevorzugt.

Bei Tsumeb sind zwei Erzkörper zu unterscheiden, nämlich ein westlicher und ein östlicher; beide sind in der Mitte durch eine Einschnürung getrennt, welche zum großen Teil von dem fraglichen sandsteinartigen Körper ausgefüllt wird. Die Grenze zwischen dem Erz und dem Dolomit bzw. dem sandsteinartigen Körper wird von einem Tonbesteg gebildet. Die Einschnürung des Erzkörpers nimmt von der Tagesoberfläche nach der Tiefe zu.

Die Längenerstreckung des Ost- und Westkörpers verringert sich in der Tiefe etwas. Aus den neuesten Aufnahmen, welche mir von der Generaldirektion der Otavi-Gesellschaft<sup>9)</sup> zur Verfügung gestellt wurden, geht außerdem hervor, daß der sandsteinartige Körper nach der Tiefe abnimmt (Textfig. 2—7).

Besonders bemerkenswert ist für die Genesis der Erzlagerstätten erstens der trennende Besteg zwischen Erz bzw. sandsteinartigem Körper und dem Dolomit und zweitens der allmähliche Übergang zwischen dem Erz und dem sandsteinartigen

<sup>9)</sup> Ich verdanke die Horizontalschnitte Herrn Bergrat DUFT, dem ich hierfür verbindlichst danke.

**CRUNDRISS - AUSSEHENDES**

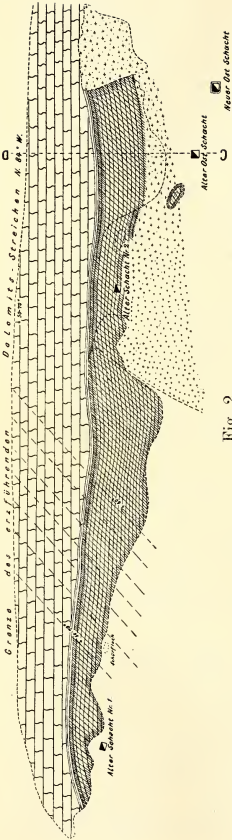


Fig. 2.

**ERSTE SOHLE**

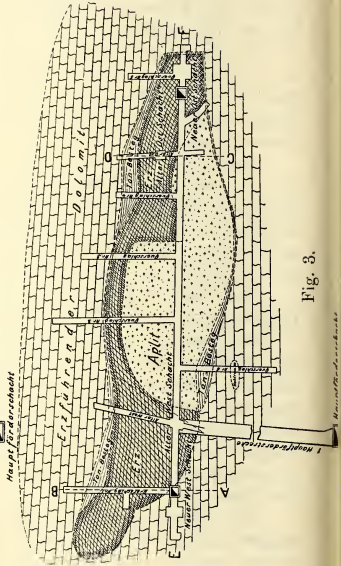
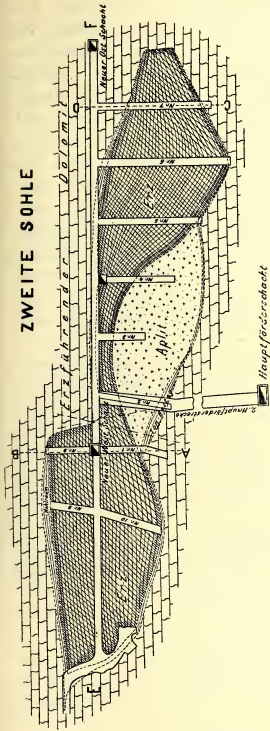
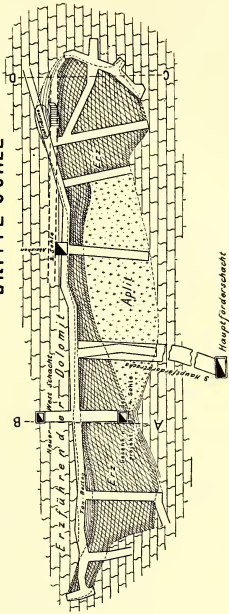


Fig. 3.







ZWEITE SOHLE

Fig. 4.



DRITTE SOHLE

Fig. 5.

-  Erz (Kupfer u. Blei)
-  Ton-Basteg
-  Aplit
-  Dolomit (Erzföhrnd)

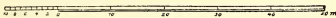


Fig. 2—5.

Horizontalschnitte der Otavi-Kupfererzlagerstätte am Ausgehenden, in der ersten, zweiten und dritten Sohle.



Körper (Textfig. 2—7). Die Lagerstätte streicht im ganzen, nach SCHEIBE einen spitzen Winkel mit den Kalkschichten bildend, nach Westen und fällt mit 50 bis 70° nach Süden ein. Abweichend verhält sich der Ostkörper in größerer Tiefe, wie aus dem Profil CD hervorgeht. Hier biegt unter dem Querschlag Nr. 7 die Lagerstätte nach Norden um, so daß sie im ganzen im Einfallen einen Bogen bildet, dessen südlichste Ausbuchtung von Querschlag Nr. 7 verquert wird.

Die Erzführung der Erzkörper, welche bis auf mehr als 70 m Tiefe (dritte Sohle) bekannt ist, ist keine einheitliche. Die Erze finden sich hauptsächlich an der Grenze zwischen dem sandsteinartigen Körper und dem Dolomit. Hier enthalten einerseits die kompakten Erzmassen Trümer des sandsteinartigen Körpers und verkieselten Dolomites, und andererseits schieben sich Erztrümer sowohl in den Dolomit als auch in den Sandstein. Im östlichen Teil der Lagerstätte fand man in der dritten Sohle eine reiche Erzausscheidung innerhalb des sandsteinartigen Körpers.

Die Mächtigkeit des Erzkörpers ist bedeutenden Schwankungen unterworfen, erreicht aber häufiger 20 und mehr Meter. Der östliche Teil ist der bleireichere und kupferärmere; hier überwiegen Erze mit 6 bis 14 Proz. Kupfer. Der westliche dagegen ist kupferreicher, die Erze haben 12 bis 15 Proz. Kupfer.

Die Zusammensetzung des Erzes geht aus folgender Zusammenstellung hervor, die den Jahresberichten der Gesellschaft entnommen ist:

Am Schluß des Jahres 1907/1908 galten 313000 t Erz als nachgewiesen, die 16 Proz. Kupfer und 25 Proz. Blei enthielten. Hierzu kamen die unregelmäßig auftretenden Kalk- und Sandsteinerze zwischen der zweiten und dritten Sohle mit ca. 7 bis 8 Proz. Kupfer und 5 bis 6 Proz. Blei.

Gewonnen wurden in dem Jahre 25700 t Erz, die 60 Proz. Exporterze mit ca. 18 Proz. Kupfer und ca. 30 Proz. Schmelzerze mit 12 Proz. Kupfer und 10 Proz. Haldenerze lieferten.

Verschifft wurden in dem Berichtsjahre ca. 15000 t Tsumeberze mit 0,035 Proz. Silber (350 g pro t), 19 Proz. Kupfer und 23 Proz. Blei. — Auf der Hütte in Tsumeb wurden 3500 t Erz verschmolzen, und zwar: 2100 t mit ca. 10 Proz. Kupfer und 18 Proz. Blei und 1400 t bleiische Erze mit 55 Proz. Blei und 12 Proz. Kupfer.

Im Jahre 1908/1909 lieferte die 13 bis 15 m mächtige Lagerstätte 44250 t, und zwar 27000 t Exporterz mit 17 Proz. Kupfer, 30 Proz. Blei und 0,033 Proz. Silber (330 g pro t).

Im Jahre 1909/1910 erreichte die Förderung 49500 t, wovon 44700 t auf Tsumeb entfallen. Man verschifft 33500 t mit 16 Proz. Kupfer, 26 Proz. Blei und 0,028 Proz. Silber (280 g Silber pro t).

Guchab lieferte im Jahre 1907/1908 1800 t silberhaltiges Kupfererz mit einem durchschnittlichen Gehalt von 0,04 Proz. Silber (400 g pro t) und 33 Proz. Kupfer. Im folgenden Jahr

SCHNITT A-B

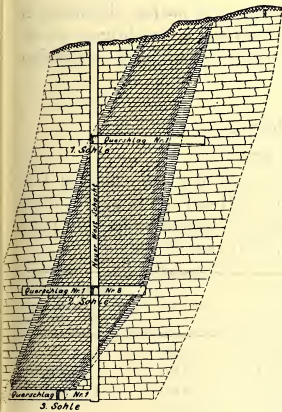


Fig. 6.

SCHNITT C-D

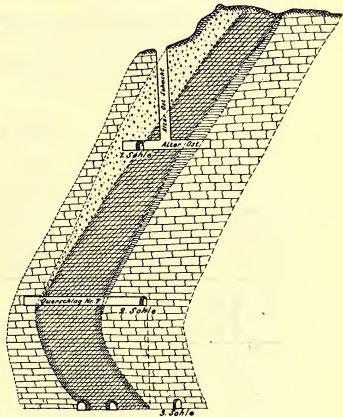


Fig. 7.

Profile durch die Otavi-Kupfererzlagerstätte.

betrug die Förderung 500 t mit 29 Proz. Kupfer und 0,032 Proz. Silber (320 g Silber pro t).

Asis ergab im Jahre 1908/1909 200 t mit 27 Proz. Kupfer und 0,029 Proz. Silber (290 g pro t).

Groß-Otavi lieferte 1909/1910 Erze mit 40 Proz. Kupfer.

Bemerkenswert für die Lagerungsverhältnisse ist, daß die hangenden Dolomite nicht immer konkordant auf dem Erzkörper liegen, sondern nach MAUCHER<sup>10)</sup> teilweise fast sählig gelagert sind, während die liegenden konkordant mit dem Erz-

<sup>10)</sup> MAUCHER, a. a. O.

vorkommen einschoben. Die Veränderung der Form des Erzkörpers von der Tagesoberfläche nach der Tiefe geht ausreichend aus den beigegebenen Abbildungen hervor.

Sowohl der sandsteinartige Körper als auch das Erz wird von Gängen eines meist dunkelgrauen oder bläulichen Eruptivgesteins durchsetzt, das von den früheren Autoren als Diabas aufgefaßt wurde.

### Die Dünnschliff-Untersuchungen.

Die nach den früheren Beschreibungen höchst eigenartigen Lagerungsverhältnisse der für Deutschland so wichtigen neuen Kupferlagerstätten veranlaßten mich, Erze und Gesteine mikroskopisch zu untersuchen.

#### 1. Der Dolomit.

Siehe Tafel XIII Fig. 1—4.

Der normale Otavidolomit ist nach den vorliegenden Beschreibungen in der Regel blaugrau, seltener weiß, grau, blauschwarz, rotbraun usw. Die chemische Zusammensetzung geht aus den folgenden Analysen P. A. WAGNERS<sup>11)</sup> hervor:

Nr.	SiO <sub>2</sub> u. Unlösliches	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	Molekularverhältnis von MgCO <sub>3</sub> :CaCO <sub>3</sub>
1	1,7	3,30	55,70	37,80	1 : 1,24
2	2,61	2,05	53,30	39,60	1 : 1,13
3	0,60	8,37	48,75	39,50	1 : 1,04
4	6,15	4,30	90,70	nichts	—

Die Zusammensetzung schwankt also zwischen derjenigen des typischen Dolomites und normalem Kalkstein, frei von Magnesia. Die Proben Nr. 1 bis 3 stammen von Uitkomst, die Probe Nr. 4 von Strydfontein, sieben engl. Meilen östlich von Grootfontein. Die drei Dolomitproben wurden aus recht verschiedenen Teufen genommen, trotzdem ist ihr Magnesiagehalt — wie WAGNER besonders betont — praktisch konstant.

In der Struktur wechseln die Dolomite ebenfalls sehr stark. Fein krystalline Varietäten herrschen vor, aber im westlichen Teile der Okumukanti Hills und im Esere Mountain war die Dolomitformation intensiven Gebirgsbewegungen ausgesetzt und wurde infolgedessen in ziemlich grobkörnige Typen umkrystallisiert.

<sup>11)</sup> a. a. O.

Außerordentlich häufig sind regelmäßig zwischengeschaltete, papierdünne Lagen eines weißen Hornsteins, der da, wo das Gestein grobbankig auftritt, den Verlauf der Schichtung deutlich erkennen läßt. Dickere Hornsteinlagen kommen zwar auch vor, sind aber nur auf bestimmte Lokalitäten beschränkt.

Die Oberfläche des Dolomits ist mit einer eigenartigen, elefantenhautähnlichen Verwitterungskruste bedeckt. Das Gestein scheint außerordentlich leicht von Regenwasser angegriffen und durch Erweiterung der Schichtflächen und Klüfte in einzelne Blöcke zerlegt zu werden. Dolinen und Hohlräume, in denen das Wasser verschwindet, sind häufig und zeigen Durchmesser von wenigen Fuß bis über 200 m. Zu den größten gehört der obengenannte Otjikotosee, welcher mehr als 600 Fuß tief sein soll, und dem die Tsumeb-Mine ihren Wasserbedarf entnimmt.

Die mir vorliegenden Stücke von Otavidolomit stammen durchweg aus der Nähe der Lagerstätte und stellen echten Dolomit dar.

Das Gestein ist sehr feinkörnig und hat nur wenig tonige Bestandteile. Weder makroskopisch noch mikroskopisch ist irgendwelche eruptive Einwirkung zu erkennen, dagegen ist eine doppelte Umwandlung des Dolomites von größtem Interesse.

Zunächst zeigt sich eine Umkrystallisation der Dolomitsubstanz durch wäßrige Einwirkung, die daran kenntlich ist, daß das Gestein nach allen Richtungen von jüngeren Dolomit- oder Kalkspatgängen durchsetzt wird. Hier handelt es sich also um eine Umlagerung der Carbonatsubstanz.

Weit in die Augen fallender ist aber die Verkieselung, welche jünger ist und sich in der folgenden Weise bemerkbar macht:

Es treten zunächst Aggregate von Quarzkörnern inmitten der Dolomitsubstanz auf, welche im allgemeinen noch erhalten ist (Taf. XIII Fig. 1 u. 2). Von diesen aus wird die dolomitische Zwischenmasse durch außerordentlich feine Quarzkryställchen verdrängt, deren Spitzen nach außen gerichtet sind. Auf diese Weise wird nach und nach krustenförmig die Dolomitmasse ersetzt, und zwar muß der Vorgang derartig allmählich gewesen sein, daß eine vollkommene Metasomatose Platz greifen konnte. Die Form des Dolomites blieb in den meisten Fällen erhalten, so daß man mitunter erst an der Härte konstatieren kann, ob es sich um gewöhnlichen oder verkieselten Dolomit handelt.

Ich habe keine Anzeichen dafür gefunden, daß diese Verkieselung etwas mit der Erzföhrung zu tun hat, und

daß sie etwa durch Thermen veranlaßt wurde. Da man mir aus der Nähe der Lagerstätte verkieselten Marmor zeigte, dessen ehemalige Carbonatsubstanz ebenso vollkommen metasomatisch durch Quarz ersetzt war, und da vielfach von Autoren, z. B. VOIT u. a., auf die außerordentlich häufige Verkieselung von Kalk- und Dolomitgesteinen in Südwestafrika von der Tagesoberfläche aus hingewiesen ist, halte ich es nicht für unmöglich, daß es sich auch bei Otavi um eine Verkieselung durch Tagewässer handelt. O. STUTZER<sup>12)</sup>, der in der Verquarzungsmasse die Gangart des Erzes sieht, kommt lediglich zu diesem Schluß durch die Beschreibung MAUCHERS und KUNTZ's. Ich gebe gern die Möglichkeit der STUTZERSCHEN Annahme im allgemeinen bei Lagerstätten zu, finde aber in den Dünnschliffen von Tsumeb keinen Anhalt für einen derartigen thermalen Einfluß.

Wenn die Verkieselung des Otavidolomites nicht vollkommen ist, wenn, noch ehe der Vorgang beendet war, die zwischen den größeren Quarzkonzentrationen liegende Dolomitmasse durch Tagewässer weggeführt wurde, dann entstanden jene eigenartigen Knollen von Quarz, die von den Besuchern der Lagerstätten reichlich mitgebracht worden sind.

Besonders wichtig für die Umwandlung des Otavidolomites ist seine Vererzung (Taf. XIII Fig. 3 u. 4). Der Kupferglanz tritt zunächst auf Spalten im häufig verquarzten Otavidolomit auf und verdrängt von hier aus sowohl den Dolomit als den Quarz, ist also zweifellos jünger als der letztere. Ist die Verquarzung des Dolomits keine vollständige, so läßt sich der Nachweis führen, daß das Erz leichter die Dolomit- als die Quarzsubstanz ersetzt und infolgedessen zunächst den Dolomit in Angriff nimmt. Es lassen sich alle Übergänge zwischen einem in Vererzung begriffenen mehr oder weniger vollständig verkieselten Dolomit und kompaktem Erz nachweisen; auch im scheinbar dichten Kupferglanz findet man u. d. Mikroskop Partien von Dolomit bzw. verkieseltem Dolomit, welche keine Zweifel lassen, daß auch dichtes Erz eine Verdrängung des Dolomits darstellen kann.

Jünger als die Kupfersulfide sind die Carbonate, die sich als Oxydationsprodukte des letzteren erweisen. Ich habe hier nicht die Absicht, auf die außerordentlich zahlreichen sekundären Mineralien einzugehen, welche zum großen Teil in der sorgfältigen Arbeit von MAUCHER besprochen worden sind, und über die sich genetisch noch viel sagen ließe.

<sup>12)</sup> O. STUTZER: Erzlagerstätten von Tsumeb, Z. f. pr. Geol. 1909, S. 71.

## 2. Der Aplit (sandsteinartiger Körper).

Siehe Taf. XIII Fig. 5 u. 6 und Taf. XIV Fig. 1—4.

Von besonderem Interesse ist eine zweite Serie von Gesteinen, die bisher als „sandsteinartiger Körper“ bezeichnet wurden, und von der ausreichend Stücke aus den verschiedensten Teufen nach Deutschland kamen. Das verhältnismäßig frische, an der Tagesoberfläche geschlagene Gestein ist mittel- bis feinkörnig und läßt bereits mit der Lupe schwach rötlich gefärbten Feldspat erkennen. Unter dem Mikroskop erweist es sich als ein Gemenge von hauptsächlich Quarz, untergeordnet Feldspat und sehr wenig Glimmer (Taf. XIII Fig. 5). Der Feldspat ist mehr oder weniger kaolinisiert; mitunter sind geringe Mengen einer sehr feinkörnigen Grundmasse vorhanden, so daß eine porphyrische Struktur nachzuweisen ist, und in einem Falle war Fluidalstruktur vorhanden (Taf. XIV Fig. 1). Sobald die Feldspäte hochgradig kaolinisiert sind, wurden sie häufiger herausgeschliffen, so daß es großer Aufmerksamkeit bedarf, um den Nachweis zu liefern, daß man es nicht etwa mit einem Quarzaggregat zu tun hat. Das Gestein ist also kein Sandstein, sondern muß als Aplit bezeichnet werden.

Auch der Aplit ist vererzt, und der Vorgang dieser Vererzung läßt sich an allmählichen Übergängen verfolgen. Sowohl Kupferglanz (Taf. XIV Fig. 2) als auch Carbonate (Taf. XIII Fig. 6) trifft man in dem Eruptivgestein, und in beiden Fällen zeigt sich, daß zunächst die kaolinisierten Feldspäte das Kupfer festhalten (Taf. XIII Fig. 6); Otavi bietet also in dieser Beziehung ein vorzügliches Beispiel von Adsorptionserscheinungen. Erst in zweiter Linie wird der Quarz verdrängt, und bei fast vollkommener Verdrängung zeigt sich, daß beim kaolinisierten Feldspat wohl die Feldspatsubstanz ersetzt wurde, dagegen die Kaolinmasse erhalten blieb. Als Endprodukt dieser Umwandlung kommt dann ein Erz zustande, welches makroskopisch derben Kupferglanz darstellt, der eine Unmenge kleiner weißer Fleckchen zeigt.

Nur in zwei Fällen konnte ich bei diesem Verdrängungsprozess eine Neubildung von Sericit und eine Verquarzung des Aplites nachweisen. Da wir dieselben Erscheinungen auch bei Erzgängen im unmittelbaren Nebengestein beobachten, kann man mit Recht annehmen, daß diese Art der Gesteinsumwandlung von Thermen bewirkt wurde. Hier dürfte man es mit der ursprünglichen Grenze eines von Erz ausgefüllten „Hohlraumes“ zu tun haben.

### 3. Olivin-Kersantit.

Siehe Taf. XIV Fig. 5 u. 6.

Das Gestein ist in der bisherigen Literatur als Diabas bezeichnet. Es steht fest, daß es sowohl den Kupferglanzkörper als auch den Otavidolomit durchsetzt, also jünger als beide sein muß. Die Gänge haben in der Regel nur eine geringe Mächtigkeit. Makroskopisch handelt es sich um ein ziemlich dichtes dunkles Gestein, welches bis auf ganz wenige Ausnahmen hochgradige Zersetzung zeigt. Die mikroskopische Untersuchung ergibt einen typischen Olivin-Kersantit mit zum Teil reichlichen Ausscheidungen von Olivin (Taf. XIV Fig. 5), dessen Menge allerdings vielfach wechselt, so daß eine außerordentlich glimmerreiche Grundmasse fast ausschließlich das Gestein bilden kann (Taf. XIV Fig. 6).

Was die Umwandlung des Gesteins anbelangt, so muß — abgesehen von der gewöhnlichen Zersetzung — die Verkieselung und die Vererzung besprochen werden. Wenn man auch ab und zu Verkieselung findet, ist sie doch hier wesentlich seltener als bei dem Otavidolomit. Das Gestein hat sich also entweder weniger für diesen Prozeß geeignet, oder der Verkieselungsprozeß war schon zum großen Teil beendet, als die Kersantite emporkamen.

Auch in bezug auf die Vererzung verhält sich das Gestein wesentlich anders als der Otavidolomit und der Aplit. Soweit mir das Material vorliegt, ist die Verdrängung der Bestandteile durch Kupferglanz verhältnismäßig selten, nur an wenigen Stellen konnte eine Einwanderung dieses Erzes nachgewiesen werden. In die Augen fallend ist dagegen die Vererzung durch Malachit und Kupferlasur. Hier lassen sich alle Übergänge zwischen Kersantit mit nur geringen Mengen der genannten Erze und dem vollständig in Erz umgewandelten Gestein feststellen.

Aus dieser Erscheinung geht hervor, daß die Hauptkonzentration des Kupferglanzes bereits beendet war, als die Kersantite emporkamen.

Da die Bildung von Malachit und Kupferlasur, die auf der Einwirkung der Tagewässer beruht, auch heute noch fortschreitet und in gleicher Weise in der Lage ist, Dolomit, Aplit und Kersantit zu beeinflussen, da andererseits die Umwandlung von Aplit und Dolomit in Malachit und Kupferlasur nach dem mir vorliegenden Material weniger intensiv vor sich gegangen ist, als diejenige von Kersantit, so ist der Schluß gerechtfertigt, daß der Kersantit ganz besonders geeignet für diesen Vererzungsprozeß war.

Ich habe oben darauf hingewiesen, daß sich der Ostkörper von dem Westkörper durch die Erzführung unterscheidet, und daß im Osten Bleierze viel reicher sind als im Westen. Es war deshalb für mich von Interesse, zu prüfen, wie sich das sogen. Bleierz in bezug auf seine Zusammensetzung mikroskopisch von dem Erz des Westkörpers unterscheidet.

Bereits mit bloßem Auge sieht man, daß das Bleierz kein einheitliches Erz ist, sondern auch aus einem Gemenge von Bleiglanz, Zinkblende und Kupferglanz besteht. Im Schliff fehlt der Bleiglanz zum größten Teile; wegen seiner leichten Spaltbarkeit ist er herausgeschliffen. Neben ihm sind Zinkblende und Kupferglanz reichlich, und zwar läßt sich der einwandfreie Nachweis führen, daß Kupferglanz die beiden erstgenannten Sulfide verdrängte, so daß er noch Reste beider umschließt. Er ist also jünger als die beiden genannten Erze. Vergleicht man das Altersverhältnis von Bleiglanz und Zinkblende, so erweist sich der Bleiglanz allem Anschein nach als etwas jünger als die Zinkblende, die von ihm häufiger umschlossen wird. Das ganze Erzaggregat stellt nach der mikroskopischen Untersuchung eine Verdrängung des kaolinisierten Aplites dar, von dem Reste noch erhalten sind.

Da das Erz des Westkörpers, auch wenn anscheinend reiner Kupferglanz vorliegt, ebenfalls geringe Mengen von Bleiglanz und Zinkblende enthält und auch zum erheblichen Teil durch Verdrängung des Aplites entstand, kommt man zu dem Resultat, daß das primäre Erz des Ostkörpers genetisch identisch mit dem Erz des Westkörpers ist und sich von ihm nur durch das Mengenverhältnis der verschiedenen Erze unterscheidet. Der Verdrängungsprozeß der älteren Sulfide, Bleiglanz und Zinkblende durch Kupferglanz (Taf. XIV Fig. 4) ist eben im Ostkörper weniger weit vorgeschritten als im Westkörper.

### Kontakt zwischen Aplit und Otavidolomit.

Ich kann mich naturgemäß nur auf das mir zur Verfügung stehende Material beschränken, und zwar auf solche Stücke, bei denen Otavidolomit mit Aplit in Berührung kommt; nicht entscheiden kann ich, ob es sich hierbei lediglich um einen Einschluß von Otavidolomit im Aplit handelt, oder ob tatsächlich ein Grenzstück beider Gesteine vorliegt oder ob beide einer Spaltenausfüllung angehören.

Der Dünnschliff einer Probe ergibt, daß der relativ wenig vererzte Otavidolomit keine Spur einer Kontaktbildung



zeigt. Das Gestein macht den Eindruck einer Gangbreccie, deren Bruchstücke von Kupferglanz verkittet werden.

In die Augen springend ist das Auftreten von Trümmern von Schwefelkies.

Ein ganz ähnliches Ergebnis hatte die Untersuchung eines zweiten Kontaktstücks von verkieseltem Dolomit und Aplit, indessen mit dem Unterschiede, daß hier die junge Carbonatbildung von Malachit und Kupferlasur mit Brauneisen eine wesentliche Rolle spielt.

Die Annahme, daß die fraglichen Stücke einer Trümmerzone angehören, wird noch unterstützt durch die mir von der Direktion zur Verfügung gestellten Sohlenrisse, welche als Grenze zwischen dem Aplit und dem Otavidolomit einen Tonbesteg angeben. Das Bild erinnert außerordentlich an andere analoge, wo von Störungen und Spalten aus eine intensivere Auflösung von Kalk- oder der Dolomitsubstanz stattfand, derart, daß der Carbonatanteil weggeführt wurde, während die tonigen Substanzen zurückblieben. Es liegt also die große Wahrscheinlichkeit vor, daß die Tonbestegmassen als Rückstandstone aufzufassen sind, die sich an Verwerfungen bildeten, welche den Aplit gegen den Otavidolomit begrenzen.

### Verhältnis der Erze zueinander.

Bei den Erzen muß — wie bereits MAUCHER hervorhebt — zwischen sulfidischen und deren Oxydationsprodukten unterschieden werden. Die letzteren teilt er in zwei Gruppen: in sekundäre Erze, die unmittelbar aus der Oxydation der primären Erze hervorgegangen sind, und in tertiäre Erze. Die tertiären stellen die Erzeugnisse einer chemischen Umsetzung der sekundären Erze dar, bei der sich deutliche chemische Einwirkungen des Nebengesteins bemerkbar machen.

Die oxydischen Erze haben einen mittleren Metallgehalt von 2,9 Proz. Kupfer und 4,4 Proz. Blei.

Bei den primären Erzen, die sich durch massige Verwachsung auszeichnen, sind häufige Einschlüsse von Dolomit oder Sandstein zu beobachten. Das Fehlen irgendwelcher Drusenräume fällt auf; von sulfidischen Erzen nennt MAUCHER Bleiglanz, Kupferglanz, Enargit usw., Zinkblende und Pyrit. Nichtmetallische Begleiter fehlen vollständig. Bei der Oxydation oxydieren sich Bleiglanz, Linarit und Enargit zuerst, während Kupferglanz und Zinkblende widerstandsfähiger sind. Auf die sekundären und tertiären Erze gehe ich hier nicht genauer ein.

Verteilung der Erze: der mittlere Teil der Lagerstätte, der eigentliche Erzkörper, hat kompakte Massen.

Im Aplit (sandsteinartiger Teil der Lagerstätte) sind die Erze im wesentlichen nur an Klüfte zwischen Aplit-Trümmern gebunden. Hier ist Linarit am häufigsten. Im liegenden Teil der Lagerstätte sind Malachit und Lasur vorherrschend.

Die Bildung der oxydischen Erze schreitet naturgemäß heute noch fort.

Aus der Dünnschliff-Untersuchung ergibt sich einwandfrei, daß die älteren sulfidischen Erze wiederum aus zwei Gruppen bestehen, nämlich dem wesentlich jüngeren Kupferglanz und denjenigen Erzen, welche als Reste im Kupferglanz gefunden wurden. Von ihnen nannte ich bereits Bleiglanz und Zinkblende (Taf. XIV Fig. 4); zu ihnen kommt noch Schwefelkies (Taf. XIV Fig. 3). Die drei letztgenannten Erze sind zweifellos primäre; sie stellen die letzten Reste der ursprünglichen Lagerstätte dar. Der Kupferglanz ist nachträglich durch Zementation auf den primären Erzen abgeschieden worden, die er verdrängte.

Die Genesis des Vorkommens. MACCO<sup>13)</sup> weist darauf hin, daß kupferhaltige Lösungen, die auf Rissen in dem Kalkstein aufstiegen, den Kalkstein metasomatisch verdrängten. Sollte es sich um Höhlenbildungen handeln, so käme es nach seiner Meinung auf die Ausdehnung der Hohlräume an. Wenn der Otjikotosee nach KUNTZ eine Kalkhöhle darstellt, so könnte es auch bei den Kupferlagerstätten zu bedeutenden Erzkonzentrationen gekommen sein. Wenn KUNTZ Recht hat, daß diese Höhlenbildungen an eine ganz bestimmte geologische Schicht gebunden sind, so müßte man, wie MACCO richtig bemerkt, den Verlauf dieser Schicht durch sorgsame geologische Untersuchungen feststellen.

Es könnten dann z. B. durch Bohrungen auch an anderen Stellen neue Höhlenfüllungen entdeckt werden, bei denen die Abrasion noch nicht die Decke so vollkommen entfernte, daß die Erze zutage anstehen.

MACCO nimmt weiter an — eine Ansicht, die ich nicht teile —, daß bei der zweiten Möglichkeit d. i. eine Entstehung durch Spaltenwässer, alle Lagerstätten an die Tagesoberfläche kommen müßten; da man die Tagesoberfläche bereits genügend abgesucht habe, dürften wohl keine anderen Kupferlagerstätten im Otavagebiet vorhanden sein. Dagegen könnte man in diesem Falle auf eine Nachhaltigkeit nach der Tiefe hoffen, da der

<sup>13)</sup> A. MACCO: Die Aussichten des Bergbaus in Deutsch-Südwestafrika. Berlin, Dietrich Reimer, 1907.

Kalk nach seiner Meinung nicht nur in der Nähe der Tagesoberfläche durch die Kupferlösungen vererzt wäre, sondern auch in der Tiefe.

Bemerkenswert ist nach MACCO, daß der Erzkörper keine scharfen Begrenzungsflächen hat, denn auch das Nebengestein ist mit Kupfer- und Bleierzen durchsetzt, so daß anscheinend ein allmählicher Übergang von der geschlossenen Erzmasse in der Mitte nach den beiden Seiten in das Nebengestein hin stattfindet. Dieser Umstand spricht nach MACCO sehr dafür, daß man es mit einer gangartigen Lagerstätte zu tun hat, daß also dies Vorkommen die Gestalt einer fast aufrechtstehenden, schwach geneigten Platte hat, welche in die Tiefe setzt, im Gegensatz zur Form eines Schlauches oder eines unregelmäßig geformten Klumpens, wie es bei einer Höhlenfüllung der Fall ist.

MAUCHER hat in seiner Arbeit<sup>14)</sup> den Nachweis zu führen gesucht, daß es sich bei Tsumeb um eine magmatische Ausscheidung handelt, d. h. also um ein Vorkommen, welches durch Differentiation des eruptiven Magmas gebildet wurde. Bei der Aufstellung der Altersfolge der verschiedenen Erze richtet er sich ausschließlich nach dem Schmelzpunkt der Erze unter Berücksichtigung des Umstandes, daß derselbe eine wesentliche Erniedrigung erfährt, wenn Sulfidkomponenten ineinander gelöst sind. Er nimmt eine Überschiebung der devonischen Schichten an, bei der der Sandstein — also Aplit — aus dem Liegenden heraufgebracht wurde. Von dieser Störung aus ging die Verkiezelung des „Sandsteins“ und Dolomits vor sich, die Erze kamen später empor.

Eine Kontaktlagerstätte ist nach MAUCHER ausgeschlossen, da jede Veränderung des Dolomits und die Kontakt-Mineralien fehlen. Er nimmt an, daß die Zinkblende am ältesten ist, dann folgten Pyrit, Enargit und Stibio Luzonit, Kupferglanz und zuletzt Bleiglanz. Nach dieser Theorie, die sich lediglich auf die Schmelzpunkte der einzelnen Erze aufbaut, müssen in der Tiefe die schwerer schmelzbaren, wie z. B. Pyrit, Enargit und Stibio Luzonit auskrystallisieren, während die leichter schmelzbaren, Bleiglanz und Kupferglanz, zurücktreten.

STUTZER<sup>15)</sup> wendet sich gegen eine derartige Genesis der Lagerstätte. Er vermißt vor allem das Eruptivgestein, aus welchem die magmatische Injektion stammen könnte. Mit Recht nimmt er an, daß man auch bei dieser Genesis das Auftreten von Kontakt-Mineralien verlangen müßte; die Verkiezelung der

<sup>14)</sup> MAUCHER: a. a. O.

<sup>15)</sup> STUTZER: a. a. O.

Dolomite und des „Sandsteins“ stellt nach seiner Ansicht die Gangart dar. Er kommt zu dem Resultat, daß man die Lagerstätte zu den metasomatischen Verdrängungserscheinungen stellen muß, und daß die Entstehung wäßrigen Lösungen zuzuschreiben ist.

W. VOIT<sup>16)</sup> äußert sich über die Tsumeb-Lagerstätte. Nach ihm spricht gegen die glutflüssige Entstehung das Fehlen sämtlicher Gang- und Kontakt-Mineralien. Wenn auch ein Gemisch verschiedener Komponenten ineinander einen niedrigeren Schmelzpunkt hat als die einzelnen Komponenten, und wenn dieser Schmelzpunkt evtl. auch so niedrig ist, daß sich Kontakt-Mineralien nicht bilden können, so müßte doch immerhin Tremolit vorhanden sein.

Die Verkiezelung des Dolomits ist nach VOIT noch kein schlagender Beweis für die metasomatische Natur der Erze. Sie braucht nämlich nicht erfolgt zu sein durch Thermen, sondern es genügen zirkulierende Tagewässer. Schließlich glaubt er keinen Grund zu haben, die auf einer außerordentlich gewissenhaften Untersuchung MAUCHERS beruhende Schlußfolgerungen zu bezweifeln.

RANGE<sup>17)</sup> ist für Hohlraumausfüllung, verbunden mit Metasomatose im bisherigen Sinne des Lagerstättenforschers. Nach P. A. WAGNER<sup>18)</sup> scheinen die beiden Erzlinen von Tsumeb durch Verdrängung des dolomitischen Kalkes entstanden zu sein, zur Zeit als das Gestein hochgradig gefaltet und gestört wurde. Das ist also ebenfalls Metasomatose im bisherigen Sinne des Lagerstättenforschers, und zwar im engsten Anschluß an eine Störungszone.

Aus meinen Untersuchungen geht nun zweifellos hervor, daß es sich um einen Verdrängungs-, also metasomatischen Prozeß handelt, insofern stimme ich also den bisherigen Autoren zu, soweit sie für Metasomatose eintreten. Es muß aber außerdem untersucht werden, welche Art der Metasomatose für Tsumeb in Frage kommt. In einer umfangreicheren Arbeit<sup>19)</sup> glaube ich den Nachweis geliefert zu haben, daß man bei diesen Verdrängungsprozessen zwischen primären und sekundären unterscheiden muß.

Zu den primären gehört die Kontaktmetasomatose, die pneumatolytische Gangmetasomatose und die Erzlagerstättenmetasomatose im bisherigen Sinne des Lagerstättenforschers.

<sup>16)</sup> VOIT: a. a. O.

<sup>17)</sup> RANGE: a. a. O.

<sup>18)</sup> P. A. WAGNER: a. a. O.

<sup>19)</sup> Z. f. pr. Geol. 1910.

Die Kontaktmetasomatose, welche durch die unmittelbar aus dem Magma austretenden Lösungen bewirkt wird, charakterisiert sich stets durch das Auftreten der sog. Kontaktmineralien, die geradezu leitend für diese Art der Lagerstätten sind.

Da keine Spur von Kontaktwirkung in dem Otavidolomit und in dem Erz nachgewiesen wurde, kommt die Kontaktmetasomatose für Tsumeb nicht in Frage. Auch die innere Gangmetasomatose spielt keine Rolle. Anders liegen die Verhältnisse dagegen in bezug auf die äußere Gangmetasomatose, welche sich häufig durch Verquarzung, Chloritisierung und Sericitisierung kenntlich macht. Bei Tsumeb liegt eine ausgesprochene Verquarzung sowohl des Dolomites als auch in untergeordneter Weise der übrigen Gesteine vor. Die Aufschlüsse reichen aber nicht aus, um zu entscheiden, ob diese Verquarzung durch Oberflächenwässer oder durch aus der Tiefe emporkommende Spaltenwässer bewirkt wurde. Die Beantwortung dieser Frage muß den tieferen Aufschlüssen überlassen werden, fest steht heute nur, daß die Bildung des Kupferglanzes jünger ist als die Verquarzung.

Die Sericitisierung, welche an wenigen Stellen bei Otavi beobachtet wurde, sieht außerordentlich ähnlich derjenigen, die man vielfach an Gängen bemerkt hat. Hier könnte also der Rest einer früheren äußeren Gangmetasomatose vorliegen. Mit dieser Bildung hat aber die ausgedehnte Konzentration des Kupferglanzes nichts zu tun.

Die Metasomatose im bisherigen Sinne des Lagerstättenforschers, d. h. also die Bildung von Lagerstätten von Spalten aus durch eine Verdrängung des hauptsächlich aus Kalk und Dolomit bestehenden Nebengesteins ist bei den primären Erzen von Tsumeb möglich. Indessen läßt sich dieser Nachweis heut nicht erbringen, er kann nur durch Aufschlüsse in der Tiefe geführt werden. Die Hauptmasse des Kupferglanzes gehört nach den Dünnschliffuntersuchungen jedenfalls nicht zu den primären metasomatischen Erzen.

Wenn nun die primären metasomatischen Prozesse für die Hauptmenge des Erzes nicht in Frage kommen, kann es sich nur um einen sekundären metasomatischen Prozeß handeln, also um Zementations- und Oxydationsmetasomatose.

Die Oxydationsmetasomatose spielt bei Otavi eine wesentlich untergeordnetere Rolle als die Zementationsmetasomatose. Die erstere wurde hauptsächlich bei dem Olivin-Kersantit beobachtet, der stellenweise vollkommen durch Malachit und Kupferlasur verdrängt ist. Untergeordneter kam sie beim Aplit und Dolomit

vor; es ist aber hier anzunehmen, daß mein Material in dieser Beziehung nicht vollständig ist, und daß sie im Otavidolomit ebenfalls eine erhebliche Rolle spielt.

Nicht erklären läßt sich durch sie die große Menge von Kupferglanz. Für diese bleibt nur die Zementationsmetasomatose übrig. Bekanntlich handelt es sich bei diesem Prozeß um eine Reduktion von Schwermetall-Lösungen, die sich beispielweise in Form von Sulfaten in der Nähe der Tagesoberfläche durch den Einfluß der Tagewässer gebildet haben. Solange Sauerstoff vorhanden ist, entstehen auf Kosten der Sulfide Sulfate. Im Moment dagegen, wo der Sauerstoff verbraucht ist, wirken die vorhandenen Sulfide reduzierend auf die Schwermetall-Lösungen ein.

Da die primären Erze von Otavi zweifellos Kupfer enthielten, entstanden in der Nähe der Tagesoberfläche in der Oxydationszone kupferhaltige Schwermetall-Lösungen. Wenn diese durch die primären Sulfide reduziert wurden, so bildeten sich die Kupferzementationserze, die wir auf vielen Lagerstätten kennen, und welche durch hohe Kupfergehalte charakterisiert sind. Hierher gehören z. B. in fast allen Fällen Kupferglanz, Buntkupfererz und Fahlerz.

Der durch Zementationsmetasomatose entstandene Kupferglanz von Tsumeb wurde auf Bleiglanz, Zinkblende und Schwefelkies zementiert. Nach und nach werden bei diesem Prozeß die primären Sulfide vollständig aufgefressen. Verläuft der Prozeß auf der Lagerstätte verschieden intensiv, so kann bei weniger vollständiger Verdrängung der primären Sulfide ein bleereiches Erz entstehen, wie es im Ostkörper vorliegt, während bei vollständiger Verdrängung fast reiner Kupferglanz gebildet wird.

Ich habe an anderer Stelle<sup>20)</sup> darauf aufmerksam gemacht, daß bei diesem Prozeß die Beschaffenheit des Nebengesteins eine wesentliche Rolle spielt, und daß die Mächtigkeit der Lagerstätte von ihr abhängt. An vielen Stellen der Erde ist beobachtet worden, daß bei dem Zementationsvorgange auch das Nebengestein metasomatisch verdrängt wird. Bei Tsumeb konnte ich den Nachweis führen, daß in gleicher Weise Otavikalk — verkieselt oder unverkieselt — und Aplit durch Kupferglanz verdrängt worden sind. Auf diese Weise entstanden die großen Massen von Kupferglanz, welche heute in einer Abbauhöhen-Einheit Kupfermengen enthalten, die ursprünglich ev. in vielen Hunderten von Einheiten Lagerstättenhöhe, die nach und nach der Abrasion zum Opfer fielen, ziemlich regelmäßig verteilt waren.

<sup>20)</sup> Z. f. pr. Geol. 1910.

Bei dieser Verdrängung haben, soweit der Aplit in Frage kommt, die Adsorptionserscheinungen eine wesentliche Rolle gespielt. Bei den Dünnschliffuntersuchungen wurde der Nachweis geführt, daß die Einwanderung von Kupferglanz zunächst am kaolinisierten Feldspat nachweisbar ist, und zwar wird hier nicht etwa zuerst Kaolin, sondern die noch erhaltene Feldspatsubstanz ersetzt; der Kaolin wirkt lediglich adsorbierend. Dieselbe Erscheinung wird in gleicher Weise bei Malachit und Kupferlasur beobachtet. Erst später fand die Verdrängung des Quarzes statt, und allem Anschein nach kam es so gut wie gar nicht zur Verdrängung des Kaolins; denn auch die anscheinend derben Massen von Kupferglanz sind durch eine außerordentlich feine weiße Sprengelung ausgezeichnet, die sich als Kaolin erweist, der den letzten Rest des ursprünglichen Aplites bildet.

Der heute vom Bergbau ausgebeutete Teil der Tsumeb-Lagerstätte kann also in genetischer Beziehung wie folgt erklärt werden: Es liegt eine Bruchzone vor, zwischen der ein Aplitkörper in die Tiefe gesunken ist, derart, daß er einen Keil innerhalb des Otavidolomites bildet. Ich gebe zu, daß die Vergesellschaftung von Aplit mit Kersantit den Gedanken nahelegt, daß man es mit ziemlich gleichzeitig an Ort und Stelle emporgekommene, durch Differentiation ein und desselben Magmas entstandenen extremen Eruptivgliedern zu tun hat. Und diese Ansicht könnte, wie mir Herr SCHEIBE mitteilt, eine Stütze darin finden, daß nicht weit von der Tsumeb-Lagerstätte Granit ansteht.

Da ich aber bei Tsumeb auch nicht die geringste Kontakterscheinung unmittelbar am Aplit finde, halte ich die Annahme von Verwerfungen, für welche auch der Tonbesteg spricht, für richtiger. Auch diese Annahme schließt ja die Beziehung zwischen Kersantit und Aplit bzw. Granit nicht aus, denn eine bedeutende Dislokation braucht durch die Verwerfung nicht erzeugt worden zu sein. Unterstützt wird meine Ansicht durch die SCHEIBESCHE Beobachtung, daß im Hangenden der Lagerstätte am Westkörper eine Dolomitscholle in gestörter Lagerung beobachtet werden kann, und MAUCHER gibt an, daß der Dolomit im Hangenden zum Teil fast söhlig gelagert ist, während er im Liegenden steil nach Süden einfällt. Auf das Vorhandensein einer Störungszone läßt auch der spitze Winkel schließen, den nach SCHEIBE der Erzkörper mit dem Streichen des

Dolomites bildet. Auf diesen Verwerfungen dürften dann die Schwermetall-Lösungen emporgekommen sein, welchen die primären heute nur zum kleinen Teil bekannten Erze ihre Entstehung verdanken, die ev. zum Teil metasomatischer Natur sind.

Die zutage ausgehende primäre Lagerstätte wurde von den Atmosphärlilien zersetzt, es bildeten sich in der Oxydationszone die Kupferlösungen, die dann in etwas größerer Tiefe progressiv fortschreitend, reduzierend beeinflußt durch die primären Sulfide, die großen Anhäufungen von sekundärem Kupferglanz erzeugten. Dabei wuchs die Lagerstätte über die Ursprungsdimensionen weit hinaus, indem durch Zementationsmetasomatose sowohl der Otavidolomit als auch der Aplit verdrängt wurden. Der Kersantit ist jünger als die Hauptkonzentration des Kupferglanzes. Die Oxydationswirkungen dauern heute noch fort. Das beweist die zum Teil vollständige Verdrängung des Kersantites.

Der reiche Kupferglanzkörper von Tsumeb ist also ein vorzügliches Beispiel für Zementationsmetasomatose.

---



### Bemerkungen zu Tafel XIII.

---

- Fig. 1. Polarisiertes Licht. Da sich in der Photographie die Carbonatreste nicht vom Quarz abhoben, wurden sie nach dem mikroskopischen Bilde schraffiert.
- Fig. 2. Polarisiertes Licht.
- Fig. 3. Polarisiertes Licht. In der Photographie wurden Kupferglanz und Malachit fast gleichmäßig schwarz. Nach dem mikroskopischen Bilde habe ich deshalb den Malachit mit Weiß hervorgehoben.
- Fig. 4. Gewöhnliches Licht. Auch hier war es notwendig, den Malachit durch weiße Punktierung hervorzuheben.
- Fig. 5. Polarisiertes Licht.
- Fig. 6. Gewöhnliches Licht.
-

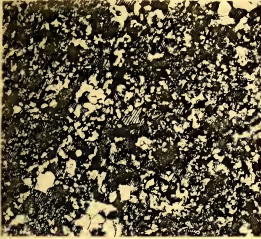


Fig. 1. Karbonat — Quarz — Aggregat = in Verkieselung begriffener Otavi-Dolomit. Das Karbonat ist schraffiert. Vergr. 50 fach.

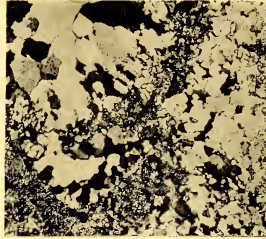


Fig. 2. Aggregate größerer Quarz-individuen von feineren Karbonat-Quarz-Aggregaten umgeben = fast vollkommen verkieselter Otavi-Dolomit. Vergr. 50 fach.

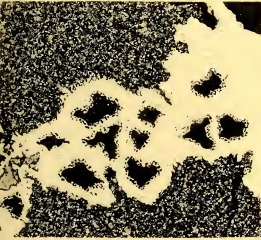


Fig. 3. Vererzter Otavi-Dolomit. Einwanderung von Kupferglanz (schwarz) und daraus entstandenem Malachit (weiß) in Otavi-Dolomit. Vergr. 50 fach.

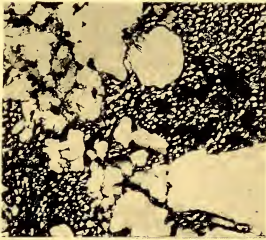


Fig. 4. Kupferglanz (schwarz) und Malachit (weiß punktiert) in der Mitte eines Quarztrums des Dolomits. Kupferglanz, den Grenzen der Quarze folgend, jünger als diese. Vergr. 50 fach.

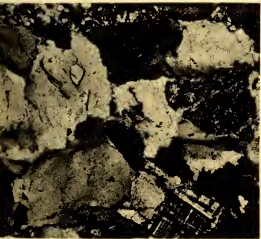


Fig. 5. Normaler Aplit. Vergr. 50 fach.

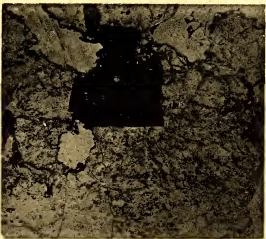


Fig. 6. Kaolinisierter Feldspat des Aplits adsorbiert Malachit (schwarz), Erz mit erzfremem Quarz. Vergr. 50 fach.





### Bemerkungen zu Tafel XIV.

---

- Fig. 1. Polarisirtes Licht.  
Fig. 2. Gewöhnliches Licht.  
Fig. 3. Gewöhnliches Licht. Da in der Photographie Schwefelkies und Kupferglanz fast gleichmäßig schwarz wurden, mußte Schwefelkies nach dem mikroskopischen Bilde durch weiße Punktierung hervorgehoben werden.  
Fig. 4. Gewöhnliches Licht. Die sich in der Photographie nicht genügend abhebende Zinkblende ist nach dem mikroskopischen Bilde mit Grau hervorgehoben.  
Fig. 5. Gewöhnliches Licht.  
Fig. 6. Polarisirtes Licht.
-

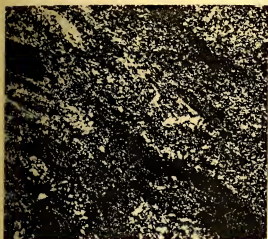


Fig. 1. Felsitporphyrischer Aplit mit Fluidalstruktur  
Vergr. 50 fach.

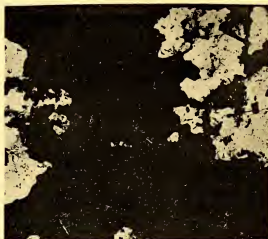


Fig. 2. Kupferglanz (schwarz), Aplit (Reste weiß) fast vollkommen verdrängend.  
Vergr. 50 fach.

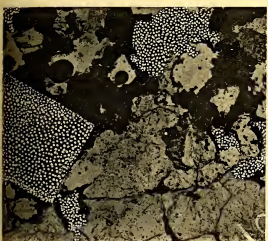


Fig. 3. Kupferglanz (schwarz) zementiert auf Schwefelkies (weiß punktiert) im Aplit.  
Vergr. 50 fach.

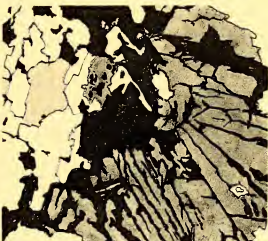


Fig. 4. Zinkblende (grau) bildet Maschenstruktur im Kupferglanz (schwarz). Quarz (weiß) bildet einen Aplitrest.  
Vergr. 50 fach.

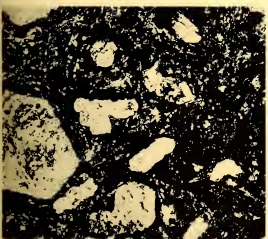


Fig. 5. Olivinkersantit. Größere Olivine (grau bis weiß) in dichter glimmerreicher Grundmasse (dunkel).  
Vergr. 50 fach.

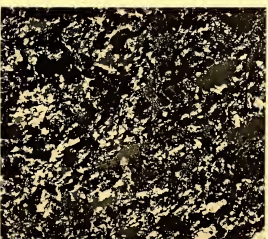


Fig. 6. Feinkörniger glimmerreicher Olivinkersantit.  
Vergr. 50 fach.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [63](#)

Autor(en)/Author(s): Krusch Paul

Artikel/Article: [4. Die genetischen Verhältnisse der Kupfererzvorkommen von Otavi. 240-263](#)