

Hegemann, F. & Maucher, A. (1933): Die Bildungsgeschichte
der Kieslagerstätte im Silber-Berg bei Bodenmais. –
Abhandlungen der Geologischen Landesuntersuchung am
Bayerischen Oberbergamt, 11:3-36, 7 Abb., 5 Taf.

Die Bildungsgeschichte der Kieslagerstätte im Silber-Berg bei Bodenmais

Von

Friedrich Hegemann und Albert Maucher

Mit 7 Abbildungen und 5 Tafeln

Inhaltsübersicht

	Seite
I. Einleitung	4
II. Ältere Arbeiten über die Bodenmaiser Kieslagerstätte	4—5
III. Geologischer Überblick	6—9
IV. Die Bodenmaiser Kieslagerstätte	10—18
1. Erz und Gneise am Silberberg-Gipfel bei Bodenmais	10
2. Die Erze im Silber-Berg	10—15
a) Erzführung	11
b) Lagerungsverhältnisse und örtliche Besonderheiten der Erzführung	11—15
3. Zusammenfassung und Vergleich mit den Beobachtungen WEINSCHENK's	16—18
V. Leittektonische Untersuchungen	18—23
VI. Erzmikroskopische Untersuchungen	23—33
1. Probenahme und Teufenunterschiede	23—24
2. Struktur der einzelnen Erze	24—30
3. Begleitminerale	30—31
4. Lochbildung im Erz	31—32
5. Die Kieslager vom Rothen Koth, von Unterried und von der Schmelz bei Lam	32—33
VII. Vergleich mit den Erzlagern von Meggen und vom Rammels- berg	33
VIII. Zusammenfassung und Ergebnis	33—35
Schriftquellen	35—36
Tafelerklärungen	36

I. Einleitung.

Vorliegende Arbeit wurde als Ausschnitt der vom Mineralogisch-Geologischen Institut der Technischen Hochschule-München geplanten Untersuchung des Bayerischen Waldes angefertigt (FR. HEGEMANN 1932, S. 165). Ihre Aufgabe bestand darin, eine Klärung in die umstrittene Entstehungsgeschichte der Bodenmaiser Kieslagerstätte zu bringen.

In dem Kieslager von Bodenmais haben sich mehrere starke tektonische Beanspruchungen und eine granitische Kontaktmetamorphose ausgewirkt. Dadurch entstanden in dem Erzlager örtlich oft sehr verwickelte, z. T. pseudomagmatische Erscheinungen, die, wenn man sie nur für sich allein betrachten würde, nach verschiedener Richtung entstehungsgeschichtlich deutbar wären. In diesen verwickelten, sekundär entstandenen Erscheinungen hat man auch den Grund für die vielen verschiedenenartigen, z. T. sich widersprechenden Deutungsversuche über die Bildungsweise des Bodenmaiser Erzlagers zu suchen.

Erst nach eingehenden, jahrelang ausgeführten tektonischen und erzmikroskopischen Untersuchungen gelang es uns, die einzelnen Metamorphosen in ihren Auswirkungen auf die Bodenmaiser Erzlagerstätte zeitlich zu trennen und dadurch die Bildungsgeschichte der Bodenmaiser Erzlagerstätte zu schreiben.

Herrn Professor Dr. H. STEINMETZ, München, sind wir sehr zu Dank verpflichtet für seine Hinweise und Ratschläge, mit denen er uns in entgegenkommendster Weise bei unseren Untersuchungen unterstützt hat. Auch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft möchten wir an dieser Stelle für ihre finanzielle Beihilfe zu einem Teil unserer zahlreichen Exkursionen in den Bayerischen Wald bestens danken. Dem Bayer. Oberbergamt sind wir für die schöne Ausstattung der Arbeit ebenfalls zu Dank verbunden.

II. Ältere Arbeiten über die Bodenmaiser Kieslagerstätte.

Zur Einführung bringen wir eine kurze Übersicht über die Ansichten der einzelnen Autoren, die sich zur Bildungsweise des Bodenmaiser Kieslagers geäußert haben.

C. W. GÜMBEL (1868, S. 248—261, 546—548, 552—560) gibt bereits sehr eingehende Beschreibungen der Bodenmaiser Erzlager. Er betont wiederholt den Zusammenhang mit den an vielen anderen Orten des Waldes auftretenden Schwefelkieslagern und betrachtet die Erzlager als gleichzeitig mit den sedimentär entstandenen Gesteinen abgelagert. Seine Schlußfolgerungen lauten: „Die Kiese bleiben immer nur eine Beimengung des Gneises“ und „Stets bleiben selbst in den derbsten Erzpartien Feldspat, Quarz, Glimmer, meist auch Dichroit und Granat in der Art mit dem Erz verbunden, daß man an der gleichzeitigen Bildung des Kieses und der Gneise kaum zweifeln darf“.

Diese Ansicht GÜMBEL's hatte aber nur so lange Geltung, bis

E. WEINSCHENK (1901, S. 349—410) an Hand genauer petrographischer Untersuchungen nachwies, daß die Gneise des Arber-Zuges keine reinen Sedimente, sondern Kontaktgesteine sind, die aus älteren Ablagerungen durch granitische Injektionen hervorgegangen sind. Für noch jünger als die Granit-Injektionen hielt WEINSCHENK das liquidmagmaatische Eindringen der Erze. Er rechnete Bodenmais zu den intrusiven Fahlbändern.

Die Ansicht der Erzzufuhr in Form der jüngsten magmatischen Injektion übernahm K. MIELEITNER (1920, S. 33—46) für die Johannes-Zeche bei Lam, die sowohl GÜMBEL als auch WEINSCHENK mehrmals erwähnen. Ihre genetische Verwandtschaft mit der Bodenmaiser Erzlagerstätte stand für beide Autoren ebenso wie für MIELEITNER fest. Im Gegensatz zu WEINSCHENK nimmt MIELEITNER an, daß Silikate und Erze bei Lam gleichzeitig in die Schiefer eingedrungen seien.

BEYSLAG-KRUSCH-VOGT (1914, S. 365—367) schließen sich der Ansicht WEINSCHENK's an, ebenso R. BECK (1909, S. 84—87), der sich zwar nicht endgültig dafür festlegt, sie aber für sehr erörterbar hält.

Auch A. BERGEAT (1905, S. 967—971) stimmt ihr vollkommen zu.

R. BECK-G. BERG (1922, S. 78—79) führen Bodenmais unter den Kryptokontaktlagerstätten auf. An anderer Stelle (1929, S. 363) erwähnt BERG, daß die Bodenmaiser Erzlagerstätte nicht zu den „intrusiven Kieslagern gehört, sondern in die Gruppe der durch Verdrängung entstandenen, granitischen Kontaktkieslager“.

J. LEHMANN (1884, S. 175—178) deutet die Erzzufuhr „als letzte Folge der Sekrete eines granitischen Magmas“. Im Gegensatz zu WEINSCHENK nimmt er nicht schmelzflüssige Erze, sondern Lösungen an, die in die Hohlräume der Falten eingedrungen seien.

H. SCHNEIDERHÖHN-P. RAMDOHR (1931, S. 358) führen Bodenmais unter den Verdrängungslagerstätten vom Typus Nautanen-Orijärvi auf. An anderer Stelle spricht SCHNEIDERHÖHN (1932, S. 47—50) die Vermutung aus, daß die Bodenmaiser Kieslager in die Gruppe der „topomineralogischen“ Erzlagerstätten einzureihen seien.

G. FREBOLD (1929, S. 143—151) macht in Analogie zu verschiedenen Beobachtungen an anderen Erzlagern den Versuch einer rein hypothetischen Deutung. Nach seiner Vermutung wäre das Bodenmaiser Erzlager als syngenetisch-polymetamorph zu bezeichnen.

G. FISCHER (1929, S. 252—396) kommt in seiner Arbeit über die Gabbro-Amphibolithe von Neukirchen kurz auf die Kieslagerstätte von der Schmelz bei Lam zu sprechen. Er vermutet die Zufuhr der Erze in Form heißer Lösungen unter Verdrängung von Silikaten.

Erst nach der Mitteilung unserer eigenen Untersuchungsergebnisse können wir eine kritische Stellung zu den Ansichten der verschiedenen Autoren bringen. Besonders auf die Arbeiten von WEINSCHENK, MIELEITNER und FISCHER müssen wir wiederholt eingehen. Es sei schon jetzt vorausbemerkt, daß sie mit unseren Ergebnissen nicht übereinstimmen.

III. Geologischer Überblick.

Die beigefügte Skizze Abbildung 1 diene zur topographisch-geologischen Orientierung über das Erzgebiet des nordöstlichen Bayrischen Waldes. Die geologische Skizze wurde nach den Geognostischen Blättern 1:100000, Cham und Zwiesel, der Bay. Geologischen Landesuntersuchung angefertigt.

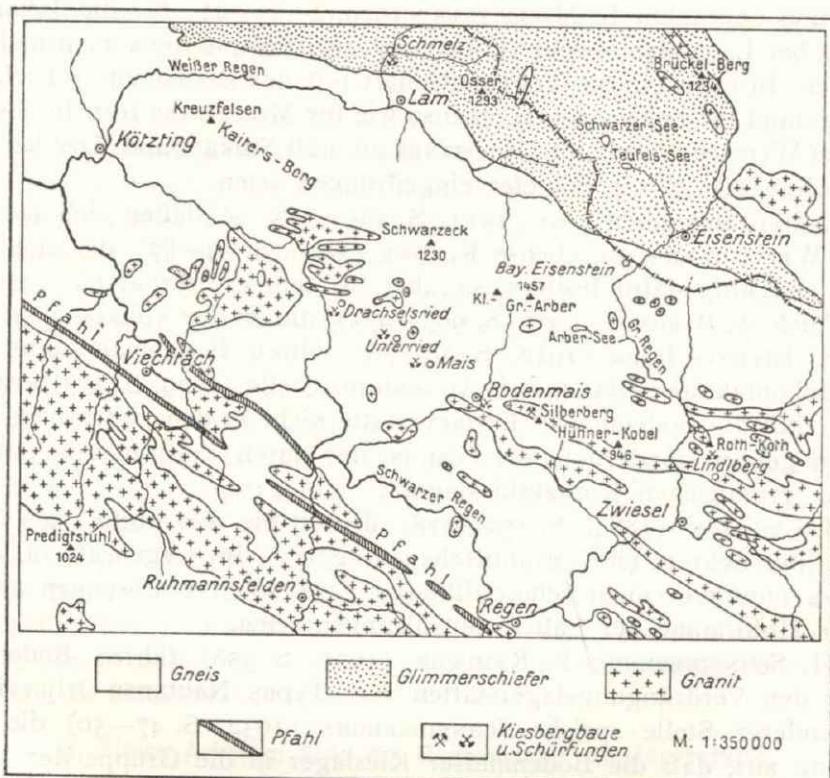


Abb. 1

Geologische Übersichtskarte des Erzgebietes zwischen Bodenmais und Lam. (Gneis = Kordieritgneis.)

Bezüglich der Gesteinsbeschreibung weisen wir auf die Arbeiten von E. WEINSCHENK (1901) und G. FISCHER (1929) hin. Auf eine feldgeologische Neubearbeitung des Gebietes wurde von uns verzichtet, weil wir erst den für dieses Jahr geplanten Bau der Eisenbahn Bodenmais-Kötzing abwarten wollen.

Wie die geologische Skizze zeigt, grenzen im Norden an die Kordierit-Gneise des Arber-Zuges die Glimmerschiefer des Künischen Gebirges. In den Gneisen des Arber-Zuges, wie in den Glimmerschiefern des Künischen Gebirges liegen nun an verschiedenen Stellen Erzlager,

deren mächtigstes das von Bodenmais ist. An Hand von Abb. 1 ist die Lage der Lagerstätte von Bodenmais zu den übrigen Erzaufschlüssen zu erkennen. Außer dem Haupterzug, der genau dem hercynischen Streichen der Gneise folgt und sich vom Rothen Koth bei Zwiesel annähernd bis Kötzting erstreckt, findet man häufig Pyriteinlagerungen in Form dünner Bänder oder kleiner Linsen in den Gneisen des Waldes.

Nach unseren eigenen Beobachtungen begleitet der Granit den Arber-Zug auf weite Strecken. Wenn er auch nur selten zutage tritt, so ist er doch in manchen Sandgruben, in großen Blöcken und vor allem in den Geröllen der vom Arber-Zug kommenden Bäche häufig zu finden. Er ist in einem sehr kleinen Bruch an der Straße Lam—Schmelz anstehend zu treffen, also in nicht sehr großer Entfernung von der Johannes-Zeche.

In der näheren Umgebung von Bodenmais ist Granit verwittert in verschiedenen Sandgruben zu sehen, sowie in größeren durch Steinbruchbetrieb angebrochenen Blöcken, von denen man aber nicht sicher weiß, ob sie bodenständig sind. Anstehend findet man Granit an einigen Stellen der Bahnlinie Bodenmais—Zwiesel und am Silber-Berg, an dem man die Grenze Gneis—Granit über Tage nur annähernd feststellen

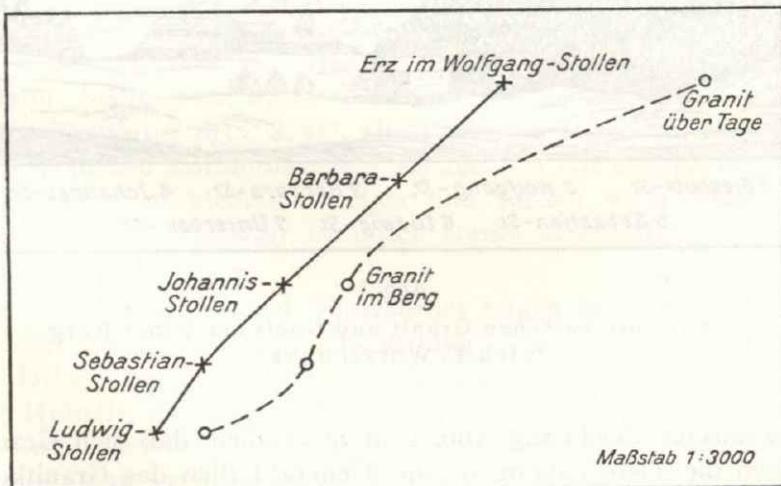


Abb. 2

Profil-Skizze zum Grenzverlauf von Granit und Gneis
im Silber-Berg.

kann. Der Granit ist dort in halber Höhe der vom Barbara-Stollen kommenden Bremsbahn unmittelbar am Weg, sowie unterhalb des Südostgipfels in Höhe des Wolfgang-Stollens gegen Bömhof zu auf kurze Strecken aufgeschlossen.

Wie unregelmäßig der Kontakt zwischen Granit und Gneis am Silber-Berg verläuft, ohne an Fallen und Streichen der Gneise oder Erze gebunden zu sein, zeigen auch die im Bergwerk zwischen Erz und Granit gemessenen Abstände. Abb. 2 gibt ein annäherndes Bild der Grenze Gneis-Granit in Abständen vom Liegendtrum gemessen, das in Streichen und Fallen konkordant in den Gneisen liegt. Abb. 3 ist eine Wiedergabe der Gneis-Granit-Grenze über Tage, wie sie WEINSCHENK (1914) als Abb. 12 S. 15 seines Exkursionsführers zeigt.

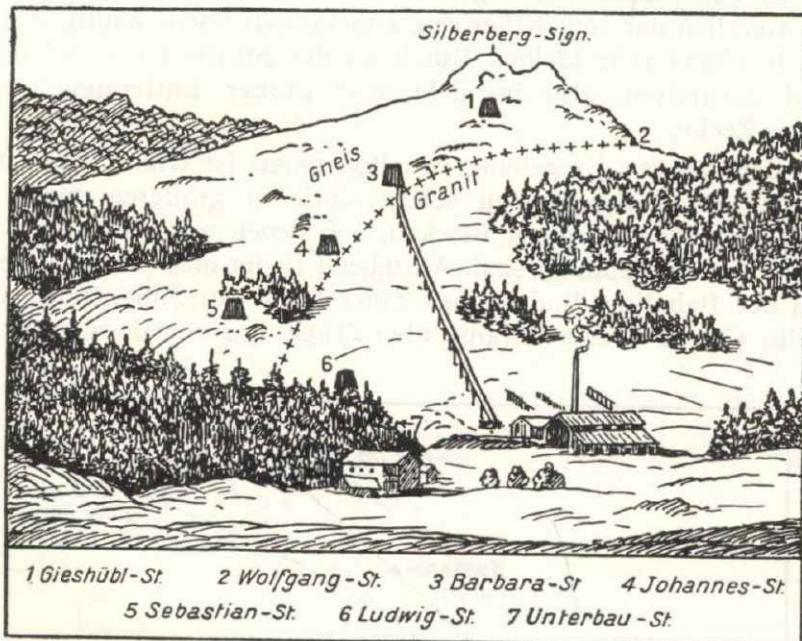


Abb. 3

Die Grenze zwischen Granit und Gneis am Silber-Berg
(nach E. WEINSCHENK).

Aus unserer Zeichnung Abb. 2 ist zu ersehen, daß sich Granit und Erz gegen die Tiefe nähern, da das General-Fallen des Granitkontakte flacher als das der Gneise ist. Im Stollen von Unterried, der ja nun leider durch den Straßenbau unzugänglich gemacht ist, war der Granit so weit vorgedrungen, daß Teile des Erzlagers unmittelbar von ihm berührt wurden. WEINSCHENK (1901, S. 361) bringt eine anschauliche Skizze davon. Die dabei betonte Erscheinung, daß das Erz immer an die Grenze von zweierlei Gestein gebunden sei, konnten wir bei unseren eigenen Beobachtungen nicht feststellen.

Die Grenze Granit—Gneis ist natürlich nicht scharf zu führen, da zwischen Granit und Gneis eine Zone von Übergangsgesteinen wech-

selnder Zusammensetzung liegt, die von den Alten, ebenso wie der echte Granit, an verschiedenen Stellen angefahren wurde.

Als jüngere Auswirkungen des Granitmagmas sind Pegmatitgänge, so der durch seine Führung polarmagnetischen Magnetits bekannt gewordene, am Silberberg-Gipfel auftretende Pegmatitgang, sowie eine Reihe von Aplitgängen zu finden. Die Aplitgänge von 20 cm bis 100 cm Mächtigkeit, deren Vorhandensein WEINSCHENK und FISCHER unbekannt blieb, stehen am Bahndamm kurz vor Bodenmais, sowie am Weg von der Bahnunterführung zum Silber-Berg an.

Als geologische Grundlagen unserer Untersuchungen gelten in Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen folgende Sätze der Arbeit FISCHER'S (1929, S. 355): „Die Böhmerwald-Gneise des Arber-Zuges und die Glimmerschiefer des Künischen Gebirges sind altersgleich und nur durch die Metamorphose verschieden“. „Die Gneise erhielten ihr Gepräge durch regionale granitische Injektionen in den Glimmerschiefer. Die Injektionen sind insgesamt jünger als die tektonische Formung der Paragesteine.“ „Das sedimentäre Ausgangsmaterial ist wahrscheinlich ein Tonschiefer“, was WEINSCHENK (1901, S. 402) bereits behauptet hat. AD. WURM (1932, S. 11) nimmt für diese Tonschiefer algonkisches Alter an.

Die von FISCHER offengelassene Frage nach der Bildungsweise der in den Gneisen auftretenden „Quarzlinsen und Quarzflammen“ ist schon an anderer Stelle beantwortet worden (HEGEMANN 1932, S. 157 und HEGEMANN-STEINMETZ 1933, S. 35). Diese sedimentär entstandenen Quarze sind sowohl in den Kordieritgneisen als auch im Erz entweder vereinzelt oder in Form von kleineren Lagen und Linsen wechselnder Größe enthalten. Ihre alte Struktur ist durch starke Metamorphose verändert worden.

Die im Erz auftretenden Quarzkörner zeigen keine Thermolumineszenz. (Über deren genetische Bedeutung: HEGEMANN-STEINMETZ 1933, S. 35.) Dieser fehlende Thermolumineszenz-Effekt ist ebenfalls ein sicherer Hinweis, daß der im Erz auftretende Quarz nicht vom benachbarten Granit herstammt. Er müßte sonst unbedingt beim Erwärmen aufleuchten. Man kann hier auch nicht einwerfen, daß durch die „nachträgliche“ Kontaktmetamorphose der kurz vor der Metamorphose injizierte Quarz durch die Erwärmung „ausgeglüht“ worden sei. Denn dann müßte doch auch der im Erz und in dessen Nachbarschaft auftretende grüne Feldspat, der einen sehr starken Thermolumineszenzeffekt abgibt, seine Thermolumineszenz in gleicher Weise verloren haben. Wie aber auch andere Untersuchungen zeigen (S. 22), stammt der grüne Feldspat als aplitisch-pegmatitische Auswirkung vom benachbarten Granit her, während der Quarz präkambrisch und höchstwahrscheinlich von sedimentärer Herkunft ist.

IV. Die Bodenmaiser Kieslagerstätte.

1. Erz und Gneise am Silberberg-Gipfel bei Bodenmais.

An dem kahlen Silber-Berg sind bereits äußerlich zwei Erzlager gut zu erkennen, da die Erze an verschiedenen Stellen zutage ausstrecken und zwar ein Lager, das sog. Haupttrum, in der tektonisch stark gestörten Nordhälfte des Silberberg-Gipfels und das andere, das Liegendtrum, in der weniger gestörten Südhälfte. Beide Lager sind konkordant den Kordieritgneisen eingelagert.

Der erste Eindruck, der sich beim Anblick der von außen sichtbaren abgebauten Baue der Alten bietet, ist der ovaler, völlig ungeregelt ins Gestein eingelagerter Erznester. Bei genauer Beobachtung erweist sich dieser Eindruck aber als völlig falsch. Die nesterartigen ovalen Hohlräume sind durch das Feuersetzen der Alten entstanden, bei dem natürlich auch alles durch das Feuer gelockerte Gestein mit ausbrach und damit die Grenze Gneis-Erz verwischte. Außerdem sind nicht die ganzen Erze abgebaut worden, sondern die Säulen, die die einzelnen Decken der nesterartigen Baue tragen, sowie die Anteile zwischen den Hohlräumen, bestehen größtenteils aus Erz. Die Erzführung hört also zwischen den Abbauen nicht auf, sondern verbindet die einzelnen Nester. Sehr gut ist das zu erkennen, wenn man vom großen Barbara-Verhau aus, den Abbauen der Alten folgend und am Berghang aufwärtssteigend, in Richtung Wolfgang - Philipp - Stollen (Abb. 3) geht. Man sieht dann genau, wie das Erzlager in wechselnder Mächtigkeit weiter zutage ausstreckt und nicht in Form einzelner Nester, sondern eines Lagers den Gneisen angehört.

WEINSCHENK (1914, S. 27) nennt die durch das Feuersetzen entstandenen Hohlräume die klarsten Bilder der Erzführung und leitet daraus die linsen- oder nesterartige Ausbildung ab. Aber gerade die von den Alten mit Feuersetzen im Raubbau entstandenen Hohlräume geben, wie vorher dargelegt, ein völlig falsches Bild über das Auftreten der Erze. In den letzten Jahren wurden früher stehen gebliebene Decken und Stützen der „Erznester“ noch im großen Maße abgebaut, wodurch das Bild der Baue wesentlich verändert wurde.

2. Die Erze im Silber-Berg.

Da seit der Veröffentlichung der Beschreibung WEINSCHENK's über die Bodenmaiser Kieslagerstätte (1901 und 1914) neue wichtige Aufschlüsse durch Erweiterung der Abbaue und Vortreiben der Stollen ausgeführt wurden, so ist eine rein beschreibende Darstellung der Grube und des Erzlagers nötig. Doch zuvor soll eine kurze Beschreibung der Erzführung des Silber-Bergs gegeben werden.

a) Erzführung. — Die Erze, von WEINSCHENK und GÜMBEL bereits genau beschrieben, bestehen vorherrschend aus Magnetkies und Pyrit, die je nach den örtlichen Bedingungen in wechselndem Mengenverhältnis zu einander stehen. Darin eingelagert ist vor allem Zinkblende und zwar in ziemlich bedeutenden Mengen, die nur durch die meist sehr feine Verteilung makroskopisch nicht recht erkennbar sind, sowie Bleiglanz und Kupferkies. Der Bleiglanz kommt an manchen Stellen in größeren Anhäufungen vor, während der Kupferkies durchs ganze Lager ziemlich gleichmäßig verteilt erscheint.

In den Erzen liegen, wie auch GÜMBEL und WEINSCHENK immer wieder betonen, alle Bestandteile, die auch die Gneise zusammensetzen. Vor allem ist auch der Quarz, auf dessen primär-sedimentäre Entstehung im Vorhergehenden schon hingewiesen wurde, in Form kleiner Linsen und im ganzen Erz fein verteilter Körner vorhanden.

Die früher so häufigen großen Kristalle schöner Mineralien wurden bereits seit vielen Jahren nicht mehr gefunden. Es hat sich wahrscheinlich jeweils um örtliche Anreicherungen bei günstigen Bedingungen gehandelt, die sich nicht für das ganze Lager verallgemeinern lassen, sondern auf die pegmatitischen Auswirkungen des benachbarten Granitmagmas zurückzuführen sind.

b) Lagerungsverhältnisse und örtliche Besonderheiten der Erzführung. — Während in früheren Jahren nur die reichsten Erzanteile im Raubbau von oben her gewonnen wurden, hat man die neuen Abbauarbeiten nach genauen Plänen durchgeführt. Die Stollen werden so getrieben, daß sie immer der Erzführung folgen und damit auch dem Streichen der Gneise in hercynischer Richtung. Jeden örtlichen Wechsel der Streichrichtung machen Erze und Gneise gemeinsam durch. Das Einfallen der Erze, ebenfalls mit dem der Gneise übereinstimmend, ist schon äußerlich an den Stollenmundlöchern (Abb. 3) zu erkennen, die ja annähernd im Erz stehen. Nur der tiefste Stollen, der Ludwigs-Stollen, wurde anfänglich auf der Grenze Gneis—Granit vorgetrieben und schwenkt erst später zum Erz ab, so daß sein Mundloch nicht in einer Fallrichtung mit den andern Stollen liegt.

Durch das Vortreiben der Stollen ist das Erz nun auf mehrere hundert Meter in der Streichrichtung zusammenhängend zu verfolgen und zwar hat der Ludwigs-Stollen eine Länge von 230 m, der Sebastians-Stollen eine solche von 285 m und der Johannes-Stollen von 660 m.

Die einzelnen Stollen sollen durch Überhaue alle 20—30 m verbunden werden, so daß dann eine genaue Übersicht über das Erzlager in Fallen und Streichen gegeben ist. Zum Teil sind die Überhaue bereits durchgeführt, so daß es heute möglich ist, das Erz vom tiefsten bis zum höchsten Punkt des Lagers zu verfolgen. Dabei ergibt sich zusammenfassend folgendes Bild:

In den Gneisen liegt konkordant ein erzführendes Lager, das alle Änderungen und Störungen von Fallen und Streichen mit den Gneisen gemeinsam hat. Das Lager besteht nicht aus einzelnen getrennten Linsen, sondern zeigt in jeder Richtung Zusammenhänge. Seine Mächtigkeit ist wechselnd, so daß der Eindruck von einzelnen „Linsen“ zuweilen entstehen kann.

Die Bodenmaiser Erze lassen bei den heutigen Aufschlüssen ihren schichtigen Charakter auf weite Ausdehnung hin erkennen. Als ihre Fortsetzung sind die anderen in demselben Streichen liegenden Erzlager anzusehen (Abb. 1), so daß es sich um eine erzführende, wahrscheinlich zusammenhängende Zone der Gneise von mehreren Kilometern handelt.

Verfolgen wir das Erzlager in den drei untersten Stollen und deren Überhaue, so ist es, wie bereits erwähnt, von wechselnder Mächtigkeit und verschiedener Zusammensetzung. Streckenweise stehen die Stollen völlig im Erz und haben, wie z. B. im Ludwigs-Stollen, Abbau 1, sehr reiche Erze von mehreren Metern Mächtigkeit. Dann wieder wird die Erzführung schwächer, und besteht aus einer breiten Gneislage, in welche die Erze als schmale Bänder und kleine Linsen eingelagert sind und manchmal sehr arm werden. Man hat es also in diesen Stollen mit einem Erzlager zu tun, in dem erzführende gebänderte Gneise in reine Erze mit nur geringen Gesteinslagen übergehen und umgekehrt. Die einzelnen Überhaue geben dasselbe Bild. Die Mächtigkeit der Erze wechselt auch hier von 1—3 m. Der tafelartige Charakter der Erzlagerung ist in mehreren Überhauen durchgehend erhalten und gut zu erkennen. Einige Überhaue vom Sebastians-Stollen zeigen diese Einlagerung der Erztafel in den Gneis und gleichzeitig das, von allen früheren Autoren her bereits bekannte, scharfe Angrenzen der Erze an die Gneisschichten. Übergangszonen und besondere Kontakterscheinungen sind dann nicht zu erkennen. Das Hangende ist immer glatt abgegrenzt. Das Liegende zeigt neben einer scharfen Grenze manchmal wellenförmigen Grenzverlauf.

Während im Gebiet der drei unteren Stollen deutlich erkennbare konkordante Lager, stellenweise bis zu 660 m Länge verfolgbar aufgeschlossen sind, ist in den oberen Teufen die Erzführung etwas unklarer. Hier steht nicht mehr ein Lager an, sondern es treten zwei, ganz kurz sogar drei Erzlager getrennt auf und zwar das Liegend- und das Haupttrum, außerdem auf kurze Strecke noch das kleine Hangendtrum. Der Johannes-Stollen steht noch in einem Erztrum, das nach oben langsam an Mächtigkeit zunimmt. Erzführung und Mächtigkeit (2—3 m) des Liegendtrums sind ebenso wie sein Fallen nur geringen Schwankungen unterworfen. Die Grenze gegen den benachbarten Gneis, mit dem es ein gemeinsames Generalfallen von 45° n. NO. hat, ist ebenso scharf, wie in den vorhergehend beschriebenen unteren Bauen. Erz-

bänderungen der Gneise, auch als Übergang zwischen eigentlichem Erz und erzfreiem Gestein, kommen hier, wie in allen anderen Teilen des Bergwerks, bis zu zwei Meter Mächtigkeit vor.

Beim Haupttrum liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Seine Mächtigkeit schwankt stark und erreicht örtlich 6 m. Wohl stimmen Fallen und Streichen der Erze mit dem der benachbarten Gneise überein, aber dieses ist, wie über Tag am Gipfel zu sehen, stark gestört und öfterem Wechsel unterworfen. Während das Liegendtrum mit den umgebenden Gneisen ein flacheres Fallen zeigt als sonst die Gneise im allgemeinen (65° n. NO.), fällt das Haupttrum örtlich an nähernd 80° n. NO. Die Entfernung der beiden Trümer kommt aber weniger durch das rein örtliche steile Fallen des Haupttrums zustande, als vielmehr durch tektonische Störungen, die sich, soweit ersichtlich, fast nur auf das Haupttrum und das darüber liegende Gebirge auswirkten. So ist im Haupttrum sechsmal eine deutliche Staffelung zu beobachten, derart, daß das Erzlager und der Gneis scharf abgeschnitten und jeweils 2—5 m ins Hangende verschoben sind. Am Liegendtrum hat sich diese Störung nur in ganz geringem Maße ausgewirkt. Sie hat nie zu einem völligen Abreißen der Schichten, sondern nur zu einer Verbiegung geführt. Das Abreißen der Schichten erfolgte senkrecht zu den Schieferungsflächen des Gneises.

Außer der Staffelung und dem steileren Einfallen zeigt das Haupttrum noch verschiedene Eigenarten, die im Erz und im darüber liegenden Gebirge als nachträgliche Störungen zu erkennen sind. Die Lagerung ist nicht mehr eben, sondern oft stark verbogen und damit natürlich auch die Grenze Erz-Gneis. Es treten neben diesen Verbiegungserscheinungen auch starke Durchknetungen der einzelnen Erz- und Gesteinsschichten auf. Starke Feldspatinjektionen führen zu größeren, erzhaltigen Feldspatanteilen. Sowohl diese, wie die Durchknetungen von Erz und Gneis erwecken manchmal geradezu den Anschein einer Gneis-Erz-Bresche. Die Erscheinung der „Bergköpfe“ und „schwimmenden Berge“ nimmt hier im Vergleich zu anderen Teilen des Lagers ebenso zu wie der Wechsel im Fallen und Streichen. Alle Spezialerscheinungen, welche die Gneise örtlich im kleinen Maßstabe zeigen, wie Verbiegungen, Sonderfaltungen usw., treten hier im großen auf. Diese tektonischen Beanspruchungen und Durchbewegungen der Schichten gehen so weit, daß es an verschiedenen Stellen z. B. im „Barbara-Stollen“, in „Gottesgab Tiefstem“ und bei der „Krummen Strecke“ so aussieht, als ob das Erz seitliche Trümmer ins Nebengestein setze. Dazu kommt im Hangenden noch ein kleines Erztrum, das „Hangendtrum“.

Gneise und Erze sind hier einer häufigen Änderung ihrer Streich- und Fallrichtungen unterworfen. Auffallend ist in diesem Teil des Lagers ein besonders starkes Eindringen granitischer Feldspatinjektionen, die zu großen Feldspatanhäufungen meist seitlich und stellenweise auch

innerhalb der Erzlager führten und den Erzen das Aussehen einer magmatischen Intrusion aufprägten. Würde man nur diese Teile des Lagers für sich allein betrachten, ohne die sekundären Einwirkungen zu berücksichtigen, wie es z. B. WEINSCHENK in erster Linie getan hat, so könnte man leicht zu dessen irrtümlicher Ansicht verleitet werden.

Nicht nur in den oberen Teufen, sondern bereits in den unteren Bauen sieht man, daß die Erzlager als Gleitebenen tektonischer Bewegungen gedient haben und teilweise ausgewalzt wurden. Sie begünstigten durch ihre von den anderen Gneislagen verschiedene Widerstandsfähigkeit die tektonischen Störungen.

Diesen Störungszonen folgten natürlich in besonderem Maße die nachträglich eindringenden granitischen Injektionen. Nicht weil er in genetischem Zusammenhang mit den Erzen steht, sondern weil die Grenze Erz-Gneis die beste Möglichkeit zum Eindringen bot, ist der grüne Feldspat zum „höffigen Gestein“ geworden.

Es läßt sich nach dem Stand der Aufschlüsse im derartig gestörten Gebirge nicht klar erkennen, ob die Trümer ehemals ein oder mehrere selbständige Lager waren. Ihr heutiges Bild ist auf jeden Fall durch starke nachträgliche tektonische Störungen bedingt.

Man kann der Auffassung sein, daß Haupt- und Liegendtrum die Schenkel eines gefalteten Lagers darstellen; ebenso berechtigt ist es, im Vergleich mit Lam, wo zwischen zwei Erzlagern eine Lage Glimmerschiefer liegt, auch für Bodenmais ehemals zwei parallele Lager anzunehmen. Vergleicht man dann Haupt- und Liegendtrum, so trifft dafür eine Beobachtung WEINSCHENK's (1901, S. 359) zu, die er an den Gneisen des Silber-Bergs machte: „Bemerkenswert ist die Erscheinung, daß die mannigfachen Stauchungserscheinungen, welche die Gesteine des Silber-Bergs erkennen lassen, von Schicht zu Schicht ganz außerordentlich wechselnde sind. Lagen, welche in enge oft überhängende Falten gelegt sind, wechseln mit solchen, die nur schwache Faltung aufweisen und in nächster Nachbarschaft derselben trifft man fast geradlinig verlaufende Lagen.“

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse beim Haupt- und Liegendtrum. Das Liegendtrum ist fast „geradlinig“ ungestört, das Haupttrum stark gestört.

Die größte Wahrscheinlichkeit hat die Annahme, daß das Erz zeitweise die Bahn einer Überschiebung gewesen ist. Wie weit diese sich ausgewirkt hat, läßt sich bei den heutigen Aufschlüssen im einzelnen nicht mit Sicherheit erkennen. Doch ist man durchaus zu der Vermutung berechtigt, die einzelnen Erztrümer durch Überschiebung aus einem einzigen Lager herzuleiten, zumal die Verschiebungen alle in NW.-Richtung erfolgten, also der Richtung der varistischen orogenetischen Druck-

auswirkung. Weitere Untersuchungen über den ursprünglichen Zusammenhang der Erztrümer werden von uns ausgeführt, sobald weitere bergbauliche Arbeiten neue Aufschlüsse ergeben.

Die verschiedenen Erztrümer sind ihrem Mineralbestand nach gleichwertig. Die Zusammensetzung der Erze des Haupttrums ist die weiter oben bereits für Bodenmais allgemein angegebene. Zu betonen aber ist, daß Pyrit im Vergleich zu Magnetkies stark zurücktritt. Außerdem ist das häufige Auftreten von Zinkspinell, auch in der von WEINSCHENK geschilderten „bilateral symmetrischen“ Ausbildung, zu beobachten. In stark durchbewegten Gesteinspartien und bei Feldspat-anreicherungen ist die Grenze Erz-Gneis sehr gestört und zuweilen gänzlich verwischt. An solchen Stellen beobachtet man häufig, daß Spinell, Kupferkies und ganz vereinzelt auch Magnetkies in kleinen Gängchen und auf Sprüngen ins Gestein setzen.

Im Liegendtrum kommt Kreittonit viel seltener vor. Hier sind Störungszonen, wie erwähnt, sehr selten und Pyrit ist der Menge nach vor Magnetkies das Hauptterz. Die übrigen Erze spielen hier dieselbe Rolle wie in allen anderen Teilen der Grube. Die makroskopisch erkennbaren Strukturen sind im allgemeinen für den ganzen Berg ziemlich einheitlich. Alle Erze sind fein- bis mittelkörnig und anscheinend ungeregelt miteinander verwachsen. Ausnahmen davon treten nur örtlich auf, wo sich Bleiglanz, vor allem mit grünem Feldspat in grobkristalliner Ausbildung angereichert findet. Auch Zinkblende und Magnetkies neigen manchmal zu grobblättriger Ausbildung. Stücke davon, die in vielen Sammlungen zu finden sind, sind in ihrem Vorkommen nur örtlich beschränkt, also durchaus nicht typisch für das ganze Lager. Diese Art von grobblättrig kristallisiertem Magnetkies mit Zinkblende tritt als Rand- oder besser Übergangszone, zwischen dem normalen körnigen Erz und einem starken Spinellband gegen die Gneise auf. Die Kontaktwirkung des benachbarten Granitmagmas verursachte am Rande der Erze eine Spinellbildung und im örtlichen Anschluß an diese nur noch eine Erwärmung der Erze, die zu der grobspätigen und großblättrigen Umkristallisation von Magnetkies und Zinkblende führte. Je weiter die Erze vom Rand entfernt sind, desto mehr behalten sie die normale körnige Ausbildung.

Eine weitere sekundär entstandene Erscheinung in der Erzführung tritt dort auf, wo der am Gipfel des Berges ausstreichende Pegmatitgang durch das Lager setzt und die Erze verändert hat. Dort ist die Anreicherung von Magnetit so groß, daß er örtlich das Hauptterz ausmacht. Die Magnetitführung des Pegmatits stammt sicherlich aus oxydierend verändertem Erz des Lagers. Nirgendwo sonst ist im Bayerischen Wald ein Pegmatit mit starker Magnetitführung bekannt.

3. Zusammenfassung und Vergleich mit den Beobachtungen WEINSCHENK'S.

Fassen wir die wichtigsten Einzelbeobachtungen zusammen, so ergibt sich: Die Erzlagerstätte von Bodenmais ist eine schichtige Einlagerung sulfidischer Erze in die Gneise. Die Mächtigkeit der Erze wechselt, so daß neben rein tafelartig erhaltenen Lagen vor allem in den oberen Teufen der Eindruck einzelner Linsen entstehen kann. Doch ist der Zusammenhang der Erze in jeder Richtung gewahrt und ist im Falle auf etwa 150 m, im Streichen stellenweise bis auf 660 m aufgeschlossen.

Es sind drei Erzkörper zu beobachten, über deren Stellung zueinander infolge der schlechten Aufschlüsse sich nichts Sichereres aussagen läßt, die wahrscheinlich aber auf Überschiebungsvorgänge zurückzuführen sind. Das Haupttrum ist stark gestört und durchbewegt und mit granitischen Feldspatinjektionen stellenweise durchdrungen. Das Liegendtrum erscheint ziemlich unverändert. Die Konkordanz mit den Gneisen halten beide Trümer ein, da die Gneise dieselben Durchbewegungen erlitten haben wie die Erze.

In ungestörten Teilen ist das Haupterz Pyrit, während in den vom benachbarten Granitmagma stärker beeinflußten Anteilen Magnetkies vorherrscht. Menge und Gefüge der übrigen Sulfide bleiben in allen Teilen ziemlich gleich. Mit der Zunahme des Magnetkieses nimmt in der Regel auch Zinkspinell zu. Primäre Teufenunterschiede gibt es nicht. Das Mengenverhältnis von Pyrit und Magnetkies ändert sich nicht in Abhängigkeit von der Tiefe, sondern nur von dem Grad der sekundären Einwirkungen. Es hat den Anschein, als ob das Lager nach der Tiefe zu an Mächtigkeit abnehme und, da es weniger gestört ist, an Pyrit allgemein reicher wird, wogegen Magnetkies abnimmt.

Vergleichen wir mit unseren Beobachtungen die Beweise WEINSCHENK'S (1901 und 1914) für die magmatische Injektion der Erze, die seines Erachtens als jüngste Zufuhr, noch jünger als die Pegmatite zu erkennen ist. Als Gründe dafür führt WEINSCHENK an (1901, S. 403):
 1. Gangförmige Erztrümer; — 2. Einschlüsse eckiger Gesteinsbruchstücke im Erz; — 3. Infiltration von Zinkspinell ins Nebengestein und bilateral-symmetrische Ausbildung der Lager durch Zinkspinellbänder; — 4. Quarzkörner im Erz und von Erz durchsetzte Quarzlinsen, Feldspatpartien und Nebengesteinsanteile.

Als Gründe gegen etwaige andere Theorien führt WEINSCHENK das Fehlen jeder Gangart und jeder drusigen Ausbildung an, sowie das Auftreten insgesamt derselben Mineralien im Erz, die auch als Gemenge des Nebengesteins auftreten und die nach WEINSCHENK's Ansicht von den „Erzschmelzen“ während ihrer Intrusion aufgenommen sein sollten.

Alle Gründe, die WEINSCHENK für seine und gegen alle anderen Theorien anführt, sind insoweit richtig gedeutet,

als sie sich gegen Bildung aus wässerigen Lösungen oder auf pneumatolytischem Wege richten.

Zu Punkt 1 der Beweisgründe E. WEINSCHENK's ist zu bemerken, daß die „gangförmigen Erztrümer“ auch aus einem oder mehreren Lagern primär sedimentärer Bildung entstanden sein könnten. Denn die einzelnen Erztrümer sind jedes für sich konkordant den benachbarten Gneisen eingelagert. Daß sie untereinander nicht immer parallel laufen, beruht auf örtlichen tektonischen Störungen, die sich besonders stark in der Zone dieser drei Erztrümer ausgewirkt haben. Unter Berücksichtigung dieser vielen tektonischen Störungen darf man mit gewisser Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Erztrümer aus einem Lager durch Überschiebungsvorgänge entstanden sind (S. 14).

Gegen den zweiten Beweisgrund WEINSCHENK's sprechen die Beobachtungen, daß die in den Erzlagern diskordant auftretenden, eckigen Gesteinseinschlüsse nur örtlich und zwar in tektonisch stark beanspruchten Anteilen der Erzlager vorkommen. Da die Erze selbst aber prätektonisch und prägranitisch entstanden sind (S. 21) und in ihren tektonisch ungestörten Anteilen frei von solchen Gesteinseinschlüssen sind, kann man mit größerer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß diese Gesteinsschollen von den späteren tektonischen Einwirkungen in das Erz hineingeknetet worden sind.

Ebensowenig wie dieser zweite Beweisgrund WEINSCHENK's stichhaltig bleibt, ist ein dritter aufrecht zu erhalten. Die Bildung des Zinkspinells, vor allem in bilateral-symmetrischer Ausbildung, ist wie die Übergangspartie grobspätiger Erze nur örtlich bedingt und somit gleichfalls eine sekundäre Erscheinung, hervorgerufen durch den Kontakt mit dem Granit und den davon ausgehenden Injektionen, die das Erzlager stellenweise „pseudomagmatisch“ beeinflußten. Die Quarzeinlagerungen wurden schon ganz zu Anfang der Arbeit als syngenetisch erklärt (S. 9). Sie bestehen oft aus lauter kleinen Körnern, die entweder vereinzelt auftreten oder zu mehreren schwach zusammengefrittet sind. Ihre Durchsetzung mit Erz ist also ebenso gut als Zeichen gleichzeitiger Bildung, wie auch GÜMBEL das annimmt oder als sekundäre, „pseudomagmatische“ Durchtrümerung der Quarzlagen während der Kontaktteinwirkung des benachbarten Granitmagmas zu deuten. Auch die stellenweise zu beobachtende Durchdringung granitischer Feldspatinjektionen mit Erz ist, wie besonders aus dem nachfolgenden Kapitel V über die tektonischen Verhältnisse hervorgeht, nur als sekundäre Erscheinung zu verstehen. Die sicherlich später als das Erz entstandenen Feldspatinjektionen (S. 22) haben Anteile der Erze aufgenommen. Die Sulfide sind „aber leichter schmelzbar und können, nachdem die Silikate längst erstarrt sind, in diese eindringen und Korrosionswirkungen auf die Silikate ausüben“ (G. BERG 1929, S. 54, vorletzter Absatz). Auf die gleiche Art sind die kleinen diskordanten Erzgänge entstanden, die stellenweise sowohl in

Feldspatlagen, wie auch in das Nebengestein auf einige Zentimeter eindringen. Meist handelt es sich dabei um Kupferkies, der unter diesen Umständen besonders leicht beweglich ist.

Alle Beweisgründe, die WEINSCHENK für eine Bildung der Erze in Form einer Intrusion anführt, sind also als Erscheinungen der nachträglichen starken, vom benachbarten jüngeren Granit ausgehenden Metamorphose des primären Lagers aufzufassen und nur örtlich in Abhängigkeit von den tektonischen Störungen und den granitischen Feldspatinjektionen zu finden. Sie sind daher nur als Beweise der stattgefundenen Metamorphose geltend zu machen. Alle anderen Erscheinungen, wie die scharfe Grenze der Erzlager gegen die Gneise, ihre Konkordanz, das Fehlen jeglicher Gangart und die erzdurchsetzten Quarzpartien, sowie das Vorkommen derselben Mineralien in Erz und Gestein, können ebenso für syngenetische Entstehung wie für WEINSCHENK's Ansicht sprechen.

Noch viel bestimmter und eindeutiger als die vorhergehenden Ausführungen sprechen gegen WEINSCHENK's Ansicht unsere Untersuchungsergebnisse aus dem tektonischen Befund, die wir im nächsten Abschnitt bringen.

V. Leittektonische Untersuchungen.

Wie durch einen von uns an anderer Stelle (HEGEMANN 1932, S. 154) ausgeführt wurde, lassen sich tektonische Elemente wie Klüftungen und Gefügeregelungen häufig zur relativen Altersbestimmung von Gesteinen verwenden. In jener Arbeit wurde auf den Seiten 156 und 157 dargelegt, daß die Bodenmaiser Erzlager gleichzeitig mit dem Nebengestein von der präkambrischen Orogenese erfaßt worden sind. Die Erze mußten daher zur Zeit der präkambrischen Vergneisung schon vorhanden gewesen sein und können also nicht, wie WEINSCHENK das behauptet, als magmatische Intrusion des benachbarten varistischen Granits gedeutet werden.

Diese Folgerung aus dem tektonischen Befund ist zwingend. Dagegen ist die in der angeführten Arbeit (S. 157, 3. Zeile) geäußerte Annahme, daß die Erze präkambrisch und syngenetisch seien, einzuschränken. Denn wenn die Erze auch bei der Vergneisung der Ton-schiefer schon vorhanden gewesen sind, also präkambrisch sind, so könnten sie doch primär anders entstanden sein als ihr Nebengestein. Man muß diesen theoretischen Einwand zugeben, wenn ihm auch wenig tatsächliche Bedeutung zukommt.

Unsere Beobachtungen und Belege für die leittektonischen Untersuchungen an der Kieslagerstätte von Bodenmais sind in den Kluftdiagrammen Abb. 4, 5 und 6 zusammengestellt. Zur Verwendung gelangte hierbei die flächentreue Azimutalprojektion mit dem Sehpunkt im Zenith (G. FISCHER 1930 und L. RÜGER 1928). In diesen statistisch ausgewerteten

Figuren zeigen die schwarzen Stellen die maximale Besetzung der Projektionen von den Durchstoßpunkten der Kluftnormalen und zwar eine Besetzung von über 4 % an. Mit jeder folgenden Kurve fällt die Besetzung zunächst um je 1 %. Jedoch sind die Besetzungen, die zwischen

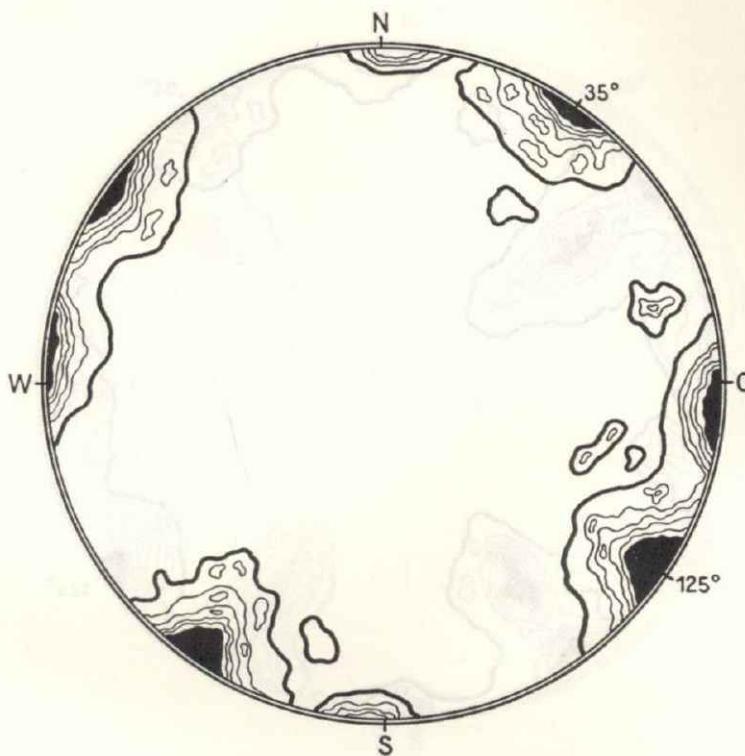


Abb. 4

Kluftdiagramm mit 250 Klüften aus Graniten der Umgebung von Bodenmais.

0 und 2 % liegen, noch einmal unterteilt, so daß die dick ausgezogene Linie die Felder abgrenzt, denen eine Besetzung zwischen 0— $1\frac{1}{2}$ % bzw. $1\frac{1}{2}$ —2 % zukommt, den nächst höheren eine solche von 2— $3\frac{1}{2}$ % bzw. von $3\frac{1}{2}$ —2 %.

Das Diagramm Abb. 4 enthält 250 Klüfte, die wir in verschiedenen Graniten der näheren und weiteren Umgebung von Bodenmais gemessen haben. Es unterscheidet sich merklich von dem Diagramm Abb. 5, in das 200 Klüfte aus dem Kordieritgneis des Silber-Bergs aufgenommen wurden. Abb. 6 enthält 150 Klüfte aus den Erzlagern.

Das Diagramm Abb. 4 weist mehrere Maxima auf, die folgenden zwei Kluftsystemen entsprechen:

1. 0° — 10° mit ungefähr senkrechtem Einfallen
 90° — 100° " " " "
2. 30° — 40° mit ziemlich saigerem Fallen
 120° — 130° " " " "

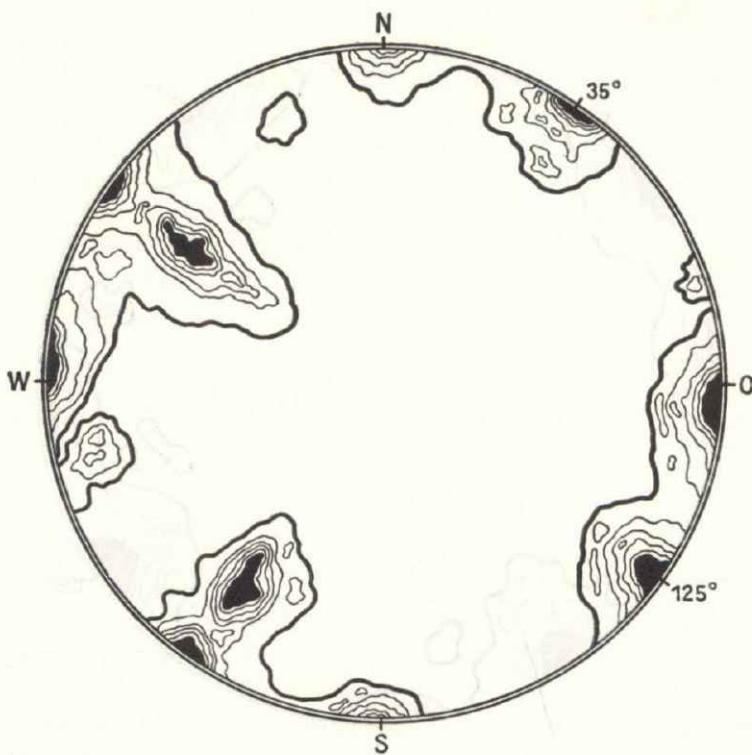


Abb. 5

Kluftdiagramm mit 200 Klüften aus dem Kodieritgneis
des Silber-Bergs.

Diese zwei Kluftsysteme finden sich auch in den Diagrammen Abb. 5 und 6 wieder, in denen noch ein drittes Kluftsystem auftritt mit den Hauptrichtungen:

3. 30° — 40° ; Generalfallen 60° — 70° SO.
 120° — 130° ; " 60° — 70° NO.

Wie an anderer Stelle (HEGEMANN 1932) näher ausgeführt, sind diese drei Kluftsysteme ihrer Entstehung nach zeitlich zu trennen und als Auswirkungen verschiedenen Orogenesen zuzuordnen:

Das älteste Kluftsystem ist das dritte. Es ist während der präkambrischen Orogenese entstanden, durch welche die Tonschiefer zu Glimmerschiefern umgewandelt wurden. Das erste Kluftsystem gehört zur alpinen und das zweite zur varistischen Orogenese.

In den Kordieritgneisen und in den Erzlagern treten alle drei Kluftsysteme auf, was nur dadurch zu erklären ist, daß die Erzlager und die Nebengesteine gemeinsam von den drei erwähnten Orogenesen erfaßt worden sind, also ein Beweis für ihr präkambrisches Alter.

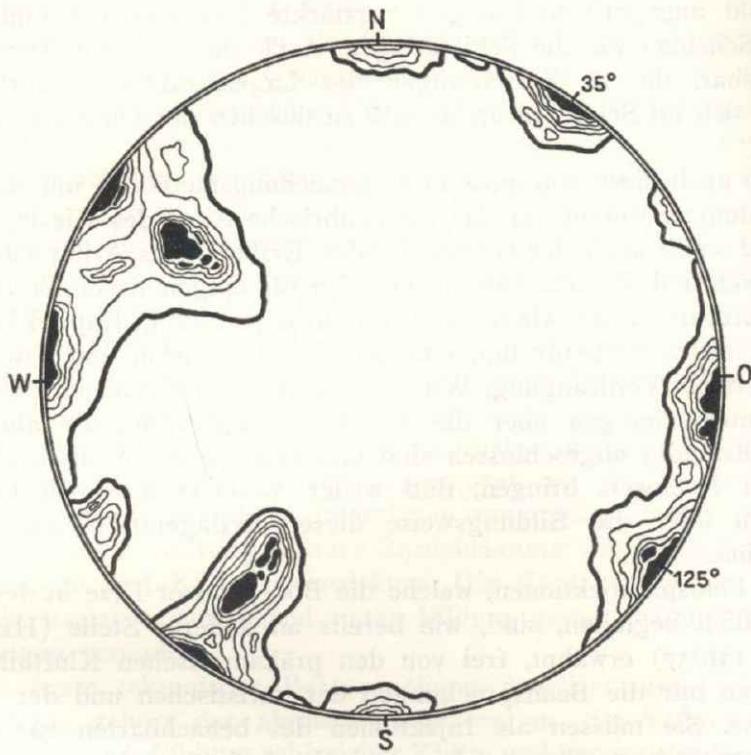


Abb. 6

Kluftdiagramm mit 150 Klüften aus dem Erz Lager
des Silber-Bergs.

In Verbindung mit diesen Folgerungen sind die Beobachtungen MIELEITNER's (1920, S. 33—46) und FISCHER's (1929, S. 286—289) über die Kieslagerstätte der Johannes-Zeche von Lam sehr bemerkenswert.

Wie GÜMBEL (1868), WEINSCHENK (1901), MIELEITNER (1920) und FISCHER (1929) betonen, bilden die Kieslager des Arber-Zuges und das Kieslager in der Schmelz bei Lam eine genetische Einheit, was durch unsere Beobachtungen bestätigt wird. MIELEITNER und FISCHER weisen nun darauf hin, daß die konkordant im Glimmerschiefer auftretenden Kieslagen von Lam alle Faltungen und Störungen der Nebengesteine mitgemacht haben. MIELEITNER (1920, S. 45) äußert dazu: „Sekundär erfolgte dann erst die Aufrichtung des ganzen Glimmerschieferkomplexes mit dem Erz, . . .“. Und FISCHER erwähnt in seiner

Arbeit 1929 auf Seite 289: „In der Tat ist der Anblick der durch Sulfide gebänderten Gesteine von der Schmelz ein anderer als der granitisch injizierter Gesteine der gleichen Zone. Während bei den letzteren ohne weiteres erkennbar war, daß die Intrusionen in ein bereits gefaltetes Gefüge erfolgten, sind hier die Kiesbänder gleichmäßig dem Faltenbild angepaßt und zeigen verstärkte Faltenscheitel und ausgedünnte Schenkel wie die Schieferlagen. Auch sind jüngere Bewegungen nachweisbar, die zu Zerreißungen der Lagenstruktur geführt haben und die sich im Schliff in undulösem Auslöschen der Quarze bemerkbar machen.“

Also auch diese von unseren Untersuchungsmethoden unabhängigen Beobachtungen weisen auf das präkambrische Alter des Kieslagers von Lam und somit auch der entsprechenden Erzlager des Arber-Zuges hin. MIELEITNER und FISCHER entscheiden sich für epigenetische Bildung der Lamer Erze und zwar, wie in der Literaturbesprechung, Kapitel II, schon erwähnt, MIELEITNER für liquid-magmatische Intrusion und FISCHER für hydrothermale Verdrängung. Wir können aber auf Grund unserer neuen Spezialuntersuchungen über die Lamer Erzlagerstätte, die aber noch nicht vollständig abgeschlossen sind und erst später veröffentlicht werden, den Nachweis bringen, daß weder MIELEITNER's noch FISCHER's Ansichten über die Bildungsweise dieser Erzlagerstätte aufrecht zu halten sind.

Die Feldspatinjektionen, welche die Bodenmaiser Erze in der Regel nur randlich begleiten, sind, wie bereits an anderer Stelle (HEGEMANN 1932, S. 156/57) erwähnt, frei von den präkambrischen Kluftbildungen und zeigen nur die Beanspruchungen der varistischen und der alpinen Orogenese. Sie müssen als Injektionen des benachbarten varistischen Granitmagmas angesehen werden, sind also bedeutend jünger als die Erzlager und ohne jeden genetischen Zusammenhang mit ihnen.

Übrigens treten derartige Feldspatinjektionen nicht nur in der unmittelbaren Nachbarschaft der Erzlager auf, sondern sind in den Kordierit-Gneisen überall dort zu finden, wo ein Granit in der Nähe vorhanden ist, wiederum ein Beweis für ihre granitische Herkunft und damit auch für ihr varistisches Alter.

An bemerkenswerten Einzelheiten seien von unseren tektonischen Beobachtungen noch folgende Erscheinungen erwähnt. Die alpine Orogenese wirkte sich zumal am und im Silber-Berg unter Bildung zahlreicher $0-10^{\circ}$ und $90^{\circ}-100^{\circ}$ streichender Klüfte aus, die meist nur wenige Meter lang verfolgbar sind, zuweilen aber auch Erz, Feldspatpartien und Kordieritgneis von den obersten bis zu den untersten Aufschlüssen durchsetzen. Die sog. Helena- und die Neustollen-Kluft, die in NS.-Richtung mit geringer Abweichung nach O. bei fast saigerem Einfallen streichen, sind z. B. solche großen Klüfte. Sie gehen durch

den ganzen Silber-Berg. Parallel zu ihnen treten oft in den Erzen und Gesteinen Ruscheln und Harnische auf. Die große sog. Wolfgangs-Kluft streicht 165° (SO.) und fällt mit 55° nach NO.

Im Barbara-Stollen läßt sich zuweilen beobachten, wie die varistischen Feldspatinjektionen Klüfte der präkambrischen Orogenese, die durch Erz und Nebengestein setzen, durchschneiden.

Daß die Erze älter sind als die pegmatitischen Auswirkungen des benachbarten varistischen Granitmagma, beweist schon der oben am Silberberg-Gipfel ausstreichende Pegmatitgang, der auch innerhalb des Berges zu beobachten ist. Dieser Pegmatitgang durchschneidet das Erzlager und führt Teile der Erze mit sich, die er oxydierend zu Magnetit umänderte.

Faßt man die allgemeinen geologischen und leittektonischen Untersuchungsergebnisse zusammen, so erhält man folgenden zeitlichen Überblick:

Algonkische Tonschiefer, die als konkordante Lagen gemischte Sulfide enthielten, wurden durch die präkambrische Dynamometamorphose zu Glimmerschiefern umgewandelt.

Zur Zeit der varistischen Granitinvasion wurden die Glimmerschiefer des Arber-Zuges kontaktmetamorph zu den hornfelsartigen Kordieritgneisen mit Feldspatinjektionen umgeprägt, wobei sich auch starke tektonische Störungen unter Zurücklassung von Überschiebungen, Verwerfungen und Klüften auswirkten. Die Kontaktmetamorphose hat auch die Erzlager weitgehend unter Bildung pseudomagmatischer Erscheinungen verändert.

Die letzte tektonische Beanspruchung von Erz und Gneisen des Arber-Zuges gehört der alpinen Orogenese an. Sie äußerte sich im Silber-Berg durch Bildung zahlreicher Klüfte und einiger großer Ruschelzonen.

Die leittektonischen Untersuchungen ergeben uns also in Übereinstimmung mit anderen Beobachtungen den Beweis von dem prägranitischen und präkambrischen Alter der Erze. Aber über die Art ihrer Entstehung können sie uns keine bestimmten Hinweise geben. Diese erhalten wir erst durch den erzmikroskopischen Befund.

VI. Erzmikroskopische Untersuchungen.

1. Probenahme und Teufenunterschiede.

Für die systematische Erzuntersuchung im Mikroskop haben wir uns eine große Menge von Erzproben aus der Grube entnommen und zwar derart, daß wir aus den verschiedenen Stollen, Überhauen und Abbauen Proben an orientierten Stellen entnahmen, um event. wagrechte

oder nach der Tiefe bedingte Änderungen der Strukturen und der Erzführung feststellen zu können.

Wir möchten gleich vorwegnehmen, daß an Hand der Erzmikroskopie ebenso wenig wie makroskopisch sich primäre Teufenunterschiede ergaben. Die makroskopischen und schon vorher erwähnten Beobachtungen über die Abhängigkeit der Erzführung und der Erzstrukturen vom Grad der sekundären Einwirkungen auf das Lager wurden durch den mikroskopischen Befund bestätigt.

Außer den Untersuchungen nach primären Teufenunterschieden hatte die mikroskopische Bearbeitung der Erze den Zweck, festzustellen, welche Hinweise die Strukturen und der Mineralbestand auf primäre Entstehung oder auf Metamorphose geben können.

Es ist klar, daß in Erzen, die mehrere starke tektonische Einwirkungen und dazu noch die granitische Kontaktmetamorphose mit aplatischen und pegmatitischen Injektionen auf sich wirken lassen mußten, primäre Strukturen sehr selten zu finden waren. Wie zu erwarten, treten eine Menge von Erscheinungen auf, die zwar den Anschein epigenetischer Bildung erwecken, aber immer auf die Metamorphosen zurückzuführen sind.

2. Struktur der einzelnen Erze.

Folgende Mineralien treten, der Menge nach aufgeführt, im Bodenmaiser Erzlager auf: Magnetkies, Pyrit, Zinkblende, Kupferkies, Bleiglanz, Magnetit, Markasit, gediegen Wismut, Valleriit und gediegen Silber. Außer diesen dem Lager selbst angehörenden Erzen findet man vereinzelt in Pegmatitnähe Ilmenit und ganz selten Kupferglanz in Zonen starker Umsetzung (Zementation).

Den von WEINSCHENK erwähnten Arsenkies konnten wir in keinem Schliffe feststellen.

Bei der Beurteilung der quantitativen Erzverteilung fiel uns der große makroskopisch nicht so sehr in Erscheinung tretende Gehalt an Zinkblende auf, der sicher auch technisch ausgewertet werden könnte.

Die Extensität der Erze ist folgende: Während Markasit, Valleriit, gediegen Wismut und gediegen Silber in etwa je 10 von 100 Schliffen zu finden sind, treten die anderen Erze, abgesehen von Magnetit, wenn auch nur in geringen Mengen in jedem Schliff auf. Magnetit findet sich sicher in jedem zweiten Schliff in geringen Mengen.

Der Pyrit und der Magnetit enthalten fast immer fein eingeschlossen Zinkblende, Kupferkies und Bleiglanz, der sonst makroskopisch meist nur in größeren Anhäufungen zu sehen, mikroskopisch aber auch in feinster Verteilung zu finden ist.

Das makroskopisch bereits erkannte Gefüge der Erze erweist sich auch unter dem Mikroskop als richtig. Die Erze bilden ein gemischtes, körniges, anscheinend ungeregeltes Aggregat, dem in wechselnder Menge

immer Mineralien beigefügt sind, die auch als Bestandteile der benachbarten Gneise vorkommen. Vor allem Quarz in Form der bereits mehrmals erwähnten kleinen Körner ist eine häufige Beimengung des Erzes.

Das in Bodenmais vorherrschende Erz, der Magnetkies, zeigt normalerweise gemischt-körnige Ausbildung. Die einzelnen Körner liegen glatt nebeneinander ohne jede Verzahnung. Der Magnetkies ist frei von Entmischungs- oder Zwillingsstrukturen (Fig. 1). Er findet sich innig verwachsen mit Zinkblende, Kupferkies und Bleiglanz, mit denen er meist typisches Rekristallisationsgefüge zeigt (Fig. 3 und 4). Entmischungen von Magnetkies in Zinkblende ließen sich nur ganz selten feststellen, wohl aber völlig ungeregelter Verwachsungen mit verschiedenster Mengenverteilung.

Eine sehr häufige Erscheinung im Magnetkies ist die der sog. „bird's eye“-Struktur, die durch Zerfall des Magnetkieses entsteht. Rhythmishe, feinkörnige Aggregate von Pyrit und Markasit als Neubildungen aus Magnetkies sind häufig (Fig. 15).

Die Strukturen des Magnetkieses erlauben uns keine Rückschlüsse auf die Entstehungsgeschichte der Erze. Das Fehlen von Pentlandit und von Entmischungsscheinungen könnten als Hinweise gegen magmatische Bildung angeführt werden. Die körnige Ausbildung ohne jede Verzahnung, die in Übergangspartien auch makroskopisch starke Kornvergrößerung zeigt, weist auf eine stattgefundene Sammel- und Rekristallisation hin. Die innige Vermischung mit den anderen Erzen ohne jegliche Teufenunterschiede und Verdrängungsscheinungen spricht gegen eine getrennte Zufuhr der Erze und für Entstehung der Erze in einem Bildungsgang.

Ähnlich wie die Ausbildung des Magnetkieses ist die der Zinkblende. Die Kornform ist dieselbe, also ohne Verzahnung. Daß die Blende häufiger ist, als makroskopisch erkennbar, wurde bereits erwähnt. Es gibt Erzpartien, die aus reiner Blende, durchsetzt von Pyritkörnern, bestehen. Magnetkies und Zinkblende geben oft das Bild eines typischen Rekristallisationsgefüges (Fig. 3 und 4). Auch die grobblättrige Ausbildung in Übergangszonen haben sie gemeinsam. Zinkblende zeigt dann deutliche Zwillingslamellen, eine Erscheinung, die reinem Rekristallisationsgefüge fremd ist und hier als Auswirkung der nachträglichen Druckbeanspruchung zu deuten ist (Fig. 2).

Eine typische Erscheinung der Zinkblende sind auch die häufigen Einschlüsse von Pyritkörnern, Bleiglanz und Kupferkies. Während der Bleiglanz ungeregelt in geringen Mengen in der Blende verstreut liegt, zeigt der Kupferkies geregelte Strukturen, auf die später näher eingegangen wird (S. 26).

Einschlüsse von Erzen zeigt nicht nur die Zinkblende sondern auch Magnetit, der in Form runder Körner mit vielen Einschlüssen der Begleitminerale und als Idioblast auftritt. Er zeigt ähnliche Formen,

wie sie RAMDOHR (1928, S. 1029) vom Rammelsberg beschreibt. Wie bereits oben erwähnt, ist er in der Nähe des Pegmatitganges so angereichert, daß er auf kurze Strecken hin das Haupterz ausmacht. Sein Auftreten in den Erzen und seine Strukturen lassen keine bestimmten Rückschlüsse auf die Entstehungsgeschichte der Lagerstätte zu. In der Nähe des Pegmatits ist er sicher eine Kontaktbildung. Sein Auftreten als Entmischung in Kreittonit wird später (auf S. 27) näher beschrieben.

Ebenso wie Bleiglanz und Kupferkies in den anderen Erzen eingesprengt auftreten, finden sich auch diese umgekehrt in Körnern der beiden Erze eingeschlossen, doch ist dabei zu bemerken, daß größere Körner von Bleiglanz selten sind. Er kommt fein verteilt in Kupferkies, in Zinkblende, Magnetit, Pyrit und sehr selten auf Korngrenzen von Magnetkies vor. Für sich allein tritt er auch in grobkrystallinen würfelförmigen Anhäufungen oft im grünen Feldspat auf.

Während die Zinkblende im grünen Feldspat nicht zu finden ist, da sie im Kontakt mit diesem zu Spinellbildung führte, ist der Bleiglanz auf Grund seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften von den granitischen Injektionen aufgeschmolzen und angereichert worden. Nach Kristallisation der Silikate ist der Bleiglanz dann auf Sprüngen und Spalten in diese eingedrungen. Es wurde auf diese Erscheinungen schon bei der Widerlegung der WEINSCHENK'schen Ansichten (S. 17) hingewiesen.

Außer der feinen Verteilung in den anderen Erzen und der Anreicherung in Feldspatnähe zeigt auch der Bleiglanz keine Strukturen, die auf eine bestimmte Entstehung hinweisen. Sein geringer Silbergehalt, der analytisch nachgewiesen ist, ist nicht durch mikroskopische Einlagerungen zu erkennen. Auf Grund seiner Plastizität zeigt er Auswalzungen und Durchknetungen als Folge der kinetischen Beanspruchungen.

Der Kupferkies tritt in Form selbständiger Körner, im Rekristallisationsgefüge von Magnetkies-Zinkblende, als Einlagerung in Magnetit und Pyrit zusammen mit Bleiglanz und in schmalen Rändern und Gängchen auf Korngrenzen von Magnetkies und den anderen Erzen auf. Am bemerkenswertesten ist sein Verhalten der Zinkblende gegenüber.

Im Zusammenhang mit den kurz vorher erwähnten Beobachtungen an Kupferkies möchten wir über die Entmischungerscheinungen in den Bodenmaiser Erzen sprechen.

Entmischungen zwischen Zinkblende und Magnetkies konnten nur sehr selten festgestellt werden. Als typische Entmischungerscheinung ist Kupferkies in Zinkblende zu nennen. Es gibt Erze, in denen der Kupferkies nach kristallographischen Richtungen {110} der Blende eingeschlossen ist und so das Bild gesetzmäßiger Einlagerung als Folge von Entmischung gibt (Fig. 5 und 6).

Andere Zinkblendekörper dagegen zeigen eine wolkige Vertei-

lung der Kupferkies-Ovoïde, eine Erscheinung, die der von RAMDOHR (1928, S. 1033) von Rammelsberg-Erzen geschilderten manchmal sehr ähnlich ist. Auch an den Zinkblendekörnern von Lam ist diese wolkige Einstreuung von Kupferkies über mehrere Zinkblendekörner verteilt zu finden. Dabei ist allerdings zu bemerken, daß Kupferkies in Lam häufiger, Zinkblende dagegen seltener ist als in Bodenmais.

Das wolkige Vorkommen der Kupferkieskörner in Zinkblende ist sehr wahrscheinlich auch hier so zu deuten, wie das RAMDOHR an Rammelsberg-Erzen tut. In dieser Erscheinung wäre dann noch die primäre Gel-Struktur erhalten, die auf die gleichzeitige Ausscheidung der gemischten Sulfid-Gele hinweist. Durch die mehrfache Veränderung der Erze wurde diese Struktur größtenteils verwischt und umgeordnet. Aus den fein verteilten, wolkigen Einlagerungen wurden typische Entmischungsstrukturen nach kristallographischen Richtungen. Diese Umänderung der Strukturen Kupferkies-Zinkblende führte, unserer Beobachtung nach, sogar teilweise zu einer vollständigen Wanderung des Kupferkieses aus der Zinkblende. Denn je größer das Rekristallisat-Gefüge, je größer die einzelnen Zinkblendekörner, je geringer die Menge des Pyrits und je größer die des Magnetkieses, desto weniger Kupferkieskörner finden sich in der Blende, deren grobblättrige Ausbildung meist völlig frei von Kupferkies ist. Der Kupferkies erscheint hier dann auf Korngrenzen und in Form kleinerer oder größerer Körner selbstständig in dem Gefüge der anderen Erze.

Es handelt sich somit nicht um eine nachträgliche Einwanderung des Kupferkieses in die Blende, sondern um den entgegengesetzten Vorgang, denn mit dem zunehmenden Grad der Metamorphose wird die Blende an Kupferkies ärmer. Dieser wandert an die Korngrenzen und bildet dort selbstständige Körner, die den Eindruck erwecken, der WEINSCHENK (1901, S. 363) veranlaßte, den Kupferkies als letzte Ausfüllung zwischen den anderen Erzen zu bezeichnen.

Eine deutliche Entmischungsstruktur ist von Magnetit in Kreittonit häufig zu beobachten (Fig. 7). Sie ist ein Beweis dafür, daß der Kreittonit so hohen Temperaturen ausgesetzt war, daß er eine erhöhte Löslichkeit für Magnetit hatte, die beim Sinken der Temperatur zur Entmischung führte.

Da die Bildungstemperatur der primären Erze, wie unter Markasit (S. 28) bewiesen, tief lag, muß die hohe Temperatur sich nachträglich örtlich auf das Lager ausgewirkt haben. Spinell ist hier immer an die Nähe der granitischen Feldspatinjektionen gebunden. Er umgibt den grünen Feldspat im Erz und überall wo Feldspäte und Erz zusammen vorkommen, fehlt die Zinkblende fast völlig und an ihre Stelle tritt der Zinkspinell. Überall wo das primäre Erz wenig oder keine Zinkblende enthält, wo ferner Feldspat ohne Erz ist und wo granitische Injektionen

fern vom Erz auftreten, fehlt der Kreittonit, der also kein Bestandteil der Gesteine ist. Aus diesen wechselseitigen Beziehungen zwischen Kreittonit und den Injektionen geht hervor, daß die Erze vor den Injektionen vorhanden waren und der Spinell als Kontaktbildung zu erklären ist. Die hohen Temperaturen gingen vom benachbarten Granitmagma aus. Der Zink- und Eisengehalt stammt aus der eisenreichen Zinkblende des Lagers, der Aluminiumgehalt aus den Feldspäten. Es handelt sich also lokal um eine „metasomatische Kontaktbildung“ im Sinne V. M. GOLDSCHMIDT's (1922).

Die Ansicht, der Kreittonit habe sich auf pneumatolytischem Wege gebildet, indem Erzlösungen auf das Gestein wirkten, ist demnach nicht anzunehmen, da sonst Spinell nicht an den jüngeren grünen Feldspat gebunden wäre, sondern auch an die anderen Al-haltigen Gesteinslagen.

Gediegen Silber ist selten in kleinen Körnern, Locken und vereinzelt auf Korngrenzen anderer Erzkörper zu finden. Häufiger und leicht damit zu verwechseln ist gediegen Wismut, das fast ausschließlich in Kupferkies und zwar sowohl in den der Zinkblende eingelagerten kleinen Kupferkiestropfen, als auch in reicheren Kupferkiespartien auftritt. In Zinkblende und Pyrit ist uns der Nachweis von Silber und Wismut nicht gelungen, auch nicht in Bleiglanz. Dagegen ist in Magnetkies gediegen Silber vereinzelt in Form kleiner Locken anzutreffen (Fig. 9). Die Bedeutung des Silbers und Wismuts für die Lagerstätte ist gering und ihre wirtschaftliche Auswertung nicht möglich.

Ilmenit wurde in wenigen Schliffen festgestellt. Er ist eine Bildung in der Folge der Pegmatite und für die genetische Deutung des Lagers ohne Belang.

In kleinen Körnern war in Kupferkies häufig ein Mineral zu finden, dessen optische Eigenschaften denen des von SCHNEIDERHÖHN-RAMDOHR 1931, S. 127 beschriebenen „unbekannten Nickelerzes“ entsprachen. Es handelt sich dabei, wie uns in einer persönlichen Aussprache Herr Professor RAMDOHR mitteilte, um das Mineral Vallerit ($\text{Cu}_2\text{Fe}_4\text{S}_7$ oder $\text{Cu}_3\text{Fe}_4\text{S}_7$). Genetische Rückschlüsse lassen sich aus seinem Auftreten nicht ziehen. (Vgl. RAMDOHR-ÖDMANN 1932, S. 89-98.)

Markasit wurde bereits in dem Abschnitt über Magnetkies als Neubildung erwähnt. Er tritt häufig zusammen mit Pyrit in der Form der bekannten „bird's eye“-Struktur auf, sowie in konzentrischen Aggregaten, wie die Figuren 15 und 16 zeigen. (Vgl. auch SCHNEIDERHÖHN-RAMDOHR 1931, S. 140, Abb. 64.)

Markasit wurde aber auch in primärem Pyrit gefunden, wie aus den Figuren 17 und 18 sowie aus der Abbildung 8 ersichtlich ist.

In einem Stück, das wir selbst im Johannes-Stollen entnahmen, befinden sich, umgeben von Quarz, mehrere Pyritkörper mit den typischen Formen des primären Pyrits. Das Stück, aus dem wir den Schliff nahmen, war völlig frisch aus dem Erzkörper geschlagen und zeigte keinerlei

Spuren von Neubildungen. Die Stelle liegt fern vom Granit und zeigt wenig granitische Feldspatinjektionen.

Auch unter dem Mikroskop zeigt der Pyrit die Form und das Verhalten des primären Pyrits. Es ist etwas porös und daher schwer zu polieren. In einem dieser Pyritkörner befindet sich nun Markasit und zwar in drei großen rechteckig scharf abgegrenzten und einem kleineren verzahnten Korn. Auf der Figur 18 sind zwei der großen (Nr. 2 und 3, siehe Abb. 7) und das kleine Korn (Nr. 4) bei gekreuzten Nicols aufgenommen. Da das andere große Korn (Nr. 1) gerade in Dunkelstellung steht, hebt es sich gegen den Pyrit nicht ab.

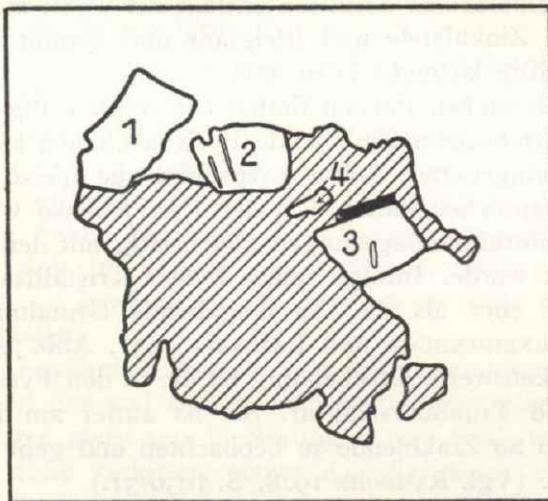


Abb. 7
Pyritkorn in Gangart (Quarz), Skizze zu Fig. 18, Taf. 5.
Pyrit schraffiert, Markasit beziffert.

Die obenstehende Abb. 7 ist nach der photographischen Aufnahme von Figur 18 gezeichnet. Die einzelnen Markasitkörner sind numeriert. Sie zeigen völlig scharfe Umgrenzung und keinerlei Strukturen, wie sie der oben beschriebene sekundär gebildete Markasit aufweist. Sie geben ein Bild, das im einzelnen dem von RAMDOHR und SCHNEIDERHÖHN (1931, S. 171) und RAMDOHR (1928, Tafel XXVI, 1) gezeigten entspricht. — Korn 3 zeigt außerdem am oberen Rande Zwillingsbildung.

Alle Beobachtungen an dem Pyritkorn und dem Markasit weisen darauf hin, daß es sich einwandfrei um einen gleichzeitig mit dem Pyrit primär gebildeten Markasit handelt, der den Beweis für die Entstehung der Lager bei tiefen Temperaturen liefert. Er zeigt ferner, daß das Lager nicht an allen Stellen so hohen Temperaturen ausgesetzt war, daß der Markasit sich in den stabilen Pyrit umwandelte. (Vgl. RAMDOHR 1931, S. 67 unten.)

Neubildungen von Pyrit, die von Spaltrissen im Magnetkies ausgehen, sind sehr häufig (Fig. 16). Von Interesse für die Deutung der Lagerstätte ist aber nur der Pyrit, der als primäres Erz zu erkennen ist.

Pyrit tritt auf in Knollen und Körnern verschiedener Größe, meist sehr spröde und durchsetzt mit SchrumpfungsrisSEN und Sprüngen (Fig. 14). (Vgl. RAMDOHR 1928, Tafel XXVIII, Bild 6.) Daneben finden sich häufig idiomorphe Formen; Pyrit ist mit Magnetit das einzige Mineral, das gelegentlich auch deutlich als Idioblast (Fig. 10) auftritt.

Ätzungsversuche an den verschiedenen Pyriten ergaben keinerlei Strukturen, die auf ihre Entstehung hinwiesen. Das Verhalten anderen Erzen gegenüber ist ziemlich gleichmäßig. Sowohl in magnetkiesreichen als auch magnetkiesarmen Schliffen enthält der Pyrit meist Einschlüsse von Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz und kommt in idiomorpher, sowie unregelmäßig körniger Form vor.

In zinkblendereichen Partien finden wir oft in völlig mit Kupferkies und Bleiglanz durchsetzter Zinkblende Pyrit in kleinen Knollen, Körnern und Kristallen eingebettet. Diese Erzproben, die meist magnetkiesarm oder -frei sind, sprechen dafür, daß der Pyrit ebenso wie die oben beschriebenen Kupferkieseinlagerungen gleichzeitig mit den anderen Erzen als Gel gebildet wurde. Infolge seines hohen Kristallisationsvermögens kristallisierte er eher als die ihn umgebende Grundmasse der Zinkblende aus. (SCHNEIDERHÖHN und RAMDOHR 1931, Abb. 74, S. 166.)

Eine bemerkenswerte Erscheinung ist die in den Pyriten auftretende Kataklyse und Trümmerstruktur. Sie ist außer am Pyrit nur ganz selten auch noch an Zinkblende zu beobachten und geht in die anderen Erze nicht über. (Vgl. RAMDOHR 1928, S. 1030/31.)

Die Risse und Sprünge werden von den anderen sulfidischen Erzen ausgefüllt und verkittet (Fig. 12). Es kommen dabei auch Erscheinungen vor, die wie Verdrängungen aussehen. Es sind dies aber wohl keine Verdrängungen, sondern nur Ausfüllungen der Sprünge, so daß die Pyrite nach der Entfernung der ausfüllenden Erze wieder völlig zusammengesetzt werden könnten.

Während so im Pyrit die Spuren der tektonischen Beanspruchung noch erhalten sind, sind die anderen Erze infolge ihrer Plastizität in dessen Risse und Sprünge geknetet und gepreßt. Sie zeigen oft typisches Rekristallisationsgefüge und keine weiteren Spuren der Beanspruchung mehr.

3. Begleitmineralien.

Außer an Pyrit treten diese Spalt- und Rißfüllungen mit den plastischen Sulfiden auch an Quarz auf, der ebenso wie der Pyrit zuweilen Trümmerstruktur als Zeichen starker Beanspruchung zeigt. Eine andere typische Erscheinung an den Quarzkörnern ist die, daß sie gegen Magnetkies meist einen schmalen Rand von Pyrit zeigen, der alle Unebenheiten des Quarzes ausfüllt.

Dieser feine Pyritrand ist als primärer Pyritrest anzusprechen, ebenso wie viele im Magnetkies eingelagerte kleine Pyritkörnchen. Bekannt ist ja von Lam (MIELEITNER 1920, S. 37) die Tatsache, daß die Quarzkörnchen immer dicht von Pyrit umgeben sind. Wahrscheinlich hat man in den feinen Pyriträndern der Quarzkörnchen in Bodenmais einen Rest dieser Erscheinung zu erblicken.

Die außer Quarz vorhandenen Silikate zeigen wie dieser die Auswirkungen der tektonischen und thermischen Beanspruchungen, sei es in sekundär vererzten Sprüngen oder starken Verbiegungen (Fig. 19 und 20). Auf Fig. 19 ist deutlich zu erkennen, wie ein verbogener idiomorpher Biotit im Magnetkies liegt und scharf gegen ihn abgrenzt, ohne jede Spur von Verdrängungerscheinungen, ein Bild, das sich im An- und Dünnschliff oft beobachten läßt.

Große Feldspatkristalle sind manchmal mit einem Saum von Spinell umgeben, der oft Magnetit-Einschlüsse (vgl. S. 27) zeigt. Die Feldspäte sind auch auf Spaltrissen zuweilen vererzt, doch sind idiomorphe Ausbildungen der Erze, abgesehen von Pyrit, auch in ihnen nicht festzustellen. Am häufigsten finden sich die Erzeinlagerungen auf der Grenze größerer Feldspatkristalle. Nur Bleiglanz macht darin eine Ausnahme, da er sich im Innern der Feldspatkristalle häufiger eingeschlossen findet. Je beweglicher die Erze, desto mehr durchdringen sie die Begleitminerale.

Außer der erwähnten Spinell- und Magnetitbildung sind Kontaktneubildungen von Erz und silikatischen Begleitmineralien nicht bekannt. Während die Erze meist nur in Sprüngen und Spaltrissen der Silikate auftreten, und diese verkitten, setzen die Silikate zuweilen auch in kleinen Gängen und Schnüren durch das Erz, wobei sie vor Pyritkörnern in der Regel absetzen oder sich um sie herumlegen. Es handelt sich bei diesen Erscheinungen sicherlich um ein nachträgliches Eindringen der Silikate ins ältere Erz.

4. Lochbildung im Erz.

Unsere mikroskopischen Untersuchungen befaßten sich auch mit dem örtlichen Auftreten löcheriger Erze, das WEINSCHENK (1901, S. 366 und 1914, S. 33) als Beweis für ihre magmatische Bildung (Schlackenbildung) anführt. Doch ist auch dieser Beweisgrund WEINSCHENK's leicht zu widerlegen. Denn ein Teil der in den Erzen auftretenden Löcher ist auf das Herausbrechen der zahlreich eingestreuten Quarzkörner zurückzuführen, ein anderer auf den Zerfall kleiner Partien dichten feinkörnigen Gesteins, das in den Erzen manchmal zu finden ist.

Außer diesen rein mechanisch begründeten Lochbildungen spielt der chemische Zerfall der Erze, vor allem die Umsetzung des Magnetkieses in Markasit-Pyrit (Fig. 15), eine Rolle, wie GÜMBEL schon angenommen hat. An vielen Löchern ist das mikroskopisch einwandfrei nachzuweisen.

Sie zeigen dann manchmal kleine neugebildete Pyritkristalle an den Wandungen, daneben ebenfalls als Neubildungen Eisenoxydhydrat als braunes Pulver. Ob dieses Pulver dasselbe ist, was MIELEITNER von Lam mit „kolloidalem Eisenoxyd“ bezeichnet (1920, S. 37), ist nicht festzustellen, aber wahrscheinlich.

Die letzte Art der Lochbildung ist eine rein blasig-schlackige, die den Anschein von Gaseinschlüssen im geschmolzenen Erz macht. Sie ist, ebenso wie die grobblättrige Ausbildung der Erze und die Entstehung des Spinells, eine Folge der starken Metamorphose, vor allem der thermischen Einwirkung des granitischen Magmas und seiner Injektionen, die das nur örtlich auftretende, pseudomagmatische Aussehen der Erze bedingten. Diese schlackig-löchrigen Anteile sind auf magnetkiesreiche Zonen stärkster Metamorphose beschränkt, also sekundären Ursprungs und dürfen nicht, wie WEINSCHENK es tat, zur Entscheidung der primären Entstehungsfrage der Erze herangezogen werden.

5. Die Kieslager vom Rothen Koth, von Unterried und von der Schmelz bei Lam.

Zum Vergleich mit den anderen Kieslagern des Bayerischen Waldes wurden auch Erzproben vom Rothen Koth, von Unterried und von der Johannes-Zeche in der Schmelz bei Lam erzmikroskopisch untersucht. Es ergab sich dabei ein völlig einheitliches Bild für alle Lager des Arber-Zuges. Nur die Zinkblende nimmt mit der weiteren Entfernung vom Silber-Berg ab und ist in keinem Erz so häufig wie in dem von Bodenmais.

In Lam ist Pyrit das Hauptterz. Nur in der reichen Zone über dem Rudolf-Stollen ist Magnetkies und mit ihm grüner Feldspat und Kordierit stark angereichert. Der Magnetkies zeigt dieselben Strukturen wie im Silber-Berg.

Pyrit ist ebenso wie in Bodenmais körnig und idiomorph neben Zinkblende und den anderen Sulfiden in die Erzbänder eingelagert. Er zeigt viel Schrumpfungsrisse, Katalase und Einschlüsse der anderen Sulfide.

Kupferkies und Bleiglanz treten als wolkige Einlagerungen in Zinkblende und selbständig auf. Magnetit kommt untergeordnet, ged. Wismut und Valleriit selten vor.

Die Erze von Lam zeigen im großen und ganzen dasselbe Bild wie die von Bodenmais. Sie haben weniger Erscheinungen der Metamorphose und daher weniger Magnetkies. Dafür ist Pyrit in großer Menge vorhanden.

Eine bereits von uns begonnene Arbeit wird diese kurzen vergleichenden Untersuchungen an den Erzen von Lam noch ausführlich ergänzen. Sie verfolgt vor allem den Zweck, in dem verhältnismäßig ungestörten

Glimmerschiefer alle primären und sekundären Strukturen und Erscheinungen an Erz- und Gesteinslagen zu untersuchen.

VII. Vergleich mit den Erzlagern von Meggen und vom Rammelsberg.

Vergleichen wir unsere Ergebnisse mit anderen Lagerstätten, so ergibt sich eine große Übereinstimmung mit dem Befund RAMDOHR's (1928) über die Lager von Meggen und vom Rammelsberg.

Von der Menge des Magnetkieses ist natürlich abzusehen, da die granitische Kontaktmetamorphose in Bodenmais einen höheren Grad erreichte, als die Metamorphosen in den beiden anderen Lagern.

Übereinstimmungen finden wir aber in dem Auftreten und den Strukturen des Pyrits, seiner Verwachsung mit den anderen Erzen, dem Auftreten primären Markasits, der Durchsetzung von Magnetit mit den Sulfiden nach Art der Siebstruktur, den Entmischungs- und Durchknetungerscheinungen und der Verwachsung Zinkblende-Kupferkies.

Natürlich sind die primären Strukturen gemischter Sulfid-Gele, wie sie der Rammelsberg zeigt, in Bodenmais nicht in der gleichen Menge zu finden, aber die Übereinstimmung der typisch primären Erscheinungen spricht für die gleiche Entstehung dieser Lagerstätten.

VIII. Zusammenfassung und Ergebnis.

Die in den Kordieritgneisen des Arber-Zuges auftretenden Kieslager vom Rothen Koth, vom Silber-Berg bei Bodenmais und von Unterried liegen in derselben Streichrichtung und gehören einem größeren, vermutlich zusammenhängenden Erzzug von 25 km Länge an.

Von diesen Erzvorkommnissen ist die Bodenmaiser Kieslagerstätte bei weitem die größte und durch planmäßig betriebenen Bergbau am besten aufgeschlossen. Das Bergwerk ist auch noch gegenwärtig geöffnet, während die andern Baue schon seit mehreren Jahren unzugänglich sind.

In den Kieslagern des Arber-Zuges treten, der Menge nach angeführt, folgende Erze auf:

Haupterze: Magnetkies und Pyrit.

Wesentlich: Zinkblende.

Untergeordnet: Kupferkies, Bleiglanz, Magnetit, sekundärer Markasit.

Selten: Primärer Markasit, gedieg. Wismut, Valleriit, gedieg. Silber, Zinnerz.

Vereinzelt und lokal: Ilmenit, Kupferglanz.

Im Silber-Berg bei Bodenmais ist das schichtige Erzlag in Streichrichtung stellenweise bis auf 600 m und in Fallrichtung auf 120 m aufgeschlossen. Seine Mächtigkeit schwankt und dürfte 6 m nicht übersteigen.

Das Erzlager ist konkordant in den hercynisch streichenden Gneisen eingelagert. Abweichungen sind nur lokal und dann durch spätere starke Störungen entstanden, die sich nach dem tektonischen Befund auf eine granitische Kontaktmetamorphose (karbonisch) und auf drei orogenetische Einwirkungen: auf die präkambrische, die varistische und die alpine Orogenese zurückführen lassen.

Eingehende erzmikroskopische Untersuchungen bestätigten diese tektonischen Ergebnisse und brachten im einzelnen folgenden Befund:

Gleiches Alter aller Erze, abgesehen von einigen typischen und leicht erkennbaren Umwandlungsprodukten.

Das Vorherrschen des primären Pyrits in weniger metamorphosierten Anteilen des Erzlagers, während der Magnetkies umso häufiger auftritt, je stärker sich die Metamorphosen ausgewirkt haben.

Nur selten hat sich primärer Markasit erhalten, dessen Vorhandensein niedrige Bildungstemperaturen der Erze beweist.

Die wolkigen Einlagerungen von Kupferkies in Zinkblende, die Verwachsung von Pyrit in Zinkblende und die Schrumpfungsrisse im Pyrit sind die Reste primärer Strukturen, die auf die Bildung der Erzlager in Form gemischter Sulfid-Gele hinweisen. Solche primären Strukturen sind, da sie durch die verschiedenen Metamorphosen in der Regel verwischt sind, nur selten zu beobachten.

Kataklase in Quarz und Pyrit, Verbiegungen der Begleitmineralien, Ausfüllung der Sprünge und Risse im Pyrit durch die plastischen Erze, Zwillingslamellen in Zinkblende, typisches Rekristallisationsgefüge von Zinkblende und Magnetkies sprechen für die nachträglichen tektonischen Beanspruchungen.

Die nur örtlich erfolgte Spinellbildung, die grobspäten Erzpartien in manchen Randzonen und die stellenweise vorkommenden Entmischungsstrukturen (S. 26) zeigen, daß die Erze nachträglich hohen Temperaturen ausgesetzt waren. Da die Spinellbildung nur in engster Verbindung mit den granitischen Feldspatinjektionen auftritt, muß man die hohen Temperaturen auf den Kontakt mit dem karbonischen Granitmagma zurückführen.

Faßt man die allgemein geologischen und die leittektonischen Beobachtungen mit dem erzmikroskopischen Befund zusammen, so ergibt sich folgender Überblick zur Bildungsgeschichte der Bodenmaiser Kieslagerstätte:

Die Bodenmaiser Kiese entstanden syngenetisch mit algonkischen tonigen Sedimenten aus gemischten Sulfid-Gelen mit Pyrit als Hauptterz.

Während der präkambrischen Orogenese wurden die Ton-schiefer zu Glimmerschiefern (E. WEINSCHENK und G. FISCHER) umgewandelt und zusammen mit dem Erzlager aufgerichtet.

Besonders stark wurde das Bodenmaiser Erzlager von der varisti-

schen Orogenese und vor allem durch den Kontakt mit dem benachbarten karbonischen Granitmagma erfaßt. Außer zahlreichen Klüften im Erz und Nebengestein traten im Gefolge dieser tektonischen Beanspruchungen Verwerfungen, Brüche und sehr wahrscheinlich auch Überschiebungen und Spezialfaltungen auf.

Durch Granitkontakt wurden die Glimmerschiefer aplitisch injiziert und zu den Kordierit-Hornfelsen (E. WEINSCHENK 1901 und G. FISCHER 1929) umgewandelt.

Die vom Granitmagma ausgehenden Feldspatinjektionen drangen vorzugsweise konkordant in die Grenzonen des Erzlagers hinein. Nur an wenigen Stellen setzten sie unregelmäßig durch das Erzlager. Örtlich kam es dabei zu einer Aufschmelzung der Erze bis zur Bildung „pseudomagmatischer“ Erscheinungen (S. 15 und 32), die von E. WEINSCHENK irrtümlicherweise als primär gedeutet wurden.

Während der alpinen Orogenese wurde das Erzlager und das Nebengestein nur von tektonischen Einwirkungen unter Bildung zahlreicher Klüfte und einiger großer Ruschelzonen beansprucht.

München: Ende Februar 1933.

Mineralogisch-geologisches Institut der Technischen Hochschule.

Anmerkung: Zu großem Dank sind wir den Herren des Bergamtes Bodenmais verpflichtet, die uns mit ihren reichen Erfahrungen in freundlichster Weise unterstützten, so Herrn Bergrat VON HORSTIG, Herrn Obereinfahrer RASP, der uns als Führer im Bergwerk bereitwilligst seine Zeit und Kenntnisse zur Verfügung stellte, und Herrn Obersteiger KLEE.

Schriftquellen.

- BECK R.: Die Lehre von den Erzlagerstätten, II. Bd., S. 84—87, Berlin 1909.
- BECK R. & BERG G.: Abriß der Lehre von den Erzlagerstätten, S. 78—79, Berlin 1922.
- BERG G.: Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe, Leipzig 1929.
- Gesetzmäßigkeiten im natürlichen Vorkommen der Metalle. — Metallwirtschaft, S. 1—7, Berlin 1930.
- BERGEAT A. & STELZNER A.: Die Erzlagerstätten, II. Bd., S. 967—971, Leipzig 1905/06.
- BEYSCHLAG F., KRUSCH P., VOGT J. H. L.: Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine, I. Bd., S. 365—367, Stuttgart 1914.
- EHRENBURG H.: Das Auftreten und die Eigenschaften ehemaliger FeS_2 -Gele. — N. J. f. Min. usw., Bl.-Bd. 57, Abt. A, S. 1303—1320, Stuttgart 1928.
- FISCHER G.: Die Gabbro-Amphibolitmasse von Neukirchen a. Hl. Blut und ihr Rahmen. — N. J. f. Min. usw., Bl.-Bd. 60, Abt. A, S. 251—362, Stuttgart 1929.
- Statistische Darstellungsmethoden in der tektonischen Forschung. — Sitz.-Ber. Pr. Geol. L.-A., H. 5, Berlin 1930.
- FREBOLD G.: Versuch einer genetischen Deutung der Kieslagerstätten von Lam usw. — C. f. Min. usw., Abt. A., S. 143—150, Stuttgart 1929.
- GOLDSCHMIDT V. M.: Über die metasomatischen Prozesse an Silikatgesteinen. — Die Naturwissenschaften, S. 145—152, Berlin 1922.
- GÜMBEL C. W.: Geognostische Beschreibung des Ostbayrischen Grenzgebirges, Gotha 1868.

- HEGEMANN FR.: Leittektonik. — C. f. Min. usw., Abt. A., S. 154—166, Stuttgart 1932.
- HEGEMANN FR. & STEINMETZ H.: Über die Thermolumineszenz der Mineralien in ihrer mineralogenetischen Bedeutung. — C. f. Min. usw., S. 24—38, Stuttgart 1933.
- KRUSCH P.: Über primäre und sekundäre metasomatische Prozesse auf Erzlagerstätten. — Z. f. prakt. Geologie, S. 165, Berlin 1910.
- LEHMANN J.: Die Entstehung der altkristallinen Schiefergesteine, Bonn 1884.
- MIELEITNER K.: Die Kieslagerstätte bei Lam im Bayerischen Wald. — Geogn. Jh., 33, S. 33—46, München 1920.
- RAMDOHR P.: Über den Mineralbestand und die Strukturen der Erze des Rammelsberges. — N. J. f. Min. usw., Bl.-Bd. 57, Abt. A., S. 1013—1068, Stuttgart 1928.
- Neue Beobachtungen über die Verwendbarkeit opaker Erze als „geologischer Thermometer“. — Z. f. prakt. Geol. 39, H. 5, S. 65—80, Berlin 1931.
- RAMDOHR P. & ÖDMANN O.: Valleriit. — Geolog. föreningens Förhandlingar. Jan.-Febr. 1932, S. 89—98, Stockholm 1932.
- RÜGER L.: Einige Bemerkungen zur Darstellung tektonischer Elemente, insbesondere von Klüften und Harnischen. — Sitz.-Ber. d. Heidelberger Ak. d. Wiss., Math.-natur. Kl., Heidelberg 1928.
- SANDER B.: Gefügekunde der Gesteine, Wien 1930.
- SCHNEIDERHÖHN H.: Topomineralogische Reaktionslagerstätten, eine neue Gruppe von Erz- und Minerallagerstätten. — Metallwirtschaft, II, H. 4, S. 47—50, Berlin 1932.
- SCHNEIDERHÖHN H. & RAMDOHR P.: Lehrbuch der Erzmikroskopie, Bd. II, Berlin 1931.
- WEINSCHENK E.: Die Kieslagerstätte im Silberberg bei Bodenmais. — Abh. bayer. Ak. d. Wiss., II. Cl., 21, II. Abt., München 1901.
- Bodenmais—Passau, Petrographische Exkursionen im Bayerischen Wald, München 1914.
- WURM A.: Das Fichtelgebirger Algonkium und seine Beziehungen zum Algonkium Mitteleuropas. — Abh. d. Geol. Landesuntersuchung am Bayer. Oberbergamt, 6, München 1932.

Tafelerklärungen.

1. Magnetkies	× 80	Nicols gekreuzt
Das Gefüge ist durch die Anisotropie-Effekte gut zu erkennen.		
2. Zinkblende (grau) mit Zwillingslammellen; Magnetkies (weiß).	× 120	
3. Zinkblende (dunkelgrau) mit Magnetkies (hellgrau) und Kupferkies (weiß). Typisches Gefüge.	× 48	
4. wie 3.	× 80	
5. und 6. Kupferkieskörner geregt in Zinkblende eingelagert. Pyrit (weiß) mit starkem Relief.	× 80	
7. Magnetitkörnchen (weiß) entmischt in Kreittonit (grau).	× 120	
8. Bleiglanz (weiß) neben Magnetit und Zinkblende. In der Zinkblende kleine Kupferkieskörner.	× 60	
9. Ged. Silber in kleinen Locken und Körnern (weiß) in Magnetkies (grau) und Kupferkies (hellgrau) neben Gangart (schwarz).	× 80	
10. Magnetkies (hellgrau) mit starkem Relief gegen Kupferkies (weiß), darin Zinkblende (dunkelgrau). Pyrit, weißes idiomorphes Korn mit starkem Relief. Gangart schwarz.	× 60	
11. Magnetit (grau) neben Magnetkies (weiß) und Gangart (dunkelgrau).	× 80	
12. Pyrit (weiß). Die Sprünge sind durch Magnetkies (hellgrau) verkittet.	× 120	
13. Pyritrand zwischen Magnetkies (grau) und Quarz (schwarz).	× 120	
14. Poröser Pyritknollen mit SchrumpfungsrisSEN.	× 80	
15. „Bird's eye structur“.	× 110	
16. Pyrit-Neubildung von einem Riß im Magnetkies aus. Zwischen Pyrit und Magnetkies konzentrisches Aggregat von Markasit-Pyrit.	× 100	
17. Pyritkorn in Gangart (Quarz).	× 100	
18. Dasselbe. Nicols gekreuzt. Man sieht, daß das Korn zum Teil aus Markasit besteht. (Vergl. Abb. 7.)	× 100	
19. Muskovit, verbogen im Magnetkies (weiß).	× 80	
20. Quarzkörner (dunkel) in Magnetkies.	× 80	

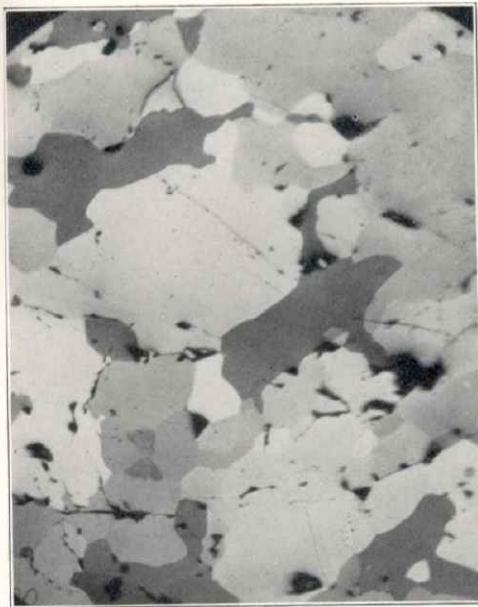


Fig. 1

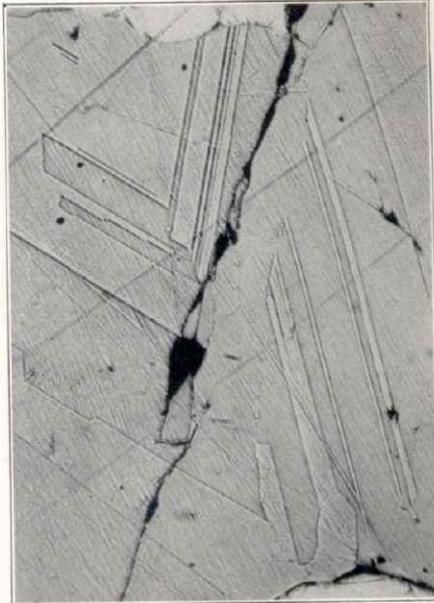


Fig. 2

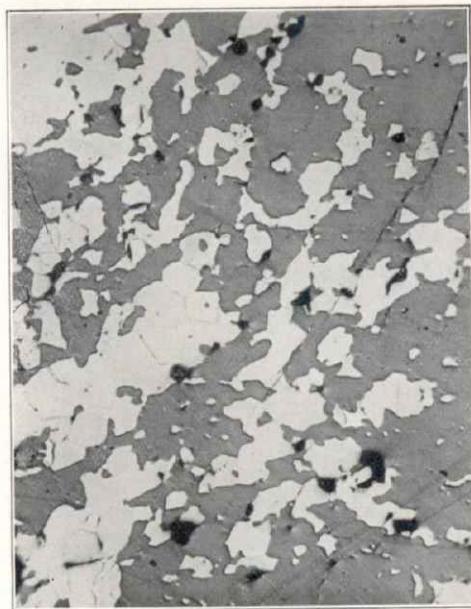


Fig. 3

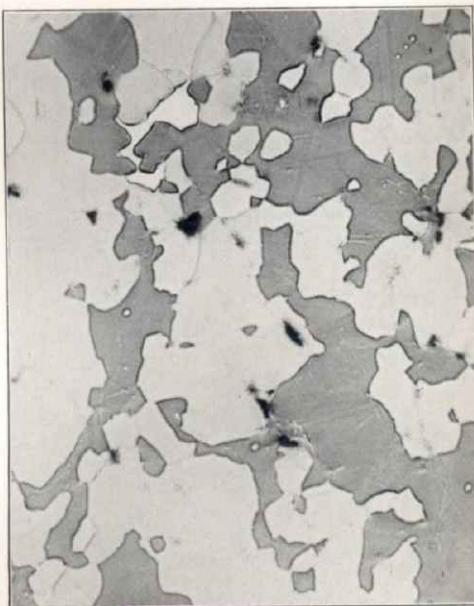


Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7

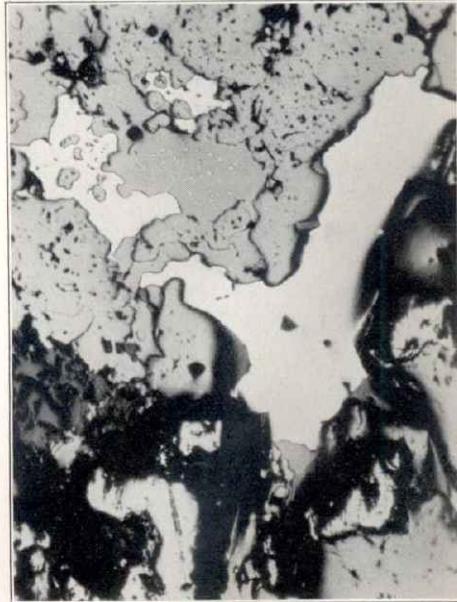


Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11



Fig. 12

F. Hegemann und A. Maucher,
Die Bildungsgeschichte der Kieslagerstätte im Silber-Berg bei Bodenmais.

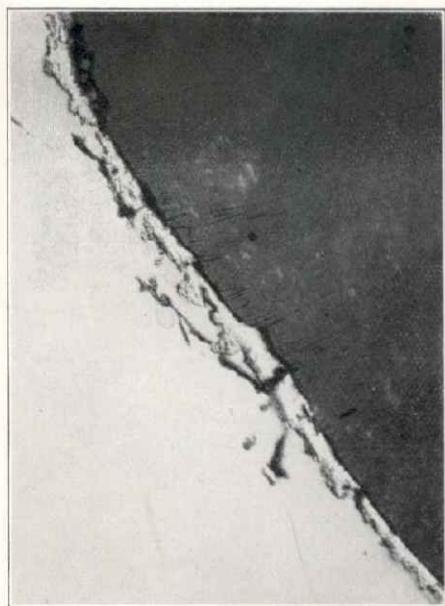


Fig. 13



Fig. 14

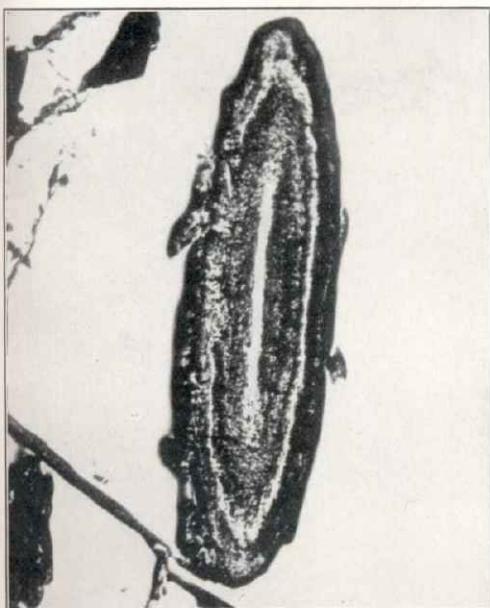


Fig. 15



Fig. 16

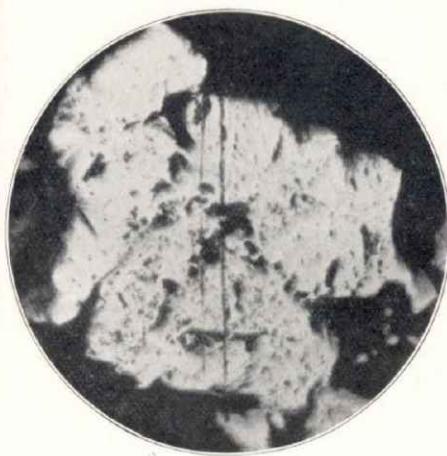


Fig. 17



Fig. 18



Fig. 19



Fig. 20