

Die Blei-Zinkerzlagertätte der Savefalten vom Typus Litija (Littai)

Von Hofrat Dr. A. Tornquist, Professor a. d. technischen Hochschule Graz

Mit 1 Kartenskizze, 4 Ortsbildern, 1 Profil, 2 Lagerungspläne, 3 Erzstufenbildern und 6 Mikrophotographien

Inhalt

1. Einleitung. 2. Ältere Literatur über den Bergbau und die Erzlagertätte in der weiten Umgebung von Litija. 3. Der geologische Bau des Karbonzuges von Litija: Die Limonitlagertätte von Desčen; Die Limonitlagertätte von Preska. 4. Die Verbreitung und die geologische Position der Blei-Zinkerzlagertätte: a) Die Erzlager im Sitarjevc-Berg bei Litija; b) Die Erzlager nördlich der Save zwischen Lase—Hotič—Passiek; c) Die Erzlagertätte von Knapovče im Lučnicatal, westlich Medvode; d) Die Erzlagertätte „Reka“ am Südrande des Dolgo brdo; e) Der Vergleich der vorbeschriebenen Erzaufschlüsse. 5. Die Genesis der Lagerstätte von Litija: a) Die Erzkörperform; b) Die Paragenese der Lagerstätte auf Grund mikroskopischer Untersuchung; c) Der Bildungsvorgang und das Alter der Erzlagertätte. 6. Die Genesis der Lagerstätte im nördlichen Lagerstättenzug: Erklärung der Verschiedenheit beider Erzlagertätigkeiten aus Temperaturgefäll und Stockwerkbau; Das genetische Verhältnis zur Hg-Lagerstätte von Idria. 7. Vergleich der Blei-Zinkerzlagertätte der Savefalten mit bekannten Blei-Zinkerzlagertätten der Ostalpen. 8. Anhang: Die Roteisensteinlagertätte von Litija.

1. Einleitung

In dem Zuge der oberkarbonischen Sandsteine, welche beiderseits der Save östlich Ljubljana (Laibach) verläuft, ist der uralte, vor zwei Jahren wieder aufgenommene Bleibergbau von Litija (Littai) im Sitarjevc-Berg gelegen. Die Ausbildung der Blei-Zinkerzlager, welche hier im Abbau stehen, kann als Typus der Vererzung angesehen werden, welche im gesamten Zuge der oberkarbonischen Sandsteine östlich und westlich Ljubljana über eine streichende Ausdehnung von über 80 km in verwandter Mineralführung und gleicher Paragenese verfolgt werden kann. Es handelt sich um eine und dieselbe Erzlagertätte gleichen Alters, aber in variierender Erscheinungsform. In der Tat liegt auch in dieser Sandsteinzone ein bedeutsamer Erzzug gleich jenem vor, welcher weiter nördlich von ihr in den Gailtaler Alpen und im nördlichen Karawankenzuge vom Typus Bleiberg-Kreuth in Kärnten auftritt. Insbesondere im Sitarjevc bei Litija wird eine Erzkonzentration erreicht, welche zu den allerreichsten im gesamten Gebiete der Ostalpen im weiteren Sinne gehört.

Während aber die Blei-Zinkerzlagertätte der Gailtaler Alpen und der Nordkarawanken in einer alpinen Zone, welche tektonisch den Zentralalpen zugerechnet werden muß, gelegen ist, befindet sich

die Blei-Zinkerzlagertätte vom Typus Litija weit südlich der Südalpen (der Julischen Alpen). Sie befindet sich in den sogenannten „Savefalten“, einem Gebirgsstücke, welches zwischen den Zügen der Südalpen im Norden und den dinarischen Zügen im Südwesten und Süden eingeschaltet ist. Daß die Charaktere der Blei-Zinkerzlagertätte von Litija in den Savefalten sehr wesentlich von jenen der Blei-Zinkerzlagertätte vom Typus Bleiberg-Kreuth¹⁾ abweichen, kann bei der sehr verschiedenen geologischen Position beider nicht wundernehmen. Die geologische Auswertung der Ergebnisse der nachfolgenden Untersuchung konnte aber dadurch noch erweitert werden, daß auch ein Vergleich mit der im Grazer paläozoischen Gebirge²⁾ vorhandenen Blei-Zinkvererzung vorgenommen werden konnte. Die nachfolgende Untersuchung stellt demnach eine, wie ich glaube, wichtige Erweiterung unserer Kenntnisse der Blei-Zinkvererzung in den Ostalpen im weiteren Sinn überhaupt dar.

Die Untersuchung der Blei-Zinkerzlagertätte der Savefalten konnte von mir im Laufe der Jahre 1927 und 1928 im Detail vorgenommen werden, da ich an der Entwicklung der von bestem Erfolge begleiteten neuen Erzaufschlußarbeiten in Litija und ferner bei umfangreichen Schurf- und Aufschlußarbeiten in der weiteren Umgebung von Litija als Experte Anteil hatte. So sind mir eine große Anzahl von Aufschlüssen in den Erzzenen bekannt geworden, und ich war in der Lage, für die nachfolgende Untersuchung besonders geeignete Erzstufen zu sammeln, deren mikroskopische Untersuchung die Klärung der Genesis der Lagerstätte erlaubte. Im Jahre 1922 hatte ich ferner bereits die Aufschlüsse des zirka 38 km westlich Litija gelegenen Blei-Zinkerzbergbaues von Knapovče im oberen Lučnicatal südwestlich Medvode (Zwischenwässer), nordwestlich Ljubljana (vgl. die Karte) untersucht. Die von mir östlich und westlich Litijas untersuchten Erzaufschlüsse verteilen sich auf eine Erstreckung von beiläufig 18 km im Streichen. Auch mit diesem Gebiet ist aber nur ein Teil des gesamten Blei-Zinkerzuges der Savefalten erfaßt, denn dieser Zug reicht besonders nach Osten weit über das Untersuchungsgebiet hinaus; er ist östlich Zidanimost (Steinbrück) bis Ledein und Petschje vor Sevnica (Lichtenwald) bekannt. Von Knapovče bis Sevnica

¹⁾ A. Tornquist, Die Blei-Zinkerzlagertätte von Bleiberg-Kreuth. Jul. Springer, Wien. 1927.

²⁾ A. Tornquist, Die Blei-Zinkerzlagertätte von Rabenstein im Murtales. Mitteilungen des naturw. Ver. f. Steiermark. 63. 1927.

Derselbe, Das System der Blei-Zinkerz-Pyrit-Vererzung im Grazer Gebirge. Sitzungsber. d. Akadem. d. Wissensch. Wien. 137. 1928.

beträgt seine streichende Erstreckung über 80 km. An die Möglichkeit, über diesen weiten Zug eine ununterbrochene Verfolgung der Erzzüge dieser

weite Strecken seiner streichenden Erstreckung von triadischen Gesteinen überdeckt und verhüllt.

Der einzige Bergbau im Untersuchungsgebiet ist der Bleibergbau der Rudarska Zdrúžba Litija (Gewerkschaft Littai). Derselbe hat in verschiedenen Zeiten der früheren Jahrhunderte immer wieder zu Zeiten starker Bleimetallnachfrage der nächst gelegenen Länder einen Aufschwung genommen und ist sodann zu Zeiten politischer und religiöser Wirren wieder zum Stillstande gekommen. Der den Sitarjevc-Berg umgebende Bergbau ist stets über der Talsohle durch Stollenbau betrieben worden. Seine Produktion ist im Mittelalter zeitweise eine nicht unbedeutende gewesen. In neuerer Zeit ist er vom Jahre 1873 bis 1895 in Betrieb gestanden, und sind die Erze in diesen Jahren durch eine Seilbahn zu einer Bleihütte nördlich der Save, oberhalb des Ortes Litija, gefördert und dort verhüttet worden. Die teilweise aber auch mit fremden Erzen beschickte Bleihütte produzierte nach Angaben des Bergrates Riedl

im Jahre 1882	1260 t Blei
" " 1883	1670 t "
" " 1884	1900 t "

Der heutige, im Jahre 1926 wieder begonnene Bergbau verarbeitet das durchschnittlich 10%ige Hauwerk in einer am Südhange des Sitarjevc-Berges gelegenen Verpochungs- und Aufbereitungsanlage, welcher neuerdings eine für die teilweise sehr feine Verteilung des Bleiglanzes im Hauwerk notwendige Flotationsanlage angeschlossen wurde. Die Grube produziert heute zirka 2500 t zirka 75%iges Erz per anno, welches nach auswärts abgesetzt wird. Die jährliche Förderung erzhältigen Hauwerks beträgt demnach zirka 18.000 t derzeit. In 1 t Bleierzschlich sind nur 20—25 g Ag enthalten.

2. Ältere Literatur über den Bergbau und die Erzlagerstätte in der weiteren Umgebung von Litija

Die ältesten mir bekannt gewordenen Angaben über den Blei-Zinkerzbergbau östlich Ljubljana befinden sich in der geographischen, geognostischen und wirtschaftlichen Beschreibung der Länder Krain, Kärnten und Unter-Steiermark von B. Hacquet aus dem Jahre 1784³⁾. Der Verfasser dieser heute noch überaus lehrreichen Beschreibung erwähnt mit großer Gewissenhaftigkeit alle Spuren älteren Bergbaues der weiteren Umgebung von Litija, ohne daß er sonderbarerweise den uralten Bergbau von Litija selbst gekannt hat. Dieser muß demnach in der letzten Hälfte des achzehnten Jahrhunderts vollständig in Vergessenheit geraten sein. In jener Zeit wurde auch an keiner anderen Stelle Bergbau betrieben, Hacquet konnte auf seiner Begehung des Gebietes an vielen Stellen lediglich alte Halden und teilweise noch offene Stollen, Spuren früheren Bergbaues, feststellen. Alte Abbaue fand er unmittelbar östlich Litijas bei Statenek, wo auch südlich dieses Schlosses

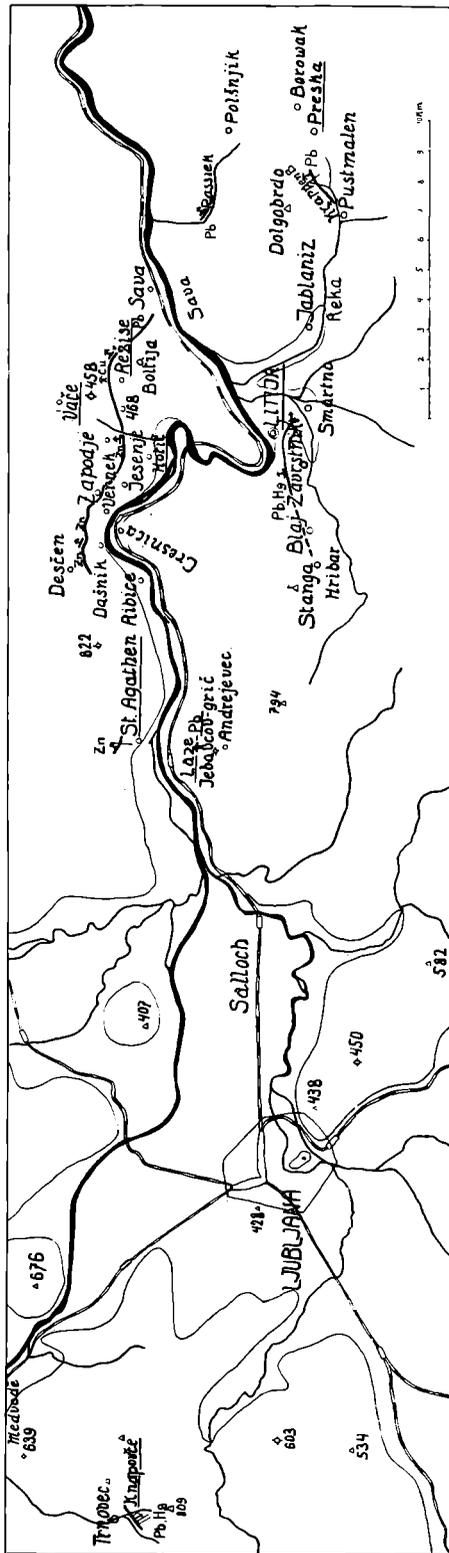


Abb. 1. Übersichtskarte des Blei-Zinkerz-Reviers der Savefalten, westlich und östlich Ljubljana (Laibach), mit eingezeichneten Ausbittlinien der Erzlager

Lagerstätte vorzunehmen, kann allerdings nicht gedacht werden. Der karbonische Sandstein, in welchem die Blei-Zinkerze allein auftreten, wird über

³⁾ Oryctographia Carniolica. Physikalische Beschreibung des Herzogtums Krain und Istrien. III. Teil. S. 154 ff. Leipzig 1784.

Reste alter Bleischmelzen bestanden. Reste eines größeren Bergbaues mittels sieben Stollen und eine Bleischmelze wurden von Hacquet ferner bei Malnik (weiter nördlich) am Gralish-Berg festgestellt. Von ihm werden ferner alte Baue im Pasikgraben und auf der Pianka gora, nördlich des im Nachfolgenden unter Bezeichnung „Reka“ beschriebenen derzeitigen Schachtbaues und unweit dieser Lokalität auf dem Hrib-Tehlin beschrieben.

Trotzdem Überlieferungen fehlen, muß aber der Bergbau in der weiteren Umgebung von Litija als ein sehr alter angesehen werden. Es kann kein Zweifel bestehen, daß alte römische Niederlassungen in diesem Gebiete mit dem seltenen Erzreichtum dieses Gebietes in Zusammenhang gebracht werden müssen. Vor allem gilt dieses von den alten Siedlungen von Vače (Watsch), nördlich der Save, wo vor Jahren reiche römische Bronzefunde gemacht wurden, welche mit den hier auftretenden Kupferkieslagern in Zusammenhang stehen dürften⁴). Die Schurfarbeiten, welche wir später beschreiben werden, haben gewaltige Erzabbau in diesen Erzen in jetzt neu aufgefundenen Stollenbauten erkennen lassen.

Über den Erzbergbau am Sitarjevc-Berg bei Litija, welcher weitaus der bedeutendste des Gesamtgebietes gewesen ist, liegen aus neuerer Zeit nur wenige Daten vor. Auch er dürfte von den Erzausbüßzonen ausgehend schon in sehr alter Zeit, sicher zur Römerzeit, bereits bestanden haben; eine besondere Blüte erreichte der Bleibergbau von Litija aber erst in der ersten Hälfte des sechzehnten Jahrhunderts, um, wie so viele ostalpine Bergbaue, durch die Vertreibung protestantischer Bergleute während des Religionskrieges im Jahre 1550 jäh zu verfallen. Erst im Jahre 1873 begann in Litija ein neuer Bergbau, auf Grund dessen die heute noch bestehende Gewerkschaft Littai (Rudarska Združba „Litija“) im Jahre 1878 begründet wurde. Bergrat Em. Riedl hat über die Erzaufschlüsse während dieser Betriebsperiode, welche bis zum Jahre 1895 gedauert hat, berichtet⁵). Es wird in der Folge wiederholt auf diese Beschreibung von Litija zurückzukommen sein. Sowohl die Auffassung über die geologischen Verhältnisse dieses Gebietes, als auch über die Lagerstättenform hat sich aber als revisionsbedürftig herausgestellt. Von bleibendem Werte sind aber die Beobachtungen Riedls über die bei Litija auftretenden Verwerfer und die farbigen Wiedergaben von Ortsbildern des Bergbaus. Über das Auftreten der Verwerfer hat im gleichen Jahre H. Höfer eine kurze Mitteilung gemacht⁶). Er hat darauf hingewiesen, daß diese Störungen die Lagerstätte stets gegen die Stollenachse orientiert, nach links verwerfen.

Bereits Riedl hat die im Litija-Bergbau auftretenden Mineralien aufgezählt, er nennt außer dem Bleiglanz und der Blende Kupferkies, Pyrit,

Zinnober und ged. Quecksilber, Cerussit, Hämatit, Siderit, Limonit, Malachit, Azurit, Bournonit, ferner Baryt und Aragonit. Kalzit und Dolomit sind ihm unbekannt geblieben, auch erwähnt er den Quarz der Lagerstätte nicht.

In diese Zeit fällt auch eine Studie von A. Brunlechner⁷) über die Erzlagerstätte von Litija und ein Versuch, ihre Entstehung zu klären. Hier wird die Lagerstätte zuerst zutreffend als Lager von nichtsymmetrischem Mineralaufbau beschrieben und die Niveaubeständigkeit zwischen Sandsteinbänken hervorgehoben. Brunlechner nennt die Lagerstätte ein „Ausscheidungsflöz“ und verbindet mit diesem die Vorstellung, daß das Flöz mit den Sandsteinbänken sedimentiert worden sei. Die Absätzigkeit (?) des Flözes soll der Absätzigkeit der in dem gleichen Schichtkomplex eingelagerten Anthrazitlinsen gleichen. Er leugnet einen Zusammenhang mit Gängen. Die Blei- und Kupfererze sollen aus kieseligem Maternalgestein, in welchem die Metalle als Silikate vorhanden gewesen sein mögen, durch Kohlensäure aufgelöst, dann am Orte ihrer ursprünglichen Sedimentation unter Mitwirkung von Lösungen schwefelsaurer Erden und Alkalien in Sulfate umgewandelt und schließlich durch Kohlenwasserstoffe aus der Liegendkohle als Sulfide zum endgültigen Absatze gekommen sein. Sodann trat Barium in die Lagerstätte. Deszendente Bariumbikarbonate und Alkalkarbonate sowie Sauerstoff oxydierten die vorgebildeten Metallsulfide in Sulfate, während sich auch Barium als Sulfat absetzte. Die vorhandenen, mit Erzen erfüllten Gangspalten sollen nach Brunlechner eine spätere Verlagerung der ursprünglich in den Erzflözen abgesetzten Minerale herstellen. Die Brunlechnersche Auffassung wurde auf Grund makroskopischer Beobachtungen gemacht, sie kann heute nicht mehr aufrecht erhalten werden. Das mikroskopische Bild zeigt eine große Anzahl von Feinstrukturen, welche eine völlig andere Bildung wie die von Brunlechner angenommene ergeben. Die gerade für die Lagerstätte von Litija im mikroskopischen Bilde besonders auffallende regelmäßige kristalline und idiomorph begrenzte Ausbildung des Bleiglanzes, teilweise in feinsten Verteilung, steht der Beobachtung Brunlechners, daß der Bleiglanz nie in Kristallen auftritt, diametral entgegen.

3. Der geologische Bau des Karbonzuges von Litija

Die zu untersuchende Lagerstätte befindet sich im nördlichen Teil der sogenannten „Littai Antiklinale“ innerhalb der jungen Savefalten. Sie ist einer alten Sedimentsfolge dieser Antiklinale, oberkarbonischen Sedimentgesteinen, eingeschaltet, ohne an irgend einer Stelle in die hangenden Triasschichten einzudringen.

Die karbonische Sedimentfolge besteht in dem Untersuchungsgebiet vorwiegend aus lichtgrauen, feinkörnigen Sandsteinen, welche ein spärliches,

⁷) Beiträge zur Charakteristik der Erzlagerstätte von Littai in Krain. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt Wien. S. 387f. 1885.

⁴) Man vergleiche auch die historischen Angaben bei Riedl 1886 (das folgende Zitat).

⁵) Littai. Osterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen, S. 333f. 1886.

⁶) Über Verwerfungen. Ebenda. S. 352.

toniges Bindemittel besitzen. Als Einlagerungen in diese feinkörnigen Sandsteine treten grobkörnige bis grandig-konglomeratische Quarzsandsteinbänke und in den verschiedensten Horizonten tiefschwarze Schiefertone und Tonschiefer auf. In bestimmten Niveaus, und zwar besonders in den südlichen vererzten Sandsteinbänken sind sehr feine, makroskopisch wahrnehmbare bis mikroskopisch nachweisbare, schwarze bitumenreiche Schieferzüge im Sandstein vorhanden. Beiläufig 100 m über dem Erzhorizont ist eine große Wechsellagerung von Sandstein und Tonschiefer (Sava-Stollen und in der westlichen Strecke des Hauptcinbaues im Bergbau von Litija) ausgebildet, in welcher vielfach lichte Sandsteinlinsen in Tonschiefer eingeschaltet sind. Weit im Liegenden ist ein mächtiger Schiefertone-Horizont (Zvrestnik-Stollen) ausgebildet. Im Hangenden der Erzlager des Sitarjevc ist über dem Almalager der hangendste Tonschieferhorizont nachzuweisen. Alle diese Sedimente entbehren jeder Metamorphose. Die liegenden mächtigen schwarzen Schiefertone sind im Zvrestnik-Stollen, westlich Litija, in stark durchfeuchtetem Zustande durchfahren worden und zeigten hier eine weiche, lettige Beschaffenheit samt den in ihnen eingeschalteten graublauen, feinsandigen tonigen Lagen. In dieser Beschaffenheit besaßen sie noch ganz das Aussehen jungtertiärer Sedimente. Riedl erwähnt in derartigen Sedimenten das Auftreten von Anthrazitlinsen und aus diesen Reste von Sigillarien und Kalamiten. In der älteren Literatur werden die Schiefertone als „Gailtaler Schiefer“ bezeichnet. Von dieser aus verschiedenen Gründen irreführenden Benennung hat aber bereits Kossmat⁸⁾ in seiner Beschreibung des Quecksilberbergbaues von Idria, welcher am Südrande der Littai Antiklinale gelegen ist, mit Recht Abstand genommen. Die Schichtenfolge von Litija gewährt jedenfalls das Bild einer ausgesprochenen Flachwasserablagerung.

In neuerer Zeit hat H. Küpper⁹⁾ versucht, unserer Schichtenfolge eine bestimmte Stellung in den alpinen Karbonsedimenten einzuräumen. Er betrachtet sie als oberkarbone Übergangsfazies zwischen der strandnahen Fazies der Auernigschichten und der strandfernen Fazies des oberkarbonen Anteils der Mauthener Schichten. Ihre Sedimentation würde sich demnach im Bereiche zwischen einer litoralen Zone und dem Schelfe des Oberkarbon-Meeres vollzogen haben. Diese Darlegung stößt wohl wegen des Auftretens von Anthrazitlinsen und pflanzlichen Einschlüssen bei Litija, ebenso wegen des Vorkommens recht grober Kieseinlagerungen, auf unüberwindliche Schwierigkeit. Die vorerwähnte mächtige Ablagerung von in Schiefertone eingelagerten isolierten Sandsteinlinsen ist alles andere als eine Ablagerung in unbewegtem, tiefem Wasser. Die karbonene Sedimentfolge der „Littai Antiklinale“ ist eine ufernahe Flachwasserablagerung. Ihr oberkarbones Alter hat schon Bittner im Jahre 1884

(Jahrb. d. geol. R. A., Bd. 34, S. 462) durch den Fund eines Kalamiten bei Trifail bestimmen können.

Nördlich der Save sind mehrere Schiefertonehorizonte inmitten der lichten Sandsteinbänke von weithin regelmäßigem, streichendem Verlaufe zu unterscheiden. Von Cresniča gegen Nord sind in guten Aufschlüssen deutlich vier voneinander getrennte Tonschieferzüge eingeschaltet, unter dem hangendsten und nördlichsten Tonschieferzuge befindet sich dort die Blei-Zinkerzlagerstätte. Im Hangenden von dieser hangendsten Schieferzone folgt eine zirka 500 m mächtige feinkörnige, lichte Sandsteinfolge, deren Korngröße mit dem Hangenden zunimmt und bei Desčen in einen sehr lose verbackenen groben Sand und Kies übergeht, in welchem dort ein zirka 1,5 m mächtiges manganhaltiges Brauneisensteinlager eingeschaltet ist. Die Mächtigkeit der nördlich von Cresniča befindlichen und von keiner Längsstörung durchzogenen Schichtenfolge kann auf zirka 1000 m geschätzt werden.

Die Breite des gesamten Zuges des aus karbonen Sedimenten aufgebauten Erzuges beträgt östlich Ljubljana im Durchschnitt 10 km, erreicht an einigen Stellen aber auch über 15 km. Den Nordrand dieses Zuges der Litija-Antiklinale bildet der Südrand der Triasüberlagerung, welche dem Südflügel der großen Sagor-Tüffer-Synklinale angehört. Teilweise Werfener, teilweise Stufen der mittleren Trias überlagern die vorbesprochenen karbonen Sedimente. Die Grenze beider ist eine vortriadische Kontinentalfläche (alt-permische) über dem Oberkarbon.

Auch inmitten der Litija-Antiklinale sind vielfach noch isolierte Erosionsreste von Trias über dem Karbon vorhanden und mindestens bis in die Gegend von Litija, das sind über 6 km vom Nordrand, muß das gesamte Karbongebirge ursprünglich von Trias überlagert gewesen sein. In Anbetracht dessen, daß aber Trias auch auf der Höhe des Dolgobrdo und am Südrand über dem Karbonzug erscheint, darf wohl angenommen werden, daß einst auch die Litija-Antiklinale in ihrer Gesamtausdehnung von Trias sedimenten bedeckt gewesen ist. Kossmat¹⁰⁾ nahm im Jahre 1913 an, daß die Trias gegen Süden auf das Karbon aufgeschoben worden sei und deutet das Erscheinen der verschiedenen Stufen der Trias unmittelbar über den Karbonsedimenten als ein lokal erfolgtes Zurückbleiben der tieferen Triasstufen gegen die hangenden Triasgesteine im Verlaufe dieser Überschiebung. Ich kann der Annahme eines Aufschubes der Trias auf das Karbon in unserem Gebiet östlich Ljubljana, wegen völligen Fehlens eines Mylonitgesteins an der Grenze beider Schichtenfolgen und besonders im Hinblick auf die oben beschriebene keine tektonische Beanspruchung zeigende Beschaffenheit der hangendsten karbonischen Konglomerate mit dem Brauneisensteinflöze nicht zustimmen. Soweit ich die Grenze beider Formationen begangen habe, gewann ich den Eindruck, daß die hangende Trias auf ein zerschnittenes, stark gebirgiges Relief der

⁸⁾ Geologie des Idrianer Quecksilberbergbaues. Jahrbuch d. geol. Reichsanstalt Wien. 1911.

⁹⁾ H. Küpper, Jungpaläozoische Sedimentation und Orogenese im Bereiche der Karnischen Alpen. Neues Jahrb. f. Min.-Geol.-Pal. B. B. S. 62. 57. 1927.

¹⁰⁾ Die adriatische Umrandung usw. Mitt. d. geol. Ges., Wien I. S. 69. 1913.

Karbonschichten transgredierte und daß es zu einer weiteren Bewegung an der Grenze beider Formationen nicht gekommen ist. Neuerdings hat sich A. Winkler,¹¹⁾ allerdings nicht auf Grund von Begehungen, sondern in Anlehnung an Kossmat und auf Grund der geologischen Karte Tellers, der Auffassung des Aufschubs der Trias auf das Karbon angeschlossen. Aber gerade der von ihm herangezogene Aufschub der großen Triasmasse von Dole (Mariatal) östlich der Linie Polšnjek (Billichberg) — Potpetsch, gegen Westen auf das karbone Gebirge des Dolgo brdo existiert nicht. Ich habe den Ostrand des Dolgo brdo zwischen Polšnjek und Preska begangen. Unterhalb der Höhe von Polšnjek lagert Werfener Sandsteinschiefer phillitischen Tonschiefern auf, welche sich bis Preska verfolgen lassen. Auf der Höhe zwischen Preska und Borowak erscheint dieser Schiefer, welcher wahrscheinlich älter als die oberkarbone Serie ist, in steiler Lagerung, diskordant unter dem Buntsandsteine. Dieser Werfener Sandstein begleitet mit abnehmender Mächtigkeit den gesamten Ostrand des Dolgo brdo. Innerhalb des paläozoischen Dolgo brdo, und zwar von Polšnjek bis St. Martin bei Litija, transgredieren aber gutgebankte Dolomitbänke des unteren Muschelkalkes auf der alten Unterlage. Insbesondere unter den Häusern von Preska ist die flache Lage der Dolomitbänke gut wahrnehmbar. Der Dolgo brdo war bereits zur Zeit der Ablagerung der Triassedimente eine Erhebung, an deren Rand die Werfener Sedimente und auf deren Höhe erst die Muschelkalksedimente zur Ablagerung gelangt sind. An der Grenze der paläozoischen Schiefer und des Muschelkalkdolomites von Preska erscheinen auf der Höhe nach Borowak zu bis 1 m mächtige Limonitbildungen, welche früher einmal durch Stolleneinbaue und Tagbaue gewonnen worden sind (Eisensteinbergbau Preska). Diese teilweise etwas porösen Limonite enthalten noch Züge der Schiefer eingeschlossen. Sie sind an die obersten Schieferteile unter der Basis der Triasdecke gebunden und gehen taschenförmig bis zu einer Tiefe von beiläufig 60 m in die Schichtflächen der Schiefer hinein. Hier handelt es sich offenbar um zu Limonit umgewandelte Verwitterungsbildungen auf der vortriadischen Landfläche des Dolgo brdo, um eine Bildung, welcher wahrscheinlich auch die vorerwähnte von Desćen entspricht. Derartige Limonitbildungen finden sich dort, wo die Werfener Sandsteine fehlen und erst der Muschelkalk oder höhere triadische Sedimente über das vortriadische Gebirge transgredierten. Die Limonite von Preska sind stets von Schieferteilen durchsetzt, so daß das zu gewinnende Erz kaum über 40% Fe enthalten wird, auch ist das Vorkommen naturgemäß ein beschränktes, weil es nur in geringer Tiefe unter der Auflagerungsfläche des Muschelkalkes in beträchtlicher Mächtigkeit auftritt. Zutage tritt es nur am Rande dieser Auflagerungsgebiete in wünschenswerter Ausdehnung und auch nur dort, wo das Erz vor der späteren Erosion bewahrt worden ist.

¹¹⁾ Über den Bau der östlichen Südalpen. Mitt. d. geol. Ges. Wien. S. 212. 16. 1923.

Die oberkarbonische bzw. ältere paläozoische Unterlage samt der transgressiven Triasdecke ist später gefaltet worden, und zwar wahrscheinlich durch die savische Faltung im obersten Oligozän im wesentlichen in dinarischer Richtung. Im nördlichen Anteil aber in alpiner Richtung im Sinne der jungtertiären Einfaltung der nördlich gelegenen ost-weststreichenden Mulde von Sagor-Tüffer. Man hat den alpinen Zug der oberkarbonen Sandsteine als „Littai Antiklinale“ bezeichnet, Kossmat hat ihn „I. subalpine Antiklinale“ benannt. Das überwiegende nördliche Einfallen der Sandsteine und Tonschiefer beiderseits der Save zwischen Sallach und Litija würde dann dem Nordflügel dieser Antiklinale entsprechen. Über die Einzeltektonik dieses Gebietes ist aber wenig bekannt. Wie gelegentliches N-S-Streichen der Karbonsandsteine in den Tälern von Premulje beweist, dürfte die Gesamttektonik kaum der Lagerung einer einfachen einheitlichen großen Antiklinale entsprechen. Im Süden tauchen die oberkarbonischen Sandsteine allerdings unter das Perm und die Trias des unterkrainischen Karstes unter, in dessen Mitte sie aber an zahlreichen Punkten, so bei Weichselburg, als isolierte Aufragungen aber auch weit im Süden aus den Untergrund wieder überragt emporragen. Der Südrand des Oberkarbon-Triasgebirges der Savefalten ist im Westen an der Linie Hotaderschitz—Idria—Santa Lucia auf den Hochkarst (Ternovaner Wald—Birnbauer Wald) aufgeschoben. Über dieser Überschiebungsfläche tritt bei Idria die bekannte Zinnober-Lagerstätte von Idria noch in Gesteinsfolgen der Savefalten auf, von welcher später die Rede sein wird.

Für die Vererzungsvorgänge ist es von Bedeutung darauf hinzuweisen, daß auch das Gebiet um Litija ursprünglich von Triasdolomit und im Süden von wenig mächtigen Werfener Sandsteinschiefern bedeckt gewesen ist und daß diese Triasdecke wahrscheinlich zur Zeit der Vererzung unseres Gebietes noch in größerer Ausdehnung als heute vorhanden gewesen ist. Die junge postmiozäne Bildung des Savetales hat bereits Bittner¹²⁾ dadurch wahrscheinlich gemacht, daß er zwischen Sagor und Steinbrück Reste von Leithakalke auf den Hochflächen beiderseits des Savetales fand. Der größte Teil der im Savetalgebiet zwischen Sallach und Litija über dem Oberkarbon fehlenden Triasgesteine dürfte daher erst postmiozän zur Zeit der Eintiefung des Savetales abgetragen sein.

Aus der oben (S. 4) beschriebenen, voneinander abweichenden Gliederung der oberkarbonischen Gesteinsfolgen im Bereiche der Erzzüge von Litija geht hervor, daß die nördlich der Save auftretenden Erzlager einem anderen stratigraphischen Niveau eingelagert sind als die südlich der Save gelegenen. Bei dem vorwiegenden Nordfallen beider Schichtenfolgen und unter der Annahme, daß dieser Gebirgsteil dem Nordflügel der „Littai Antiklinale“ angehört, besteht die größere Wahrscheinlichkeit, daß die nördlich der Save

¹²⁾ Die Tertiär-Ablagerungen von Trifail und Sagor. Jahrb. d. geol. Reichsanstalt Wien. 1884. S. 594.

gelegenen Erzlager dem stratigraphisch höheren Niveau eingelagert sind. Hiermit ist aber keineswegs gesagt, daß sie auch in geringerer Erdtiefe gebildet wurden, denn die Aufrichtung der oberkarbonen Sandsteine und Tonschiefer hat zur Zeit der Vererzung bereits bestanden, wie die mikroskopische Untersuchung der Erzstufen ergeben hat.

Im Untersuchungsgebiete von Litija zeigen die oberkarbonischen Sandsteine und Tonschiefer ganz überwiegend ein nördliches Einfallen von 25 bis 40°. Nur unmittelbar südlich der Save, am Nordfuß des Sitarjevberges, findet eine flache Umbiegung in flach-südliches Verflächen statt. Der Save-Unterbaustollen westlich Litija hat diese im Niveau des Saveales etwa 100 m breite schwache Umbiegung der Schichten durchfahren (Abb. 2). Weiter gegen Westen am Zavrestnikberg (469 m) steigt die Achse dieser Mulde aber aus dem Savetale hoch über den Berg auf, so daß die Sandsteine und Schiefer des gesamten Nordabfalles dieses Berges ein südliches Einfallen zeigen. Nördlich der Save in dem Gebirge nördlich Cresniča ist die Lagerung mit 25° Einfallen in Nord außerordentlich regelmäßig. Die unmittelbare Umgebung von Litija zeigt dagegen mehrfachen Wechsel im Streichen und im Einfallen der Schichten. Die Zone Hotič—Litija stellt ein Gebiet dar, in welchem das ältere dinarische und das jüngere alpine Streichen miteinander interferieren. Das regelmäßige westöstliche Streichen der Sandsteine im Zuge Fischern—Vernek—Zapodje nördlich Cresniča und der Save wendet sich bei Tolsti vrh nördlich Hotič in südöstliches Streichen; mit diesem nimmt auch der nördliche Erzzug einen bogenförmigen, gegen Hotič konkaven Verlauf zur Save. Auch im Bergbaue von Litija ist die stete Wendung des Streichens der Sandsteinbänke und des Erzuges mit diesen wahrnehmbar. In den Strecken des Bergbaues Litija im Sitarjevc wechselt das Streichen in östlicher Richtung aus West-Ost in Nordwest-Südost bis Nordnordwest-Südsüdost. Dieser Wechsel vollzieht sich vielfach auf kurzer horizontaler Erstreckung und ohne Zerreißen der Schichten. Durch diese Inkonzanz des Streichens der oberkarbonischen Sedimente östlich der Linie Litija—Hotič wird der im folgenden Abschnitte beschriebene, komplizierte Verlauf der Erzlager im Gebirge bedingt (vgl. Karte Abb. 1).

Im allgemeinen herrscht demnach westlich der Linie Litija—Hotič alpines Streichen, während von dieser Linie gegen Osten in zunehmendem Maße die dinarische Streichrichtung an Bedeutung gewinnt. Das Erzgebiet um Litija und östlich Hotič als das erreichste Gebiet des Bleizinkerzuges der Savefalten ist demnach an eine besondere Zone der „Littaiier Antiklinale“ gebunden, an ein Gebiet, in welchem alpine und dinarische Streichrichtung interferieren.

Die dinarische Auffaltung wäre entsprechend dem Aufschube der Karbonschichten der Savefalten auf den Hochkarst oligozän, am wahrscheinlichsten nach Kossmat und Winkler mitteloligozän, nach Stille aber spätoligozän, die alpine Faltung hat in den Savefalten vom Spätoligozän bis ins Spätpontische

angedauert, insofern wir die Bewegung in der Mulde von Sagor-Tüffer feststellen. Die bruchlose, langsame Umbiegung des Streichens der Sandsteinzone im Bogen um Hotič, läßt hier alpine und dinarische in so innigem Zusammenhang erscheinen, daß beide gleichzeitig erfolgt sein müssen. Die Auffaltung der oberkarbonischen Sedimente kann daher mit größter Wahrscheinlichkeit in das Oberoligozän verwiesen werden. Als einzig junges Effusivgestein treten in den Savefalten altmiozäne Andesittuffe auf, sie bilden Effusiva an der Basis des Miozäns, zu ihnen dürften inmitten der nördlichen Karbonzone vorhandene Intrusivstöcke wahrscheinlich nicht gehören. Auf das Alter der Orogenese komme ich bei der Feststellung des Alters die Vererzung auf S. 23 zurück.

Der Bergbau von Litija hat ferner das Vorhandensein mehrerer Systeme von Verwerfern im Sitarjevberg aufgedeckt. Verwerfer von bedeutenderer Sprunghöhe verlaufen von NW gegen SO, also in dinarischer Richtung,¹³⁾ sie verflächen in SW oder in NO. Wiederholt hat bereits Höfer im früheren Bergbau feststellen können, daß diese NW—SO-Verwerfer von jüngeren von Ost in West streichenden Verwerfern, also alpiner Richtung, verstellt werden. Die Aufschlüsse im Gesenkbau vom Ort 23 des Haupteinbaues des derzeitigen Bergbaues haben dieses Verhalten beider Verwerfersysteme bestätigen können. Im Hauptgesenke wurde in ebensöhlicher Entfernung von 40 m in diesem Gesenk ein Verwerfer angefahren, welcher gegen NW zum Ort 26 auf der Sohle des Haupteinbaues streicht. Zugleich hat das Gesenk bei der ersten streichenden Strecke einen O—W-Verwerfer angefahren, welcher im nördlichen Ulm des Gesenkes zuerst erschien, dann aber wenig schiefer zur Achse des Gesenkes nach der Teufe zu im südlichen Ulm verschwand. Dieser O—W-Verwerfer hat den vorerwähnten NW—SO-Verwerfer wenig östlich des Endes des Hauptgesenkes getroffen und im Süden in die Tiefe gegen Osten versetzt. Da der NW—SO-Verwerfer gegen SW verflächt, so erscheint der NW—SO-Verwerfer durch den O—W-Verwerfer gegen O verschoben. Entsprechend den Feststellungen Höfers an O—W-Verwerfern im früheren Zvrestnikstollen verflächt auch dieser O—W-Verwerfer gegen Nord. Auch an anderen Stellen des derzeitigen Bergbaues habe ich O—W-Verwerfer mit nördlichem Einfallen feststellen können und scheint dies in der Tat für dieses Verwerfersystem die Regel zu sein. Das Einfallen der Verwerferfläche beträgt in den Strecken des Sitarjevvc 35 bis 40°, nach Höfer im Zvrestnikberg 20 bis 54°. In dem kleinen nordöstlichen Querschlage 70 m vom Mundloch des Haupteinbaues zeigt ein O—W-Verwerfer eine Füllung von Lagerstättenquarz und Pyrit. Ein drittes System von Verwerfern streicht nordsüdlich. Auch diese verstellen die NW bis SO-Verwerfer, über ihr Verhalten zu den O—W-Verwerfern konnte ich keine Beobachtungen machen. Die N—S-Verwerfer zeigen aber im Gegensatze zu

¹³⁾ Gleichgerichtete Verwerfer beobachtete Bittner in der Tüfferer Mulde (Jahrb. d. geol. Reichsanstalt. Bd. 34, S. 593. 1884), in den Sotzkaschichten (vor-burdigal).

den beiden anderen Systemen häufig Harnische, sie scheinen die jüngsten zu sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die beiden erstgenannten Verwerfersysteme in direktem Zusammenhange mit der Aufrichtung des gesamten Schichtsystemes Karbon-Trias in der dinarischen, nordwest-südöstlichen Richtung und der alpinen, west-östlichen Richtung stehen. Es würde dann auch aus dem Verhalten dieser Verwerfersysteme zueinander das höhere Alter der dinarischen Bewegung gegenüber der gesamtalpinen zu folgern sein. Jedenfalls hat die Vererzung die NW—SO- und die O—W-Verwerfer und zumindest einen Teil der N—S-Verwerfer bereits vorgefunden.

5. Die Verbreitung und die geologische Position der Erzlagerstätte

Es wird im nachfolgenden vor allem die Position und die Bildung der Blei-Zinkerz-Lagerstätte der Littai Antiklinale behandelt werden. Sie bietet westlich Hotič, nördlich der Save ein wesentlich anderes Bild als südlich der Save, jedoch handelt es sich in beiden Fällen um die Genesis einer Lagerstätte durch einen und denselben Vererzungsvorgang. Auf diesen gleichen Vererzungsvorgang sind ferner aber auch Kupferkieszüge zurückzuführen, welche im Hangenden nördlich der Blei-Zinkerz-Lagerstätte, östlich Hotič bei Vače, lokal auftreten.

Dagegen sind Roteisensteinlager, welche durch den Bergbau von Litija in Sitarjevc aufgeschlossen wurden, durch diesen Vererzungsvorgang nicht angelegt worden. Sie sind umgewandelte syngenetische Brauneisensteinlager in den oberkarbonischen Sandsteinen; ihre Umwandlung zur jetzigen Form erfolgte aber durch die Vorgänge zur Zeit der Bleizinkerzvererzung. Ebenfalls haben die auf S. 4, 5, beschriebenen Limonitlagerstätten von Descen und Preska nichts mit der Bleizinkerz-Lagerstätte zu tun. Die Roteisensteinlagerstätte wird am Schlusse dieser Abhandlung im besonderen Abschnitte behandelt werden.

Die Bleizinkerz-Lagerstätte tritt in Gangformation, als Ausfüllung offener Verwerferklüfte, und daneben in Gestalt metasomatischer Lager auf. Gegenstand des Bergbaues sind die im Streichen und Einfallen über weite Flächen erstaunlich regelmäßig und stellenweise sehr reich vererzten metasomatischen Lager. In den Gängen ist die Erzführung meistens nicht lohnend jedoch sind diese lokal an der Schärung mit den Erzlagern auch außerordentlich reich an mächtigen Derberzen. Bisher sind solche Derberze im Sitarjevc nur auf den zuscharenden N—S-Klüften beobachtet worden, diese müssen daher im Sitarjevc als die eigentlichen Zubringer der metasomatischen Erzlager aufgefaßt werden, an denen die Mineralisatoren aus der Tiefe zu den Erzlagern aufgestiegen sind.

a) Die Erzlager im Sitarjevc-Berg bei Litija

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die seit 1926 entstandenen neuen Erzaufschlüsse des Bergbaues der Gewerkschaft Litija im Sitarjevc-Berg und auf das ausgedehnte Schurfgebiet der Firma

Flörsheim in Berlin bei Lase im Westen über Cresniča bis nördlich Hotič nördlich der Save und im Schurfgebiete von Reka im Krappengraben am Südfalle des Dolgo brdo, östlich Litija.

Es sei hervorgehoben, daß der frühere Bergbau im Sitarjevc und Zvrestnikberg bei Litija auf die Unterscheidung von Erzgang- und Erzlagervorkommen nach den vorliegenden Beschreibungen von Riedl und Höfer keinen Bezug genommen hat und daß auf dieses Versäumnis das Fehlschlagen zahlreicher Hoffungsstrecken vor dem letzten Erliegen des Bergbaues in den Neunzigerjahren des vorigen Jahrhunderts zurückzuführen ist. Der jetzige Bergbau ist im Hoffungs- und Aufschlußbau konsequent den Erzlagern gefolgt. Ihm ist es dadurch gelungen, das Aushalten im Streichen und Verflachen noch unverritzter Erzlager nachzuweisen und nach der kurzen Arbeit von wenig über zwei Jahren bei stetig anwachsender Erzförderung aussichtsreichste Aufschlüsse und ansehnliche Erzreserven zu schaffen. Die Erfahrungen im derzeitigen Bergbau sind die folgenden.

Im Sitarjevcberg sind mehrere Erzlager vorhanden, von denen das Almalager durch früheren Bergbau vom Scheitel des Berges (450 m ü. d. M.) bis zur Sohle des Almastollens (350 m) und des Zubauastollens (335 m) mit Ausnahme vielleicht seines östlichsten Teiles nahezu vollständig ausgebaut worden ist. Der derzeitige Bergbau hat im Liegenden dieses Almalagers einen neuen, bisher unverritzten Lagerzug gefunden und aufgeschlossen, welcher bisher vom Haupteinbau (289 m) im Aufbruch und in Gesenken tonlägig zirka 80 m und streichend zirka 120 Meter überfahren wurde. Dieser Liegendlagerzug besteht aus mehreren Lagertrümmern, welche sich nach der Höhe zuscharen. Im westlichen und mittleren Sitarjevc fällt das Almalager mit zirka 50° in Nord, es verflacht sich aber in den tiefsten Aufschlüssen bis zu 22° Einfallen und legt sich noch über der Sohle des Save-Unterbauastollens vollständig flach, um sodann wieder steiles Nordfallen anzunehmen. Die Einbaue zu dem Almalager ebenso zu dem neuen Liegendlager sind am Südhange des Sitarjevc angesetzte Stollen in wechselnder Höhenlage. Der Haupteinbau stellt die tiefste Sohle (289 m) dar. Der Save-Unterbauastollen ist dagegen von der Save aus am Fuße des Nordabfalles gegen Süd in den Berg getrieben, sein Mundloch liegt in 239 m ü. d. M. Das Liegendlager ist dabei bisher nur im östlichen Teile des Sitarjevc aufgeschlossen worden. Im hinteren Teile des Haupteinbaues ist die regelmäßige Umbiegung des Liegendlagers aus westöstlichem in nordsüdliches Streichen auf kurze Entfernung zu beobachten. Die Erzführung ändert sich in dieser Wendung des Lagers nicht, auch ist keine Störung an dieser Stelle vorhanden. Das Liegendlager zeigt in den Aufbrüchen oberhalb der Stollensohle ein nördliches und dann östliches Verflachen von 45 bis 70°, auf der Stollensohle beträgt sein Einfallen 32 bis 35° und verbleibt in dieser Neigung im gesamten Gesenkbaue bis zum tiefsten derzeitigen Aufschlusse. Unter dem Liegendhauptlager sind an zwei Stellen weitere Liegendlager angetroffen worden, welche aber nach oben dem Hauptlager

zuscharen. Da die Situation durch die oben (S. 6) beschriebene NW—SO-Verwerfung, an welcher der südwestliche Flügel bei einem Einfallen dieses Verwerfers gegen SW und zirka 12 m tiefer fortsetzt, weiter kompliziert wird, so erlauben die derzeitigen Aufschlüsse noch kein vollständiges Bild von der Verteilung der Erzlagerzüge im Bereiche des Liegendlagers. Nachgewiesen erscheint aber die Scharung der einzelnen Erzlager nach der Höhe zu gegen SW und es ist sehr wahrscheinlich, daß auch das Liegendlager selbst im nordöstlichen Grubenteil in der Höhe dem Almalager zuschart. Das Bild, welches die Erzlager damit bieten, entspricht etwa dem nebenstehenden etwas schematisierten Querprofile (Abb. 2). Das Liegendhauptlager befindet sich im Osten stellenweise unmittelbar unter einem feingeschichteten, schwarzen, 10—20 cm mächtigen Schiefertönflözchen (Si), über welchem, durch einen NW—SO-Verwerfer

baues voraufgeschlossen wurde und mit der Tiefe eher reicher als ärmer angetroffen worden ist, kann wohl angenommen werden, daß die flache und zum Teile steile Erstreckung der Erzlager im unteren Teile des Berges anhält.

Die geologische Position dieser Erzlager ist keineswegs eine besonders charakteristische. Der Horizont der Vererzung inmitten der oberkarbonischen Sandsteine ist an das Liegende einer Schieferfolge gebunden, welche sich im Hangenden des höchsten Lagers des Almalagers befindet. Dieser Schieferhorizont kann aber keinesfalls der stratigraphisch höchste, wie derjenige im Hangenden des nördlichen Lagerzuges, sein, da die obige Beschreibung deutlich die großen Unterschiede zwischen der Sandstein- und Schieferfolge nördlich und südlich der Save gezeigt hat. Da aber bereits zur Zeit der übergreifenden Ablagerung der

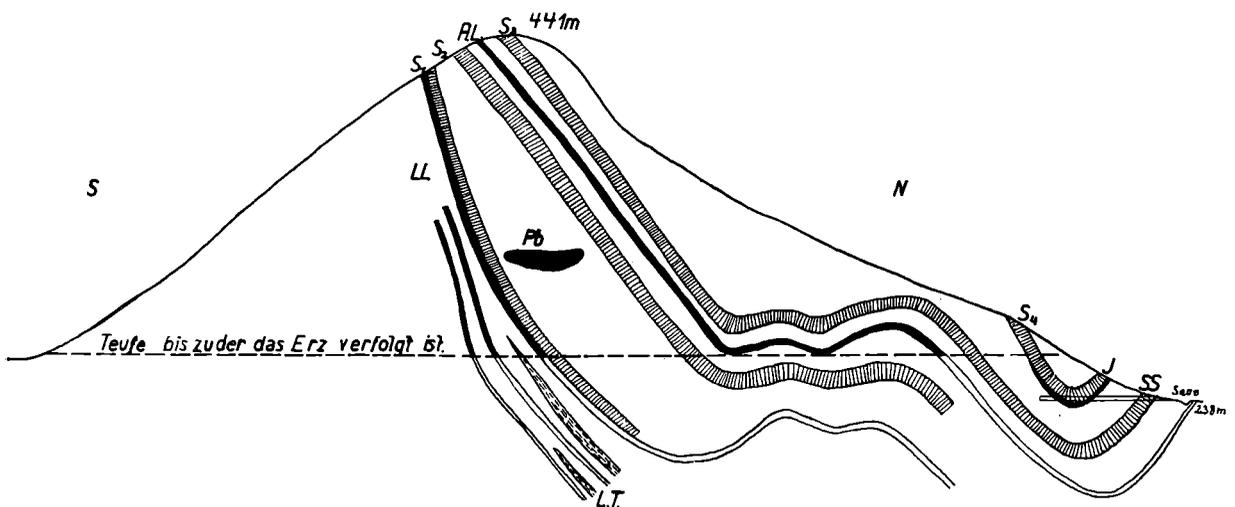


Abb. 2. Schematisches Profil durch den Sitarjevc-Berg bei Litija

Al Alma-Erzlager, LL Liegendlagerung mit drei Erztrümmern, J maschig, unvollständig vererztes Hangendlager, S₁ Schieferthon im Hangend des Liegendlagerzuges, S₂ Tonschiefer im Liegend des Almalagers, S₃ mächtiger Tonschiefer im Hangend des Almalagers, S₄ Schieferthon mit Sandsteinlinsen, Pb söhliger Erzkörper, LT liegende Tonschiefer, SS Savastollen.

getrennt, ein sich über 160 m im Streichen und 60 m in der Breite erstreckender durchschnittlich 0,5 m mächtiger derberreicher Bleiglanzkörper in söhliger Lagerung auftritt. Dieser interessante Erzkörper ist im Profil (Abb. 2) mit Pb bezeichnet. Seine Bildung ist schwer erklärlich, zumal er sich in einer reinen tonschieferlosen Sandsteinformation befindet, deren Bankung nicht erkannt werden konnte. Seine vollkommen söhlige Lagerung kann als weiterer Beweis dafür angesehen werden, daß die Vererzung in der bereits aufgerichteten Schichtfolge eingesetzt hat (posttektonische Vererzung).

Da die Erzlager bis heute noch nirgends im Sitarjevc in tiefe Horizonte verfolgt worden sind und auch der Save-Unterbaustollen noch nicht bis unter oder bis in die Erzlager vorgetrieben worden ist, kann die Frage, ob die Erzlager ihre recht gleichmäßige Erzführung auch in dem Gebiete des unteren Baues beibehalten, heute nicht beantwortet werden. Da aber die Erzführung des Liegendlagers, welches in den Gesenken vom Haupteinbaue heute bereits zirka 35 m saiger unter der Sohle des Hauptein-

Triassedimente auf die oberkarbonen Sedimente ein in die letzteren eingeschnittenes Relief vorhanden war, so dürfte gleichwohl auch der im Hangenden des Almalagers auftretende Schiefer der hangendste Schieferhorizont unter der Triasdecke gewesen sein. Die Sandsteine, welche die Erzlager trennen, sind normale, mittelkörnige, lichte Gesteine. Die mikroskopische Untersuchung der Erzstufen hat sodann gezeigt, daß diejenigen Sandsteinbänke vererzt sind, welche ein sehr feines, nur mikroskopisch sichtbares Geäder kohligtonigen Schiefers besitzen. Wenn demnach auch der im Hangenden des Almalagers nachgewiesene Schieferhorizont als der hangendste unter der Triasdecke, die geologische Position der in seinem Liegenden befindlichen Erzlager bestimmt hat, so ist doch wieder jedes Lager in Bänken gebildet worden, welche von feinsten Schieferpartien durchzogen waren. Tiefere Erzlager unter den derzeit aufgeschlossenen sind nicht zu erwarten. In tieferen Horizonten, so im alten Hoffnungsbau am Zvrestnikberg aus den Neunzigerjahren des vorigen

Jahrhunderts, sind lediglich Erzgänge und Klüfte aufgeschlossen worden, deren Abbau kein lohnender war. Von Bedeutung ist es aber, daß in den ersten 100 m des Save-Unterbaustollens außer sehr schwach verzerrten Nordsüd-Verwerfern auch im Hangenden der Schiefertone mit den Sandsteinlinsen schwache Ansätze von lagerförmiger Erzausscheidung angefahren wurden. Zwei Aufbrüche aus der Stollensohle haben diese Erscheinungen näher verfolgt, aber lediglich ein stark maschig struiertes absätziges Lager von Quarz- und Barytausscheidung mit wenig Bleiglanz feststellen können. Die Struktur des Lagers entsprach der maschigen im Bleiberger Bergbau beschriebenen.¹⁴⁾

Die Erzlager erscheinen sowohl im Ortsbild als auch im mikroskopischen Bilde durchaus in die Schichtung der Sandsteine eingeschoben; sie folgen jeder Biegung des Streichens der Sandsteine und ihr Einfallen ist stets das der Sandsteinbank. Das Bild, welches das Profil 2 von der Verteilung der Erzlager wiedergibt, muß daher auch durch die primäre Lagerung der Sandsteinfolge, das heißt durch die ursprüngliche Sedimentierung vorgezeichnet worden sein. Die Ablagerung der oberkarbonischen Meeresrande erfolgte unweit der Küste mit einer geringen Kreuzschichtung, so daß das Sediment in den Gebiete des Sitarjevc von SW gegen NO an Mächtigkeit zunahm. Das finden wir in den gegen NO einandergehenden Erzlagern abgebildet.

Entsprechend der Lagerung der karbonischen Gesteinsfolge können wir auch die streichende Fortsetzung der Erzlager aus dem Sitarjevc gegen Westen und Osten verfolgen. Die Gesteinsserie und die kleine Mulde in dieser am Nordfuß des Sitarjevc hebt sich gegen Westen in den Zvrestnikberg, so daß die streichende Fortsetzung der Erzlager ausschließlich in den oberen Hängen dieses Berges zu erwarten ist, während besonders am Südfuß desselben die vorbeschriebenen stratigraphisch tiefen, mächtigen Schiefertone im Stollenbau angefahren werden konnten. Dagegen neigt sich das System der Erzlager und die Schichtenmulde gegen Südosten in die Tiefe und befindet sich am Südostfuß des Sitarjevc bereits unter dem Savespiegel. Bei Smartno (St. Martin) stellt sich dementsprechend auch eine ausgiebige Überlagerung des Oberkarbons durch Muschelkalkdolomit ein.

Die Erzlager des Sitarjevc bei Litija sind außerdem durch die vollständigste Ausscheidung aller im Vererzungsvorgang im ganzen Zuge der Lagerstätte überhaupt gebildeten Lagerstättenminerale ausgezeichnet.

b) Die Erzlager nördlich der Save zwischen Lase—Hotič—Passiek

Die Erzzüge nördlich der Save zeigen in Mineralführung und in bezug auf ihre geologische Position völlig abweichende Verhältnisse. Die östlichste Schurfstelle im Zuge dieser Erzlager befindet sich nördlich Lase, im Berg oberhalb östlich St. Agatha. Durch eine eingehende Begehung habe ich den Zug

dieser nördlichen Erze von Dasnik nördlich Cresniča durch die Berghänge nördlich Vernek, südlich Sapovdje—Jesenje, Tolsti vrh, nördlich Hotič, bis unterhalb Vače in den Ausbühlungen und durch die zahlreichen Schurfbauten genau verfolgen können. Die Lagerung der oberkarbonen Sandsteine und der diversen Schiefertoneinlagerungen (vgl. Seite 4) ist hier sehr regelmäßig. An jedem der unbedeutenden Bergvorsprünge ist ein leichtes Abweichen des westöstlichen Streichens in einem gegen Norden konkaven Bogen festzustellen, während das Einfallen der Sandstein- und Schieferbänke ziemlich unverändert mit 25° in nördlicher Richtung anhält.

Es sind hier von der Save aufwärts am Südhänge des Berges hinauf vier deutlich entwickelte Schieferhorizonte von der mittleren Mächtigkeit von 10 bis 20 m in die Sandsteine eingelagert. Das Haupterzlager, welches fast nur aus Quarz mit Karbonatresten und Blende besteht, findet sich unter der vierten und hangendsten Schiefereinlagerung im mittelkörnigen Sandstein. Unterhalb der dritten Schiefereinlagerung treten außerdem Lagerstättenquarzanreicherungen auf ohne Erzführung. In diesem Gebiete besteht das Blendelager unter dem obersten Schiefer aus zwei Lagertrums im gegenseitigen Seigerabstande von acht Meter, das obere Trum tritt unmittelbar unter dem Schiefer auf. Beide Lagertrums zeigen 2 bis 3 cm mächtige Linsen einer meist lichten Blende, welche entweder inmitten von Quarzlinsen oder auch innerhalb von Quarzzügen auftritt. An einigen Aufschlüssen konnten Blendelinsen auch innerhalb des hangenden Schiefers festgestellt werden.

Dieser Erzlagerzug wird bei Dasnik im Osten durch eine Nordsüd-Verwerfung abgeschnitten, im Westen geht mit diesem Erzlagerzug dagegen eine bedeutende Veränderung vor sich. Von Tolsti vrh schwenkt der Erzlagerzug in dem steilen, wilden Talkessel unter Lascar allmählich in das dinarische SO-Streichen ein, so daß er die Bezirksstraße Hotič—Vače unter dem Kreuze bei der ersten Serpentine quert und in die südwestliche Flanke der Höhe 458 m, 1,4 km südlich Vače eintritt, um von hier aus südöstlich bis Rezise zu verlaufen. Bei Bottija verschwindet der Erzlagerzug mit der gesamten Schichtenfolge des Oberkarbon unter die ausgedehnte Triasdecke des Jablanaberges (Watschitz 919 m). Unter ihr dürfte dieser nördliche Erzlagerzug erst wieder im alten Bleiberger im oberen Passiekgraben südlich der Save zum Vorschein kommen. Zugleich mit dem Umschwenken in die dinarische NW—SO-Richtung nimmt der Erzlagerzug Bleiglanz und Baryt auf. Unterhalb Lascar befindet sich der alte Bergbau von Rudnik, westlich vom Passiekgraben der ebenfalls im achtzehnten Jahrhundert in verhältnismäßig großem Abbaue gestandener Stollenbergbau Mjelnik. Beide können in alter Zeit nur auf Bleiglanz und Kupferkies umgegangen sein.

Im Gegensatz zu dieser Entwicklung des nördlichen Lagerzuges gegen Osten scheint die noch nicht über den N—S-Verwerfer von Dasnik verfolgte westliche Fortsetzung des nördlich der Save gelegenen

¹⁴⁾ A. Tornquist, Die Blei-Zinkerzlagerstätte von Bleiberger-Kreuth. S. 32, Abb. 10. Wien 1927.

Erzlagerzuges lediglich Zinkblende zu enthalten. Dafür spricht der Befund im Schurfbau von Sankt Agatha nördlich Lase. In zwei in den Berg getriebene Stollen ist dort im Streichen ein Erzgang von nordsüdlichem Streichen verfolgt worden. Dieser Erzgang befindet sich an einem scharf ausgebildeten, mit Harnischen versehenen Gesteinsblatt inmitten dunkler Sandsteine, welches mit 60° im Osten fällt. Die Ausfüllung der Verwerferkluft zeigt eine brecciöse Füllung aus dem Nebengestein, welche reichlich durch Blende verkittet ist und in dieser Beschaffenheit über zirka 60 m im Streichen verfolgt worden ist. Nach den oberhalb des Stollens auf einer O—W-Zone verteilten Halden erscheint es nicht ausgeschlossen, daß das in den Stollen aufgeschlossene Gangvorkommen höher am Berg einem Blendelager zuschart.

Der nördliche Erzlagerzug zeigt demnach die interessante Erscheinung, daß er westlich Hotič, soweit er im alpinen O—W-Streichen verläuft, eine fast reine Siderit-Blende-Quarzvererzung aufweist, dagegen östlich der Linie Hotič—Litija beim Umschwenken in die nordwestsüdöstliche, dinarische Richtung die vollständige Mineralfüllung des südlichen Erzlagerzuges des Sitarjevc aufnimmt.

An der Stelle dieses Umschwenkens in die dinarische Richtung wird ferner eine starke Führung von Kupferkies bemerkbar. An dem vorerwähnten Südwestabfalle der Höhe 458 m, etwa 2,5 km südlich Vače sind im Skrupotok alte Einbaue und Halden vorhanden, welche auf einen alten Kupferkiesbergbau zurückzuführen sind. Ein neuerdings aufgewältigter alter Stollen führte in einen umfangreichen alten Abbau. Der Kupferkies tritt hier in einer etwa 20 m über dem obersten Schieferhorizonte gelegenen Sandsteinbank auf, welche von dünnen, schwarzen Schieferzügen durchzogen ist. Die auf den alten Halden gesammelten Stufen lassen erkennen, daß in dem Sandstein entlang den dünnen Schieferzügen Quarzlinzen abgesetzt sind, welche sehr reichlich Kupferkies in derber Anreicherung enthalten. Der Lagerquarz ist noch durchsetzt von Resten des Sandsteines. Bei den Haldenstücken nimmt es wunder, daß der Kupferkies, trotzdem der Bergbau auf römische Zeit¹⁵⁾ zurückdatieren dürfte, noch zum großen Teile frisch erhalten ist.

c) Die Erzlagerstätte von Knapovce im Lunicatal westlich Medvode (Zwischenwässer)

Man könnte erwarten, daß die im nördlichen Erzlagerzuge festgestellte Änderung der Erzführung beim Umschwenken aus der alpinen in die dinarische Richtung auch im südlichen Erzlagerzuge des Sitarjevc ähnlich wiederkehrt. Das ist aber nicht der Fall. Die überwiegend aus Bleiglanz bestehende Erzfüllung der Lagerstätte an Sitarjevc dürfte in der streichenden Fortsetzung gegen Westen anhalten, wenn auch nur vereinzelte Aufschlüsse hier vorhan-

den sind. Die westliche Fortsetzung des südlichen Erzuges von Litija ist in der weiteren Umgebung südlich Stanga bekannt, wo zahlreiche alte Einbaue bei den Orten Blay, Poljana und Hribar das Vorhandensein der Litijalagerstätte beweisen. Die westliche Auslängung liegt im Bergbau Marein (Smarje) bei Großblupp, wo früher drei Erzlager abgebaut wurden. Andere Aufschlüsse in bleiglanzureichen Lagern und Gängen befinden sich ferner südlich Lase bei Andrejevic am Südabhange des Jebaocev-grič (643 Meter) und bei Sallach am Rande des Laibacher Feldes. Ihr Zusammenhang mit der Lagerstätte im Sitarjevc ist noch völlig unbekannt. Schließlich beweist die im Bergbaue Knapovče, weit westlich Ljubljana aufgeschlossene Bleierzlagerstätte, daß die Bleizinkerzvererzung vom Typus Litija im Zuge der karbonischen Sandsteine noch weit westlicher mit allen ihren Charakteren fortsetzt.

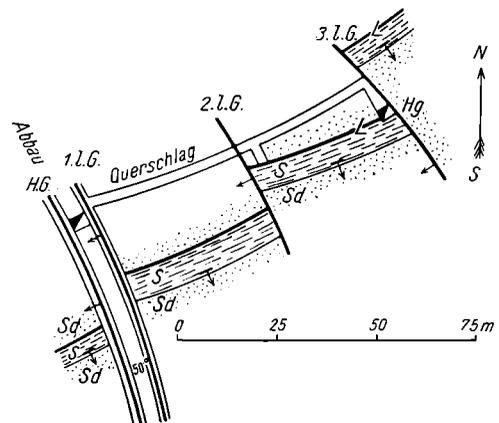


Abb. 3. Lagerungsplan des Bergbaus Knapovče

Eine SW—NO-streichende in SO verflächende Folge von Sandsteinen (Sd.) und Schieferton (S.) des Oberkarbons wird von NW—SO-Verwerfern durchsetzt. Der Erzabbau folgte den vererzten Verwerfergängen, während die Lager (L.) unter dem Schiefer nicht vererzt angetroffen wurden.

Der Bergbau Knapovče befindet sich an der von Medvode über Sora in das Lucničatal führenden Straße an der Einmündung des Knapovčebaches. Innerhalb der ausgebreiteten Trias von Bischoflack (Scotja Loka) taucht hier eine von West gegen Ost gestreckte Linse oberkarbonischer Sandsteine und Tonschiefer auf. Über diese Lagerstätte hat K. Hinterlechner zuletzt im Jahre 1917 (Jahrb. d. geol. R. A. Bd. 67, S. 388) einen kurzen, zutreffenden Bericht erstattet, welchen ich durch meine eigenen Beobachtungen bestätigen und ergänzen konnte. Die karbonischen Sedimente streichen hier von West nach Ost in rein alpiner Richtung, sie fallen durchschnittlich mit 45° im Süd gerichtet. Der Förderstollen durchfährt die Schichtenfolge in südsüdöstlicher Richtung nahezu querschlägig, er quert zunächst einen Liegendenschiefer, gelangt sodann in die Sandsteinfolge, welche die aufgefahrenen Erze beherbergt und gelangt schließlich in eine hangende Schieferpartie. Der bisherige Abbau ist den vererzten Verwerfern gefolgt, welche mit geringen Verbiegungen von NW gegen SO streichen (vgl. nebenstehende Lagerskizze). Der Hauptgang ist auf zwei Sohlen bereits auf über 150 m streichend abgebaut worden, er verflächt

¹⁵⁾ Vače ist eine alte Siedlung, in deren Nähe reiche römische Bronzefunde gemacht worden sind, welche wohl mit dieser Kupferkieslagerstätte in Verbindung zu bringen sind.

mit 60 bis 70° in SW; durch den Barbaraquerschlag sind drei liegende Parallelgänge angefahren worden. Der letzte und zugleich liegendste Gang hat eine sehr interessante Zinnober- und ged. Quecksilberlagerstätte aufgeschlossen. Die Gänge erscheinen als Verwerfer, ihre Füllung besteht aus einer absätzigen Vererzung des Sandsteines in einer Mächtigkeit von 2 m von der Verwerferfläche. Ich konnte durch die Begehung der Strecken des Bergbaues im Jahre 1922 feststellen, daß die Vererzung der einzelnen Gänge an den Schnittzonen mit konglomeratischen Sandsteinbänken angereichert wurde, und daß das Erz sodann auch in diese Bänke eintritt und hier demnach die Anzeichen für die Bildung oder für das Vorhandensein von Erzlagern vorhanden sind. Der Bergbau hat bisher an keiner Stelle die Vererzung in diesen Lagern verfolgt, so daß derzeit kein Anhaltspunkt über das Ausmaß der Vererzung auch in den Lagern vorliegt. In der Gangformation von Knapovče ist fast ausschließlich Bleiglanz und Quarz vorhanden, Blende und Baryt fehlen völlig, dagegen kommt ein Cu-hältiger Pyrit verbreitet vor. Das aus den Gängen gewonnene Hauwerk ist verhältnismäßig arm (5- bis 7%ig).

Man gewinnt aus diesen Verhältnissen die Überzeugung, daß sowohl die Lagerung der oberkarbonischen Gesteine als auch die Position der Erze bei Knapovče im Prinzip eine große Übereinstimmung mit der Lagerstätte bei Litija zeigt. Das alpine Streichen der oberkarbonischen Gesteinsfolge und die Bedeutung der NW—SO-Verwerfer sind übereinstimmend. Die Lagerstättenfüllung ist aber eine wesentlich ärmere, sowohl was die Konzentration des Bleiglanzes als auch was die Anzahl der Lagerstättenminerale anbelangt. Die Vererzung ist in Knapovče bisher nur in dem Verwerfersystem nachgewiesen worden, während für eine Vererzung in Form von metasomatischen Erzlagern bisher nur Anzeichen gefunden werden konnten.

Von besonderem Interesse ist das Vorkommen von reichlich gediegenem Quecksilber in dieser Grube. Zinnober und ged. Quecksilber haben sich sowohl im Hauptgang als auch im vorerwähnten hangendsten Quecksilbergänge gefunden. Ich konnte in letzterem, und zwar 12 m unter der Sohle des Erbstillens das folgende feststellen. Während Zinnober innerhalb der Gänge selbst in wechselnder Anreicherung vorkommt, ist das mit dem ged. Quecksilber nicht der Fall. Der Bleiglangang ist über 40 m und in die Tiefe auf zirka 20 m mit regelmäßigem NW—SO-Streichen und nordöstlichem Verflächen von 60° verfolgt worden. Das ged. Quecksilber tritt aber in einem steil in die Tiefe setzenden Kluft- und Lassensystem auf, welches wohl auf der 12-m-Sohle den Bleiglangang quert, sich aber von ihm nach der Tiefe zu immer mehr entfernt. Das ged. Quecksilber tritt in Tropfenform in den offenen, auch mit Zinnober behangenen Lassen des Sandsteines auf. Beim Schießen haftet es an den freigelegten Gesteinswänden und kann mit einer Bürste abgestrichen und in einem Sumpf am Boden der Strecke gesammelt werden. Dieses ged. Quecksilber führende Kluftsystem ist jedenfalls sehr jugendlich

und es darf vermutet werden, daß es den Weg darstellt, auf welchem auch der Zinnober aus der Tiefe bis in die Bleiglanzlagerstätte gelangte. Das Hauwerk, welches aus den von mir beobachteten Kluftsystemen stammte, war reich an Zinnober und Hg, es enthielt bis 3% Hg.

d) Die Erzlagerstätte des Schurfgebietes „Reka“ bei Premulje am Südrande des Dolgo brdo

Ebenso unvollkommen wie die Kenntnis von der westlichen Fortsetzung der Lagerstätte von Litija ist diejenige von der östlichen Fortsetzung. Eine planmäßige Beschürfung des Gebietes östlich des Sitarjevc hat bisher noch nicht stattgefunden. Zahlreiche Schurfstellen in der Richtung auf Hotič und nördlich Smartno (St. Martin) aus älterer Zeit, ferner bei Statenek gegen Jablanz haben zwar Erze über der Talsohle festgestellt. Es ist aber durchaus unsicher, ob diese Funde nur arme, gangförmige Vererzungen oder ob sie reichere Erzlager erschlossen haben. Dieses östliche höffige Gebiet heißt Jesse. Die Erzlager des Sitarjevc verlassen diesen Berg in der Richtung auf Smartno (Abb. 1).

Derzeit ist im Südhange des Dolgo brdo im Krappengraben (Knappengraben), welcher vom Rekatale westlich von Jablanz bei Premulje gegen Nord abzweigt, ein Schurfbau in Betrieb, welcher teilweise schönen, derben Bleiglanz mit Quarz und wenig Blende und Baryt, aber reichlich Lagerstättenkalzit aufgeschlossen hat. In einer aus normalen oberkarbonischen Sandsteinen und Schieferpartien bestehenden Gesteinsfolge sind teilweise im Tagaufschlusse und teilweise in Gesenken und in einem wiedergewältigten alten Schachteinbaue sowohl Erzlager, als auch Erzgänge aufgeschlossen. Die Gesteinsfolge zeigt im Krappengraben ein sehr wechselndes Streichen (vgl. nebenstehende Lagerungsskizze). Das Streichen ist am Schachteinbau im südlichen Teile des Schurfgebietes von NW in SO gerichtet, wendet sich dann aber in 50 m Entfernung in N—S und schließlich beim oberen Carrystollen und bei den Anbrüchen vom Tage aus in SW—NO. Das Verflächen geht dabei aus SW über W in NW über. Im Hangenden der Erze ist sowohl im Schachtbau als auch im Carrystollen ein mächtiger Schieferhorizont durchfahren worden. Unmittelbar unter diesem und zirka 20 m im Liegenden sind den Sandsteinen zwei Bleiglanzlager eingelagert, welche aber übertags nur eine sehr geringe Mächtigkeit besitzen. Die Gesteinsfolge wird an den Stellen starker Schwenkung im Streichen von NW—SO-Verwerfern durchsetzt, welche eine Verschiebung der NW-fallenden Sandsteine im Nordflügel der Verwerfer nach Ost bewirken. Diese Verwerfer sind von einem Kluftsysteme begleitet, welches an der Scharungszone mit der Unterkante eines Schieferkomplexes vererzt sind. Die Erze treten daher, ähnlich wie die „Scharungslager“, welche ich von Bleiberg—Kreuth beschrieben habe,¹⁶⁾ als Erzsäulen auf, welche hier in Nordwest

¹⁶⁾ Vgl. Zitat 14 auf S. 9. Bleiberg-Kreuth, S. 30, Abb. 8.

steil in die Tiefe ziehen. Diese Säulen sind im Breitenausmaße von 20 bis 40 cm reich vererzt und werden in breiteren Randzonen von schwach imprägnierten Sandsteinen begleitet. Der Schurfbau verfolgt diese Verhältnisse, besonders die Erzführung der Lager nach der Tiefe zu.

e) Vergleich der vorbeschriebenen Erzaufschlüsse

Die vorbeschriebenen, räumlich auf eine streichende Entfernung von beiläufig 40 km verteilten Aufschlüsse in der Bleizinklagerstätte der Savefalten von Typus Litija, zeigen große übereinstimmende Züge. Es treten Erzgänge im Zuge von Verwerfern und Erzlager, diese stets in bestimmten Bänken des oberkarbonischen Sandsteines auf. In Knapovče im Westen und in Reka im Osten ist das älteste Verwerfersystem, das nordwest-südöstlich vererzt und ist dieses sichtbar als Erzbringer für die in diesen beiden Berg-

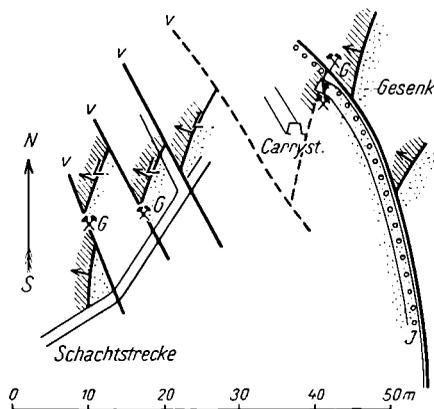


Abb. 4. Lagerungsplan des Schurfbaus Reka

Eine SW—NO-streichende, in NW verflächende Folge von Sandsteinen und Schiefen des Oberkarbons wird von NW—SO-Verwerfern durchsetzt. Die Lager im Liegenden der Schiefer sind schwach vererzt. Es treten bei G. an der Scharung der Verwerfer mit der Sohle der Schiefer steil gegen NW in die Tiefe verlaufende Erzsäulen auf (vergleiche Abb. 3). In beiden Fällen die gleiche geologische Struktur des Gebirges, aber verschiedene Formen der Erzkörper.

baugebieten wahrscheinlich überhaupt nur schwach vererzten Erzlager anzusehen. In Lase und im Sitarjevč (Litija) sind dagegen auch die jüngsten Verwerfer, die N—S-gerichteten vererzt und haben zusammen mit den NW—SO-Verwerfern in diesem ausgedehnten mittleren Erzrevier eine zusammenhängende, durchaus schichtige und teilweise sehr reiche Vererzung in den metasomatischen Lagern bewirkt.

Es sind zwei Erzlagerzüge zu unterscheiden, ein südlicher Erzzug mit Reka, Litija, Stanga, Androjevč und vielleicht auch Knapovče und ein nördlicher Erzzug mit Lase (St. Agatha), Dasnik, Jesenje, Resise, Passiek. Es ließ sich bei allen Erzgebieten die Ausscheidung der Erzlager im Liegenden von Tonschiefer- oder Schieferthonhorizonten erkennen, und zwar im liegenden der hangendsten Schieferthonhorizonte unter der Triasdecke, deren eine ganze Anzahl in mäßigem Abstände voneinander im Liegenden folgen. Im nördlichen Erzlagerzug ist zwischen Lase und Tolsti vrh (Hotič), soweit das Streichen der karbonischen Sedimente mit den Erzlagern ein alpines, westöstliches ist, auf eine Erstreckung

von über 10 km nur Blende und Quarz ausgeschieden worden, sobald aber das Streichen bei Hotič in ein südöstliches, dinarisches übergeht, werden reichlich Bleiglanz, Kupferkies und Baryt aufgenommen. An der Umbiegung des Streichens befindet sich ferner unter Vače im Hangenden der Blendezüge ein Kupferkieslagerzug, welcher sonst an keiner anderen Stelle bekannt geworden ist. Der südlichere Erzlagerzug hat durchgehends eine vorwiegende Bleiglanzführung und scheint seine Vererzung vom alpinen oder dinarischen Streichen seiner Trägersedimente vollständig unabhängig zu sein. Neben Bleiglanz führt dieser Zug stets Blende, Quarz, Karbonate, Kupferkies und in bestimmten Regionen auch Zinnober (sowie sekundär ged. Quecksilber). Das Zentrum der vollständigsten und reichsten Vererzung befindet sich, soweit sich nach den zugänglichen Aufschlüssen beurteilen ließ, im Sitarjevčberge bei Litija und südöstlich um Hotič (Resize—Passiek).

Die große Übereinstimmung aller besprochenen Erzaufschlüsse in ihrer geologischen Position und in den Hauptzügen der Vererzung beweist deutlich, daß sie alle durch einen und denselben Vererzungsvorgang gleichzeitig entstanden sind.

Trotz der übereinstimmenden geologischen Position sämtlicher Bleizinkerkörper in dem weiten Zuge der „Littai Antiklinale“ von Knapovče im Westen bis Reka im Osten, also über 40 km, zu Verwerfern und dem hangendsten Tonschieferhorizonte, besitzen die auftretenden Erzkörper doch eine stark wechselnde Gestalt. Trotz der prinzipiellen Übereinstimmung, welche die in der Abb. 3 und 4 dargestellte geologische Struktur im Gesteinskörper aufweist, treten in Knapovče regelmäßig, wenn auch schwach vererzte NW—SO-Erzgänge und offenbar schwach vererzte Erzlager auf, während in Reka derb und reich vererzte, wenn auch wenig umfangreiche Erzsäulen in die Tiefe setzen. Dagegen ist im Zuge Fischern—Jesenje vor Hotič und im Sitarjevčberge die Vererzung unregelmäßig verlaufen, aber an sehr reich und aushaltend vererzte Lager gebunden. Dementsprechend wechselt auch der Anteil an Blende, Bleiglanz, Kupferkies und Baryt im gesamten Erzzug im weiten Ausmaß. Ohne daß eine richtige auf thermale Unterschiede beruhende Zonenbildung vorhanden wäre, sind Unterschiede in der Lagerstättenfüllung im Zusammenhange mit dem Streichen der Sandsteinbänke und lokalen Durchlässigkeitsgraden in den zubringenden Verwerfersystemen stark ausgeprägt.

5. Die Genesis der Lagerstätte von Litija

a) Die Erzkörperform

Der Vorgang der Vererzung aller im vorstehenden beschriebenen Lagerungsformen muß sich gleichzeitig und daher aus Mineralisatoren des gleichen Tiefenmagmas vollzogen haben, nur ist diesen Mineralisatoren nicht alle Zeit überall ein gleich günstiger Aufstieg möglich gewesen, so daß sich die Vererzung während der gesamten Zeit des Auftriebes

nur dort in allen Phasen vollziehen konnte, wo dauernd Wege in die Höhe bestanden. Im Gegensatz zu den in Form und Mineralführung sehr ähnlichen Erzlagern des Grazer paläozoischen Gebirges sind die Mineralisatoren hier nicht aus der Tiefe diffundiert, sondern an offenen Klüften, teilweise N—S- und teilweise NW—SO-Klüften, welche gleichzeitig als Verwerfer vorgebildet waren, aufgestiegen. Die günstigsten Bedingungen für die Erkenntnis des gesamten Ablaufes der Vererzung und der Abwandlung der Mineralisatoren während dieses Vorganges bietet daher der sowohl quantitativ als auch durch die größte Zahl von Lagerstättenmineralen reichste vererzte Lagerstättenteil in dem großen Zuge der Savefalten, das ist die Erzlagerstätte im Sitarjevčberg bei Litija. Diese soll daher einer eingehenden Untersuchung unterzogen werden.

In Litija bieten die unmittelbar unter den Erzlagern gelegenen Teile der N—S-Verwerfer die einfachste Mineralfüllung. Es treten in erstaunlicher Konzentration Linsen bis sackförmige Erzkörper auf, welche aus sehr feinkristallinem, nahezu reinem Bleiglanz bestehen, welcher jeweils mehrere Waggon reiner Stufferze liefert. Dieser Bleiglanz hat eine sehr feinkristalline Struktur, so daß vielleicht angenommen werden kann, daß bei seiner Ausscheidung, welche ohne gleichzeitige metasomatische Verdrängung des benachbarten Sandsteines nicht denkbar ist, eine durch die Gesteinsverdrängung bedingte Bewegung auf der Verwerferzone stattgefunden hat. Ein etwas anderes Bild gewährt die Scharung der O—W-Verwerfer mit dem Erzlager. Wir erkennen an dem nebenstehenden Ortsbilde vor der Wettertür im hinteren Teile des Haupteinbaues oberhalb des hintersten Gesenkes, daß auch hier an der vorbestandenen Verwerfung eine Anschoppung des Erzes zusammen mit viel Baryt eingetreten ist. In diesem Ortsbilde fehlt jedes Anzeichen einer späteren Gebirgsbewegung, der Bleiglanz ist grobkristallin und mit ebenen Spaltungsflächen versehen. Spiegel treten weder im noch am Rande des Erzes auf.

Der eigentliche Erzreichtum des Bergbaues von Litija und er ist ohne Zweifel einer der erzeichsten des gesamten weiteren Gebietes der Ostalpen — beruht aber auf der Mächtigkeit, der reichen Füllung und dem guten Anhalten der Erzlager. Die Erzlager, in ganz bestimmten Sandsteinbänken gelegen, sind metasomatische Entstehung, wenn auch Metasomatose, d. h. die Verdrängung der Bestandteile des Sandsteines durch die Lagerstättenminerale in Litija in einer prinzipiell anderen Art vor sich ging als in den mesozoischen Kalken und altpaläozoischen Schiefen ebenso wie im ostalpinen Kristallin. Die Metasomatose hat hier nicht den Charakter einer chemischen Verdrängung, sondern die Erzausscheidung im Oberkarbonsandsteine von Litija beginnt mit einer mechanischen Verdrängung der Sandsteinkörner und der Tonhäutchen und geht erst später zu einer Umkristallisation des Quarzes der Sandkörner über. Wenn wir dabei von der Vererzung einer Sandsteinbank sprechen, so ist diese Bezeichnung nicht ganz wörtlich zu nehmen. Das Almalager

ist durch den alten Bergbau über eine Lagerfläche von annähernd 150 m im Verfläichen und 600 m im Streichen, d. h. über 90.000 qm verfolgt worden. In dieser Ausdehnung halten die Sandsteinbänke in der Schichtenfolge überhaupt nicht ununterbrochen an. Es ist nicht im großen, sondern auch im kleinen eine leichte Kreuzschichtung in der Sandsteinfolge zu erkennen, so daß von einem absoluten stratigra-

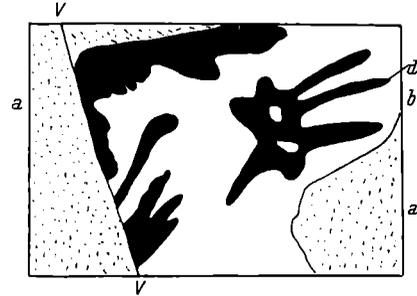


Abb. 5. Ortsbild vom Gesenkkopf bei der Wettertür des Haupteinbaus (281 m ü. M.) in Litija

a Sandstein, V—V O—W-Verwerfer, b Baryt, d Bleiglanz
Man erkennt das Aufsprössen der Vererzung von der O—W-Verwerferfläche in das Erzlager. Verwerfer älter als die Vererzung. Erzlager ohne Spur einer tektonischen Deformation. Der Bleiglanz meist eine Bildung der III. Vererzungsphase.

phischen Durchgehen einer Sandsteinbank in solcher Ausdehnung nicht gesprochen werden kann. Im einzelnen Aufschluß erscheint das Erzlager dem Sandstein in der Ausdehnung seiner Bank eingeschichtet, aber es wechselt trotzdem durch die bestehende leichte Kreuzschichtung durch das Sediment von einer Bank zur anderen im Streichen folgenden. Das kommt bei dem Vergleiche der einzelnen Ortsbilder dadurch zum Ausdruck, daß in bestimmten Lager-

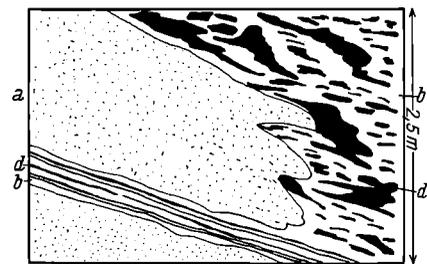


Abb. 6. Ortsbild im Hauptliegendlager in Litija

Ein kleines Liegendtrum scharf dem Lager zu. Sackförmige Verbreiterung des Lagers. a Sandstein, d Bleiglanz, b Baryt.
Im Liegendtrum Bleiglanzzüge im Baryt. Bildung: Rekristallisation der IV. Vererzungsphase. Im Haupttrum Bleiglanzputzen, als Bildung der III. Vererzungsphase.

stättenteilen das Hangende des Erzes von einem grobkörnigen Sandsteine, das Liegende aber gleichzeitig von feinkörnigen Sandsteinen oder auch umgekehrt gebildet wird, während über anderen Lagerstätten teilen der liegende überhaupt nicht vom hangenden Sandstein unterschieden werden kann. Nur sehr selten, im mittleren Groll, sind im Lager brecciöse Sandsteinbrocken eingeschlossen, meist sind es flache linsenförmige Sandsteinzüge parallel der Salbänder, deutliche Resorptionsreste.

Man muß die metasomatische Entstehung der Erzlager im Auge haben, wenn man den Aufbau der

Erzlager verstehen will, welcher in den Ortsbildern des Bergbaues erkannt werden kann. Vielfach ist zwar ein scharfes Salband der Lager gegen den Sandstein im Hangenden und Liegenden ausgebildet, es kommen aber, wie auf Abb. 6 sichtbar, auch Lagerstättenteile vor, in denen eine sackförmige Erweiterung der Vererzung in den Sandstein statthatte. Es kommen ferner auch größere Abweichungen der rein lagerförmigen Ausbildung der Erzkörper vor. Vom Lager kann sich das Erz auch in einem Netzwerke von Adern in das Nebengestein erstrecken (Abbau 222 im hinteren Grollstollen), oder es schließt das Lager selbst noch Züge oder Linsen des Sandsteines ein. Dagegen wurde im Hauptniveau der Erze nicht die maschenförmige Struktur wie in dem armen hangenden Lager des Savestollens (vgl. Abb. 2. „J.“) beobachtet, welche aber wohl trotzdem als das Anfangsstadium der Bildung eines jeden metasomatischen Erzlagers, also auch der Haupterzlager anzusehen ist.

Das Erzlager zeigt nur sehr selten eine symmetrische Verteilung der Lagerstättenerminerale, wie beispielsweise in dem folgenden Ortsbild (Abb. 7) im Ab-

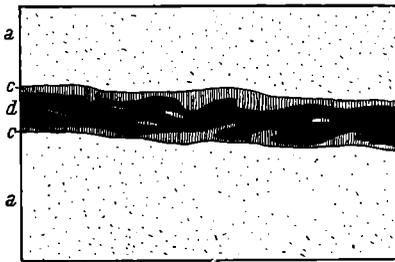


Abb. 7. Ortsbild im hinteren Grollstollen in Litija

Aus dem Erzkörper Pb. im Querprofil des Sitarjeve (Abb. 2). a Sandstein, c Blende, d Bleiglanz-Quarz, stellenweise ganz derbes Erz, mit wenig eingelagertem Baryt. III. Vererzungsphase,

bauort 219 im hinteren Grollstollen. Hier ist ganz analog das beiderseitige Salband von Blende besetzt und der mittlere Haupterzkörper von derbem Bleiglanz mit wenig Baryt ausgefüllt, in welchen unregelmäßig umrandete Blendepartien schwimmen. In dieser Ausbildung erinnert die Struktur an die von mir bei Rabenstein im Murtales beschriebene. Ebenso selten sind ganz reine derbe Bleiglanzlager und dann oft von geringer Mächtigkeit (Abbau 214 in Nähe des vorher beschriebenen Ortsbildes). Meist ist der Bleiglanz in Zügen aber auch in kleineren bis umfangreicheren Partien in den die größte Mächtigkeit der Lagerstätte bildenden Baryt eingeschoben. Es kann die wechselnde Form des Bleiglanzes, wie auf dem vorstehenden Ortsbild (Abb. 6) sichtbar, auch nebeneinander vorkommen und in vielen Fällen ist auch kein prinzipieller Unterschied zwischen dem putzenförmigen und lagerförmig im Baryt vorhandenen Bleiglanze zu machen.

Lagerstättenquarz bildet im Gegensatz zum Baryt die regelmäßig auftretende und allgemeiner verbreitete Gangart. Der Baryt tritt zwar in bestimmten Lagerstättenteilen in großer Menge auf, kann aber in anderen Lagerstättenteilen gegen Quarz auch ganz zurücktreten. In den letzteren Fällen ist die Lagerstätte außerordentlich edel. Reiche, fast derbe Bleiglanzmittel wurden wiederholt bis 60 cm ange-

troffen. Der im Profil (Abb. 2) eingezeichnete Erzkörper Pb zeigt eine derbe Bleiglanzföhrung mit sehr wenig Baryt.

Blende tritt im Erzlager, ab und zu aber auch neben Bleiglanzgeäder auch in netzförmiger Verteilung neben dem Haupterzzug im Sandstein auf. In barytreichen Lagerstättenteilen konnte Blende nicht festgestellt werden.

Pyrit ist mit Quarz vergesellschaftet in bestimmten Lagerstättenteilen aber doch nur selten in unregelmäßig begrenzten Putzen im Bleiglanz eingeschlossen. Er findet sich aber in ganz anderer Gestalt in Form von Zügen, wenn auch selten im Baryt. Kupferkies tritt, wenn auch noch seltener, in ähnlichen Erscheinungsformen wie der Pyrit auf. Größere bis kopfgroße Partien von Kupferkies sind von Bleiglanz eingeschlossen und feine Züge durchziehen den Baryt.

Fahlerz und Bournonit wurden selten beobachtet, sie begleiten Bleiglanz und Kupferkieszüge im Baryt.

Zinnober ist, soweit er im Erzlager auftritt, meist an Baryt gebunden. Im vorderen Teile des Haupteinbaues wurden aber reichlichere Zinnobermengen auch im Hangenden des Lagers in den Zwischenräumen verwitterter grobkörniger Sandsteine angetroffen. Im Gesenkbau des Haupteinbaues sind reiche, derbe Zinnoberzüge im Baryt angetroffen worden und daneben eine äußerst feine Zinnober-einstreuung in lichten Baryt- und in Bleiglanzzügen.

Limonitbildungen sind in verhältnismäßig großer Entfernung vom Ausgehenden der Lagerstätte verbreitet. Dieselben stammen in ihrer größeren Menge offenbar aus der Blende, mit ihnen tritt verbreitet Anglesit auf. Dagegen finden sich im Baryt auch Züge von Eisenglanz, welche oft schwer von Zinnober zu unterscheiden sind. Eine außerordentlich reiche Zinnoberkonzentration ist auf dem von Riedl auf Tafel XIII, Figur 14 wiedergegebenen Feldort enthalten.

Die für die Genesis der Lagerstätte wichtigen Eisenkarbonate treten im Ortsbild und in den Erzstufen ganz zurück. Sie sind fast nur im Dünnschliff erkennbar, dagegen bilden grobkristalline Kalzitlinsen an einigen Stellen an der Basis der Lagerstätte sehr auffällige Bildungen. Mit Blende und Bleiglanz bilden lichte Kalzitmassen und gelbe Eisenkarbonatpartien im Liegenden des Hauptlagers im hinteren Abbaufelde des Haupteinbaues einen Zug von Linsen, welche ganz den Charakter von Ausfüllungen ursprünglich vorhandener Hohlräume aufweisen. Sie begleiten das hangende Erzlager und treten hinter stärker gebogenen Lagerteilen auf. Sie werden im nachfolgenden einer ganz speziellen Untersuchung unterzogen und auf sie wird wiederholt zurückzukommen sein (Abb. 8). Die Ausscheidung des ersten Lagerstättenminerals, des Kalzits, erfolgte vor und während einer orogenetischen Bewegungsphase. Die vorstehend beschriebene Ausbildung der Erzlager bildet zugleich eine Erklärung für die zahlreichen Ortsbildwiedergaben, welche sich auf den Tafeln XII und XIII der eingangs zitierten Abhandlung von Berg- rat Em. Riedl vorfinden.

b) Die Paragenese der Lagerstätte auf Grund mikroskopischer Untersuchung

Die mikroskopische Untersuchung von Erzstufen von Litija sowohl an Anschliffen als auch in Dünnschliffen läßt erkennen, daß diese Lagerstätte zu den posttektonischen zu rechnen ist. Nur der erstgebildete Kalzit zeigt eine Beeinflussung durch Orogenese. Die Lagerstättenminerale Bleiglanz und Quarz sind in außerordentlich feinkristalliner Ausbildung, ersterer in zierlichstem Aufbau vielverästelter Kristallaggregate oder Kristallbäume ausgebildet, welche keine Anzeichen einer späteren Deformation erkennen lassen. Der Lagerstättenquarz zeigt scharfe Aufhellung.

Wie das in Abb. 7 wiedergegebene Ortsbild zeigt, ist stellenweise aber sehr selten eine symmetrische Anordnung der Lagerstättenminerale erkennbar, und zwar in Übereinstimmung mit der Anordnung genau der gleichen Minerale in der prätektonischen Lagerstätte des Grazer paläozoischen Gebirges; in der Tat ist die mikroskopisch feststellbare Paragenese auch mit derjenigen dieser letztgenannten Lagerstätte außerordentlich ähnlich. Dagegen ist eine Ausbildung von „schichtiger Metasomatose“, wie in der Lagerstätte von Bleiberg in Kärnten, nur im Baryt wahrnehmbar.

Der außerordentlich feinstruierte Aufbau der Erzkörper von Litija im Gegensatz zu der prätektonischen, paragenetisch verwandten im Grazer Paläozoikum besitzt insofern eine praktische Bedeutung, da die restlose Ausbringung des Erzes aus dem Hauwerke von Litija eine recht schwierige ist. Aus dem reichen 10%-Hauwerke sind durch die gewöhnliche mechanische Aufbereitung nur 7% zu gewinnen und für die Gewinnung der restlichen 3% war die Aufstellung einer Flotationsanlage eine unbedingte Notwendigkeit. Durch sie werden weitere 1,5% ausgebracht.

I. Phase der Mineralausscheidung: Bildung von Kalzit, Eisenkarbonate und Pyrit

Es war einigermaßen überraschend, daß die mikroskopische Untersuchung der Erzstufen das sehr verbreitete Vorkommen von bisher völlig übersehenen Karbonaten in der Lagerstätte ergab. Alle Versuche, in nicht vererzten Teilen der Sandstein- oder Schieferfolge Karbonate festzustellen, verliefen negativ, so daß die in der Lagerstätte vorhandenen Karbonate mit der Vererzung der Lagerstätte in Zusammenhang stehen müssen. Makroskopisch fällt in bestimmten Lagerstättenteilen ein weißer Kalzit auf. In den oben beschriebenen Aufblätterungen der Sandsteine im Liegenden des Hauptlagers treten schneeweiße, sehr großkristalline Kalzitmassen in einer Mächtigkeit von bis zu 10 cm als Füllungen von linsenförmigen Hohlräumen in einer Länge bis über 50 cm auf (Abb. 8). An ihren Salbändern finden sich Zonen von gelben feinkristallinem Siderit, von Bleiglanz und am Salband von brauner Blende. Gleiche Kalzitmassen konnten in größerer Verbreitung auch im Hauptlager am Abbauorte 25 im Gesenke vom Haupteinbaustollen im Dünnschliffe mikroskopisch in größerer Verbreitung, aber auch in Erzstufen aus dem

Grollstollen beobachtet werden. Da sie im Dünnschliff in der Berührung mit Quarz, Siderit, Bleiglanz und Blende als durch diese verdrängtes und aufgezehrtes Mineral erkannt werden konnten, so sind diese Kalzite als die älteste Mineralausscheidung anzusehen.

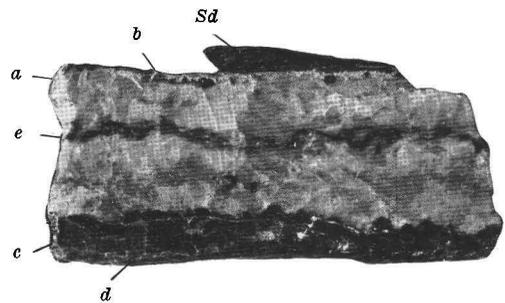


Abb. 8. Kluftausfüllung unter dem Liegendhauptlager in Litija Großkristalline, orogenetisch, stark gepreßte Kalzitzüge, welche nach der Orogenese vererzt sind. Sd Sandstein, b gelbes Sideritband am Salband, a weißer Kalzit, zwischen b und a Blende, c Blendenzone in Kalzit vorrückend, d Bleiglanzzone hinter der Blende vorrückend, e bituminöse Schiefertonreste im Kalzit.

Ein anderes allgemeiner verbreitetes Karbonat ist der Siderit, welcher in derben Massen eine lichtgelbe Färbung zeigt, im Dünnschliff als Imprägnation im vorerwähnten Kalzit oder im Sandstein in Gestalt gelbdurchsichtiger kleiner Rhomboeder (in der kristallographischen Ausbildung des Spaltungsrhomboeders



Abb. 9. Dünnschliff in gew. Licht, 12fache Vergr. Erzstufe der Abb.8. Rechts durch Orogenese vorwillinger Kalzit, in welchen von links Bleiglanz idiomorph vordringt.

1010) erscheint. Solche Siderit-Rhomboeder treten auch inmitten des vorerwähnten Kalzits auf, dringen aber auch in idiomorph gegen den Kalzit begrenzten Fronten vom Rand aus gegen den Kalzit vor. Wenn der Siderit derbe Massen bildet, so wird auch er großkristalliner.

Die lichten Kalzite zeigen stets eine außerordentlich auffallende feine, vergitterte polysynthetische

tische Zwillingslamellierung, die auf den Spaltungsflächen schon mit bloßem Auge deutlich sichtbar werden kann. Bei den Sideriten gehört das zu den seltenen Ausnahmen, die Zwillingslamellierung ist dann absätzig und dürfte sie wahrscheinlich bei dem metasomatischen Umsatze des Siderits aus dem Kalzit aus letzterem übernommen sein. Die großen Spaltungsflächen des Kalzits sind meist deutlich gebogen, während der Siderit in den vorerwähnten großkristallinen Massen stark wolkig aufhellt. Die isolierten kleinen Siderit-Rhomboeder sind zu winzig und zudem noch stark getrübt, so daß an ihnen die Art der Aufhellung nicht bestimmt werden kann. Die starke Verzwilligung und die wolkige Aufhellung legen Zeugnis von einer orogenetischen Druckwirkung ab, unter welche diese Minerale gestanden haben

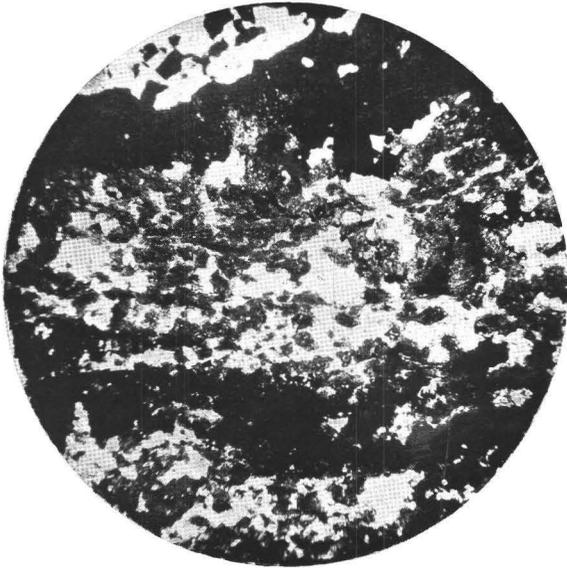


Abb. 10. Dünnschliff in gew. Licht, 19fache Vergr.

Inmitten der Sandsteinmasse (weiß) sprossen Siderit-Rhomboeder (grau) auf, an welche sich später die Bleiglanz-Ausscheidung (schwarz) vollzieht. Beispiel einer anfangs mechanischen Metasomatose und für die Rolle, welche der Siderit als Anreger für die Bleiglanz-Ausscheidung spielt.

müssen. Diese Feststellung muß aber besonders aus dem Grunde wundernehmen, als die anderen, später gebildeten Lagerstättenminerale keine Erscheinungen von Druckwirkung erkennen lassen.

In den Haupterzlagerstätten beobachtet man die kleinen Siderit-Rhomboeder zwischen die Körner des Sandsteines eingeschoben. Sie treten hier vereinzelt eingestreut auf, aber auch zu dichten Zügen und Aggregaten zusammengeschlossen, während einzelne Sandkörner noch zwischen ihnen eingestreut sind. Da eine Resorption des Quarzes der Sandkörner nicht wahrnehmbar ist, auch in diesem Stadium der Einwanderung von Lagerstättenmineral nicht zu erwarten ist, so können die Siderit-Rhomboeder in ihrem regelmäßigen Wachstum die benachbarten Sandkörner nur mechanisch beiseite geschoben haben. Sie nehmen zunächst teilweise ihren Raum ein, um sodann beim Zusammentreten dichter Siderit-Rhomboeder-Massen den Sandstein völlig zu verdrängen. Dieses Bild der Verdrängung unterscheidet sich grund-

sätzlich von dem einer normalen Metasomatose. Die tonig-quarzigen vorbestandenen Elemente des Gesteinskörpers werden nicht chemisch, sondern mechanisch verdrängt. Es ist das Bild einer mechanischen Metasomatose. Die Verdrängung der Sandsteinkörner kann nur durch die Kraft des Kristallwachstums in den Sideritindividuen erfolgt sein. Es mag zugegeben werden, daß der oberkarbonische Sandstein ein poröses Gestein darstellt, in welchem die mechanische Verdrängung der Sandsteinkörper keine allzu große Kraft erforderte und daß auch die Verdrängung einer zusammenhängenden Partie von Sandsteinkörnern auf Kosten der Poren einer nicht übermäßig mächtigen Sandsteinbank erfolgen konnte. Demgegenüber wird die Kristallisationskraft des Siderits auch von anderen Autoren in der Reihe der Karbonate als verhältnismäßig hoch eingeschätzt. Lindgren¹⁷⁾ stellt sie hinter derjenigen von Rutil, Turmalin, Arsenkies, Pyrit, Magnetit, Baryt, aber vor die Kristallisationskraft von Dolomit, Albit, Bleiglanz, Blende, Kalzit, Quarz und Orthoklas. In der Bleiglanz-Siderit-Lagerstätte von Cœur d'Alene in Idaho in N. A. sind nach dem Referat Lindgrens¹⁸⁾ auch als erstes Lagerstättenmineral Siderit-Rhomboeder in einem serizitischen Quarzit aufgesproßt; auch hier verdrängt Siderit die Quarzkörner, so daß es sich vielleicht schon teilweise um die normale chemische Metasomatose handelt.

Zur Zeit der Ausscheidung des Siderits ist in der Lagerstätte auch Pyrit gebildet worden, welcher teilweise in isolierten Würfeln erscheint, sich aber auch zu größeren dichten Agglomeraten zusammenschließt. Die Ausscheidung des Pyrits ist in vielen Fällen nachweisbar an die feinen schwarzen bituminösen Schieferzüge gebunden, welche die verzerrte Sandsteinbank durchsetzen. Die Pyritwürfel sind dann innerhalb des Schieferzuges unter Beiseitedrängen des Schiefers gewachsen. Der Schiefer umgibt den Pyrit unter im Schliff erkennbarem seitlichen Ausweichen. Jeder Pyritwürfel ist von einer knotenförmigen Verdickung des Schieferzuges begleitet. Stellenweise befindet sich auch Pyrit inmitten von Siderit, so daß seine Bildung eher älter als jünger wie die Siderit-Bildung erscheint, dafür würde auch die vielfach beobachtete Ansiedlung der Siderit-Rhomboeder um Pyritpartien sprechen, die Siderite sind in diesen Fällen am Pyrit dunkler gefärbt. An anderen Stellen ist aber auch Pyrit in feinsten Verteilung im Siderit eingeschlossen. Da eine Resorption des stets idiomorph gegen Siderit begrenzten Pyrits nicht nachgewiesen werden konnte, so erscheint der fein verteilte Pyrit eher als Rest einer durch Sideritbildung unterbrochenen Pyritausscheidung und Pyrit und Karbonate dürften sich im wesentlichen nebeneinander gebildet haben.

Während der ersten Phase der Vererzung sind demnach zunächst ziemlich großkristal-

¹⁷⁾ Mineral deposits. S. 198. 1928. Eine ähnliche Folge wird von Grubenmann-Niggli, Die Gesteinsmetamorphose, I, S. 421, 1928, angegeben.

¹⁸⁾ Mineral deposits. S. 648. 1928. Paragenese: Siderit-Bleiglanz.

line Kalzitmassen in vorhandenen Hohlräumen ausgeschieden worden. Sodann wanderten in diese und in die Poren der Sandsteinbank kleine Siderit-Rhomboeder ein und schoben sich zu derben Massen in dem Sandstein unter mechanischer Verdrängung der Quarzkörner, vor. Gleichzeitig mit dem Absatz des Siderits wurde Pyrit in Würfeln gefällt, vor allem in Berührung mit den feinen, dem Sandstein eingelagerten Schieferzügen. Die Bildung des Siderits und Pyrits erfolgte in Räumen, welche durch mechanische räumliche Verdrängung der Quarzkörner des Sandsteines und des Schiefers unter der Wirkung des Druckes der aufkeimenden Kristalle geschaffen wurden.

II. Vererzungsphase: Bildung von Zinkblende

Das Zinksulfid findet sich in der Lagerstätte stets in großen Aggregaten rotbrauner Blende. Schalenblende fehlt vollständig. Die Aggregate bestehen aus großen Kristallindividuen, welche im Dünnschliff im durchfallenden Lichte gelbbraun erscheinen, aber von Wolken oder von schärfer begrenzten Flecken von dunkelrotbrauner Färbung durchzogen werden. Diese dunklen Blendepartien dürften eisenreicher sein als die gelbbraun durchsichtigen. Ich möchte annehmen, daß sich dieselben an jenen Stellen befinden, wo die Blende Sideritkristalle oder Pyrit resorbierte und dabei aus diesem Eisen aufgenommen hat, während die benachbarte lichte Blende im Raume vorbestandenen Kalzits entstand. Die Blende tritt vielerorts mit den Karbonaten in innige Berührung, während sich in Litija niemals ein genetischer Zusammenhang mit Quarz feststellen läßt. Die Blendebildung dürfte sehr bald nach dem Absatze des Siderits erfolgt sein. In den vorerwähnten Liegendlinsen treten kleine Blendemassen sogar zwischen Kalzit und dem Siderit auf (Abb. 8). Stets ist die Blende aber idiomorph gegen die Karbonate, sie ist jünger als diese, aber älter als Bleiglanz und Quarz, welche beide in deutlicher Verdrängung gegen die Blende idiomorph vorrücken oder sie auch häufig in Form von mikroskopisch feinen Kluftausfüllungen durchziehen (Abb. 10, 11). In den Erzlagern des Sitarjevc kommt die Blende sehr unregelmäßig verteilt vor. Sie kann auf weite Strecken, so besonders im Liegendlagerzuge vollständig fehlen und in anderen Lagerpartien (Abbau im hinteren Groll) in absätzigen derben Massen von Faustgröße auftreten, ihre Verbreitung ist durch die lokal stark wechselnde Resorption während der folgenden Quarz-Phase zu erklären. Primär dürfte ihre Ausscheidung im Sitarjevc genau so wie im Erzlagerzuge nördlich der Save eine reichlichere und regelmäßige gewesen sein. In überwiegendem Maße ist die Bildung der Blende von der Oberfläche des bereits vorhanden gewesenen Pyrits zu erkennen; dieser erscheint als Anreger für den Absatz der Blende gewirkt zu haben. Er ist zugleich aber resorbiert worden und ist hierauf die Erscheinung zurückzuführen, daß die Blendepartien hie und da von einem schwarzen Band von Bitumen und Schiefer-

bestandteilen umgeben werden, hinter welchem erst der Pyrit beginnt. Die Erscheinung wird im mikroskopischen Bilde dadurch vielerorts unklar, daß die Quarzausscheidung der folgenden dritten Vererzungsphase den Pyrit intensiv verdrängt haben kann und auch die Blende angriff.

III. Vererzungsphase: a. Quarz—Kupferkies; b. Quarz—Bleiglanz; prismatischer Quarz

In allen Lagerstättenteilen der „Littaijer Antiklinale“ setzt mit der Bildung von Lagerstättenquarz die Hauptbildungsphase des Erzkörpers ein. Während die Bildungsphase der Zinkblende mit derjenigen der Karbonate in naher Beziehung steht, beginnt nunmehr ein vollständiger Umbau des Erzkörpers, welcher durch Absatz der Hauptfüllung des Erzkörpers und



Abb. 11. Dünnschliff in gew. Licht, 20fache Vergr., Almalager in Litija.

Rechts Blendekristall (grau) von Quarz (weiß) und Bleiglanz-Klüften (schwarz) durchzogen. Der Rand der Quarz-Klüfte ist teilweise in der Blende von einem Saum von Bleiglanz besetzt. Blende als Anreger zum Absatz von Bleiglanz.

stärkster Resorption vorgebildeter Lagerstättenminerale gekennzeichnet ist.

Die Resorption erstreckt sich auf den primären Sandstein, auf den Pyrit, auf die Karbonate und auf die Blende. Vor allem ist es der Quarz, welcher die vorgebildeten Minerale imprägniert, sie vollkommen ersetzt, oder in den Klüften durchsetzt oder randlich verdrängt. Nur die Blende wird deutlich durch Bleiglanz verdrängt (Abb. 11). Durch den Kupferkies, welcher in den Erzlagern des Sitarjevc nur lokal vorkommt, aber in dem nördlichen Erzzuge bei Vače Rezise ein anhaltendes Erz darstellt, ist an den vorliegenden Stufen keine unmittelbare Resorption vorgebildeter Minerale erfolgt.

Das Kennzeichen der Vorgänge im Erzlager während dieser dritten Vererzungsphase ist die bedeutende Ausscheidung von Quarz, in diesem Quarz schwimmen Resorptionsreste von Pyrit, während Kupferkies und Bleiglanz in äußerst feinen Kristallbäumen vollkristallin in den Quarz hinein-

ragen. Der Kupferkies und der Bleiglanz sind gleichzeitig mit dem Quarz ausgeschieden. Dabei erscheint der Quarz überwiegend als ein ziemlich grobes Gemenge, nicht kristallin begrenzter Individuen, dann aber auch in Gestalt feiner Prismen, welche parallel orientiert nebeneinander liegen und senkrecht vom Rande der Kupferkies- und Bleiglanzpartien, seltener von der Blende, aufgesproßt sind. Beide Quarzvarietäten sind stark getrübt, von feinsten — wahrscheinlich tonigschiefrigen — Restbestandteilen der Sandsteine durchsetzt. Der grobkristalline Quarz dürfte aber der ältere sein, welcher zur Zeit der Ausscheidung des Kupferkieses und Bleiglanzes gebildet wurde und welcher auch Pyrit und Blende resorbierte, während der prismatische

quarzfremde Bleiglanzklüfte in der Blende. Geschlossene Einschlüsse von Quarz oder Bleiglanz in der Blende — wie bei Rabenstein im Murtales — wurden dagegen in den Erzstufen von Litija nicht beobachtet. Die Altersfolge Kupferkies-Bleiglanz ist schwer zu bestimmen. Der erstere kommt in langgestreckten, verzweigten Zügen inmitten des Bleiglanzes vor, es kommt der Bleiglanz aber auch als Einragungen in einer Masse von älterem Quarz und Kupferkies vor. Diese Einragungen können die Gestalt sehr feiner Gangzüge annehmen. An einer Stufe konnte ich aber beobachten, daß eine in Kupferkies eingeschlossene Partie von Bleiglanz an ihrem gesamten äußeren Rande gegen Kupferkies aus grobkristallinem Bleiglanz besteht und aus einem zentral gelegenen feinkörnigem, mit Quarz durchsetztem Bleiglanz. Zum Teil ist daher der Bleiglanz wohl nach dem Kupferkies abgesetzt worden, wenn auch zwischen dem Absatze beider Sulfide keine bedeutende Zeitdifferenz gewesen sein dürfte, da beide zugleich mit der Struktur nach völlig übereinstimmenden grobkristallinen, unregelmäßig körnigem Quarz gebildet wurden.

Jünger als beide Sulfide erfolgte dann die Bildung des prismatisch-stengeligen Quarzes, welcher stets senkrecht auf der Oberfläche beider Sulfide — seltener auf derjenigen der Blende und des Pyrits — gestellt erscheint und die Bleiglanz- und Kupferkiesmassen daher wie ein dichtes Strahlengebilde überziehen kann (Abb. 12). Diese letzte Quarzgeneration muß aus einem Mineralisator abgesetzt sein, welcher Metallsulfide nicht mehr zum Absatz brachte, da sogar der stets übermäßig resorbierte Pyrit diese Erscheinung nicht mehr aufweist.

IV. Vererzungsphase: Baryt mit Bleiglanz, Kupferkies und Fahlerz, Zinnober

Baryt ist in den Erzlagern des Sitarjevc eine wichtigere Gangart als der Quarz. Er besitzt eine recht ungleichförmige Verbreitung; er kann lokal zu großer Mächtigkeit anschwellen, um in anderen Partien der Lagerstätte wieder vollständig zu verschwinden. Die in den Abb. 6 und 7 wiedergegebenen Ortsbilder geben hierfür eine gute Anschauung. Herr Ing. Rudroff in Littai machte die Beobachtung, daß in den neuerdings gemachten Grubenaufschlüssen die Erscheinung hervortrat, daß an allen jenen Stellen, wo sich zwei Lager scharen bzw. wo die zwei Lagertrum noch voneinander getrennt verlaufen, das untere Lager wenig oder keinen Baryt enthält, während das obere als Barytlager ausgebildet ist. Ob das eine für die Lagerstätte in Sitarjevc bestehende Regel ist, läßt sich zurzeit nicht feststellen (Abb. 6).

Der Baryt tritt mit allen in den älteren Vererzungsphasen gebildeten Mineralen in Berührung. Nur mit der in der Lagerstätte seltenen Blende habe ich keine Berührung auffinden können. Verbreitet ist seine Berührung mit dem Bleiglanze der dritten Vererzungsphase. Sie zeigt das Bild einer deutlichen und ergiebigen Resorption des Bleiglanzes. Es gibt Ortsbilder, in denen der Baryt derbe ältere Bleiglanzmassen in Zügen und Linsen durchsetzt und andere, in denen der vorwiegende Baryt nur dünne

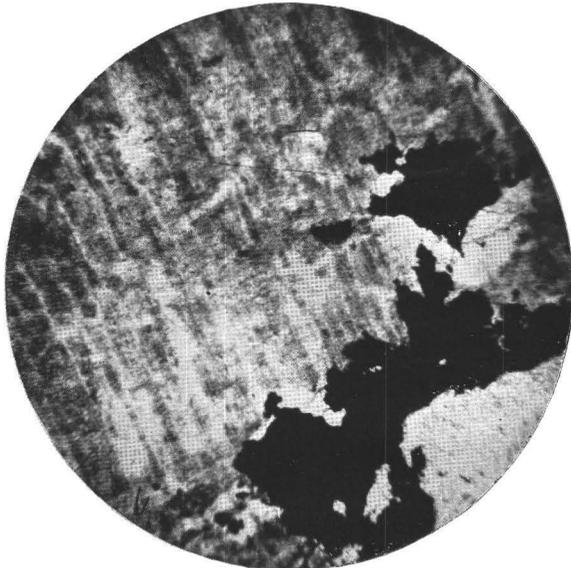


Abb. 12. Dünnschliff in gew. Licht, 18fache Vergr. Liegendlager in Litija.

Der späte Quarz sproßt von den Kristallbäumen des Bleiglanzes (schwarz), ebenso von der Oberfläche des Kupferkies und der Blende in hohem senkrecht zur Erdoberfläche gestellten Prismen auf (grau links), diese zeigen eine kleine Druckzone (von links unten nach rechts oben), sind sonst ohne orogenetische Störung, scharf auslöschend.

Quarz, welcher den Bleiglanz und Kupferkies strahlenförmig umgibt (Abb. 12), nach der Bildung dieser Sulfide zur Ausscheidung gekommen sein muß.

Der ältere Quarz verdrängt auch durch chemischen Umsatz Sandstein, er stammt zum großen Teil offenbar aus den Quarzkörnern des Sandsteines. Dünnschliffe lassen den Umsatz der sedimentären Quarzkörner zunächst in sehr feinkörnigen, nicht kristallin begrenzten Quarz, welcher allmählich grobkristalliner wird, gut erkennen. Auch in die Siderite dringt der Quarz von bestimmten Zentren aus vor und ebenso in die Blende, welche von Quarzklüften durchzogen ist. Im letzteren Falle sind die Salbänder der Klüfte, die Oberflächen der angelösten Blende vielfach von einem feinen Saume von Bleiglanz besetzt (Abb. 11). Das Vorhandensein der Blende muß fälschlich auf das Bleisulfid eingewirkt haben. Die Blende erscheint als Anreger für die Ausscheidung des Bleisulfids. Daneben gibt es auch fast

Züge von Bleiglanz einschließt (Abb. 6). Der Baryt tritt meist an geschwungenen, scharf begrenzten Flächen an den Bleiglanz heran, ohne daß kristalline Elemente des einen Minerals in das andere hineinragen. Die Oberfläche des Bleiglanzes ist unorientiert, schräg zur Kristallstruktur der Bleiglanzmasse gelegen. Von diesem älteren Bleiglanz ist aber ein jüngerer, gleichzeitig mit dem Baryt wiederum abgesetzter, abzutrennen, welcher stets in schmalen Zügen den Baryt durchsetzt und in zierlichsten Kristallbäumen zwischen meist besonders feinkörnigem Baryt in diesen hineinragt. Diese Züge sind aber nur sehr wenig mächtig und enthalten nur eine untergeordnete Bleiglanzmenge (Abb. 6). Die Hauptmenge des Bleiglanzes in der Lagerstätte ist in der dritten Vererzungsphase gebildet worden und nur wenig jüngerer Bleiglanz neben Kupferkies wurde gleichzeitig mit dem Baryt rekristallisiert. Eine interessante und lagerstättenkundlich wichtige Erscheinung ist das im Baryt von Litija allerdings sehr seltene Auftreten von Tetraedrit und Bournonit (vgl. Voß, Mineralien von Krain. 1895. S. 17). Die einzige Stufe, welche ich kenne, enthält diese Erze im innigen Gemisch mit Bleiglanz und Kupferkies. Es ist in der Barytphase Sb und Ag in die Lagerstätte, wenn auch in sehr geringer Menge, eingetreten.

Der meist schneeweiße Baryt zeigt u. d. M. das für diesen Lagerstättentypus charakteristische Bild zahlloser kleiner, unregelmäßig, aber lückenlos nebeneinander gelagerter Kristalle der verschiedensten Orientierung. Es wechseln feinkörnige Partien mit grobkörnigeren. Im Dünnschliff zeigen die Barytkörner intensive gleichmäßige Farben, welche unter gekreuztem Nikol stets eine scharfe Auslöschung besitzen¹⁹⁾. In die Barytmasse finden sich häufig Quarzkörner mit wolkiger Auslöschung aus dem primären Sandstein eingestreut und auch Züge von Linsen eines mit Karbonat imprägnierten Sandsteines; diese besitzen eine gelbliche Farbe und an sie sind interessanterweise dann stellenweise recht reiche Zinnober-Anflüge gebunden (Abb. 13). U. d. M. erscheint der Zinnober in Gestalt kleiner Aggregate von vollkristallinen Kristallen, welche stets Prismenflächen zeigen, u. d. M. rotviolett durchscheinen und auf der angeschliffenen Erzstufe als blutrote Züge sehr auffällig sind. Die Zinnoberkristall-Aggregate können in dem gelben stark umgesetzten Sandstein, aber auch direkt im Baryt eingeschlossen sein. In der Umgebung dieser Sandsteinlinsen-Züge ist der Baryt meist grau bis schwarz gefärbt und erscheint diese Färbung durch mikroskopisch feine Züge von Bitumen oder bituminösen Schieferresten hervor-

¹⁹⁾ Die Erfahrungen aus der Untersuchung der Pb-Zn-Lagerstätte von Rabenstein mit starker Beeinflussung durch späteren orogenetischen Druck gingen dahin, daß der Baryt eine wolkige Auslöschung auch nach starker Druckwirkung nicht annimmt. Selbst stark kleingefaltete Barytstufen (vgl. Tornquist, Das System der Blei-Zinkerz-Pyrit-Vererzung im Grazer Gebirge. Sitzungsber. d. Akad. d. W. Wien, Abt. I. Bd. 137, S. 387. 1928) lassen unter gekreuztem Nikol kaum eine wolkige Auslöschung erkennen. Baryt läßt sich daher als Indikator für post- oder prätektonische Vererzung nicht verwenden.

gebracht. Außerdem konnten im Baryt noch lichtgraue abgerundete Bruchstücke eines von lichtvioletter Eisenglanz nach allen Richtungen durchzogenen Quarzes beobachtet werden (Abb. 14).

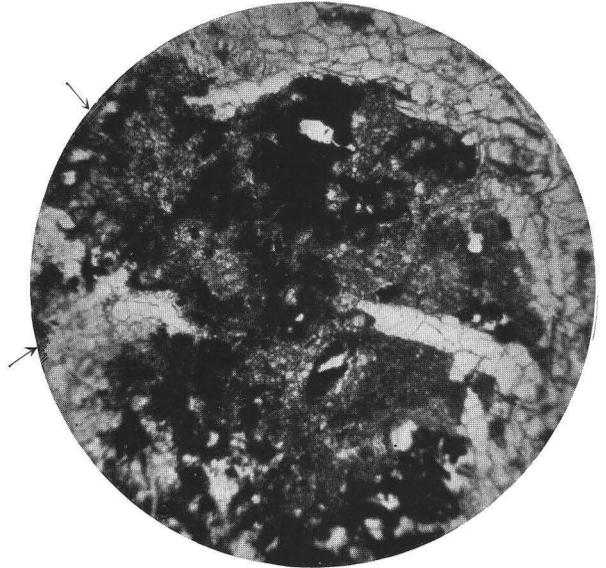


Abb. 13. Dünnschliff im gew. pol. Licht, 18fache Vergr. Liegendlager von Litija.

In einem von körnigem Baryt (licht) umgebenen Sandsteinrest sind zahlreiche Zinnober-Kristalle (schwarz) eingesetzt. Zinnober als Ausscheidung in Hohlräumen jeder Art in der Lagerstätte, letzte Vererzungsphase.

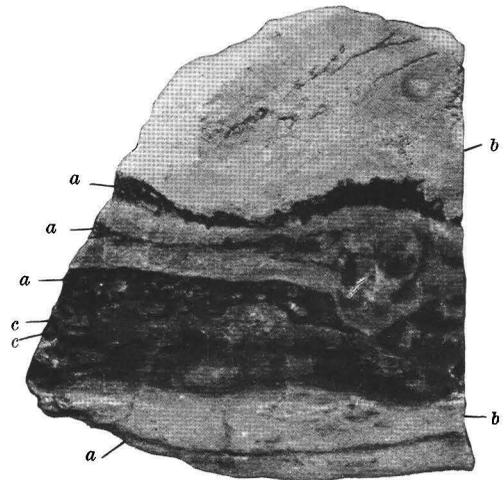


Abb. 14. Verkleinerte Erzstufe des Liegendlagers von Litija. *b* Baryt, *a* Bleiglanzzüge, der obere Zug an der Barytgrenze mit rekristallisiertem Bleiglanz, der zweite und unterste Zug aus rekristallisiertem Bleiglanz der IV. Phase bestehend. Der mittlere mächtigere Bleiglanzzug der Hauptsache nach aus der III. Phase, in ihm rechts eine mit Eisenglanz durchzogene Quarzmasse. *c* Sandsteinreste mit Zinnober, rechts anschließend blutrotes Zinnoberband in dunkelgrauem Baryt und Eisenglanzzüge (vgl. S. 27).

Die barytreichen Erzlager erhalten durch diese Einschlüsse eine gebänderte Struktur, welche besonders im Anschliff durch den schneeweißen und in Schichten grauen Baryt mit den glänzenden Bleiglanzzügen, den von rotvioletter Zinnober durchzogenen gelben Sandsteinlinsen-zügen oder den licht-

violetten Eisenglanzzügeln im weißen Baryt eine farbenprächtige Ausbildung erhalten. Die Ausbildung dieser Lager kann — ebenso wie bei den Erzlagern von Rabenstein im Murtal — nur durch sehr starke Resorption, vor allem des Quarzes, aber auch der Erze aus den vorangegangenen Vererzungsphasen zustande gekommen sein. Es ist das Bild einer „schichtigen Metasomatose“, wie ich sie von Bleiberg-Kreuth beschrieben habe. Während der Barytausscheidung ist vor allem der Quarz in weitgehendem Ausmaße wieder gelöst und fortgeführt worden, aber auch den Sandstein hat dieses Schicksal erreicht. Die Verteilung der an Schieferresten reichen Züge des grauen Baryts und der Züge erhalten gebliebenen Sandsteines sowie von Bleiglanz aus der dritten Vererzungsphase beweisen aber, daß vor oder bei dem Absatze des Baryts kein völliger Zusammenbruch des Erzlagers erfolgte, sondern daß der Baryt in bestimmten Schichten auf Ebenen parallel den Salbändern des Erzlagers vordrang, und in diesen die mehr oder minder vollständige metasomatische

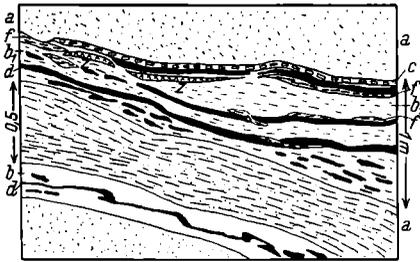


Abb. 15. Ortsbild vom Abbaustöß des Hauptliegendlagers in Litija.

a Sandstein und sandiger Schieferton, b Baryt, c Kupferkies, d Bleiglanz (schwarz), f Limonit, z Zinnober.

Verdrängung vorbestandener Lagerstättenbestandteile durch neu abgesetzten Baryt erfolgte (Schichtungs-metasomatose).

Von besonderem Interesse ist das Auftreten des Zinnober. Ich habe Zinnober an vielen Stellen im Bergbau von Litija beobachten können. In der limonitischen Zersetzungzone im zweiten rechten Querschlag des Haupteinbaues, wo reiche Zinnobermengen in einer von Limonit tiefbraun gefärbten grobklastischen Sandsteinbank in Auswitterungsklüften auftraten und in Erzstufen aus dem Gesenkbau, wo barytreiche Lagerteile die oben beschriebenen, an Sandsteinreste gebundenen, ärmeren Zinnober einschlüsse beherbergen, aber auch selbst feinst von Zinnober imprägniert oder von derben prismatisch spaltbaren, daher quersfaserig erscheinenden Zinnoberzügen durchzogen sein können. Riedl beobachtete Zinnober als Stahlerz in Bändern bis zu 3 cm mächtig und in deutlich kristalliner Form als Einschluß, wie oben beschrieben, oder als Anflug auf unscheinbaren Klüften im Sandstein. Nach Riedl tritt er am reichsten mit Limonit auf. Diese verschiedenen Erscheinungsformen beweisen, daß die Zinnoberbildung teilweise wenigstens eine sehr junge ist. Die Anreicherung von Zinnober in der Oxydationszone ist wiederholt anderorts beobachtet worden, trotzdem er im Wasser

praktisch unlöslich ist. Man kann sich diese Ausscheidung in limonitischen Verwitterungszonen auch nicht durch Lösung in Ferri- oder Ferro-Sulfate erklären, nach Lindgren²⁰⁾ wäre an einen Lösungstransport von Hg durch Alkali-Sulfid zu denken, aus welchem Zinnober durch H₂S niedergeschlagen wird. Ein derartiger Mineralisator wäre einem Mineralisator, aus welchem der Baryt gebildet wurde, verwandt. Er wäre ihm unmittelbar gefolgt, so daß auch der inmitten der Barytlager angetroffene Zinnober seine Erklärung fände. Es ist daher das wahrscheinlichste, daß die Zinnoberbildung gleich nach derjenigen des Baryts einsetzte, daß aber ein späterer Absatz bzw. Transport von Zinnober noch später anhielt. Zinnober konnte sekundär in allen jenen Teilen der Lagerstätte abgesetzt werden, welche gegen Ende und nach dem Ende der Barytbildung noch poröse (Sandstein) oder klüftige Beschaffenheit besaß. Trotzdem erfolgte der Absatz lokal in sehr wechselndem Ausmaße. Die von Zinnober imprägnierten Barytpartien zeigen einen aufgelockerten Verband, so daß die Herstellung von Dünnschliffen sehr schwierig ist. Für die Annahme eines teilweise sehr jungen Umsatzes von Zinnober in Sitarjevc spricht das häufiger beobachtete Auftreten von stark CO₂-haltigen Wässern im Bergbau.

c) Der Bildungsvorgang und das Alter der Erz-lager des Sitarjevc

Das geschlossene gegen das Nebengestein scharf abgegrenzte Bild der Erzlager von Litija geben uns manches Rätsel auf. Unzweifelhaft spielte bei dem Absatze der Lagerstätte der Einschluß vieler feiner bituminöser Schieferzüge, welche sich gerade in den verzerten Sandsteinbänken fanden, eine entscheidende Rolle. Die Verzweigung und die Scharung der einzelnen Erzlager spiegelt die leichte Kreuzschichtung in dem primären Sediment wieder. Die eigentliche Position der Erzlagerfolge ist aber sowohl im nördlichen als im südlichen Lagerzuge durch einen stets in ihrem Hangenden vorhandenen Tonschieferhorizont bedingt. Der hangende Tonschieferhorizont des nördlichen Lagerzuges ist dabei stratigraphisch nicht der gleiche wie derjenige des südlichen Lagerzuges. In beiden Fällen sind aber die hangenden Schieferhorizonte zur Zeit der Vererzung die ersten unter der damals noch bestandenen und dem Relief in den oberkarbonischen Sandsteinen übergreifend aufgelagerten Triasdecke gewesen. Wir finden in dieser Abhängigkeit der Position der Erzlager zu impenetrablen Einlagerungen in einem leicht durchlässigen Sediment eine Erscheinung wieder, welche bei den meisten unserer ostalpinen durch Metasomatose gebildeten Erzlagern besteht. Im Sitarjevc-Berg sehen wir aber unter dem verzerten Sandsteinhorizont zahlreiche im Liegenden befindliche andere Schiefertoneinlagerungen, unter denen ent-

²⁰⁾ Mineral deposits. 3. Edit., S. 980. New York 1928. Nach Lindgren enthalten die nordamerikanischen Gesteine, welche Zinnober absetzen: Natriumkarbonat, Natriumchlorid oder Natriumborat, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff.

weder gar keine Anzeichen der Vererzung wahrnehmbar sind oder unter denen nur Erscheinungen einer sehr armen, unvollkommenen und maschig-absätzigen Vererzung beobachtet werden können. Es müssen daher zu dem Vorhandensein impenetrabler Hangendschichten noch andere Vorbedingungen für den Erzabsatz kommen und diese Vorbedingungen müssen wohl vor allem in dem Vorhandensein eines Temperaturgefälles in der Schichtenfolge am Orte der Vererzungsvorgänge gesucht werden. Besonders klar tritt im nördlich der Save befindlichen Erzlagerzug der Umstand hervor, daß die Erzlager unter dem stratigraphisch höchstgelegenen Tonschieferhorizont gelegen sind. Am Sitarjevberg sind die Hangendschichten der Lagerstätte nur in verhältnismäßig geringer Mächtigkeit vorhanden, aber, wie eingangs betont wurde, ist gegen das Savetal in nachmiozäner Zeit eine starke Abtragung des Gebirges erfolgt. Man wird annehmen müssen, daß unter dem stratigraphisch höchsten Niveau von Schieferton und Tonschiefer-Einlagerungen zur Zeit der Erzbildung eine Gefällsstufe in der Temperaturverteilung innerhalb der Schichtenfolge bestand. Diese kann nur dadurch zustande gekommen sein, daß bis zum Hangenden der obersten Schiefereinlagerung das Grundwasser gereicht und zirkuliert hat. Die höchste Schiefereinlagerung bildet im Schichtenaufbau der „Littai Antiklinale“ den Trennungshorizont zwischen dem deszedenten Grundwasser und den aszedenten Mineralisatoren. An diesem Grenzhorizont beider Wässer müssen die aufsteigenden Mineralisatoren einen nicht unbedeutenden Temperaturabfall erfahren haben.

Dieser Befund bei der Blei-Zinklagerstätte der Littai Antiklinale ist von prinzipieller Bedeutung, wir können aus ihm die Folgerung ziehen, daß eine Lagerstätte um so mehr auf einen relativ wenig mächtigen Gesteinshorizont beschränkt ist, je stärker der Temperaturabfall an der im Hangenden befindlichen impenetrablen Schicht ausgebildet war. Je größer die Vertikalzone war, auf welcher sich das Temperaturgefälle verteilte, um so stärker erscheinen in der Lagerstätte die Merkmale eines Stockwerkbauens und um so mächtiger ist die vertikale Ausdehnung der gesamten Erzlagerstätte. Das Vertikalausmaß der Lagerstätte hängt dabei von zwei Faktoren ab, von der Größe des Temperaturgefälles am Vererzungsort und von der Eigentemperatur der Mineralisatoren. Ist die letztere bei Schalenblende führenden und quarzfreien Lagerstätten eine geringe gewesen, so konnte auch das Temperaturgefälle nur ein kleines sein und es entstanden die bis weit in die Tiefe sowohl in der prozentuellen Anteilnahme der Lagerstättenminerale als auch in dem Grade der Erzkonzentration ganz einheitlich aufgebauten Erzlagerstätten vom Typus Bleiberg-Kreuth. War die Eigentemperatur von Mineralisatoren zur Zeit der Ausscheidung, wie in Litija, mit einer körnigen Zinkblende und dem reichlichen Quarz, höher, so war das Temperaturgefälle ein stärkeres. Es erfolgte die Erzausscheidung nur bis in geringe Tiefe vom hangendsten Schieferhorizont.

In Litija ist ferner eine sehr schwache Stock-

werkbildung durch das im Savestollen aufgeschlossene (vgl. Abb. 2), höchste, sehr arm und maschig vererzte Lager angedeutet und an ihm sehen wir das gleiche, wie im Stockwerkbau des Grazer Gebirges, daß die Barytbildung in der Tiefe eine relativ intensivere gewesen ist, als in den oberen Lagerzügen. In gewisser Weise tritt die Erscheinung in dem auf S. 13, Abb. 6, wiedergegebenen Ortsbild hiezu im Gegensatz, da im Liegendlager des Haupterzhorizonts die tieferen Lagerteile ärmer an Baryt sind als die Hangenden.

Da sich die Blei-Zinkerzlagerstätte des Grazer altpaläozoischen Gebirges ebenso wie diejenige von Littai durch den reichlichen Gehalt an Quarz und das Fehlen des Zinksulfids als Schalenblende ebenfalls als Bildung aus höher temperierten Mineralisatoren ausweist, muß der von mir bei der ersten genannten Lagerstätte festgestellte ausgeprägte Stockwerkbau seine besonderen Gründe haben. Es muß in ihrem Bildungsgebiet ein mit der Tiefe zu langsamer abklingendes Temperaturgefälle vorhanden gewesen sein als im Bildungsbereiche der paragenetisch ähnlichen Lagerstätte von Litija. Es erscheint mir nicht unwahrscheinlich, daß die großen Unterschiede im Stockwerkbau beider Lagerstätten darin ihre Erklärung finden, daß die ältere Grazer Lagerstätte bei ihrer Bildung unter einer mächtigeren Decke devonischer Gesteine und daher entfernter von im Hangenden zirkulierendem Grundwasser gebildet wurde, als die Lagerstätte von Litija, welcher das in relativ geringem vertikalen Abstand innerhalb der zur Zeit der Vererzung noch vorhandenen Triasdecke²¹⁾ und innerhalb der Sandsteine im Hangenden zirkulierende Grundwasser örtlich näher war und ein stärkeres Temperaturgefälle im Entstehungsbereiche der Lagerstätte bedingte.

Speziell in Litija konnte ferner die Beobachtung gemacht werden, daß die Ausscheidung der Lagerstättenminerale der ersten Vererzungsphase teilweise durch mechanische Verdrängung der Bestandteile des primären Gesteines erfolgte. Pyrit wächst in Würfeln unter Beiseiteschieben der Schieferbänder, die Siderit-Rhomboeder wachsen zwischen den Quarzkörnern des Sandsteines und drängen diese aus dem Raum ihres Anwachsens. Sodann folgt eine ursprünglich wohl recht reichliche Blendebildung, welche nach den Beobachtungen an den Dünnschliffen so eng mit dem vorhandenen Karbonat und Pyrit verbunden erscheint, daß wohl das Vorhandensein der letzteren wesentlich zu ihrer Ausscheidung beigetragen haben müssen. Es kommt also zum Faktor der Erzausscheidung durch Temperaturgefälle im Mineralisator ein neuer Faktor, die Anregung zur Ausscheidung durch das Vorhandensein bestimmter, als Anreger funktionierender Metallverbindungen. Es spricht allerdings alles dafür, daß dieser Faktor wenigstens in der Lagerstätte der „Littai Antiklinale“ ein sehr viel wenig wirksamerer gewesen ist, als das Temperaturgefälle, dann in der folgenden dritten Vererzungsphase wurde eine so beträchtliche Menge von Lagerstättenquarz, und zwar vornehmlich durch Umkristallisation des Quarzes im Sandsteine gebildet,

²¹⁾ Vgl. S. 12.

ohne daß für dieses Mineral eine Anregung durch vorgebildete Minerale erfolgt sein kann. In dieser Phase der Kupferkies-, Bleiglanz-, Quarzbildung sind es besonders hochtemperierte Wässer gewesen, welche aufstiegen, bei denen sich dementsprechend auch das Temperaturgefäll intensiver gestaltete und so eine besonders ergiebige und schnelle Ausscheidung verursachten. Hiefür spricht das Vorhandensein nicht durch Kristallflächen begrenzter grober Quarzmassen dieser Phase. Erst am Schlusse dieser Vererzungsphase setzte eine Bildung regelmäßig nebeneinander gestellter Quarzprismen ein. Die Anlage dieser letzten Quarzbildung ist durch die Oberfläche der vorher gebildeten Sulfide (Bleiglanz und Kupferkies) vorgezeichnet, sie wachsen in senkrecht auf die Oberfläche der Sulfide gestellten Prismen an und ersetzen auch den vorgebildeten unregelmäßig gegeneinander orientierten älteren Quarz, so daß wir uns den Beginn der jüngeren Quarzbildung auf der Oberfläche der Sulfide denken müssen.

In der letzten (vierten) Vererzungsphase findet eine lokal bedeutende, in bestimmten Horizonten intensivere Barytbildung statt. Sie ist in Litija nicht durch das lokale Vorhandensein leicht in Lösung gehender Karbonate lokalisiert, sondern durch sie werden auch Sandstein und Quarz gelöst neben vorher gebildeten Erzen. Sie erscheint wie keine andere durch das Temperaturgefäll bedingt. Mit ihr und wohl auch nach ihr wird in den porösen Teilen der Lagerstätte, besonders zwischen den Barytkörnern, und in dem begleitenden Sandstein Zinnober abgesetzt, offenbar sehr langsam, denn das Quecksilbersulfid ist — wie es sehr selten in diesen Lagerstätten der Fall ist²²⁾ — zu großem Teil in Vollkristallen ausgeschieden. Mit dem Baryt findet Rekrystallisation von Bleiglanz und Kupferkies und Absatz spärlichen Bournonits und Tetraedrits statt. Diese Bildung entspricht der späten Fahlerzgeneration, welche in nordamerikanischen perimagmatischen Lagerstätten verbreitet ist²²⁾ und von mir neuerlich auch in der oberkretazischen, perimagmatischen Lagerstätte von Offberg im Remschnigg nachgewiesen werden konnte (im Druck).

Die Struktur, Mineralfüllung und Paragenese der Lagerstätte von Litija hat die größte Ähnlichkeit mit derjenigen von Rabenstein im Murtal, welche ich im Jahre 1927 beschrieben habe²³⁾. Die Lagerstättenminerale der ersten Vererzungsphase entstanden aus eisenhaltigem, Ca- und Mg-hältigen Kohlensäure-Thermen. Es folgte ein Nachschub etwas höher temperierter Wässer, mit welchem dann $ZnCl_2$ und H_2S aufstieg. Der in der Temperatur anwachsende Mineralisator brachte sodann SiO_2 , $PbCl_2$ und wieder H_2S ; aus ihm erfolgte ein anfangs intensiv dann langsam abnehmender Ausfall von $CuFeS_2$, PbS und SiO_2 . Der Bleiglanz wird langsam grobkristalliner, der Quarz gerichtet kristallin. Der letztere scheidet sich immer noch aus, nachdem die Bildung des Kupferkieses zuerst und dann des Bleiglanzes schon beendet war. Die Resorption der vorher ge-

bildeten Blende, des Pyrits, findet sehr intensiv statt, aber auch der Sandstein wird in großem Maße zu Lagerstättenquarz umkristallisiert. Auch Feldspat wird neu gebildet. Schließlich erfolgt eine neue starke Abwandlung des Mineralisators, und führt die Therme SO_2 und H_2SO_4 sowie $BaCl_2$. In ihr gehen lokal große Teile der vorgebildeten Sulfide wieder in Lösung, schließlich wird aber ein kleinerer Teil des gelösten Bleiglanzes von neuem niedergeschlagen (Rekrystallisation). Die Temperatur dürfte dabei eine herabgeminderte gewesen und zur Zeit der Zinnoberbildung weiter gefallen sein. Zinnober ist in Alkalisulfiden löslich, nicht in H_2SO_4 -Wässern. Die Therme dürfte am Ende der Barytausscheidung neben Alkalien H_2S geführt haben. Eine karbonatische Schlußphase des Vererzungs Vorganges ist in der Lagerstätte von Litija ebensowenig zu erkennen, wie in der von Rabenstein im Murtal. So sehr auch der Zinnobergehalt der ersteren als Unterschied zwischen diesen beiden Lagerstätten erscheinen mag, so wenig stellt er für Bleizinkerzlagertstätten dieses Typus einen besonderen Ausnahmefall dar. Zinnober findet sich in ähnlicher Weise in dem großen Blei-Zinkerz-Revier Südsardiniens vom Typus Monteponi als auch in Santander in Spanien.

Der Lagerstättentypus Litija ist als metasomatisch mesohydrothermal zu bezeichnen. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit einem vulkanischen Körper, aus dem die Mineralisatoren mit den in der Lagerstätte abgesetzten Stoffen stammen, ist nicht sichtbar. Wenden wir die Erfahrungen an nordamerikanischen Lagerstätten auf die unsere an, so würde das Auftreten von Zinnober für keine große Entfernung vom vulkanischen Herde sprechen. Lindgren gelangte auf Grund der nordamerikanischen Lagerstätten zu dem Resultat: „The cinnabar deposits occur in rocks of any kind and any age, but almost always in close connection with effusive rocks or in regions of volcanic activity.“ Quecksilber wird dabei allgemein als letztes und löslichstes Produkt der Differentiation vieler Magmen angesehen. Es ist fraglich, ob diese Erfahrung auf die ostalpinen Lagerstätten angewandt werden kann. Zinnober in nicht abbauwürdiger Menge ist eine recht verbreitete Erscheinung in den verschiedensten Gebieten der Ostalpen, ohne daß es auch nur an einer einzigen Stelle gelingt, unmittelbar die Verbindung mit einem vulkanischen Gestein festzustellen, überall muß Zinnober eine junge Bildung sein, da seine Lagerstätten erfahrungsgemäß nur wenig tief (zirka 300 m) reichen und sie, falls sie alt wären, längst der Abtragung zum Opfer gefallen wären. Die Lagerstätte Litija ist apomagmatisch.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Lagerstätten von Litija und Rabenstein besteht aber im Alter beider. Rabenstein, im Altpaläozoikum der Zentralalpen gelegen, zeigt durch die starke Deformation und Pressung ihrer Minerale eine starke Einwirkung später erfolgter orogener Bewegung. Sie ist ausgesprochen prätektonisch. Die Lagerstätte von Litija zeigt dagegen nur eine sehr geringe und in ihren letzten Mineralbildungen überhaupt keine Beeinflussung des Gebirgsdruckes. Sie ist im wesentlichen posttektonisch und sicher jünger als die

²²⁾ Lindgren, Mineral deposits. 3. Edit., S. 539. 1928.

²³⁾ Vgl. Zitate auf S. 1.

Haupttektonik der Savefalten. Die Abhängigkeit der Erzführung des nördlichen Lagerzuges zwischen Desčen-Jesenje-Resize von dem Streichen in alpiner und dinarischer Richtung (vgl. S. 9) beweist, daß sie jünger sein muß als diese Tektonik. Sie muß ihrer Hauptentstehung nach postoligozän sein. In der Lagerstätte zeigen interessanterweise die ältesten Minerale, die Karbonate, vor allem der erstgebildete Kalzit, sehr starke Anzeichen orogenetischer Druckwirkung. Die Kalzite sind schon makroskopisch sichtbar deformiert, sie zeigen sehr starke Druckverzwillingung und wolkige Auslöschung im Dünnschliff unter gekreuzten Nikols. Dagegen lassen alle späteren Mineralbildungen allermeist gar keine oder nur lokal eine geringe Druckwirkung erkennen. Der Bleiglanz spaltet häufig in ebenen Würfflächen, seine zierlichen Kristallbäume im Quarz und Baryt sind ungestört. Die langen prismatischen Quarzkristalle, welche auf der Oberfläche der Sulfide aufgesproßt sind, erscheinen unverdrückt und besitzen scharfe Auslöschung. Nur in bestimmten Lagerteilen läßt der Bleiglanz eine schieferige Deformation und der Quarz eine sehr leicht undulöse Auslöschung erkennen. Die Lagerstätte von Litija ist in ihrer Hauptsache nach posttektonisch. Der Beginn ihrer Bildung, der Absatz des grobspätigen Kalzits muß aber mit einer starken orogenetischen Bewegung zusammenfallen. Die Savefalten sind nun eine Gebirgszone, welche zur oberoligozänen Zeit eine starke Faltung (savische Faltung Stilles) und am Südrand einen Aufschub auf den Hochkarst erfahren hat, es haben aber auch im Jungtertiär wiederum erhebliche orogenetische Bewegungen in ihnen stattgefunden. In ihren Mulden, so in der nördlich der „Littai Antiklinale“ gelegenen „Mulde Sagor-Tüffer“ haben selbst die pontischen Sedimente noch stark an der Einfaltung teilgenommen. Während der Einfaltung dieser Synklinale kann ein gewisser orogenetischer Druck auch in der Antiklinale nicht gefehlt haben. Diese orogenetische Druckwirkung im Jungtertiär kann aber nur schwach gewesen sein, denn eine starke Aufrichtung oder gar eine Faltung, ist im Bereiche der „Littai Antiklinale“ in jungtertiärer Zeit, d. h. miozän oder postmiozän, nicht mehr erfolgt, da die Hochflächen des Savetales, auf welchen noch Reste von Leithakalk erhalten sind, eine stärkere Verstellung jedenfalls nicht erfahren haben. Es kann demnach kaum ein Zweifel bestehen, daß die orogenetisch so stark beeinflussten Kalzite zur Zeit der oberoligozänen Bewegung gebildet wurden und daß die Bildungen der späteren Lagerstättenminerale lediglich den schwachen Druck im Jungtertiär erlitten haben. Die Vererzung der Lagerstätte von Litija hat daher beim Beginne des Miozäns begonnen und dann vielleicht nur bis ins Sarmat angehalten. Suchen wir nach einem sichtbaren Vulkanismus, so kämen nur die in der Mulde von Sagor-Tüffer weitverbreiteten Eruptiva in Betracht. Nach Fr. Teller²⁴⁾ handelt es sich um andesitisch-dazibische Eruptiva, welche in Form effusiver Decken

oder Lavaende an der Basis des Miozäns gelegen sind und um Intrusiv-Eruptiva vom Typus der Augitandesite, lokal auch als Dazite erscheinend, deren Alter nicht bestimmbar ist, da sie in Form von Stöcken in Trias und Karbon intrudiert sind. Wahrscheinlich ist die letztgenannte Intrusivfacies aber triadischen Alters. Jedenfalls ist aber effusiver Vulkanismus im Beginne des Miozäns aktiv geworden. Wenn dem so ist, so kann kaum ein Zweifel bestehen, daß die Blei-Zinkerz-Lagerstätte von Litija als Bildung von Emanationen eines Magmas aufzufassen ist, welches im Beginne des Miozäns im Gebiete der Savefalte deutliche und verbreitete Effusiva an die Tagesoberfläche gelangen ließ. Die Bildung der ältesten Karbonate ging dem Effusiv-Vulkanismus voran und der Vererzungsprozeß selbst überdauerte mit seiner letzten Endphase der Baryt- und Zinnerz-Bildung diese wohl noch erheblich. Der Vererzungsvorgang in den Savefalten erscheint als Folge der Erstarrung eines andesitisch-quarzdioritischen Magmas im Altmiozän.

6. Die Genesis der Blei-Zinklagerstätte im nördlichen Lagerzug

Der nördliche Zug der Blende-Quarzlager läßt sich genetisch leicht auf den bei Litija festgestellten Vererzungsvorgang zurückführen. Die Blendelager

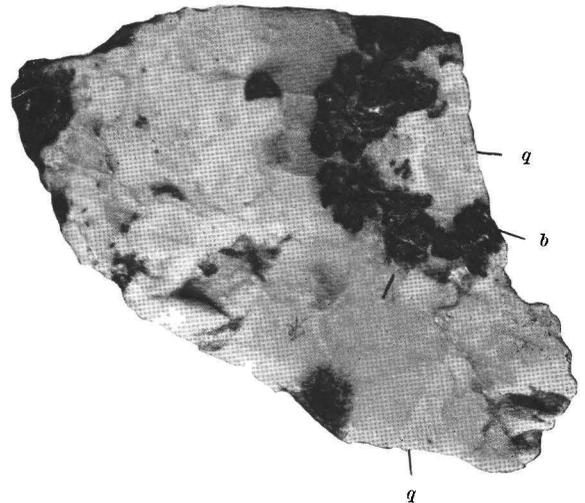


Abb. 16. Verkleinerte Wiedergabe einer Erzstufe aus dem nördlichen Erzzug bei Vernek (Heinrichstollen).

In einer Quarzmasse (weiß) *q* sind zahlreiche Resorptionsreste von Siderit (grau) eingeschlossen. Der Quarz wird von Blendezügen *b* durchzogen, welche deutliche Resorptionsränder gegen den Quarz aufweisen. Siderit aus I. Vererzungsphase, Blende aus II. Vererzungsphase, Quarz aus III. Vererzungsphase. Dieser Lagerzug enthält keinen Baryt und sehr seltenen Bleiglanz.

im Heinrichstollen nördlich Vernek enthalten ausgiebig Siderit. Dieser kommt in wenig verquarzten derben Massen im Liegenden des Lagers vor, ist aber auch als deutlicher Resorptionsrest in Form gelber unscharf im schneeweißen Quarz verlaufender Partien besonders im polierten Anschliff erkennbar (Abb. 16). Ebenfalls die Blende, welche teilweise den weißen Quarz in gewundenen stark absätzigen Schnüren, teilweise in unregelmäßig begrenzten Partien durchsetzt, zeigt gegen den Quarz meist ge-

²⁴⁾ Erläuterungen zur geol. Karte Eisenkappel-Kanker. S. 135. Wien 1898.

rundete Resorptionsflächen. Der Quarz ist ferner am Rande gegen die Blende lichtgrau bis dunkelgrau gefärbt und dann reich an fremden, wahrscheinlich aus dem Schiefer stammenden Einschlüssen. Die Paragenese: Siderit-Blende-Quarz ist in diesem Lagerzug leicht festzustellen. Es fehlt in bestimmten Lagerteilen aber auch nicht an Baryt, welcher das Lager parallel den Salbändern in einer Mächtigkeit von 2 bis 3 cm durchziehen kann und Einschlüsse von Karbonat, Blende, Quarz und Sandsteinresten enthält. Der Unterschied der Blendelager des nördlichen Lagerzuges gegenüber dem südlichen Lagerzug von Litija besteht, abgesehen von der geringen, selten über 20 cm hinausgehenden Mächtigkeit, lediglich in dem fast vollständigen Fehlen des Bleiglanzes und daneben auch des Kupferkieses und Zinnobers. In der dritten Vererzungsphase sind die Sulfide nicht gebildet worden, wohl aber in ausgiebigstem Ausmaße der Quarz. Wegen des ausgebliebenen Bleiglanzabsatzes ist die in der zweiten Vererzungsphase gebildete Blende in geringerem Maße resorbiert worden als im südlichen Lagerzuge von Litija und daher in viel größerer Menge erhalten geblieben. Die gleiche Erscheinung zeigt sich in der Erzfüllung der zubringenden Verwerfer. Die N-S-Verwerfer bei Sankt Agatha nördlich Lase (vgl. S. 9) führen eine Breccie, welche nur durch Blende zementiert ist, die gleichen Verwerfer sind in Litija im Liegenden der Erzlager durch Führung derben Bleiglanzes ausgezeichnet. Das Ausbleiben der Bleivererzung im nördlichen Lagerzuge wird begleitet von dem Fehlen der Ausscheidung von Baryt der vierten Vererzungsphase und auch der Zinnerbildung. Die Ursache des Fehlens der Mineralbildung der dritten und vierten Vererzungsphase im nördlichen Lagerzuge könnte entweder durch eine entsprechende Verschiedenheit in der Metall- und Barium-Führung der Mineralisatoren, welche im Bereiche des nördlichen Lagerzuges aufgestiegen sind, erklärt werden oder aber es müßte angenommen werden, daß die zubringenden Verwerfer während der dritten und vierten Vererzungsphase im Bereiche des nördlichen Lagerzuges den Mineralisatoren keine Möglichkeit des Aufstieges geboten haben. Diese letztere Erklärung erscheint aus dem Grunde wahrscheinlicher, als sich die normale vollständige Erzfüllung auch im nördlichen Erzlagerzuge sofort einstellt, wo derselbe aus dem alpinen Streichen nördlich Hotič in das dinarische Streichen umschwenkt. Zur Zeit der dritten und vierten Vererzungsphase waren die Flächen der zubringenden Verwerfer im Bereiche der alpin streichenden oberkarbonischen Sandsteinzone entweder durch orogenetischen Druck oder durch überreiche Ausscheidung von Blende in ihnen vollständig geschlossen, während die gleichen Verwerfer im Bereiche des dinarischen Streichens den Mineralisatoren Durchzug erlaubten. Auf analoge Ursachen dürfte die fast reine Bleiglanzfüllung der Erzkörper in Reka zurückzuführen sein. Für eine primäre Verschiedenheit der Mineralisatoren im Zuge der vererzten Savefalten ließe sich keine sichere Beobachtung anführen. Es handelt sich also bei diesen Befunden nicht um eine zonare Lagerstättenverschiedenheit im gebräuchlichen Sinne, sondern um

eine Erscheinung, welcher lediglich lokale Bedeutung beizumessen und welche als eine Folge der wechselnden tektonischen Struktur des Gebirges aufzufassen ist.

Immerhin bleiben gewisse Unterschiede zwischen den Erzkörpern des nördlichen und südlichen Lagerzuges auch dort noch bestehen, wo der nördliche Lagerzug Bleiglanz, Kupferkies und Baryt aufnimmt. Die Kupferkies-Quarz-Generation ist bei Hotič-Vače im Hauptlager bedeutend stärker und dann noch in einem 20 m höheren Niveau über diesem abgesetzt worden. Erzstufen, welche ich aus der Halde des alten Bergbaues im oberen Skrum-potok (Skrumgraben) südlich Vače auffinden konnte, zeigten sich als Sideritstufen, in welchen reichlich Blende, aber auch reichlich Quarz, Kupferkies und Bleiglanz vorkommen. Die teilweise derben, grauen bis gelblichgrauen spätigen Sideritmassen sind von Klüften durchzogen, welche von Quarz, Kupferkies und Bleiglanz ausgefüllt sind. Der Siderit ist überzogen von einer feinkristallinen Blendezone, welche auch von der Oberfläche der Klüften etwas in den Siderit hineinreicht. Auf die Blende folgt eine derbe, grobkristalline, von Bleiglanz durchsetzte Quarzzone, in welche die Blende teilweise in langgestreckten Apophysen, teilweise in Form isoliert schwimmender Resorptionsreste hineinreicht. Kupferkies und Bleiglanz erscheinen auch am Rande der Blende gegen den Quarz.

Das hangende Kupferkieslager enthält nach Stücken aus dem alten Hauerwerk in den großen Abbauen nur Quarz und Kupferkies. Das Lager besteht aus mehreren Trümmern von je 5 bis 10 cm Mächtigkeit, die zwischen Schiefertoneinlagerungen in verquarzten Sandsteinbänken gelegen sind. Die Lagerstätte ist sehr reich an Kupferkies; die mir erhältlich gewesenen Stücke dürften bis zu 15% Cu im Gesamthauerwerk enthalten. Die quarzige Gangart ist überwiegend grau bis schwarzgrau; der Quarz enthält reichliche Einschlüsse aus dem ursprünglichen Sediment. Der Kupferkies kommt in kleinen, derben oder in vielgestaltigen, verzweigten Mengen im Quarz vor. Etwas Bleiglanz ist ihm beigemischt. Beide Sulfide verlaufen in feinen Kristallbäumen wie in Litija in den Quarz. Diese Lagerstätte verdient ein besonderes bergbauliches und theoretisches Interesse. Durch sie wird wiederum eine gewisse Stockwerkgliederung in der Blei-Zinkerzagerstätte der Savefalten angezeigt. Kupferkies verhält sich hier ähnlich wie Pyrit im Stockwerkbau der Grazer Lagerstätte²⁵⁾. Er ist ein Erz eines höheren Stockwerkes als Blende und auch als der Bleiglanz.

Wir würden einer erschöpfenden Behandlung aller sich an die Erzlagerstätte von Litija knüpfenden Fragen nicht gerecht, wenn wir nicht fragen würden, ob die Blei-Zinkerzagerstätte der „Littaiier Antiklinale“ eine magmato-genetische Beziehung zur Quecksilberlagerstätte von Idria besitzt²⁶⁾. In der

²⁵⁾ Vgl. Zitat auf S. 1.

²⁶⁾ Fr. Kossmat, Geologie des Idrianer Quecksilberbergbaues. Jahrb. d. geol. Reichsanstalt Wien. S. 339. 1911. J. Kropáč, Über die Lagerstättenverhältnisse des Berg-

Lagerstätte von Litija tritt Zinnober mit Baryt in einem gewissen Lagerstättenverband auf. Kossmat gibt das Vorkommen von Baryt in Idria ebenfalls an, wenn auch sein Auftreten offenbar selten ist, da Kropáč den Baryt nicht nennt. Als Lagerstättenminerale werden außer Zinnober Metazinnabarit und ged. Quecksilber, Pyrit, neben Dolomit, Kalzit, Quarz und Fluorit von Kossmat angeführt. Über die Paragenese dieser Minerale liegen keine Untersuchungen vor, die mikroskopische Untersuchung der Erzstufen und die Ermittlung des Vererzungsvorganges steht noch aus. Es lassen sich daher keine entscheidenden Vergleiche mit der Blei-Zinklagerstätte von Litija vornehmen. Wohl aber bietet die Erörterung des Alters der Lagerstätte durch Kossmat einige Anhaltspunkte dafür, daß die Bildung beider Lagerstätten in gleicher Zeit erfolgt sein kann. Nach der Ansicht Kossmats soll der Zinnober vor der Überschiebungstektonik in die karbonischen und triadischen Gesteine, teilweise an Schiefereinlagerungen der ersteren, zum anderen Teil an Klüfte triadischer Kalke gebunden, in die Lagerstätte gelangt sein, besonders weil nach Angabe von A. v. Posch Dolomitknollen und Kugeln, welche abgerollt in dem lettigsandig zersetzten Kontaktmaterial zwischen dem passiv überschobenen liegenden Kreidekalk des Karstes und dem an der Überschiebungsbewegung beteiligten hangenden Karbonschiefer liegen, mit Zinnober imprägniert sind. Unter der Annahme, daß die Überschiebungsfläche der Erzzubringer gewesen wäre und daß die Vererzung erst nach der Überschiebungstektonik eingetreten wäre, würde ein solcher Befund aber auch nicht befremden. In diesem Jahre ist beispielsweise im elften Laufe des Bergbaues Kreuth bei Bleiberg eine Störung angefahren worden, welche von einer Zone von in verdrücktem Raibler Schiefer eingeschlossenen Wettersteinblöcken begleitet wird; dort, wo diese Zone die Bleierzlagerstätte quert, sind die Kalkblöcke vom Rande her mit Bleiglanz vererzt. Die Vererzung ist hier entschieden jünger als die Störung und die Störungsbrecie. Die von Kossmat herangezogene Beobachtung will mir daher nicht beweisend dafür scheinen, daß die Überschiebungstektonik dort jünger als die Vererzung ist. Eine Entscheidung könnte nur eine mikroskopische Feststellung post- oder prätektonischer Merkmale der Lagerstätte ergeben. Das Resultat lautet daher, daß es nicht ausgeschlossen ist, daß eine genaue Lagerstättenuntersuchung auch für Idria eine posttektonische Vererzung mit einer mit Litija übereinstimmenden Paragenese ergeben könnte. Alle Zinnoberlagerstätten sind aus niedertemperierten Lösungen abgesetzt worden, da die Sublimationstemperatur des Erzes bei 680° C liegt. Die Bildung der großen Zinnoberlagerstätten ist hydrothermal erfolgt, es ist nun für Idria wahrscheinlich, daß ein vulkanischer Tiefenkörper in geringer Tiefe gelegen ist, denn nach einer Angabe, welche Lindgren (Mineral

deposits. S. 115. 1928) ad referendum wiedergibt, soll in Idria die geothermische Tiefenstufe nur 10 m betragen (Scheinpflug und Holler). In Nordamerika kommen Zinnoberlagerstätten mit Monzoniten in genetischer Verbindung vor, also mit Gesteinskörpern, welche Andesiten, den vermutlichen Muttereruptiva unserer Lagerstätten in bezug auf Azidität nahe stehen.

7. Vergleich der Blei-Zinkerlagerstätten der Savefalten mit bekannten Blei-Zinklagerstätten der Ostalpen

Der Charakter der untersuchten Lagerstätte wird durch ihre Mineralfüllung, ihre Genese (Paragenese der Lagerstättenminerale) und durch ihre der Hauptsache nach posttektonische Bildung gekennzeichnet.

In der Mineralfüllung steht sie der Blei-Zinkerlagerstätte im Grazer paläozoischen Gebirge²⁷⁾ am nächsten. Lediglich die Endphase, die Bildung von Zinnober unterscheidet sie von dieser. Der lokal angereicherte Kupferkies in den Erzlagern vom Typus Litija kann nicht als Unterschied gewertet werden, weil neuerdings in der äußeren Zone der Lagerstätte des Grazer paläozoischen Gebirges eine Entwicklung bekannt geworden ist, welche auch Kupferkies als verbreitetes Erz enthält²⁸⁾. Auch die Paragenese beider Lagerstätten und damit ihre Genese sind einander sehr ähnlich. Ein Unterschied ist nur in dem Alter beider gelegen. Die Lagerstätte von Litija in einer Gebirgszone gelegen, welche durch jüngste orogenetische Bewegungen ausgezeichnet ist, ist trotzdem der Hauptsache nach posttektonisch, während der Grazer Lagerstättentypus prätektonisch ist und sogar eine intensive Beeinflussung durch Orogenese erkennen läßt. Dem alt- bis obermiozänen Alter der Lagerstätte von Litija steht das oberkretazische Alter der Lagerstätte des Grazer Gebirges gegenüber. Man könnte sich vorstellen, daß die Grazer Lagerstätte vor ihrer Beeinflussung durch Orogenese das gleiche Bild gezeigt hat, wie es heute in der Lagerstätte von Litija vorliegt.

Eine noch nähere genetische Verwandtschaft mit unserer Lagerstätte dürfte nur noch die Zink-Bleierzlagerstätte von Sostan (Schönstein) im Santale, nordwestlich Celje (Cilli) aufweisen, deren Bearbeitung derzeit noch nicht abgeschlossen ist.

Einen von diesen Lagerstätten völlig abweichenden Charakter zeigt dagegen der Lagerstättentypus von Bleiberg-Kreuth in den Gailtaler Alpen und im nördlichen Karawankenzuge. Diesem fehlt Quarz und Siderit, also die wichtigsten Gangarten von Litija, ferner Zinnober, dagegen enthalten die Bleiberger Erzlager Fluorit und Anhydrit und daneben Mo- und Va-Erze, welche in Litija fehlen. Wie die nach

²⁷⁾ Für das Folgende sei auf die oben wiederholt zitierten neuen Bearbeitungen der verglichenen Lagerstätten hingewiesen.

²⁸⁾ Es handelt sich um die einer Bearbeitung zugeführte Blei-Kupfer-Blende-Lagerstätte am Offberg im Südhange des Remschnigg. Übrigens enthält die Lagerstätte von Haufenreith ebenfalls Kupferkies. (Vgl. Seemann, Die Blei-Zinker-Lagerstätte von Haufenreith. Mitt. d. naturw. Ver. für Steiermark. Bd. 64. 1929.

stehende Tabelle erkennen läßt, ist auch die Paragenese in beiden Lagerstättentypen völlig verschieden verlaufen. Wir können die Mineralisatoren der Lagerstättentypen Litija und Rabenstein im Murtal aus Emanationen nahe verwandter Magmen ableiten, diejenigen, welche den Typus Bleiberg-Kreuth aufgebaut haben, sind aber so abweichend, daß sie unbedingt anderer magmatischer Provenienz angehören. Gemäß der unverkennbaren Zusammenhänge, welche räumlich und zeitlich zwischen der Genesis der Lagerstätte von Litija mit andesitisch-dazitischen Effusiva bestehen und der gleichen Zusammenhänge, welche zwischen dem Lagerstättentypus von Bleiberg in seiner Auslängung bis südlich Praevalje (Prävali) und den Basalten des oststeirischen Alpenrandes sowie des

Basaltes von Kollnitz im Lavanttal, also mit basaltischen Magmen bestehen, findet diese Annahme einer abweichenden magmatischen Provenienz beider Lagerstättentypen eine Bestätigung. Weitere Folgerungen über die magmatische Differenzierung der unter den ostalpinen tektonischen Zonen gelegenen vulkanischen Tiefenkörpern können allerdings erst nach Bearbeitung auch der übrigen zahlreichen Blei-Zinkerzlagertstätten der Alpen gezogen werden. Das eine geht aber aus der vergleichenden Betrachtung der Lagerstätten hervor, daß andesitisch-tonalitisches Magmen, welche in der Tiefe der Zentralalpen in der Oberkreide Aktivität bekunden, diese Aktivität im Gebiete der Savefalten erst mit dem Beginne des Miozäns begonnen haben müssen.

Vergleich der Blei-Zinkerz-Lagerstättentypen der Ostalpen

	A. Typus: Bleiberg-Kreuth aus basaltischem Magma niedertemperierter Mineralisator von pontischem Alter	B. Typus: Rabenstein aus dazitisch- tonalitischem Magma, hochtemperierter Mineralisator von jungkretazischem Alter	C. Typus: Litija aus andesitisch- dazitischem Magma hochtemperierter Mineralisator von altmiozänem Alter	Mineralisator
Vererzungs-Phasen	I. Phase a) Kalzit b) wenig Breunerit	Breunerit	a) Kalzit (prätektonisch) b) Siderit, Pyrit	CO ₂ + H ₂ S — Wasser Eisenhydrokarbonat
	II. Phase Bleiglanz mit wenig Baryt	körnige Blende	körnige Blende	CO ₂ + H ₂ S + Metall- chloride
	III. Phase a) Schalenblende- Fluorit b) körn. Blende- Baryt-Markasit	Quarz-Bleiglanz-Quarz	a) Quarz-Kupferkies b) Quarz-Bleiglanz c) prismat. Quarz	a: H ₂ S + Cu Cl ₂ b + c: Si O ₂ + + H ₂ S + Metall- chloride
	Wulfenit IV. Phase Anhydrit mit Rekrystalli- sation von Fluorit-Blende und mit Pyrit	Baryt mit Rekrystallisation von Bleiglanz	a) Baryt mit Rekrystalli- sation von Bleiglanz und Kupferkies, ferner Fahlerz b) Zinnober	a: H ₂ SO ₄ + Ba Cl ₂ c: H ₂ S + HgS
	V. Phase Kalzit			CO ₂ — Wasser
Lager- stätte	ohne Stockwerkbau ohne Zonenbau posttektonisch	mit Stockwerkbau und Zonenbau prätektonisch	sehr schwacher Stockwerk- bau und Zonenbau posttektonisch	

8. Anhang: Die Roteisensteinlagerstätte von Litija

Neben den Erzlagern der Blei-Zink-Vererzung befinden sich im Sitarjevc-Berg, lokal und in beschränkter Ausdehnung, auch Roteisensteinlager, deren primäre Anlage nicht mit der Blei-Zink-Vererzung in Zusammenhang zu bringen ist, die wohl aber eine Veränderung infolge Überdeckung durch diese Vererzung erfahren haben. Ein solches Lager konnte ich im Zubau-Stollen untersuchen, es bildet einen zirka 1 m mächtigen Erzkörper, welcher sich etwa 10 m nach beiden Richtungen im Lager erstreckt. Das Hämatit-

lager besteht aus einem innigen Gemisch von Eisenglanz mit Quarz und Baryt, in welchem die Menge des vorhandenen Quarzes stark gegen diejenige des vorhandenen Baryts schwankt. Es sind fast reine Quarz-Eisenglanz- und fast reine Baryt-Eisenglanzpartien vorhanden. Die Stufen beider Lagerarten bieten in ihrer dunkelviolettrotten Färbung makroskopisch das gleiche Bild, unterscheiden sich aber stark in ihrer Härte. Beide besitzen einen matten Fettglanz.

Die mikroskopische Untersuchung der Quarz-Roteisensteine und der Baryt-Roteisensteine

ergab keine prinzipielle Verschiedenheit beider Lagerstättenteile. In beiden tritt Quarz und Baryt neben dem Erz auf, nur das relative Mengenverhältnis ist verschoben. Im Quarz-Roteisenstein tritt aber neben dem Eisenerz und von diesem umschlossen Bleiglanz in unregelmäßig begrenzten geschlossenen Partien auf. Als Regel ist in beiden Erzstufen deutlich zu erkennen, daß der Baryt in inniger Vermengung mit dem Roteisenerz erscheint, dieses begleitet, und daß das letztere zwischen Barytnadeln in feinen strahligen Kristallbäumen aufgebaut ist, so daß die Struktur eines „Feder- oder Tressenerzes“ entsteht (Abb. 17). Es sind Bilder, wie sie kürzlich von R. Brauns beim ged. Wismut und Safflorit beschrieben und abgebildet wurden²⁹⁾. Die Struktur entspricht einer abwechselnden Ausscheidung von Baryt und Eisenglanz, wobei der letztere jeweils die Oberflächen prismatischer Barytnadeln besetzt. In den anderen Fällen bildet der Eisenglanz auch die Räume zwischen den einzelnen wirt durcheinander gelagerten Barytnadeln. Die Berührung von Roteisenerz und Quarz zeigt diese Bilder nicht, es tritt der Eisenglanz in kurzen Pyramidenflächen in den Quarz ein, selten ist ein gerader scharfer Rand zwischen beiden vorhanden. In Partien, in welchen Quarz und Baryt in annähernd gleichem Verhältnis im Erz auftreten, tritt der Quarz zu unregelmäßig umrandeten Individuen mittlerer Größe zusammen; er ist dann von einem feinkristallinen Rande von Baryt umgeben, welchem das Erz nach außen folgt.

Die Bilder lassen deutlich erkennen, daß die kristalline Ausscheidung des Eisenglanzes mindestens ganz vorwiegend gleichzeitig mit der Bildung des Baryts erfolgt ist. Die recht wechselnde Struktur der Erzstufen entspricht im großen ganzen einem Gefüge, in welchem Quarzpartien von einer aus Baryt und Erz bestehenden Grundmasse umschlossen werden. Daneben kommt auch inmitten der Quarzpartien ein maschiges Gewebe erzfreien Baryts vor. Die Grenzen des Quarzes gegen den Baryt, welcher stets viel feinkörniger ist, sind stets zackig und hakig, ohne daß es gelänge, ihren Verlauf auf die Kristallform eines der sich berührenden Minerale zurückzuführen.

Das scharf lokalisierte und nur vereinzelte Vorkommen dieser Roteisenerzkörper läßt es unwahrscheinlich erscheinen, daß das zur Zeit der Barytbildung ausgeschiedene Eisenmetall von dem Mineralisator aus der Tiefe heraufgebracht wurde. Es ist vielmehr mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß das Eisen und wie ich vermute als Brauneisenlager im oberkarbonischen Sandsteine bereits vorhanden war. Dafür würde vor allem auch das völlige Fehlen von Sandsteinpartien in der Roteisensteinlagerstätte sprechen. Die primäre Eisenkonzentration im Raume der Lagerstätte wäre dann als eine Art Limonit-Eisensilikat-Lagerstätte zu denken, wie sie marin auch im Flachwasser beobachtet werden kann³⁰⁾. In diese hätte sich in der dritten Vererzungsphase Quarz mit wenig Bleiglanz ab-

gesetzt und zur Zeit der Barytbildung ist eine völlige Umbildung des Brauneisenerzes in Roteisenstein durch Lösung und Neubildung des Erzes eingetreten. Die Einwanderung des Baryts folgte dem Erz und nahm ihren Verlauf zwischen den vorhandenen Quarzmassen. Stellenweise wurde das angetroffene Eisenerz zwischen dem Quarz vollständig fortgeführt und an seine Stelle nur Baryt abgesetzt, so daß das maschige erzfreie Barytgewebe mit den eingeschlossenen Quarzmassen entstand. Es ist sehr wahrscheinlich, daß das primäre Brauneisenerz aber auch bereits während der Ausscheidung des Bleiglanzes und des Quarzes der dritten Vererzungsphase zum größten Teil in Roteisen umgewandelt worden ist, vielleicht sind die oben beschriebenen eigentümlichen Kon-

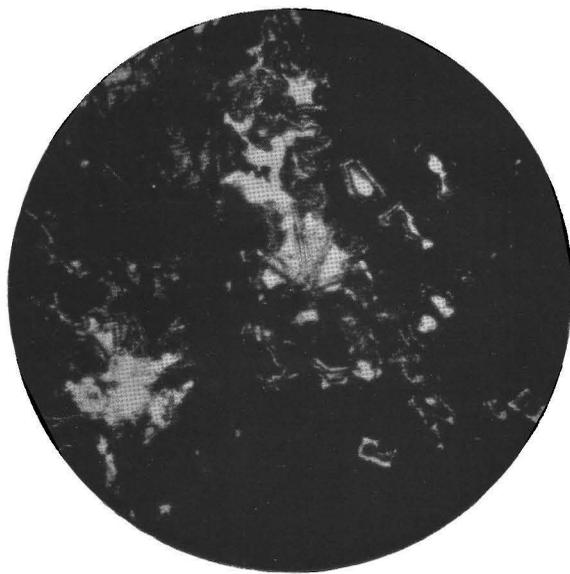


Abb. 17. Dünnschliff in gew. Licht, 23fache Vergr., Roteisensteinlager des Zubaustollen in Litija.

Die größeren weißen Partien sind Quarz, die dunklen Eisenglanz, in beide sind die Baryt-Säulen mit rekristallisiertem Eisenglanz als Federerz hineingewachsen.

turen, mit denen der Baryt an den Quarz grenzt, auf das ursprüngliche Vorhandensein von Eisenglanz am Quarz zurückzuführen. Die intensive Durchdringung der Lagerstätte mit Baryt und die starke Ausscheidung des letzteren läßt es aber auch möglich erscheinen, daß noch beträchtliche Teile des Brauneisenerzes von der vierten Vererzungsphase ange-troffen worden sind.

Teilweise müssen die Ba und H_2SO_4 führenden Mineralisatoren der vierten Vererzungsphase auch das gelöste Eisen aus der Roteisensteinlagerstätte fortgeführt und damit Raum für die reichliche Barytausscheidung geschaffen haben. Die gelegentlichen, auf S. 20 erwähnten und in der Erzstufe Abb. 14 sichtbaren feinkristallinen Roteisenerzzüge in den Barytpartien der Bleierzhauplager von Litija dürften ihr Eisen aus einer der im Liegenden vorhandenen Roteisensteinlinse erhalten haben.

²⁹⁾ Zentralblatt f. Min.-Gel. u. Pal. Abt. A. S. 344 bis 345, besonders Abb. 2. 1928.

³⁰⁾ Ausscheidung von Limonit und Eisensilikat am Grunde der Ostsee beschrieb A. Tornquist. Schriften der phys.-ökon. Gesellschaft Königsberg. S. 29. 1910.