

METALL UND ERZ

ZEITSCHRIFT FÜR METALLHÜTTENWESEN UND ERZBERGBAU EINSCHL. AUFBEREITUNG
NEUE FOLGE DER „METALLURGIE“ HERAUSGEGEBEN VON W. BORCHERS UND F. WÜST

GESELLSCHAFT DEUTSCHER METALLHÜTTEN- UND BERGLEUTE E. V.

GESAMTZEITIGES ORGAN DES
METALLHÜTTENVERBANDES UND DER BERGLEUTE DER METALLERZBERGWERKE

Schriftleitung: Gewerbeassessor Dr.-Ing. KAPPLINGEL, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied der Gesellschaft
Deutscher Metallhütten- und Bergleute e. V., Berlin, W. 27, Lützowstraße 89/90 (Fernruf: Lützow 5856)

HEFT 10

2. MAIHEFT 1929

XXVI. JAHRGANG

Jeder Nachdruck aus „Metall und Erz“, auch mit Quellenangabe, ist verboten.

Mitteilung aus dem Institut für Geologie und Minerallagerstättenlehre an der Techn. Hochschule, Graz.

Die Vererzungsperioden in den Ostalpen.

Von Hofrat Prof. Dr. A. Tornquist, Graz (Österreich).

Auflösung des verwirrenden Bildes der zahlreichen Erzlagerstätten der Ostalpen als Produkt mehrerer Vererzungsvorgänge verschiedener geologischer Zeiten. — Zonenbildung, Paragenese und Bildung aus zu verschiedenen Zeiten tätig gewesenem Effusivvulkanismus.

Die Vererzung eines Gebirges durch azzendente Mineralisatoren — die Entstehung juveniler¹⁾ Lagerstätten — gehört als geologischer Vorgang dem intrusiven Vulkanismus an. Die Art der Vererzung, d. h. die Mineralfüllung der Lagerstätte, die Form der Lagerstätte und der chemische Vorgang der Lagerstättenbildung sind auf die beiden folgenden Faktoren zurückzuführen: 1. auf die chemische Zusammensetzung der primären flüchtigen magmatischen Bestandteile, welche im Mineralisator vorhanden gewesen sind, 2. auf den Gesteinsaufbau und die geologische Struktur, welche zur Zeit der Vererzung im Trägergestein der Lagerstätte geherrscht hat, sowie von ihrer Entfernung vom Magma.

Die Ostalpen sind reich vererzt, haben aber ihre Vererzung zu ganz verschiedenen geologischen Zeiten erhalten. Die Erzlagerstätten sind demnach auf wesentlich verschiedene Magmen zurückzuführen und sind sehr verschiedenen geologischen Strukturen aufgesetzt worden. Alle Lagerstätten — möge ihre Mineralfüllung auch noch so verschieden sein — welche zu gleicher Zeit gebildet und aus den Exhalationen eines und desselben Magmenkörpers stammen, rechnen wir zu den Bildungen eines Vererzungsvorganges. Das Bild der Vererzung eines jeden Vererzungsvorganges ist demjenigen der älteren Vererzungsvorgänge überlagert und das Vererzungsbild der Ostalpen erhält dadurch ein noch komplizierteres Aussehen, daß durch jeden Vererzungsvorgang Lagerstätten von stark verschiedener Mineralfüllung entstanden, welche deutlichen Zonenbau, d. h. eine Gliederung in peri- und apomagmatische Erz-zonen erkennen lassen. Diese Lagerstättenzonen²⁾ sind durchaus

nicht übereinstimmend mit den bekannten tektonischen Zonen der Ostalpen, wenn sie in ihrem Verlauf auch von ihnen beeinflusst erscheinen.

Um in diesem zunächst verwirrenden Bild der Vererzung der Ostalpen das Gesetz der Vererzungsvorgänge freizulegen, bedarf es daher zunächst und vor allem der Ermittlung der Zugehörigkeit jeder einzelnen Erzlagerstätte zu einem der Vererzungsvorgänge, d. h. der Ermittlung des Alters ihrer Vererzung. Das Alter einer Lagerstätte ist nicht durch das Alter der Gesteine zu bestimmen, in denen sie eingeschlossen ist, es kann das Alter vielmehr nur durch die Beziehung ermittelt werden, in welcher die Lagerstätte zur Tektonik steht. Zwei verschiedene Beobachtungen sind es, welche uns über den geologischen Zeitpunkt des Vererzungsvorganges Aufklärung geben können, erstens die Altersbestimmung der zubringenden Klüfte oder der zubringenden Dislokationsflächen, und zweitens die Feststellung, ob die Erzlagerstätte durch spätere orogenetische Bewegungen beeinflusst worden ist. Die Blei-Zink-erz-lagerstätten haben sich als besonders feine Indikatoren tektonischer Bewegungen erkennen lassen; ihre Lagerstättenminerale zeigen entweder wie der Bleiglanz oder die Karbonate Deformation oder wie der Quarz, die Blende und der Baryt einen Zerbruch oder Pressung. Vielfach sind diese Merkmale bereits makroskopisch wahrnehmbar. Wie bei Feststellung der Paragenese verspricht aber nur die mikroskopische Untersuchung wirklich brauchbare Resultate. Die Vorbedingung aller Schlußfolgerungen bildet ferner die genaue geologische Untersuchung des betreffenden Gebirges.

Auf diese Beobachtungen ist der für die Ostalpen besonders bedeutungsvolle Begriff der post-tektonischen und prä-tektonischen Lagerstätten begründet. Posttektonische Lagerstätten sind solche, welche auch mikroskopisch keine Beeinflussung ihrer Lagerstättenminerale durch orogenetischen Druck erkennen lassen, dagegen sind ostalpine prätektonische Lagerstätten durch jüngere Orogenese deformiert, wenn sie auch stets jünger sind als eine Anzahl noch älterer orogenetischer Bewegungsphasen (Fig. 83 u. 84).

1) Von Niggli Lagerstätten magmatischen Ursprungs in weiterem Sinne genannt.

2) Da der Begriff Lagerstättenzone in der Lagerstättenkunde lediglich die nähere oder entferntere Lage der Lagerstätten vom Zentrum des Vererzungsvorganges, d. h. der räumlichen Nähe zum Magmenkörper bedeutet, so sollte man dann, wenn die Vererzung der einzelnen tektonischen Zonen gemeint ist, von Erz-zügen und nicht von Erz-zonen sprechen. Der Ausdruck „Metallogenetische Zonen“, wie ihn kürzlich Petraschek („Metallogenic zones in eastern alps. Panamerican geologist“ 1927, S. 110) ausführte, ist daher abzulehnen.

Eine größere Anzahl neuer Lagerstättenbearbeitungen, welche durch mich und meine Mitarbeiter in den letzten Jahren ausgeführt worden sind in Verbindung mit einer Anzahl älterer Bearbeitungen beginnen heute einige Klarheit über die jüngeren Vererzungsvorgänge der Ostalpen zu vermitteln, und zwar insoweit sie die Vererzungsvorgänge betreffen, welche sich in den Ostalpen seit der mittleren Kreide abgespielt haben. Der Ausgang unserer Untersuchungen bildete die genaue Untersuchung der in den Ostalpen besonders verbreiteten Blei-Zinkerzlagerstätten¹⁾.

Für diese ostalpinen Blei-Zinkerzlagerstätten konnten drei verschiedene Vererzungsvorgänge nachgewiesen werden:

1. Der älteste Vererzungsvorgang aus der mittleren bis in die obere Kreide (oberkretazeisch) aus tonalitischem Magma, beispielsweise Rabenstein.

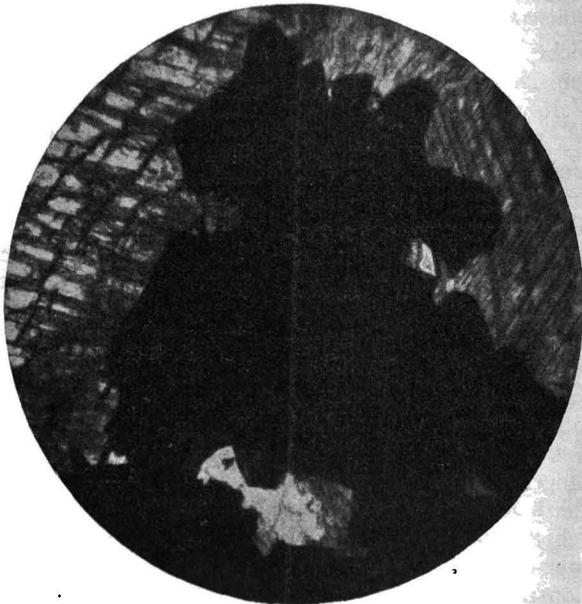


Fig. 83. Dünnschliff durch eine Erzstufe einer posttektonischen Lagerstätte (Bleiberg-Kreuth). 45fache Vergr. bei + Nicol. Unverdrückter Kalzit wird metasomatisch durch Fluorit (schwarz) verdrängt.

2. Der zweitälteste Vererzungsvorgang mit dem Untermiozän beginnend, aus quarzdioritischem Magma (andesitischer Effusion), beispielsweise Litija.

3. Der jüngste Vererzungsvorgang im Pontikum (Jungpliozän) aus basaltischem Magma, beispielsweise Bleiberg-Kreuth.

Es hat sich im Laufe dieser Untersuchungen herausgestellt, daß die zunächst einander sehr gleichartig erscheinenden ostalpinen Blei-Zinkerzlagerstätten aber nicht nur durch die ganz verschiedenen Zeiten ihrer Entstehung voneinander abweichen, sondern, daß auch fundamentale Gegensätze zwischen ihnen in der Sukzession (Paragenese) der Mineralausscheidung und in der Metallfüllung, d. h. im Ablauf des Vererzungsprozesses bestehen. Es sind zwei Typen von Blei-Zinkerzlagerstätten deutlich voneinander zu unterscheiden: der Typus

Rabenstein (im Murtal) und der Typus Bleiberg-Kreuth in den Gailtaler Alpen. Im ersteren ist das Zinksulfid stets als körnige Blende ausgeschieden, im letzteren auch als kolloidale Schalenblende; im ersteren enthält der Bleiglanz stets Silber, im letzteren ist er praktisch silberfrei; der erstere enthält reichlich Quarz als Gangart, der letztere ist meist völlig quarzfrei, weist aber Fluorit und Anhydrit auf, welche dem Typus Rabenstein völlig fehlen. Im ersten Typus tritt selten Hg auf, im letzteren niemals, dagegen stets Mo und Va. Beim Typus Bleiberg-Kreuth ist der Absatz des Bleiglanzes vor demjenigen der Schalenblende und der körnigen Blende erfolgt, im Typus Rabenstein ging der Absatz körniger Blende demjenigen des Bleiglanzes voraus. Die grundsätzlichen Unterschiede beider Lagerstättentypen ergeben sich aus der nachstehenden Zusammenstellung:

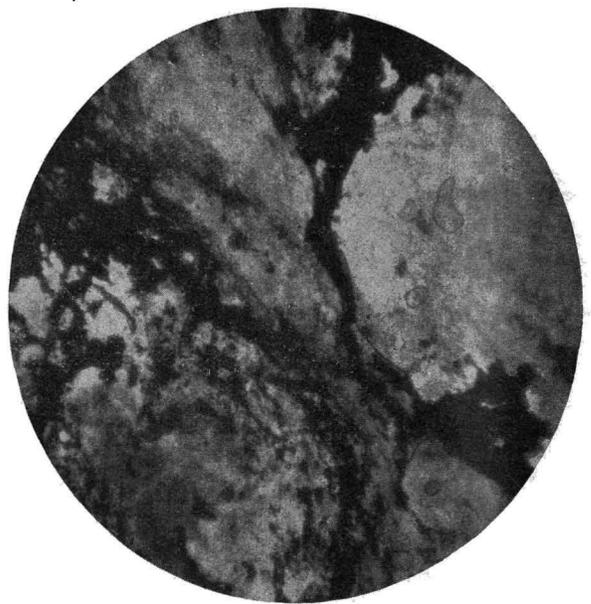


Fig. 84. Dünnschliff durch eine Erzstufe einer prätektonischen Lagerstätte (Rabenstein im Murtal). 24fache Vergr. gew. Licht. Zwischen zwei zersplitterten, aber härteren Quarzpartien (rechts oben und links unten) ist eine schlierig zerdrückte Partie von Breunnerit und Bleiglanz eingepreßt.

Phasenvererzung (Paragenese) der beiden ostalpinen apomagmatischen Blei-Zinkerzlagerstättentypen:

Typus Bleiberg-Kreuth aus basaltischem Magma.	Typus Rabenstein aus tonalitischem Magma.
I. Phase: Kalzitbildung mit ganz untergeordnet. Breunneritbildung.	I. Phase: Breunneritbildung mit Pyrit.
II. Phase: Bleiglanzbildung, wenig Baryt.	II. Phase: Blendebildung.
III. Phase: Schalenblende-Flußpatbildung, Blende-Barytbildung.	III. Phase: Bleiglanzquarzbildung.
IV. Phase: Anhydritbildung.	IV. Phase: Barytbildung mit wenig Bleiglanz.
V. Phase: Kalzitbildung.	

1) Vgl. Literaturverzeichnis am Ende des Aufsatzes.

Beide Lagerstättentypen treten in zeitlich verschiedenen Vererzungsvorgängen auf, eine Erklärung ihrer verschiedenen Ausbildung ist noch nicht mit Sicherheit zu geben, sehr wahrscheinlich handelt es sich bei ihnen aber um Unterschiede, welche auf die primäre Ausbildung der Mineralisatoren zurückzuführen sind, also magmatischer Natur sind. Der Lagerstättentypus Bleiberg—Kreuth entstand aus Mineralisatoren basaltischer Magmen, während der Lagerstättentypus Rabenstein auf quarzdioristisches (bis tonalitisches) Magma zurückzuführen ist.

Hierzu kommt eine stärkere Verschiedenheit von Blei-Zinkerzlagern mit im Grunde gleicher Paragenese durch die Führung von Kupferkies, Fahlerz und vor allem von Polybasit, und damit sehr große Unterschiede im Ag- und Cu-Gehalt. Diesen liegt die Erscheinung der zonal verschiedenen Lagerstättenfüllung durch mehr oder minder große Entfernung vom Magmakörper zugrunde, der Unterschied zwischen perimagnetischen und apomagnetischen Lagerstätten eines und desselben Vererzungsvorganges. Bisher konnte die Erscheinung verschiedener Lagerstättenfüllung bei verschiedenem Abstand vom Magmakörper genauer nur für die Lagerstätten des Grazer Blei-Zinkerzrevieres (Typus Rabenstein) verfolgt werden. Als magmanächste Lagerstätte dieses Vererzungsvorganges ist die südlichst bekannte Lagerstätte des Grazer Gebirges, die Lagerstätte vom Offberg im jugoslawischen Grenzgebirge des Remschnigg von mir festgestellt worden; diese ist sehr reich an Kupferkies und Polybasit¹⁾, dagegen fast frei von Baryt; sie enthält über 2000 g Ag in 1 t Erzschild, während die zahlreichen, über 400 qkm bekannten Lagerstätten vom Typus Rabenstein selten Kupferkies führen, keinen Polybasit besitzen und im Bleiglanzschlich nur 250—450 g Ag je Tonne enthalten. Der Lagerstättentypus Offberg liegt auch räumlich den großen jenseits der Drangelegenen Tonalit-Intrusiva sehr nahe. Die folgende Zusammenstellung zeigt die Bildungsverhältnisse beider Lagerstättentypen des gleichen oberkretazeischen Vererzungsvorganges.

Phasenvererzung (Paragenese) des apomagnetischen Lagerstättentypus Rabenstein und des perimagnetischen Typus Offberg, beide dem oberkretazeischen Vererzungsvorgang angehörend aus tonalitischem Magma (siehe nachstehende Tabelle).

Der Vergleich der gleichphasigen Bildungen beider Lagerstättentypen ist sehr interessant. Er zeigt uns eine ständige Zunahme der erstphasig reichlich gebildeten Ca-Mg-Fe-Karbonate an Eisenmetall mit der Nähe zum Magmenkörper; aus den aufsteigenden Mineralisatoren wird durch ständigen Verlust an gelöster CO₂ zunächst das Eisen, sodann das Mg und schließlich erst das Ca²⁾ als Karbonat gefällt. In der zweiten Vererzungsphase beginnt in der perimagnetischen Lagerstätte bereits die Quarzausscheidung, welche in der apomagnetischen Lagerstätte erst in der dritten Vererzungsphase einsetzt. Die dritte Vererzungsphase der

Typus Rabenstein.	Typus Offberg.
I. Vererzungsphase: Breunneritbildung mit Pyrit.	I. Phase: Sideritbildung mit Pyrit.
II. Phase: Blendebildung.	II. Phase: Blende = Quarz = Bildung.
III. Phase: Bleiglanz = Quarz = bildung.	III. Phase: Kupferkiesbildung Bleiglanz = Haupt = quarzbildung.
IV. Phase: Baryt mit rekristallisiertem Bleiglanz.	IV. Phase: Polybasitbildung.
V. Phase: —	V. Phase: Dolomitbildung.
250 — 450 g Ag in 1 t Bleiglanzschlich.	Etwa 2000 g Ag in 1 t Erzschild.

perimagnetischen Lagerstätte beginnt mit einer in der apomagnetischen Lagerstätte fehlenden Kupferkiesbildung. Ein grundsätzlicher Unterschied besteht dann zwischen der Mineralausscheidung beider Typen in der vierten Vererzungsphase, in dieser werden Ag- und Cu-reiche Fahlerzwandte, hier Polybasit, in der perimagnetischen Lagerstätte gebildet, während die apomagnetische Lagerstätte diese Erzbildung überhaupt nicht besitzt, aber in ihr eine meist sehr reichliche Barytbildung stattfindet. Auch die Ausscheidung eines Endkarbonates konnte bisher in den apomagnetischen Lagerstätten dieses Typus nicht festgestellt werden. Da sich an die Lagerstätte von Offberg wahrscheinlich die Edelerzlagern der östlichsten Zentralalpen des Lavantales und von Oberzeiring im oberen Murtalgebiet als ebenfalls dem oberkretazeischen Vererzungsvorgang angehörig anschließen werden, verspricht die Lagerstättenuntersuchung in dieser Richtung noch besonders interessante weitere Ergebnisse.

Aber auch innerhalb des Bereiches der apomagnetischen Lagerstätten dieses oberkretazeischen Vererzungsbildes konnte ein auffallender Stockwerkbau festgestellt werden, welcher nur durch stufenweises Temperaturgefälle im aufsteigenden Mineralisator erklärt werden kann. Die nachstehende Fig. 85 zeigt diesen Stockwerkbau in der südlichen Umgebung des Bergbaus Rabenstein-Arzwaldgraben bei Frohnleiten im Murtal.

Der Baryt tritt ausschließlich im untersten Stockwerk auf; da er, wie oben beschrieben wurde, auch in der perimagnetischen Zone fehlt, so erscheint seine Bildung innerhalb der Blei-Zinkvererzungen vom Typus Rabenstein auf eine ganz bestimmte, recht eng begrenzte Zone lokalisiert. Daß in diesem Bilde auch die Blendebildung auf das tiefe Stockwerk beschränkt ist und auch in diesem mit der Tiefe reicher wird, ist lediglich die Bestätigung einer Erfahrung, welche bereits für viele außeralpine gangförmige Lagerstätten des gleichen Vererzungstypus bekannt gewesen ist. Dagegen ist die starke Zunahme des Absatzes von Pyrit in dem obersten Stockwerk eine recht bemerkenswerte Feststellung. Nur anhangsweise sei erwähnt, daß die starken Gegensätze, welche im Aufbau der Lagerstätten Rabenstein und Offberg bestehen,

1) (Cu Ag)₆ Sb(As)₆.

2) Im Hinblick auf den Typus Bleiberg-Kreuth.

durch die südöstlichste der Grazer Lagerstätten, Bergbau Haufenreith—Offberg, in gewissen Charakteren ausgeglichen werden.

In diesem Bilde der Lagerstättenfolge des oberkretazeischen Vererzungsvorganges gewinnt es nun ein besonderes Interesse, daß es wahrscheinlich

Sellner und Redlich¹⁾ ist dargelegt worden, daß dort eine ältere prädiaphtoritische Sideritvererzung existiert, welche von einer jüngeren Sideritvererzung injiziert worden ist; mit diesem Siderit erscheinen Baryt und eine Folge von Sulfiden und Jamesonit, Bournonit und Fahlerz in dieser Lagerstätte. Es kann vorläufig nicht beurteilt werden, ob diese S₂, As₂ und Sb-führenden Metallverbindungen ebenfalls prätektonisch und somit vielleicht samt eventuell begleitenden Ca₂Mg₂Karbonaten und Quarz dem oberkretazeischen Vererzungsvorgang angehören. Mikroskopische Untersuchungen in diesen Erzen und die Feststellung ihrer Paragenese würden großes Interesse verdienen und würden uns als sehr wünschenswert erscheinen. Verwertbare Resultate lieferte dagegen die in meinem Institut derzeit im Abschluß befindliche Untersuchung der Eisenerzlagerstätte von Waldenstein in der Koralpe in Kärnten durch Herrn Ing. O. Friedrich. In dieser treten inmitten von Sideritstöcken und Linsen, welche der jüngeren Sideritgeneration von Hüttenberg entsprechen, auf Gängen und Klüften von weißem Kalzit begleiteter Bournonit und Diskrasit auf. Diese Mineralfolge ist durch Orogenese mechanisch beeinflußt, also prätektonisch und dürfte dem oberkretazeischen Vererzungsvorgang angehören, zumal die räumliche Entfernung zur Offberger und Rabensteiner Lagerstätte keine so große ist. Es ist vorläufig der Abschluß der Untersuchung durch Ing. O. Friedrich abzuwarten. Zum ersten Male würden wir auf diesem Wege eine brauchbare, obere zeitliche Grenze für die Zeit der Entstehung der großen ostalpinen Sideritlager erhalten.

Nicht weniger interessant ist der durch Herrn Dr. E. Clar²⁾ in meinem Institut erbrachte Nachweis, daß zumindest ein Teil der Nordtiroler Blei-Zinkerzlagerstätten, vor allem die in der Umgebung von Nassereith, ebenfalls kretazeischer Entstehung sind. Diese Nordtiroler Lagerstätten sind aber von der Ausbildung des Typus Bleiberg-Kreuth, so daß sie trotz der anderen Bildungszeit wohl aus Emanationen eines gleichen Magmas herrühren müssen, über dessen übrige Vererzungsformen wir vorläufig noch nichts wissen.

Die oberkretazeische Lagerstätte ist ferner in den Murtaler Alpen zwischen Rabenstein und Haufenreith von einer jungen Fahlerzvererzung überdeckt. Herr cand. ing. Hohl ist augenblicklich mit ihrer Untersuchung beschäftigt. Es steht fest, daß diese im Gegensatz zur Rabenstein-Haufenreith Vererzung posttektonisch ist.

Noch weniger bekannt als die oberkretazeische Vererzung der Ostalpen ist die altmiozäne aus granodioritischem Magma. In diese habe ich die Blei-Zinkerzlagerstätten im langen Zug der Savefalten westlich und östlich Ljubljana (Laibach) in Jugoslawien vom Typus Litija (Littai) einreihen können. Dort finden wir den Vererzungstypus Rabenstein in einer posttektonischen Ausbildung.

1) Die Eisenerzlagerstätten im Zuge Lölling—Hüttenberg—Friesach in Kärnten. „Berg- u. Hüttenm. Jahrb.“, Bd. 76, S. 117 ff. Julius Springer, Wien.

2) Die Blei-Zinkerzlagerstätte von St. Veit in Nordtirol. „Jahrb. der Geol. B. A.“ 1929 (im Druck).

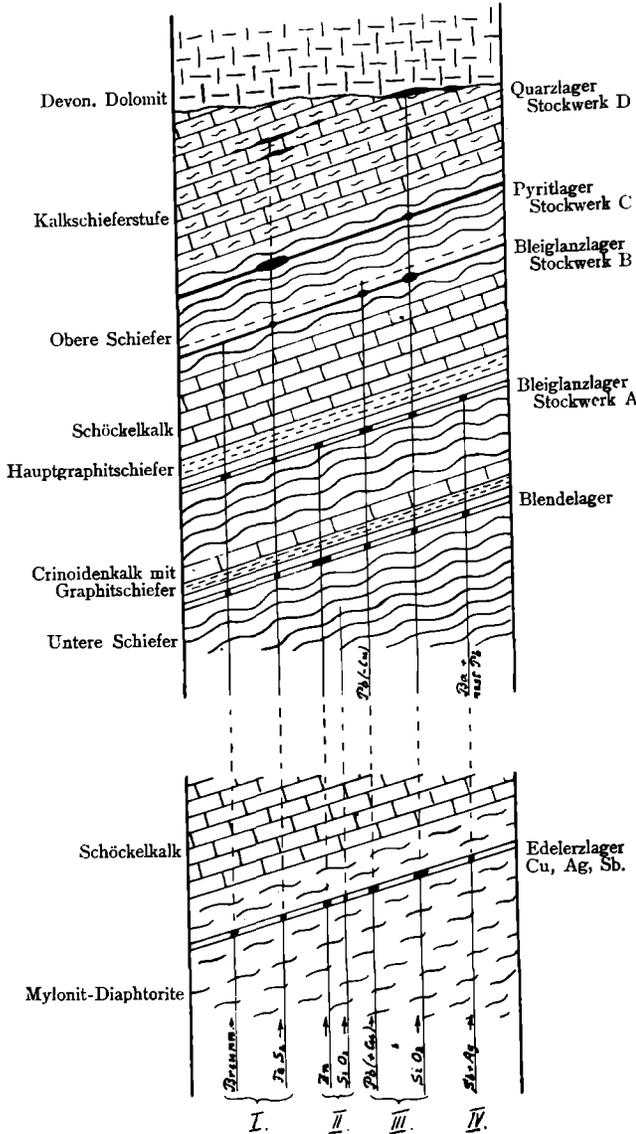


Fig. 85. Das Erzlagerstockwerk der oberkretazeischen Vererzung der östlichsten Ostalpen.

I—IV Vererzungsphasen mit Angabe der jeweils abgesetzten Stoffe. Oben in der hydrothermal apomagmatischen Vererzungszone, unten in der hydrothermal perimagmatischen Vererzungszone.

In der apomagmatischen, magmaternen Zone findet sich Blende und Baryt nur in dem tiefsten Stockwerk, Bleiglanz reicht höher hinauf, Quarz erscheint als Durchläufer und Pyrit findet sich angereichert nur im höchsten Stockwerk.

In der perimagmatischen, magmanahen Zone findet Quarzabsatz schon mit Blende statt. Mit dem Bleiglanz wird reichlich Kupferkies gebildet und aus dem Mineralisator der IV. Vererzungsphase wird Cu und Ag-reicher Polybasit gefällt, während Ba in Lösung verbleibt und in die apomagmatische Zone aufsteigt.

Die in die Erzlager eingesetzten schwarzen Tafeln geben ein Bild von der jeweiligen Menge abgesetzten Breuners, Pyrits, körniger Zinkblende, Quarzes, Bleiglanzes, Kupferkieses, Polybasits und Baryts.

gelingen wird, diesen oberkretazeischen Vererzungsvorgang der Ostalpen vom Typus Rabenstein—Offberg zu den bekannten zentralostalpinen Sideritlagerstätten von Hüttenberg und Waldenstein in Beziehung zu bringen. In der soeben erschienenen monographischen Bearbeitung der Sideritlagerstätte von Hüttenberg durch Haberfellner,

Die Übereinstimmung in Mineralfüllung und Paragenese bei beiden Lagerstätten ist außerordentlich groß. Der Silbergehalt in Litija mit 20—25 g Ag in 1 t Bleiglantzschlich ist ein noch geringerer, dafür tritt auf dieser Lagerstätte Zinnobler auf. Auch hier ist eine Zonenbildung deutlich ausgeprägt, wenn auch die Mineralfüllung dieser Zonen eine wesentlich andere ist als diejenige der oben betrachteten Zonen der oberkretazeischen Vererzung. Der Blei-Zinkerzzug befindet sich weit im Süden, bereits südlich der eigentlichen Südalpen (hier julische Alpen) und ist zwischen diesen und den dinarischen Zügen eingeklemmt. Die typischen apomagmatischen Merkmale des Typus Litija lassen das Vorhandensein perimagmatischer Lagerstätten nördlich von ihm erwarten. Die Beschreibung, welche Hinterlechner¹⁾ von der auch Siderit, Kupferkies und Pyrit führenden Antimonitlagerstätte von Trojane, nördlich Sagor, gegeben hat, lassen kaum einen Zweifel, daß auch diese und mit ihr dann auch eine Anzahl anderer ähnlicher Lagerstätten im oberen Sanntal posttektonischer und perimagmatischer Ausbildung des altmiozänen Vererzungsvorganges sind. Als äußerster Zonenrand dieses Vererzungsbildes gegen Süden wäre dann als ultraapomagmatisch die Quecksilberlagerstätte von Idria, bereits an der Überschiebungszone der Savefalten auf dem dinarischen Hochkarst gelegen, anzusehen.

Völlig isoliert steht vorläufig der Blei-Zinkerz-lagerzug der Gailtaler Alpen und der Karawanken von jüngster Bildung im Altplozän (im Pontikum). Es hat vorläufig den Anschein, daß die jungen Golderz-Gangsysteme der Hohen Tauern nicht mit ihm in genetische Verbindung zu bringen sind, ich habe das eingehend in meiner Arbeit über Bleibergr-Kreuth begründet.

Das Bild, welches die Vererzung der Ostalpen uns heute zeigt, ist in Anbetracht der überaus zahlreichen Erzlagerstätten selbst für die betrachteten jungen, oberkretazeischen und tertiären Vererzungsvorgänge ein außerordentlich lückenhaftes. Erst die systematische Untersuchung einer großen Anzahl bisher lagerstättenkundlich überhaupt nicht bekannter Lagerstätten kann das Bild um wesentliche Züge ergänzen. Als Grundzüge in diesem Bild erscheinen aber die nachfolgenden Ergebnisse:

1. Die Vererzung der Ostalpen ist auf eine Anzahl zeitlich voneinander getrennter Vererzungsvorgänge zurückzuführen. Blei-Zinkerz-lagerstätten wurden durch drei Vererzungsvorgänge gebildet, durch einen mittel- bis oberkretazeischen, durch einen altmiozänen und durch einen altplozänen (pontischen) Vererzungsvorgang. Diese Zeiten der Vererzung stimmen mit den Epochen effusiven Vulkanismus im pannonischen Gebiet²⁾ am Ost- rand der Ostalpen und teilweise noch innerhalb ihrer Züge überein. Die drei Vererzungsvorgänge sind auf tonalitisches-quarzdioritische Magmen, der jüngste auf basaltische Magmen rückführbar,

während die nordtiroler Lagerstätten dem älteren Vererzungsvorgang angehörig, aber dann vermutlich, wie Bleiberg, basaltisch, einem anderen Magmenrevier angehört.

2. Als geologisches Ergebnis dieser Feststellungen ergibt sich, daß die Magmen, aus denen im pannonischen Gebiet die zahlreichen Effusiva zutage getreten sind, ihre Fortsetzung unter den Ostalpen besitzen müssen. Gleichzeitig mit dem Ausbruch der Effusiva vor dem Rand der Ostalpen sind Aufstiege gleicher Magmen im Untergrund der Ostalpen eingetreten, infolge dieser Aufstiege in diesen Magmen Erstarrungsvorgänge, in ihrer Folge Emanationen leichtflüchtiger Bestandteile der Magmen, aus denen die hydrothermalen Lagerstätten aufgebaut wurden.

3. Jeder der drei unterschiedenen Vererzungsvorgänge hat hydrothermal apomagmatische und perimagmatische Lagerstätten, die letzteren als Edelmetall und Sb, As-haltige Lagerstätten, geschaffen, welche zonar um Thermalzentren gelegen sind. Die Anlage dieser zonaren Vererzungsbilder fällt nicht mit den tektonischen Zügen der Ostalpen zusammen, wenn sie auch durch sie beeinflusst erscheint.

4. Da die Vererzungszentren der verschiedenen Vererzungsvorgänge und mit ihnen die jeweilige Zonenanlage der Lagerstätten sich nicht an gleichem Ort befinden, sondern sich die jeweiligen Vererzungsanlagen unregelmäßig überdecken, so ist das heutige Vererzungsbild der Ostalpen ein verwirrendes, und es erscheint nur auflösbar auf Grund genauester Kenntnis der geologischen Struktur jedes einzelnen Erzreviers, des Verhältnisses der Erzkörper zur Tektonik sowie auf Grund moderner mikroskopischer Erzstufenuntersuchung.

5. Durch den oberkretazeischen Vererzungsvorgang sind die Kupfer und Silber enthaltenden Blei-Zinkerz-lagerstätten des Grazer Gebirges mit dem apomagmatischen Lagerstätten-typus Rabenstein-Haufenreith und dem perimagmatischen Typus Offberg gebildet worden.

Älter als dieser erscheint die jüngere der beiden Sideritgenerationen von Hüttenberg-Waldenstein.

Der altmiozänen Vererzung gehört der Zug apomagmatischer Blei-Zinkerz-lagerstätten der Savefalten im Süden an, dem nördlich und nordöstlich eine Zone perimagmatischer Antimonit- und Au-haltiger Pyrit-lagerstätten vorgelagert ist, während ihm südlich die ultraapomagmatische Quecksilber-lagerstätte von Idria folgt.

Der altplozänen Vererzung gehört der Blei-Zinkerz-lagerung der Gailtaler Alpen und Nordkarawanken an; die Zusammenhänge dieser Zone apomagmatischer Lagerstätten mit den Au- und Cu-reichen Lagerstätten in den Hohen Tauern von perimagmatischem Habitus erscheinen vorläufig durchaus unklar.

6. Von besonderem Interesse sind die durch jeweilige alpine Tektonik des die Erz-lagerstätten tragenden Gebirges bedingten Formen der ostalpinen Lagerstätten, welche in diesem Zusammenhang nicht behandelt wurden.

1) Über die alpinen Antimonitvorkommen usw. „Jahrb. der geol. R. A.“ 1917, Bd. 67, S. 372 ff., Wien.

2) E. de Quervain, Die jungen Eruptivgesteine der pannonischen Senke und ihrer Umrandung. „Schweiz. min. u. petrogr. Mitt.“, Bd. 7, 1927.

Bisher erschienene Arbeiten:

- A. Tornquist, Die Blei-Zinkerzlagertätte von Bleiberg-Kreuth in Kärnten. Alpine Tektonik, Vererzung und Vulkanismus. J. Springer, Wien, 1927.
- Die Blei-Zinkerzlagertätte von Rabenstein bei Frohnleiten im Murtal. Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark. 1927, Bd. 63, S. 3.
- L. Seewann, Die Blei-Zinkerzlagertätte von Haufenreith-Arzberg in der Oststeiermark. Ebenda, 1928, Bd. 64.
- E. Clar, Über die Blei-Zinkerzlagertätte St. Veit bei Imst, Nordtirol. Erscheint demnächst im Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt Wien. 1929.

- A. Tornquist, Das System der Blei-Zinkerz-Pyritvererzung im Grazer Gebirge. Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 1928, Bd. 137, S. 383.
- Die geologischen Probleme der Blei-Zinkvererzung der Ostalpen. Verhandl. d. Geol. B.-A. Wien, 1928.
- Mineralquellen (Thermen) und Minerallagerstätten in den Ostalpen. Mitt. d. Geol. Ges. Wien, Bd. 21, 1928.
- Die Blei-Zinkerzlagertätte der Savafalten vom Typus Litija (Littai). Julius Springer, 1929.
- Eine perimagnetische Blei-Kupfer-Silber-Zinkerzlagertätte, Typus Offberg. Sitzber. Wien. Akad. 1929.
- O. Friedrich, Die Siderit-Eisenglimmerlagertätte von Waldenstein in Kärnten. Berg-Hüttenm. Jahrb. 1929 (im Druck).

Zur Konstruktion technischer Apparate für die Schmelzflußelektrolyse.

Von Dr. P. Droßbach.

Darstellung der Konstruktionsbedingungen für den Fall, daß irreversible Stromausbeuteverluste auftreten.

In den früher¹⁾ mitgeteilten Entwicklungen waren die Konstruktionsbedingungen gegeben für den Fall, daß lediglich reversible Vorgänge bei der Elektrolyse stattfinden. Treten jedoch erhebliche irreversible Stromausbeuteverluste, d. h. solche, die zu keiner Depolarisation an der Anode führen, auf, so gilt jetzt nicht mehr

$$a = \frac{e'}{e},$$

sondern

$$a < \frac{e'}{e}.$$

Es gelten die früher gegebenen Gleichungen demnach nicht mehr exakt.

In den folgenden Entwicklungen lege ich wieder besonderen Wert auf die Umkonstruktion eines bereits gegebenen technischen Ofens bei gleichbleibender Leistung und konstantem Elektrodenabstand. Der Grund ist der, daß man bei Ausarbeitung eines Schmelzflußelektrolyseverfahrens wohl meist erst rein empirisch einen technischen Ofen konstruiert und diesen ausprobiert. Bewährt er sich, so ist es dann jedoch am Platze, nachzuprüfen, ob und in welchem Maße er sich verbessern läßt, und hierbei sollen die theoretischen Entwicklungen zeigen, was man dabei erwarten kann und in welcher Weise vorzugehen ist.

Für den allgemeinen Fall (d. h. beim Vorhandensein irreversibler Stromausbeuteverluste) wird gesetzt

$$a - \frac{e'}{e} = \Delta \leq 0 \quad (1)$$

worin

$$|\Delta| \equiv 1 - a, \text{ da } \frac{e'}{e} \equiv 1 \quad (2)$$

Ist der Energieverbrauch gegeben mit

$$E = e'it + i^2wt \quad (3)$$

so folgt für den Energieverbrauch für die Gewichtseinheit nach Division mit $ai\gamma t$

$$E' = \frac{1}{\gamma} \left[e \left(1 - \frac{\Delta}{a} \right) + \frac{iw}{a} \right] \quad (4)$$

Soll der neu zu konstruierende Ofen dieselbe Leistung wie der erste haben, so muß sein

$$a_1 i_1 \gamma = a_2 i_2 \gamma \quad (5)$$

und wird jetzt

$$\Delta E = \frac{e}{\gamma} \left(\frac{\Delta_2}{a_2} - \frac{\Delta_1}{a_1} \right) + \frac{W}{n i_1 a_1 \gamma} (n i_1^2 - i_2^2) \quad (6)$$

Die Stromausbeute ist gegeben mit

$$a = 1 - \frac{c}{i\gamma} - \frac{c_A}{i\gamma} \quad (7)$$

worin

$$-\frac{c_A}{i\gamma} = \Delta \text{ und } 1 - \frac{c}{i\gamma} = \frac{e'}{e} \quad (8)$$

Setzt man nun $c_{A2} = n c_{A1}$ (d. h. die irreversible Stromausbeuteverluste sollen direkt proportional der Oberfläche wachsen), so folgt

$$\frac{\Delta_2}{a_1} = n \frac{i_1}{i_2} \quad (9)$$

Weiterhin ist.

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{i_2}{i_1} \quad (10)$$

so daß schließlich folgt

$$\Delta E = \frac{c}{\gamma} \left(\frac{\Delta_1}{a_1} (n-1) \right) + \frac{W}{n i_1 \gamma a_1} (n i_1^2 - i_2^2) \quad (11)$$

worin

$$\frac{\Delta_1}{a_1} \leq 0 \quad (12)$$

d. h. der erste Summand verschwindet oder ist negativ.

Die Bedingung für das Positivwerden des zweiten Summanden ist schon früher gegeben¹⁾.

Als Bedingung für eine Verbesserung folgt, wenn der zweite Summand positiv ist:

$$\left| \frac{\Delta_1}{a_1} \right| < \frac{W i_1 (n-1) m^2}{n a_1 e (n-1)} \quad (15)$$

worin

$$m = 1 + (1-a)(n-1)$$

oder

$$\left| \frac{\Delta_1}{\text{const.}} \right| < \frac{n-1}{n(n-1)} \quad (16)$$

worin

$$\text{const.} = \frac{\text{Ohmscher Spannungsabfall}}{\text{Zersetzungsspannung}} \quad (17)$$

Gleichung (16) ist in folgender Tabelle ausgewertet:

1) „Metall u. Erz“ 1928, S. 437 ff.; 1929, S. 88 ff.

1) „Metall u. Erz“ 1929, S. 88.