

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

## Neue Untersuchungen ostalpiner Erzlagerstätten.

Von Hofrat Prof. Dr. A. Tornquist.

*Systematik der Lagerstätten nach dem Alter ihrer Bildung, ihrer Erzführung und der Phasenregel ihrer Vererzung. — Alte und junge Erzlagerstätten. — Die drei jungen Vererzungsperioden der gesamten Ostalpen. — Antimon-Silbererzlagerstätten und Arsen-Golderzlagerstätten. — Bergbauliche Verhältnisse der Lagerstätten der drei jungen Vererzungsperioden.*

Betrachten wir eine Karte, auf welche die vielen in den Ostalpen vorhandenen Erzlagerstätten eingetragen sind<sup>1)</sup>, so erhalten wir den

1) Beispielsweise die kartographische Übersicht der Erzbergbaue Österreichs Ungarns von H. Tertsch. Wien 1918.

Eindruck eines chaotischen Durcheinanders der verschiedensten Lagerstätten über das gesamte Gebirge. Jede Vererzung erfolgt aber naturgemäß nach bestimmten Gesetzen, und in diesem Chaos eine Gesetzmäßigkeit zu erkennen, konnte erst gelingen, als unsere Untersuchungen immer klarer

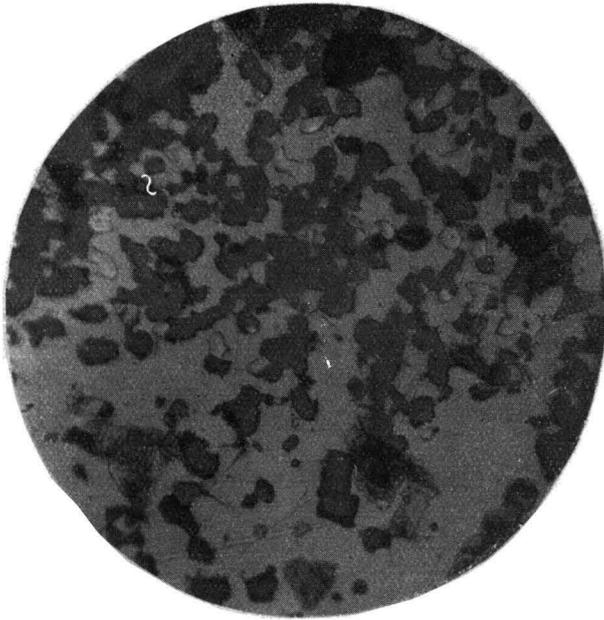


Bild 1. Erzstufe von Schneeberg in Südtirol. Perimagmatisch, oberkretazisch, durch Granitisierung sekundär verändert. Etwa 400  $\times$  vergr.

Metamorphe Lagerstätte, in welcher primäre Erzfolge durch Umlösung der Erze nicht mehr feststellbar ist. Grau = Bleiglanz, dunkelgrau = Blende, licht = Kupferkies.

erkennen ließen, daß die Erzlagerstätten der Ostalpen Gebilde zahlreicher zeitlich, d. h. geologisch bestimmbarer Vererzungsperioden darstellen, welche sich im ganzen östlichen Alpenkörper überdecken.

Zur geologischen Definition jeder Lagerstätte war also die Ermittlung der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Vererzungsperiode erforderlich, die



Bild 2. Erzstufe aus Raibl, Julische Alpen. Pliozäne apomagmatische, 60  $\times$  vergr. Opakilluminator von E. Reichert, Wien, mit  $\text{HNO}_3$  geätzt.

Von rechts dringt Blende (grau) in die Würfelstruktur des Bleiglanzes (dunkel) vor. In die letzten Bleiglanzbildungen setzen Markasit-Ausscheidungen ein (weiß). Vererzungsphasen: Bleiglanz—Markasit—Blende.

Feststellung ihrer geologisch zeitlichen Bildung. Dies gelingt zunächst nur durch die Erkenntnis ihrer Beziehung zur geologischen Struktur des sie enthaltenden Gebirgszuges nach dem Prinzip, daß alle jene Brüche, Verwerfungen, Überschiebungen, welche selbst vererzt sind, älter als der betreffende Vererzungsvorgang, dagegen alle jene Dislokationen, welche die bereits fertige Erzlagerstätte disloziert haben, jünger als jene sind. Im Laufe der Untersuchungen hat sich dann ergeben, daß sich die Gebilde der verschiedenen Vererzungsperioden aber auch durch ihre Metallführung und vor allem durch verschiedene Phasenregeln im Vererzungsvorgang unterscheiden. Auf die Fülle von Beobachtungen, welche heute über Absatzfolge der einzelnen Erze in den ostalpinen sulfidischen Lagerstätten, sowie auf ihre hierdurch bedingte Struktur und die sich aus ihnen ergebende



Bild 3. Erzstufe von Nogaré bei Trient. Perimagmatische As-Au-Vererzung. 200  $\times$  vergr. Opakilluminator von E. Reichert-Wien.

In jüngstem Bleiglanz (Generation B) [grau] sind Resorpreste von Arsenkies [lichtweiß] eingeschlossen, in diesen sind Reste von Blende (Generation A) [dunkel] eingeschlossen. Vererzungsphasen: Blende—Arsenkies—Bleiglanz.

den Aufbereitungsbedingungen kann hier nur kurz eingegangen werden, es sei auf die am Schluß zusammengestellte Literatur verwiesen. Die nebenstehenden Mikrophotographien lassen die Feststellungen der Absatzfolge der Erze in ostalpinen Lagerstätten erkennen.

Ich unterscheide nach Petraschek in den Ostalpen Lagerstätten alter Vererzungsperioden und Lagerstätten junger Vererzungsperioden: Unter den ersteren fasse ich alle jene zusammen, welche vor der gesamtalpinen Gebirgsbildung entstanden, welche also ein höheres Alter als die Mittelkreide besitzen; junge Lagerstätten sind solche, welche seit der Mittelkreide bis zum jüngsten Pliozän gebildet worden sind. Die genaue Altersbestimmung der

alten ostalpinen Lagerstätten bietet vor allem, wenn sie in kristallinen Schiefen enthalten sind, große Schwierigkeit, weil sie nicht nur stark zerdrückt und verquetscht ihre ursprüngliche Lagerstättenform selten noch erkennen lassen, sondern weil sie auch strukturell völlig verändert, metamorph umkristallisiert die primäre Abfolge ihrer Erzausscheidung nicht mehr entziffern lassen. Ihnen gegenüber bieten die jungen ostalpinen Lagerstätten überaus günstige Beobachtungsbedingungen, ihre primäre Struktur und die Abfolge der Erzausscheidungen sind heute noch meist sehr klar erhalten (vgl. Bild 2 u. 3), ebenso wie die Beziehung ihrer Lagerstättenform zur geologischen Struktur des Gebirges, einwandfrei festgestellt werden kann. Nur die oberkretazischen Lagerstätten zeigen, besonders wenn sie in kristalline Schiefer eingeschlossen sind, gelegentlich schon metamorphe Umbildung (Bild 1). E. Clar hat solche Strukturen in der Lagerstätte von Schneeberg (Mte Nevoso, westlich Sterzing) in Südtirol, und van Houten in der benachbarten Lagerstätte des Pflertschtales beschrieben. Diese Lagerstätten sind, abgesehen von ihrer dynamotektonischen Beeinflussung während der „Tauern-Granitisierung“, pegmatitisch injiziert worden.

Nach unserer heutigen Kenntnis verteilen sich die jungen, ostalpinen sulfidischen Erzlagerstätten auf die folgenden Vererzungsperioden:

#### I. Jungkretazische Vererzungsperiode:

Perimagnetische (relativ magmanähe) Lagerstätten: vorwiegend Kupferkies, hochsilberhaltiger Bleiglanz, Bourmonit, Polybasit, ausgezeichnet durch Antimon- und Silbergehalt und geringeren Arsen- und Goldgehalt.

Typus: Oberzeiring in Obersteiermark, Schneeberg in Südtirol.

Apomagnetische (magmaferne) Lagerstätten. Blei-Zinkerzlagerstätten, gegen die perimagnetische Grenze Kupferkies aufnehmend. Bleiglanz mit wenig Silber (200 bis 460 g/t Erzschlich).

Typus: Rabenstein, Haufenreith im Grazer Gebirge.

#### II. Altmiozäne Vererzungsperiode.

Perimagnetisch: Kupferkies- Antimonfahlerz-Lagerstätten mit Boulangerit und Antimonitlagerstätten, fast arsen- und goldfrei. Reine Antimon-Silberlagerstätten.

Typus: Abfaltersbach-Tilliach in Osttirol. Trojane in den Savefalten in Jugoslawien.

Apomagnetisch: Blei-Zinkerz-Lagerstätten mit wenig Kupferkies, praktisch silberfrei (20 g/t Bleiglanzschlich) und Quecksilberlagerstätten.

Typus: St. Veit-Silberleiten in Nordtirol (?).

Littai in den Savefalten in Jugoslawien. Idria.

#### III. Altplioizäne Vererzungsperiode.

Perimagnetisch: Arsenkies-Kupferkies-Boulangerit-Lagerstätten mit Bi, Ni und Co.

Ausgesprochene Arsen-Goldlagerstätten mit wenig Antimon- und geringem Silbergehalt.

Typus: Rathausberg-Siglit in den Hohen Tauern (Salzburg<sup>2)</sup>, Mitterberg bei Bischofs-hofen.

Schladming, Kobalt-Nickel-Arsenfahlerze<sup>3)</sup>.

Apomagnetisch: Blei-Zinkerzlagerstätten mit kleinen Spuren von Silber.

Typus: Bleiberg-Kreuth in den Gailtaler Alpen.

Raibl in den Julischen Alpen. Auronzo in den Venetianer Alpen.

In diese Typen lassen sich fast alle jungen sulfidischen Lagerstätten der Ostalpen schon jetzt eingliedern. In der zeitlichen Abfolge der Vererzungsperioden fällt zunächst auf, daß in ihnen die Metalle Eisen, Kupfer, Zink, Blei neben dem Schwefel Durchläufer darstellen, während in dieser auf Grund der Beziehungen zu der Gebirgstektonik gefundenen Altersgliederung unserer ostalpinen Lagerstätten Antimon, Arsen, Silber und Gold eine Rolle als leitende Elemente spielen.

In den perimagnetischen Lagerstätten gibt es reine Antimon-Silberlagerstätten, mit welchen Quecksilberlagerstätten verbunden sind, und Arsen-Goldlagerstätten, in denen nur sehr wenig Antimon und relativ zum Silber sehr viel Gold auftritt. Nur die älteste Reihe der jungkretazischen Lagerstätten enthält neben vorwiegendem Antimon auch beträchtlich Arsen, aber relativ viel mehr Silber als Gold. Es konnte durch empfindliche chemische Reaktionen nachgewiesen werden, daß der hohe oder geringe Arsengehalt von perimagnetischen Lagerstätten sich auch noch in den zugehörigen apomagnetischen Lagerstätten wiedererkennen läßt.

Es sei hier nur angedeutet, daß sich der Ablauf der mehrphasigen Vererzung in den Antimon-Silberlagerstätten teilweise ganz anders vollzogen hat als in den Arsen-Goldlagerstätten. Aus der Fülle von Beobachtungen, welche meine Mitarbeiter und ich über die Reihenfolge der Erzausscheidungen und die hierbei stattgehabten Resorptionen früher ausgeschiedener Erze durch die später gebildeten veröffentlicht haben (vgl. die am Schluß aufgeführte Literatur), seien die bemerkenswertesten Feststellungen hervorgehoben. In den Arsen-Goldlagerstätten hat sich der Eintritt des Arsens und damit der Hauptabsatz des Goldes in die Lagerstätte von der mittleren Phase des Vererzungsvorganges ab vollzogen, dagegen ist der Eintritt des Antimons und Silbers in die Antimon-Silberlagerstätten erst am Ende des Vererzungsprozesses erfolgt. In der apomagnetischen Zone der Arsen-Goldvererzung hat sich die Bleiglanzbildung vor der Blendebildung vollzogen und ist das Zink als Fluorid in die Lagerstätte gelangt, während in der apomagnetischen Zone der Antimon-Silbervererzung das Zink als Chlorid in die Lagerstätte gelangte und die Ausscheidung derjenigen des Bleiglanzes vorausging.

Die Systematik der jungen ostalpinen Lagerstätten auf Grund ihrer zeitlichen Bildung spiegelt

2) Wird derzeit von mir bearbeitet.

3) Wird derzeit von Herrn Dr. Friedrich bearbeitet.

demnach wesentliche Unterschiede ihrer stofflichen Zusammensetzung wider, und darin liegt ihre Bedeutung für die Beurteilung wesentlicher bergbau-licher Eigenschaften.

Die Bedeutung der neuen Systematik der ostalpinen sulfidischen Lagerstätten für die bergbaulichen Verhältnisse dieser Lagerstätten liegt ferner im folgenden: Alle reinen Arsen-Gold-lagerstätten sind als ganze junge Bildungen frei von tektonischen Störungen. Gleichzeitig sind die in gleichem Phasenrhythmus vererzten Kobalt-Nickel-lagerstätten von Schladming und die Arsen-Kupfer-lagerstätten von Mitterberg und Bischofshofen äußeren Zonen der perimagnetischen Vererzung angehörend entstanden. Die derzeit in Bearbeitung befindlichen Lagerstätten von Schladming und von Böckstein haben eine vollkommene prinzipielle Übereinstimmung des Ablaufes ihrer Vererzung aus der von Böhne beschriebenen Mitterberger Lagerstätte aufgedeckt.

Die Tauern-Goldgänge mit ihrem 10,6 prozentigen Goldgehalt<sup>4)</sup> verlaufen mit Gangstreichen in 1<sup>h</sup> 8<sup>0</sup> kilometerlang fast ungestört durch die Granitmassive der Hohen Tauern. Die Blei-Zinkerz-schläuche von Bleiberg-Kreuth und Raibl haben sich über 1000 m schräg ungestört in die Tiefe verfolgen lassen. Die ostalpinen Antimon-Silberlagerstätten sind dagegen durch Verwerfer gestört, wenn auch Störungen großen Ausmaßes fehlen. Die unregelmäßigste und gestörteste Lagerung zeigen die oberkretazischen Lagerstätten. Sie wechseln im Streichen und Fallen, sind meist stärker gestört, auch gefaltet, lassen sich aber meist auf eine Erstreckung von etwa 1 km immerhin noch gut ausrichten.

Wenn auch die strenge Scheidung in Arsen-Gold- und in Antimon-Silberlagerstätten anderorts bisher nicht so scharf wie in den Ostalpen beobachtet worden ist, so entsprechen alle unsere ostalpinen Lagerstätten doch weitverbreiteten Erzlagertypen. Ich habe schon im Jahre 1928 darauf hingewiesen, daß die großen Blei-Zinklagerstätten der Karawanken und der Gailtaler Alpen vom Typus Bleiberg-Kreuth dem Typus der größten Blei-Zinkerz-konzentration der Welt, der Lagerstätte Missouri-Idaho (U. S. A.) entsprechen, in welcher Emmons („Econ. geol.“ 1929, S. 221) auch neuerdings bestätigte, daß sich der Bleiglanz vor der Blende gebildet hat. Der Typus Littai ist derjenige von Coeur d'Alene in U. S. A. ähnlich. Von viel allgemeinerer Verbreitung sind noch die perimagnetischen und apomagnetischen Typen unserer oberkretazischen Lagerstätten.

#### Neue Literatur über Genesis ostalpiner Erzlagerstätten.

1927:

- A. Tornquist, Die Blei-Zinkerz-lagerstätte von Bleiberg-Kreuth. J. Springer, Wien.  
 —, Die Blei-Zinkerz-lagerstätte von Rabenstein bei Frohn-

4) Vgl. Imhof, „Met. u. Erz“ 1930, S. 528.

leiten im Murtal. „Mitt. naturw. Ver. f. Steiermark“, Bd. 63.

- L. Seewann, Die Blei-Zinkerz-lagerstätte von Haufenreith-Arzberg in Ost-Steiermark; ebenda.

1928:

- A. Tornquist, Der Bleierzbergbau und die Bleierz-lagerstätten der Ostalpen. Mitt. Geol. Ges., Wien.  
 —, Die geologischen Probleme der Blei-Zinkvererzung der Ostalpen. Verh. Geol. B. u. A., Wien.  
 —, Das System der Blei-Zinkerz-Pyrit-Vererzung im Grazer Gebirge. Sitzungsber. Akad. Wien, Bd. 137.

1929:

- O. Friedrich, Die Siderit-Eisenglimmerlagerstätte von Waldenstein in Ostkärnten. „Berg- u. Hüttenm. Jahrbuch“, S. 77.  
 —, Beitrag zur Kenntnis der Eisenglimmerlagerstätte von St. Nikolai. „Mitt. naturw. Ver. f. Steiermark“, Bd. 66.  
 A. Tornquist, Die Blei-Zinkerz-lagerstätte der Save-falten vom Typus Littai (Littai). J. Springer, Wien.  
 —, Liquidmagmatische Diabas-Magnetitlagerstätten und ihre Begleiter in den Ostalpen. „Mitt. naturw. Ver.“, Bd. 66.  
 —, Die perimagnetische Blei-Kupfer-Silbererz-lagerstätte vom Offberg im Remschnigg. Sitzungsber. Wien. Akad., Bd. 138.  
 E. Clar, Ein Beitrag zur Kenntnis der Blei-Zinkerz-lagerstätte von Schönstein (Šoštan) bei Cilli (Celje), Jugoslawien. Sitzungsber. Wien. Akad., Bd. 138.  
 —, Über die Blei-Zinkerz-lagerstätte St. Veit bei Imst (Nordtirol). „Jahrb. Geol. B. u. A.“, S. 79.  
 —, Über die Magnetitlagerstätte am Plankogel bei Birkfeld (Steiermark). Mitt. naturw. Ver. f. Steiermark, Bd. 66.  
 —, Über die sedimentären Fe- und Mn-Erze in der Breitenau und Mixnitz; ebenda.  
 O. Hohl, Die Fahlerz-lagerstätte im Wetterbaugraben bei Mixnitz (Steiermark); ebenda.

1930:

- van Houten, Die Erz-lagerstätten des Pflerschtales in Südtirol. „Jahrb. Geol. B. u. A. Wien“, S. 80.  
 O. Friedrich, Die Roteisenstein-lagerstätte im Heuberggraben bei Mixnitz. Verh. Geol. B. u. A., Wien.  
 A. Tornquist, Die Erz-lagerstätten der Nordkarawanken und ihres Vorlandes. Carinthia-Sonderheft.  
 —, Perimagnetische Typen ostalpiner Erz-lagerstätten. Sitzungsber. Wien. Akad., Bd. 139.  
 —, Der Arsengehalt in ostalpinen apomagnetischen Blenden und Bleiglanzen. Verh. Geol. B. u. A., Wien.

1931:

- E. Clar, Schneeberg in Tirol. „Centralbl. f. Min., Geol., Pal.“, Abt. A.  
 —, Zwei Erz-entmischungen von Schneeberg in Tirol; ebenda.  
 E. Böhne, Die Kupfererz-gänge von Mitterberg i. Salzburg. Archiv f. Lagerst.-Forschung, 49.  
 A. Tornquist, Die Vererzung der Zink-Bleierz-lagerstätte von Raibl (Cave del Predil). „Jahrb. Geol. B. u. A. Wien“, Bd. 81.  
 —, Die Vererzungsphasen der jungen ostalpiner Erz-lagerstätten. Sitzungsber. Wien. Akad., Bd. 140.

Im Druck:

- A. Tornquist, Eine perimagnet. Antimonerz-lagerstätte von Abfaltersbach. „Zeitschr. d. D. Geol. Ges.“ 1932.  
 —, Lagerstätten vom Typus Bleiberg-Kreuth in den venezianischen Alpen. Wien. Akad. 1932.  
 O. Friedrich: Eine alte pegmatitische Erz-lagerstätte der Ostalpen. N. Jahrb. f. Min. Geol. B. u. A. 64.