

Metalepochen, Metallprovinzen und sekundärhydrothermale Vorgänge

Wir glauben heute, dass die Mehrzahl der grossen Erzlagerstätten aus magmatischen Lösungen entstanden ist. Die Lösungen sind in den letzten Phasen der Kristallisation und nach der Festwerdung granitischer bis dioritischer Tiefenmagmen aus ihnen freigeworden. Diese Magmen sind während der Orogenese in die Mittelaxen der orogenen Zonen intrudiert. An sie sind räumlich und zeitlich also die magmatischen Lagerstätten gebunden. Neben diesem synorogenen Magmatismus, der die plutonischen oder intrusiven Lagerstätten liefert, stammt noch ein kleiner Teil jüngerer Lagerstätten aus den subvulkanischen Teilen des folgenden subsequenten Vulkanismus. Diese kommen ebenfalls in langen, den plutonischen entsprechenden Zonen vor. Aus diesem ja allbekannten Bild des Zusammenhangs zwischen Tektonik, Magmatismus und Erzlagerstätten ergeben sich die Phänomene der *Metalepochen* und der *Metallprovinzen*. Die *Metalepochen* sind etwas jünger als die Orogenese und Intrusion. Z. B. ist die Orogenese und Granitintrusion im Schwarzwald, der dem variskisch-herzynischen Orogen angehört, in unteren bis mittleren Unterkarbon. Die Erzbildung trat im oberem Oberkarbon ein und dauerte bis ins Mittelperm. Ähnlich ist es im anderen Varistikum-Herzynikum. Die *Metallprovinzen* sind auf die Umgebung der Granite und Granodiorite, auf sie selbst und auf ihr Vorland beschränkt. Sie bevorzugen gewisse tektonische Zonen und tektonische Richtungen. Z. T. werden auch wegen der leichteren Brekzienbildung oder der besseren Verdrängungsfähigkeit u. a. gewisse Gesteine bevorzugt. Innerhalb einer Provinz gibt es in der Regel eine gut oder weniger gut erkennbare *zonale Abfolge*, von den höchstthermalen bis zu den niedrigstthermalen in der Reihenfolge: pneumatolytisch, kata-meso-epithermal. Demgemäss sind die Lagerstätten auch getrennt nach Metallen und bilden eine ungefähre Altersfolge, z. B. Sn - Wo - Mo - Au - Cu - Zn - Pb - Sb - As - Hg. Die Gründe für diese zonale

Anordnung sind sehr mannigfach: physikalisch-chemisch, kristall-chemisch, sogar atomphysikalisch, auf sie kann ich hier nicht näher eingehen.

Dies ist ein *Schema*, und wie jedes Schema hat auch dieses viele und bemerkenswerte Ausnahmen und scheinbare Widersprüche. Die beiden grössten Widersprüche möchte ich kurz behandeln.

1) Die scheinbar einer *Metallepoche* angehörigen Mineral-lagerstätten enthalten auch manche Vorkommen, die garnicht in das Altersschema passen und viel jünger sind. Z. B. gibt es in der Umgebung des Schwarzwalds ausser den oberkarbonischen Mineralgängen auch manche mit ähnlichen Paragenesen, die im Buntsand-

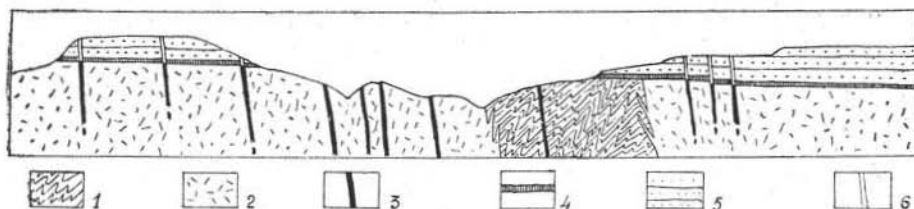


Fig. 1 — 1) Gneis. 2) Granit. 3) Primär-hydrothermale Erzgänge mit Co-Ni-Ag- oder Pb-Erzen, CaF_2 , BaSO_4 . 4) Rotliegendes. 5) Buntsandstein. 6) Sekundär-hydrothermale BaSO_4 -Gänge ohne Erze.

stein vorkommen oder im Muschelkalk, d. h. jünger als triassisch sind (Fig. 1).

2) Damit hängt zusammen, dass gewisse *Metallprovinzen* scheinbar einen viel grösseren Umfang haben, oder in andere geologisch-tektonische Einheiten hineinreichen, als sie eigentlich theoretisch sollten.

Ich möchte den grössten Teil dieser Vorkommen durch eine *sekundär-hydrothermale Mineralbildung* erklären, die mit der ursprünglichen Konzeption der Metallepochen und Metallprovinzen, wie ich sie im Anfang gab, nicht im Widerspruch steht.

Zur Erläuterung diene eine schematische Skizze einiger Schwarzwälder Erzbezirke (Abb. 1). Die Mineralgänge bis zur Trias-Ab-lagerung gehören dem üblichen variskisch-herzynischen Zyklus an. Danu kam die grosse Denudation des oberen und mittleren Rot-liegenden, und es lagerten sich horizontal die terrestrischen

Gesteine des Rotliegenden, Buntsandsteins und die Flachseegesteine des Muschelkalkes darüber. Später, im Jura oder in der Kreide wurde diese flache Deckgebirgstafel epirogenetisch etwas zerbrochen. Die *jungen Spalten in den Deckgesteinen haben nun zum grössten Teil dieselbe Lage und dieselbe Richtung* wie die alten Spalten im Grundgebirge. Die Grundgebirgstektonik wurde durchgepaust, die alten Richtungen sind zu allen Zeiten *persistent* geblieben. Nun findet eine Entgasung und Abgabe von Thermalwässern aus den alten Intrusivgesteinen und ihren späteren Nachschüben aber noch sehr lange Zeit hindurch statt. Diese Thermalwässer sind erzfrei, enthalten keine Metalle, nur H_2O , CO_2 , SiO_2 , Alkalien, Cl, wie wir an unseren Thermalquellen sehen. Sie lösen einen Teil der Mineralien der alten Mineralgänge unten im Grundgebirge wieder auf. Besonders leicht aufgelöst werden Calcit (Kalkspat), Baryt (Schwerspat), Siderit (Eisenspat). $CaCO_3$ geht in die Thermen, setzt sich vielleicht fernab wieder als junger Kalkspat ab.

Baryt gilt als schwerlöslich, er ist aber in Cl-haltigen Alkalisilikatlösungen recht leicht löslich: $BaSO_4 + Na_2SiO_3 + 2NaCl \rightarrow SiO_2 + BaCl_2 + Na_2S + NaOH$. Diese Lösungen wandern auf der Spalte nach oben, dort tritt in einigen hundert Meter unter der Oberfläche O_2 hinzu, das Oxydationspotential des S'' wird zu S'''''' : $Na_2S + NaOH + O_2 \rightarrow Na_2SO_4$. Dieses Na_2SO_4 fällt wieder Baryt aus: $BaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2NaCl$. Die stark alkalischen Lösungen üben eine sehr intensive Serizitisierung und Bleichung des Nebengesteins aus, was man an solchen Gängen oft sehen kann.

Siderit (Eisenspat, $(Fe, Mn), CO_3$) bildet Fe''' — und Mn'''' — Oxyde und Hydroxyde, die in den Barytgängen in sehr schönen und grossen Kristallen von Eisenglanz, Pyrolusit und in roten, braunen und schwarzen Glasköpfen vorkommen.

Die anderen Metalle, Cu, Pb, Zn gehen in die Lösungen und gehen verloren.

Nur in vereinzelten Fällen, z. B. in Wiesloch in Nordbaden, werden sie im Muschelkalk als *Schalenblende* wieder ausgefällt (vergl. die Ausführungen am Schluss über die alpinen Pb-Zn-Lagerstätten).

Diesen sekundär-hydrothermalen Erscheinungen messe ich eine grosse Bedeutung bei und sie können viele Widersprüche und

seltsamen Lagerstätten erklären. Die zahlreichen westdeutschen *Schwerspatgänge*, die im triassischen Deckgebirge in der Umgebung der alten variskischen Massive auftreten, fasse ich als sekundär-hydrothermal auf. Weiter sind im *Bushveld* in Transvaal jüngere Quarzgänge mit Platin, Eisenglanz und Chromglimmer, die am einfachsten als sekundär-hydrothermal erklärt werden. Jüngere SiO_2 — haltige Thermen haben den unterliegenden platin — und chromitführenden Pyroxenit (« Merensky-Reef ») durchströmt, Pt, Cr und Fe ausgelaugt und sie im höheren Niveau wieder abgesetzt.

Die Annahme einer sekundär-hydrothermalen Entstehung im obigen Sinn würde auch die geomagmatische und geotektonische Stellung der *ostalpinen Blei-Zinklagerstätten* verständlicher machen. Sie werden ja von den meisten Forschern zur Metallprovinz des variskischen Tauerngranits gestellt. Andererseits kommen sie in triassischen Gesteinen vor. Vielfach, wie z. B. in Raibl, Bleiberg, Auronzo, u. a. O. sind sie aber an alpine tektonische Elemente geknüpft, sodass ihr Alter mittel — bis jungtertiär sein muss. Das ist aber ein so grosser zeitlicher Abstand vom mittelkarbonischen Tauerngranit, dass sie ihm — auf direktem Weg — schwer zugeordnet werden können. Wenn wir dagegen annehmen, dass sie auf den Aufstiegsbahnen jüngerer Thermen sitzen, die tieferliegende variskische Blei-Zinkerzgänge passiert und ausgelaugt hätten, dann wäre der Widerspruch gelöst. Die Kolloidtexturen und die engen Beziehungen zwischen tektonischen und Vererzungsphasen, wie sie D. di Colbertaldo für Raibl ableiten konnte, lassen sich so auch recht gut erklären. In einer Spezialarbeit über diese Lagerstätten will ich demnächst diese ganze Frage noch genauer behandeln.

L I T E R A T U R

- H. SCHNEIDERHÖHN: Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde I, 1941. 307-308.
H. SCHNEIDERHÖHN: Schwerspatgänge und pseudomorphe Quarzgänge in Westdeutschland. N. J. Min. Monatshefte. 1949. A. 191-202.

RIASSUNTO

Epoche metallogeniche, province metallifere e processi idrotermali secondari

(Traduzione di Gb. Dal Piaz dal riassunto originale dell'Autore)

I giacimenti minerati in rapporto con il magma sono per la maggior parte legati spazialmente e temporalmente al magmatismo sinorogeno. Ne consegue che dal lato temporale esistono determinate epoche metallogeniche e dal lato spaziale determinate province metallifere. Le epoche metallogeniche sono alquanto più recenti dell'orogenesi e dell'intrusione. Le province metallifere si trovano alla periferia di masse granitiche e dentro le stesse. In molte di queste province si osservano parecchie eccezioni e apparenti contraddizioni rispetto a tale schema:

1. Fra i giacimenti metalliferi di un'epoca metallogenica alcuni spesso non si adattano allo schema cronologico e sono molto più giovani.

2. Certe province metallifere hanno evidentemente un'estensione molto maggiore e si sviluppano in unità geologico-tettoniche più recenti.

Come esempio furono citati filoni mineralizzati della Selva Nera, ov'è presente un'orogenesi varisica con graniti e con una provincia metallifera del Carbonifero superiore, dove però anche analoghi filoni di barite giungono ancora nel Buntsandstein e nel Muschelkalk.

Io vorrei spiegare queste apparenti contraddizioni per mezzo di una *mineralizzazione idrotermale secondaria*. Una provincia metallifera più antica esisteva soltanto nei terreni dello zoccolo basale (Grundgebirge). Sopra questi si depositarono quindi il Rotliegendes (Permiano), il Buntsandstein (Trias inferiore) e il Muschelkalk (Trias medio). Questi terreni di copertura (Deckgebirge) vennero successivamente fratturati da movimenti epirogenetici. Le vecchie faglie mineralizzate dello zoccolo basale si continuano nei terreni di copertura, ove hanno la stessa giacitura e le stesse direzioni. Allorquando, dunque, salirono delle più recenti soluzioni termali non mineralizzate (ma contenenti CO_2 , SiO_2 , alcali, Cl), esse ridisciolsero una parte dei vecchi minerali del Grundgebirge (calcite, barite, siderite). La barite è facilmente solubile come BaCl_2 nelle soluzioni

silicatico-alcaline contenenti Cl. Nelle fessure del Deckgebirge si aggiunse dall'alto O_2 e, per la presenza di solfuri alcalini, venne di nuovo a precipitare $BaSO_4$. Gli altri metalli vanno pure parzialmente in soluzione, ma non possono più essere depositi nelle rocce arenacee incassanti. Invece essi possono venire di nuovo depositati in calcari e dolomie (Muschelkalk) come blenda concrezionare e galena secondarie. Vengono citati ad esempio i numerosi filoni di barite della Germauia occidentale.

Una simile origine idrotermale secondaria potrebbe rendere comprensibili anche i *giacimenti piombo-zinciferi* delle Alpi Orientali. La maggior parte degli autori li ha riferiti alla provincia metallifera del granito varisico dei Tauri (gneiss dei Tauri), per quanto si trovino in terreni triassici. Essi sono anche legati a tali elementi tettonici alpini, come a Raibl, Bleiberg e Auronzo, che la loro età deve essere medio-terziaria fino a neo-terziaria. Questa contraddizione può esser risolta se giacimenti varisici di blenda e galena, che si trovavano a maggior profondità, vennero lisciviati da acque termali più recenti e di nuovo depositati nelle giovani fratture del Trias. Con ciò si accordano bene gli indizi di bassa termalità e le tessiture colloformi, come pure gli stretti rapporti tra fasi tettoniche e fasi di metallizzazione che Dino di Colbertaldo ha constatato nel giacimento di Raibl.