

Zur Blei-Zink-Vererzung des Grazer Paläozoikums

Von Werner Tufar, Marburg/Lahn

Zusammenfassung

Die Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums sind kein Glied der alpidischen Metallogenese der Ostalpen. Bei diesen Vorkommen handelt es sich vielmehr um präalpidische, schicht- und zeitgebundene, syngenetische Lagerstätten. Sie wurden tektonisch beansprucht und deformiert. Damit verbunden sind schwache Metamorphoseerscheinungen und Mobilisationen des primären Stoffbestandes. Der Baryt aus den Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums weist niedrige Strontium-Gehalte auf, wie sie für diesen syngenetischen Mineralisationstyp charakteristisch sind.

Summary

The lead-zinc-deposits of the Paleozoic Formation of Graz (Styria) do not belong to the Alpine metallogenesis of the Eastern Alps; they represent an older cycle of formation. These deposits are strata- and time-bound, syngenetic ore-mineralisations. They show tectonic deformation and a weak degree of metamorphism. These processes led to mobilizations in the primary deposits. Furthermore baryte from the lead-zinc-deposits of the Paleozoic Formation of Graz is characterized by small amounts of Sr, which are typical for such a syngenetic type of ore-mineralisation.

Das Grazer Paläozoikum enthält als ein Charakteristikum eine größere Anzahl von Blei-Zink-Lagerstätten. In diesen herrschen Bleiglanz und Zinkblende bei weitem vor. Von den Gangarten sei hier besonders der stellenweise reichlich beibrechende Schwerspat erwähnt.

Die Erze wurden mit Unterbrechungen vom Mittelalter bis in die jüngste Zeit abgebaut. Sie wiesen nicht allzu hohe Silber-Gehalte auf; H. FLÜGEL (10) gibt 0,085—0,047% Ag an.

Einen Überblick über die Verbreitung und geologische Stellung dieser Lagerstätten geben die Karten von H. FLÜGEL (9) sowie von H. FLÜGEL und V. MAURIN (8).

Wie aus dem umfangreichen Schrifttum ersichtlich ist, von dem einige der wichtigsten Arbeiten kurz angeführt seien, stuft man die konkordanten Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums im Gegensatz zu seit langem bekannten Hinweisen für eine syngenetische Anlage dieser Vorkommen zumeist als eigenetische Bildungen alpidischen Alters ein.

Die Bedeutung der Schiefer als Träger der Vererzung unterstreicht bereits W. SETZ (41). Er bezeichnet die Vorkommen nach ihrem geologischen Auftreten schon als „Lagergänge“ bzw. „Lager“ und verweist auf eine bedeutende Längenerstreckung der regelmäßig aufsetzenden Lagerzüge, erklärt aber die Vererzung als echte Gänge bzw. Spaltenfüllungen parallel zum Streichen.

Von A. TORNUST (42—46) wird diese Blei-Zink-Vererzung („Typus Rabenstein“) zwar als prätektonisch, jedoch jünger als der innere Deckenbau des Grazer Paläozoikums aufgefaßt, nämlich jungkretazisch und als ebenfalls metasomatische Bildung dem jungen, d. h. tertiären und posttektonischen „Typ Bleiberg-Kreuth“, gegenübergestellt. Charakteristisch wäre danach für die Blei-Zink-Lagerstätten im Paläozoikum von Graz ein Stockwerkbau der Erzlager mit vier voneinander getrennten Vererzungsphasen.

Dieser Auffassung schließt sich in großen Zügen L. SEEWANN (40) an und vertritt am Beispiel der Lagerstätte von Haufenreith-Arzberg ebenfalls eine zum größten Teil metasomatisch entstandene Vererzung. Diese wird zwar als prätektonisch eingestuft, wäre aber erst nach der Überschiebung des Schöckelkalks erfolgt.

Zu einer ähnlichen Deutung kommt auch O. WOLLAK (48). Er sieht eine an Überschiebungsf lächen gebundene hydrothermale Vererzung und unterstreicht eine gegenseitige metasomatische Verdrängung der einzelnen Mineralfolgen in größerem Umfang.

Das Vorliegen epigenetischer Verdrängungs-Lagerstätten bestätigt ferner H. SEELMEIER (39).

Mit Ausnahme eines Vorkommens in einem Dolomit-Mylonit (Rautnerkogel bei Stiwill) wird in den Untersuchungen von H. FLÜGEL (4, 6), H. FLÜGEL und V. MAURIN (5) und von H. und E. FLÜGEL (7) für sämtliche Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums eine Bindung an die kalkig-mergeligen Glieder der ordovizischen Schieferserie betont. Augenfällig sei außerdem eine Verknüpfung mit graphitisch-tonigen Gesteinen. Vor kurzem folgerte H. FLÜGEL (10) eine Bindung der Lagerstätten einerseits an tektonische Flächen, andererseits an die dunklen Gesteine der devonischen Tonschiefer-Fazies bzw. deren Liegendes und sieht, O. M. FRIEDRICH (12) folgend, eine Zugehörigkeit dieser Blei-Zink-Vorkommen zur alpidischen Hauptvererzung als wahrscheinlich an.

Gegen die Auffassung einer präalpidischen Anlage der Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums erhebt O. M. FRIEDRICH (12, 14) Einwände. Aus dem stellenweise auftretenden Magnetit folgert O. M. FRIEDRICH (12) aber eine schwache Metamorphose der Vorkommen. Die alpidische Entstehung dieser Vererzung wurde vor kurzem von O. M. FRIEDRICH (15) als gesichert dargestellt und — in Widerspruch zu seiner (O. M. FRIEDRICH [12]) früher vertretenen Ansicht — eine metamorphe Überprägung der Vorkommen ausgeschlossen. Danach wären diese Lagerstätten als synorogene Mineralisationen des alpidischen Zyklus einzustufen. Für diese weitreichenden Schlußfolgerungen einer alpidisch-epigenetischen Anlage stützt sich O. M. FRIEDRICH (15) auf eine Untersuchung von F. BURGSTALLER (1).

Neuerdings vertritt auch W. E. PETRASCHECK (37) ein alpidisches Alter dieser Lagerstätten und ordnet sie einer mittelkretazischen Vererzungsphase zu. Seine Beweisführung fußt auf der Ansicht einer paragenetischen Verknüpfung mit der ostalpinen Spatvererzung, die ebenfalls in diese Phase gestellt wird. Durch diese Verknüpfung wären hier außerdem vergleichbare andere Lagerstätten einzustufen, wie z. B. Moosburg (Kärnten), Meiselding (Kärnten) sowie Vorkommen in den Nördlichen Kalkalpen. Die Vorkommen von Moosburg (Kärnten) und Meiselding (Kärnten) wurden außerdem bereits von O. M. FRIEDRICH (12) mit den Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums parallelisiert.

Nicht zu übersehen waren bisher die Schwierigkeiten, die sich einer Deutung der Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums als epigenetische Bil-

dungen, obendrein noch alpidischen Alters, in den Weg stellen. Es sahen sich daher schon W. PETRASCHECK (28—32) und E. CLAR (2), markante Vertreter der „unitarischen“ Auffassung einer fast ausschließlich alpidischen Metallogenese der Ostalpen, veranlaßt, diese Blei-Zink-Vorkommen nicht in ihre Betrachtungen der „Alpidischen Metallogenese“ der Ostalpen aufzunehmen. Beweise für die Annahme einer alpidischen Genese der Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums wurden weder von O. M. FRIEDRICH (12, 14—15) noch von W. E. PETRASCHECK (37) erbracht.

Besondere Bedeutung scheint daher einer Untersuchung der Blei-Zink-Lagerstätten im Grazer Paläozoikum westlich der Mur durch F. BURGSTALLER (1) zuzukommen. Nach diesem Autor lägen epigenetische, an die Nähe von Bewegungsbahnen gebundene Ganglagerstätten alpidischen Alters („prägosauisch oder jünger“) vor. Eine syngenetisch-sedimentäre Anlage dieser Vorkommen sowie spätere stoffliche Umlagerungen und eine metamorphe Überprägung werden ausdrücklich ausgeschlossen.

Als wichtig für seine Schlußfolgerungen führt F. BURGSTALLER (1) zwei Ergebnisse seiner Untersuchungen an, nämlich den Nachweis von Magnesit als Gemengteil der Vererzung und das Auffinden einer Kupferkies-Entmischung in der Zinkblende. Daraus wird gefolgert: „... Der Nachweis von Magnesit in der Lagerstätte kann insofern als Zeitmarke gelten, als uns bis heute die ältesten Magnesite aus dem oberen Karbon bekannt sind (Veitsch, Häuselberg bei Leoben)...“ Somit scheidet bereits eine ältere Vererzung aus. Bezüglich der Auffindung einer Kupferkies-Entmischung in der Zinkblende heißt es: „... ist dadurch die Annahme einer syngenetischen variszischen Vererzung bei späterer variszischer oder alpidischer Umlagerung und Mobilisation ebenfalls nicht gegeben. Denn derartige Wärmehöhen sind bei solchen Vorgängen nicht zu erwarten...“

Diese Schlußfolgerungen von F. BURGSTALLER (1) halten einer Überprüfung nicht stand: Als „geologisches Thermometer“ kann Kupferkies-Entmischung in Zinkblende nicht angewendet werden. Das Auftreten von Magnesit in einer Paragenese ermöglicht auch in den Ostalpen nicht eine sofortige altersmäßige Einstufung des betreffenden Vorkommens. Darüber hinaus sind ostalpine Magnesite aus voroberkarbonen Schichten bekannt. Nach R. HÖLL und A. MAUCHER (19) wurde die Scheelit-Magnesit-Lagerstätte von Tux (Tirol) sedimentär angelegt, wobei Conodonten aus dem unteren Teil des Dolomit-Magnesit-Lagers eine altersmäßige Einengung auf einen Zeitabschnitt zwischen oberstem Ludlow bzw. Gedinne und Unter-Ems erlauben. Aufgrund ihrer Ergebnisse sehen sich R. HÖLL und A. MAUCHER (19) veranlaßt, eine Überprüfung des „karbonen“ Alters anderer ostalpiner Magnesit-Lagerstätten zu fordern. In diesem Zusammenhang sei außerdem auf die Untersuchungen von A. MAVRIDIS und H. MOSTLER (26) sowie von H. MOSTLER (27) verwiesen, in denen für Magnesite im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone eine strenge Bindung an die „Südfazies“, und zwar im wesentlichen an Gesteine höchstsilurischen bis unterdevonischen Alters, betont wird.

Magnesit als Gemengteil in Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums bestimmte F. BURGSTALLER (1) durch Ätzung in Anschliffen. Die Bestimmung als Magnesit hätte eine Bestätigung durch einen exakteren, z. B. röntgenographischen Nachweis wünschenswert erscheinen lassen, um auszuschließen, daß hier kein Mischkristall der Reihe Siderit-Magnesit vorliegt. Dies wäre schon deshalb notwendig gewesen, da F. BURGSTALLER (1) Siderit als weiteren Gemeng-

teil der Paragnese beschreibt. Demgegenüber steht aber als ein Ergebnis der von W. JOHANNES (20—24) durchgeführten experimentellen Untersuchungen fest, daß die gleichzeitige Bildung von Siderit und Magnesit innerhalb eines Lagers nicht möglich ist.

Wenngleich für die Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums von einer Reihe von Autoren eine alpidische Genese postuliert und diese Ansicht sogar als gesichert dargestellt wird, ergibt eine Durchsicht der im Schrifttum vorgelegten Ergebnisse, daß bisher keine stichhaltigen Beweise erbracht wurden, die für eine alpidische Anlage und gegen eine schichtgebundene, voralpidische Entstehung dieser Vorkommen sprechen.

Obwohl W. PETRASCHECK (28—32) eine fast ausschließlich alpidische Vererzung der Ostalpen vertritt, zählt er gerade die Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums nicht zu seiner „Alpinen Metallogenese“ bzw. „Altalpinen Metallogenese“. Auch E. CLAR (2), der sich in seinen Überlegungen zur ostalpinen Vererzung den Ansichten von W. PETRASCHECK (28—32) anschließt, rechnet diese Blei-Zink-Vorkommen nicht zur „Alpidischen Metallogenese“, sondern trennt sie davon als „unsichere Glieder“ ab.

Die Auffassung einer alpidischen Entstehung dieser Lagerstätten steht in logischem Widerspruch zu der Beschreibung einer Lagerstätte vom Typ Lahn-Dill im Grazer Paläozoikum durch O. M. FRIEDRICH (11—13, 15), und zwar der Roteisenlagerstätte im Heuberggraben bei Mixnitz. Es wäre daher wohl zu erwarten, daß im Grazer Paläozoikum auch andere verwandte Lagerstätten-typen, wie syngenetische Kieslagerstätten und Barytvorkommen, mit mehr oder weniger Blei-Zink-Erzführung (Typ Rammelsberg, Typ Meggen) auftreten.

Eine extrusiv-sedimentäre Bildungsweise der als metamorphosiert betrachteten Blei-Zink-Lagerstätten im Grazer Paläozoikum wird von F. HEGEMANN (17—18) als wahrscheinlich angesehen, wobei die submarinen Auswirkungen des mitteldevonischen Geosynklinal-Vulkanismus als Erzbringer herangezogen werden.

Als möglicherweise präalpidische Erzanreicherungen sieht auch E. SCHROLL (49—50) die Blei-Zink-Lagerstätten im Grazer Paläozoikum an.

Geochemische Untersuchungen ergaben nach W. TUFAR (47) für Baryte aus Blei-Zink-Vorkommen des Grazer Paläozoikums mit einer Ausnahme sehr niedrige Strontium-Gehalte und dadurch deutliche Unterschiede zu Schwer-späten aus ostalpinen Ganglagerstätten. Die geringen Strontium-Konzentrationen der Baryte des Grazer Paläozoikums entsprechen dem Typ Meggen bzw. Typ Rammelsberg und ließen daher für die Blei-Zink-Vorkommen im Grazer Paläozoikum den Schluß auf eine syngenetische Anlage zu.

Nach W. TUFAR (47) weisen Baryte aus diesen Vorkommen und von Meggen/Lenne folgende Strontium-Gehalte auf:

Tabelle 1:

Strontium-Gehalte von Baryten aus Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums und von Meggen/Lenne

Fundort	$\% \text{ } ^{87}\text{Sr}$
Gstettner-Stollen, Guggenbach	0,33%
Gstettner-Stollen, Guggenbach	0,40%
Affenthal, O-Weizklamm	1,58%
Schrems, Talhalde	0,28%

Fundort	% Sr
Riegel, S Kathrein a. O.	0,33 ⁰ / ₀
Fürstbauer, Rechberg	0,47 ⁰ / ₀
Ob. Schieferstollen, Übelbach	0,37 ⁰ / ₀
Arzwalldgraben/Waldstein	0,30 ⁰ / ₀
Arzwalldgraben/Waldstein	0,32 ⁰ / ₀
Talgraben/Frohnleiten	0,72 ⁰ / ₀
Rabenstein/Frohnleiten	0,40 ⁰ / ₀
Deutschfeistritz	0,45 ⁰ / ₀
Glück Auf bei Peggau	0,37 ⁰ / ₀
Meggen/Lenne	0,23 ⁰ / ₀
Meggen/Lenne	0,28 ⁰ / ₀

Sehr interessant sind in diesem Zusammenhang Schlußfolgerungen von H. PUCHELT (38). Dieser Autor unterstreicht, daß die Befunde einer syngenetischen Bildung der Lagerstätten Rammelsberg bei Goslar und Meggen/Lenne durch die geochemischen Untersuchungen am Baryt dieser Lagerstätten gestützt werden, und führt dazu außerdem aus: „... Im Gegensatz zu magmatisch-hydrothermalen Ganglagerstätten weisen die Baryte nur sehr niedrige Strontiumgehalte auf (Meggen: ϕ 0,30⁰/₀ und 0,79⁰/₀ für die beiden Lagerteile; Rammelsberg: 0,30 bis 1,40⁰/₀ im Grauerzkörper und bis 0,42⁰/₀ im Baryt der jüngeren Lagerteile) . . .“

Neue Gesichtspunkte für die Klärung der Genese der Blei-Zink-Lagerstätten im Grazer Paläozoikum liegen bereits nach den ersten Ergebnissen einer Neuuntersuchung vor. Sie lassen am Beispiel der Vererzung von Rabenstein bei Frohnleiten, einer Typuslokalität dieses Mineralisationstyps, ersehen, daß die Erzanreicherung gleichzeitig mit der Ablagerung des Nebengesteins, einem tonigen Sediment, erfolgte, das jetzt als Tonschiefer vorliegt. Dabei entstand eine Wechselfolge verschieden mächtiger konkordanter Lagen von „Tonschiefer“ und Erz (vergl. Abb. 1—3).

Dieses heterogen aufgebaute Schichtpaket zeigt Faltenstrukturen. Entsprechend den unterschiedlichen Kompetenzgraden der einzelnen Lagen ist eine disharmonische Faltung bzw. Fältelung ausgebildet, wobei Isoklinalfalten auftreten können; die Intensität und Dimension der Faltung wird durch das Gesetz der Stauchfaltengröße bestimmt (vergl. Abb. 2 und 3).

Gegenüber dem „Tonschiefer“ stellten die Erzlagen bei der Faltung inkompetentere Schichten dar und verhielten sich dementsprechend plastischer. Als Folge davon kam es stellenweise zur Materialwanderung, wobei Erz in Faltenkerne eingepreßt und somit in diesen angereichert wurde (vergl. Abb. 1—3).

Ein weiteres Merkmal der Falten sind stark divergierende Achsenrichtungen (vergl. Abb. 2 und 4).

Die nicht parallelen, sondern stark divergierenden Faltenachsen, die oben drein noch gebogen sein können, sowie das unterschiedliche Ausdünnen und Verdicken der Erzlagen geben Hinweise für eine bereits sedimentäre Faltung dieses Schichtpaketes vor Einsetzen der tektonischen Verformung.

Vergleichbare Erscheinungen sind aus anderen syngenetischen Lagerstätten, wie z. B. von Meggen oder vom Rammelsberg, bekannt, besonders eindrucksvoll wurden sedimentär verfaltete Erze von A. MAUCHER (25) aus der Kieslagerstätte von Keltaş in der Türkei beschrieben.



Abb. 1: Rabenstein. Probe aus verfalteter Wechselfolge von schwach metamorphen Tonschiefer- und Erzlagen (vorwiegend Zinkblende; schwarz). Letztere lassen Einpressung in Faltenkerne erkennen. Stellenweise treten Anflüge von sekundärem Pyrit (dunkelgrau bis schwarz) auf.

Mit der tektonischen Deformation ist eine schwache Metamorphose der Vorkommen verbunden. Sie entspricht dem Metamorphosegrad des Nebengesteins bzw. der Serie.

In der Vererzung kommt es u. a. zu Rekristallisations- sowie zu Mobilisationserscheinungen. Hierher zu stellen sind auch eine Mobilisation von Quarz, der dann auffällig diskordant auftreten kann, eine Neubildung von Sericit und die deutliche Schieferung des jetzt als Tonschiefer vorliegenden, ursprünglich tonigen Sedimentes.

Nicht weiter eingegangen sei hier auf jüngere Klüfte, die mobilisierte Erze und Gangarten enthalten können.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums schicht- und zeitgebundene, syngenetische Erzmineralisationen darstellen und somit nicht dem alpidischen Zyklus angehören. Das heutige Erscheinungsbild der Vorkommen wurde durch deren tektonische Beanspruchung und Deformation geprägt. Damit verbunden sind eine schwache Metamorphose und Mobilisationen des primären Stoffbestandes.

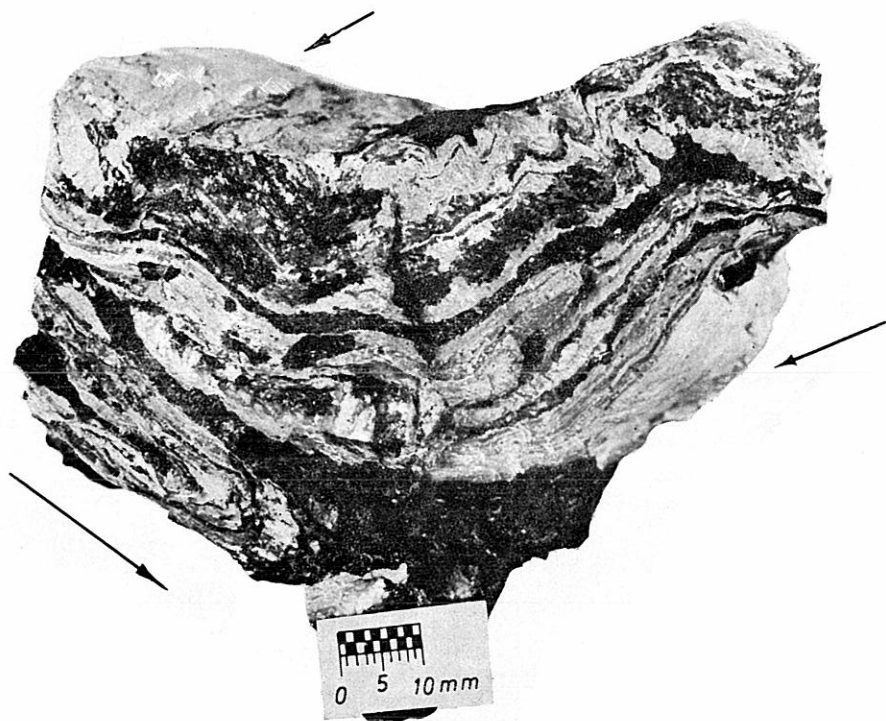


Abb. 2: Rabenstein. Gleiche Probe wie in Abb. 1, Rückseite. Deutlich ist eine disharmonische Faltung bzw. Fältelung und ein unterschiedliches Ausdünnen und Verdicken der konkordanten Erzlagen (schwarz) mit Einpressung in Faltenkerne zu beobachten. Auftretende Faltenachsen (stark divergierende Achsenrichtungen!) wurden, sofern in der Abbildung noch erkennbar, durch Pfeile dargestellt. Wie in Abb. 1 finden sich Anflüge von sekundärem Pyrit (dunkelgrau bis schwarz).

Insgesamt dürften diese Vorgänge auch die Ursache dafür sein, daß, wie dem umfangreichen Schrifttum zu entnehmen ist, vielen Bearbeitern eine junge, epigenetische Bildung vorgetäuscht und dementsprechend eine alpidische Anlage der Vererzung gefolgert wurde.

Diese Problematik ist aber keineswegs auf die Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums beschränkt, sondern ist ganz allgemein für die Vielzahl ostalpiner Vorkommen aktuell, die in präalpidischen Gesteinsserien auftreten und für die ohne ausreichende Begründung ein präalpidische Anlage ausgeschlossen und eine junge, d. h. alpidische Genese postuliert wird.

Hier sei nochmals als ein außeralpines Beispiel auf den Rammelsberg bei Goslar hingewiesen. Obwohl diese Lagerstätte mit ihrem Nebengestein in bezug auf tektonische Beanspruchung und Durchbewegung nicht mit voralpidischen Serien der Ostalpen parallelisiert werden kann, sind Metamorphose- und Mobilisationserscheinungen des primären Stoffbestandes in der Lagerstätte vom Rammelsberg allgemein anerkannt.

Anzuschließen sind bei diesen Überlegungen die kalkalpinen Blei-Zink-Lagerstätten vom Typ Bleiberg-Kreuth. Für sie wurde noch bis vor kurzem



Abb. 3: Rabenstein. Skizze zu Abb. 1 und 2. Die konkordanten Erzlagen dieser verfalteten Wechselfolge sind schwarz ausgezogen, die Tonschieferlagen sowie die sekundären Pyrit-Anflüge dagegen weiß belassen.

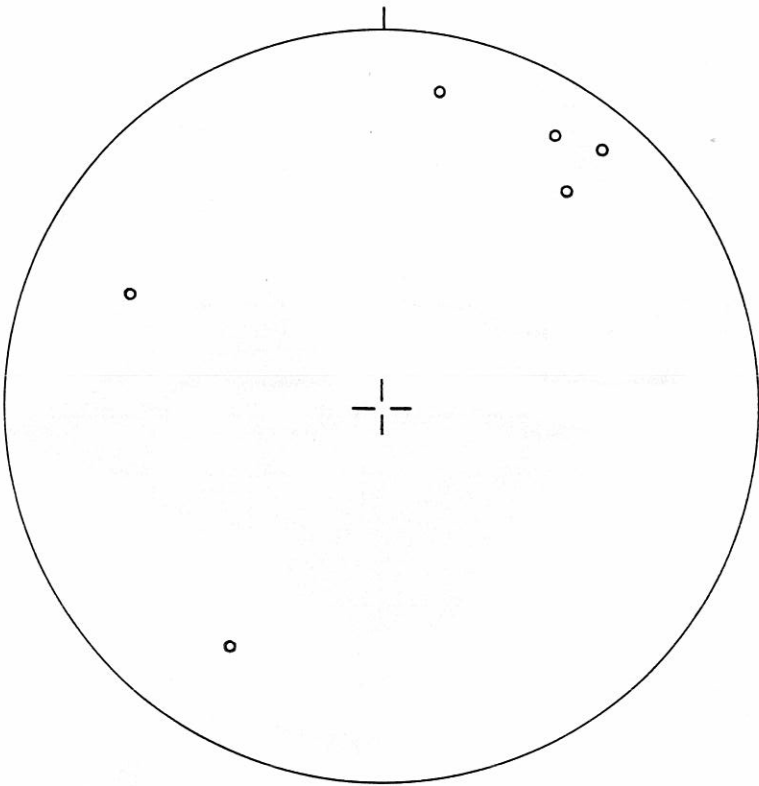


Abb. 4: Rabenstein. Probe wie in Abb. 1 und 2. Lage der stark divergierenden Faltenachsen (N-Richtung willkürlich festgelegt, da ursprüngliche Orientierung der Probe in der Lagerstätte nicht bekannt).

von E. CLAR (2—3), O. M. FRIEDRICH (12—14), W. E. PETRASCHECK (33—36) und anderen Forschern nachdrücklich eine sehr junge, epigenetische Bildung vertreten und eine syngenetische Anlage ausgeschlossen. Diese syngenetischen Blei-Zink-Lagerstätten treten allerdings in wesentlich jüngeren, nämlich triadischen Schichten auf, die außerdem keiner Metamorphose mehr ausgesetzt waren.

Das Paläozoikum von Graz, ebenso das der „Gurktaler Decke“ und deren altkristalline Unterlage gehören nach W. FRITSCH (16) zum Bereich der voroberkarbonischen, variszischen Faltung und Metamorphose.

In diesem Gebiet liegen die Lagerstätten von Meiselding (Kärnten) und Moosburg (Kärnten). Beide Vererzungen werden bekanntlich von O. M. FRIEDRICH (12) und W. E. PETRASCHECK (37) mit den Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums parallelisiert und wie diese als epigenetische Bildungen alpidischen Alters eingestuft. Diese Deutungen sind ebenfalls nicht haltbar. Sowohl für Meiselding wie für Moosburg erbrachten eigene informative Untersuchungen, trotz einer metamorphen Überprägung beider Vorkommen, schon Beweise für eine syngenetische Anlage und somit für ein präalpidisches Alter dieser Vererzungen.

Das Beispiel der Blei-Zink-Lagerstätten im Grazer Paläozoikum zeigt einmal mehr, daß die bisherige „unitarische“ Auffassung einer fast ausschließlich

alpidischen Vererzung der Ostalpen für die große Anzahl von Vorkommen in den präalpidischen Serien der Ostalpen nicht zutrifft und daher nicht länger vertretbar ist.

Herrn Prof. Dr. E. HELLNER (Marburg/Lahn) danke ich für sein Interesse und die stete Förderung meiner Untersuchungen. Für wertvolle Aussprache gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. F. ANGEL (Graz), Herrn Prof. Dr. K. GRIPP (Kiel), Herrn Prof. Dr. R. HUCKRIEDE, Herrn Prof. Dr. M. LINDSTRÖM, Herrn Dipl.-Geol. W. VORTISCH und Herrn Prof. Dr. H. ZANKL (alle Marburg/Lahn). Herrn Dipl.-Ing. Dr. E. KRAJICEK und Herrn Dr. A. ALKER (beide Graz) gilt mein Dank für manchen wertvollen Hinweis und für bereitwillige Überlassung von Probenmaterial. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für die Bereitstellung einer Sachbeihilfe gedankt.

Literaturverzeichnis

- (1) BURGSTALLER, F.: Untersuchung der Grazer Blei-Zink-Lagerstätten westlich der Mur. — Diss. Montanistische Hochschule Leoben 1968.
- (2) CLAR, E.: Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. — Geol. Rdsch., Bd. 42, 107—127, Stuttgart 1953.
- (3) CLAR, E.: Bemerkungen zur Entstehungsfrage der kalkalpinen Pb-Zn-Erzlagerstätten. — Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 48, 1955, R. v. Klebelsberg-Festschrift, 17—28, Wien, Dezember 1956.
- (4) FLÜGEL, H.: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbau des Grazer Paläozoikums. (Die Baue um den Trötschstock.) — Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 97, H. 4, 61—67, Wien 1952.
- (5) FLÜGEL, H., und V. MAURIN: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbau des Grazer Paläozoikums. II. Die Baue um Arzberg. — Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 97, H. 12, 227—234, Wien 1952.
- (6) FLÜGEL, H.: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbau des Grazer Paläozoikums. III. Die Baue zwischen Groß-Stübing und Rabenstein. — Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 98, H. 4, 61—68, Wien 1953.
- (7) FLÜGEL, H., und E. FLÜGEL: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbau des Grazer Paläozoikums. IV. Besitzverhältnisse, Zusammenfassung und Schluß. — Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 98, H. 10, 211—218, Wien 1953.
- (8) FLÜGEL, H., und V. MAURIN: Geologische Karte des Weizer Berglandes 1 : 25.000. — Wien 1958.
- (9) FLÜGEL, H.: Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes 1 : 100.000. — Wien 1960.
- (10) FLÜGEL, H.: Die Geologie des Grazer Berglandes. — Mitt. d. Museums f. Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum „Joanneum“ Graz, H. 23, 1—212, Graz 1961.
- (11) FRIEDRICH, O.: Die Roteisenlagerstätte im Heuberggraben bei Mixnitz. — Verh. Geol. Bundesanstalt Wien, Jg. 1930, Nr. 9, 203—208, Wien 1930.
- (12) FRIEDRICH, O. M.: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. — Radex-Rdsch., H. 7/8, 371—407, 1953.
- (13) FRIEDRICH, O. M.: Erzminerale der Steiermark. — Graz 1959.
- (14) FRIEDRICH, O. M.: Neue Betrachtungen zur ostalpinen Vererzung. — Der Karinthiner, Folge 45/46, 210—228, 8. Mai 1962.
- (15) FRIEDRICH, O. M.: Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des Gebirgsbaues. Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen, Bd. 8, 1—136, Selbstverlag O. M. Friedrich, Leoben 1968.
- (16) FRITSCH, W.: Erläuterungen zu einer neuen geologischen Übersichtskarte von Kärnten (1 : 500.000). — Carinthia II, Jg. 152, 14—20, Klagenfurt 1962.
- (17) HEGEMANN, F.: Über sedimentäre Lagerstätten mit submariner vulkanischer Stoffzufuhr. — Fortschr. Miner., Bd. 27, Jg. 1948, 54—55, Stuttgart 1950.

- (18) HEGEMANN, F.: Über extrusiv-sedimentäre Erzlagerstätten der Ostalpen. II. Teil: Blei-Zinkerzlagerstätten. — *Erzmetall*, Bd. 13, H. 2, 79—84, H. 3, 122—127, 1960.
- (19) HÖLL, R. und A. MAUCHER: Genese und Alter der Scheelit-Magnetit-Lagerstätte Tux. — *Sitzungsber. Bayerische Akad. Wiss., Mathem.-Naturwiss. Kl.*, Jg. 1967, 1—11, München 1968.
- (20) JOHANNES, W.: Experimente zur metasomatischen Magnetitbildung. — *N. Jb. Miner. Mh.*, Jg. 1967, H. 11, 321—333, Stuttgart, November 1967.
- (21) JOHANNES, W.: Experimentelle Sideritbildung aus Calcit + FeCl₂. — *Contr. Mineral. and Petrol.*, Bd. 17, 155—164, 1968.
- (22) JOHANNES, W.: Siderit-Magnetit-Mischkristallbildung im System Mg²⁺—Fe²⁺—Co³⁺ — Cl₂ — H₂O. *Contr. Mineral. and Petrol.*, Bd. 21, 311—318, 1969.
- (23) JOHANNES, W.: An experimental investigation of the system MgO—SiO₂—H₂O—CO₂. — *Amer. Journ. of Science*, Bd. 267, 1083—1104, November 1969.
- (24) JOHANNES, W.: Zur Entstehung von Magnetitvorkommen. — *N. Jb. Miner. Abh.*, Bd. 113, H. 3, 274—325, Stuttgart, Oktober 1970.
- (25) MAUCHER, A.: Die Kieserite von Keltaş, ein Beispiel submariner Gleitfalten in exhalativ-sedimentären Erzlagerstätten. — *N. Jb. Miner. Abh.*, Bd. 94, Festband Prof. Ramdohr, 1. Hälfte, 495—505, Stuttgart, Juni 1960.
- (26) MAVRIDIS, A. und H. MOSTLER: Zur Geologie der Umgebung des Spielberghorns mit einem Beitrag über die Magnetitvererzung (Nördliche Grauwackenzone, Tirol-Salzburg). — *Festband 300-Jahr-Feier Univ. Innsbruck*, 523—546, Innsbruck, Dezember 1970.
- (27) MOSTLER, H.: Ein Beitrag zu den Magnetitvorkommen im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone (Tirol u. Salzburg). — *Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen*, Bd. 11, 113—125, Selbstverlag O. M. Friedrich, Leoben 1970.
- (28) PETRASCHECK, W.: Das Alter alpiner Erze. — *Verh. Geol. Bundesanstalt Wien*, Jg. 1926, Nr. 4, 108—109, Wien, April 1926.
- (29) PETRASCHECK, W.: Metallogenetische Zonen in den Ostalpen. — *Comptes rendus 14. Congrès Géol. Int. Madrid*, 1—13, Madrid 1926.
- (30) PETRASCHECK, W.: Metallogenic Zones in Eastern Alps. — *The Pan-American Geologist*, Bd. 47, Nr. 2, 109—120, März 1927.
- (31) PETRASCHECK, W.: Die Magnesite und Siderite der Alpen. Vergleichende Lagerstättenstudien. — *Sitzungsber. Akad. Wiss. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I*, Bd. 141, H. 3/4, 195—242, Wien 1932.
- (32) PETRASCHECK, W.: Die alpine Metallogenese. — *Jb. Geol. Bundesanstalt Wien*, Jg. 1945, Bd. 90, 129—149, Wien 1947.
- (33) PETRASCHECK, W. E.: Großtektonik und Erzverteilung im mediterranen Kettensystem. — *Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. I*, Bd. 164, H. 3, 109—130, Wien 1955.
- (34) PETRASCHECK, W. E.: Die Gesichtspunkte für eine hydrothermale Entstehung der kalkalpinen Blei-Zinklagerstätten. — *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, Jg. 102, H. 9, 229—233, Wien 1957.
- (35) PETRASCHECK, W. E.: Lagerstättenlehre. — Wien 1961.
- (36) PETRASCHECK, W. E.: Die alpin-mediterrane Metallogenese. — *Geol. Rdsch.*, Bd. 53, 376—389, Stuttgart 1963.
- (37) PETRASCHECK, W. E.: Die zeitliche Gliederung der ostalpinen Metallogenese. — *Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. I*, Bd. 175, H. 1—3, 57—74, Wien 1966.
- (38) PUCHELT, H.: Zur Geochemie des Bariums im exogenen Zyklus. — *Sitzungsber. Heidelberger Akad. Wiss.*, Jg. 1967, 4. Abh., 1—205 (85—287), Heidelberg 1967.
- (39) SEELMEIER, H.: Beitrag zur Geologie des erzführenden Paläozoikums der Umgebung von Peggau-Deutschfeistritz bei Graz. — *Berichte d. Reichsamts für Bodenforschung*, Zweigstelle Wien, Jg. 1944, H. 1/4, 1—25, Wien 1944.
- (40) SEEWANN, L.: Die Blei-Zinkerz-Lagerstätte von Haufenreith-Arzberg in der Oststeiermark. — *Mitteilungen des Naturwiss. Vereines für Steiermark*, Bd. 64/65, 236—253, Graz 1929.
- (41) SETZ, W.: Die Erzlagerstätten der Gegend von D.-Feistritz-Peggau, Frohnleiten, Uebelbach und Thalgraben. — *Zeitschrift f. praktische Geologie*, H. 11, 357—378, H. 12, 393—414, Berlin 1902.
- (42) TORNQVIST, A.: Die Blei-Zinkerz-Lagerstätte von Rabenstein bei Frohnleiten im Murtal — Post- und prätektonische Erzlagerstätten in den Ostalpen. — *Mitteilungen des Naturwiss. Vereines für Steiermark*, Bd. 63, 3—25, Graz 1927.

- (43) TORNQUIST, A.: Das System der Blei-Zinkerz-Pyrit-Vererzung im Grazer Gebirge. — Sitzungsber. Akad. Wiss. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 137, H. 7, 383—399, Wien 1928.
- (44) TORNQUIST, A.: Die geologischen Probleme der Blei-Zink-Vererzung der Ostalpen. — Verh. Geol. Bundesanstalt Wien, Jg. 1928, 234—240, Wien 1928.
- (45) TORNQUIST, A.: Die Vererzungsperioden in den Ostalpen. — Metall und Erz, Jg. 26, H. 10, 2. Maiheft 1929, 241—246, 1929.
- (46) TORNQUIST, A.: Perimagmatische Typen ostalpiner Erzlagerstätten. — Sitzungsber. Akad. Wiss. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 139, H. 3—4, 291—308, Wien 1930.
- (47) TUFAR, W.: Geochemische Untersuchungen an österreichischen Baryten. — Tschermarks min. u. petr. Mitt., Bd. 9, H. 3, 242—251, Wien 1965.
- (48) WOLLAK, O.: Geologie der Bleizinkerzlagerstätten im Paläozoikum von Graz. — Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch, Bd. 78, H. 4, 133—150, Wien 1930.
- (49) SCHROLL, E.: Ein Beitrag zur geochemischen Analyse ostalpiner Blei-Zink-Erze, Teil I. — Mitt. Österr. Mineral. Ges., Sonderheft 3, 1—85, Wien 1954.
- (50) SCHROLL, E.: Über das Vorkommen einiger Spurenmetalle in Blei-Zink-Erzen der ostalpinen Metallprovinz. — Tschermarks min. u. petr. Mitt., Bd. 5, H. 3, 183—208, Wien 1955.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Werner TUFAR, Fachbereich Geowissenschaften der Philipps-Universität Marburg,
Mineralogie, Kristallographie und Petrologie
Lahnberge, D-3550 Marburg/Lahn

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Abteilung für Mineralogie am Landesmuseum Joanneum](#)

Jahr/Year: 1972

Band/Volume: [2 1972](#)

Autor(en)/Author(s): Tufar Werner

Artikel/Article: [Zur Blei-Zink-Vererzung des Grazer Paläozoikums 64-75](#)