

Die Gesichtspunkte für eine hydrothermale Entstehung
der kalkalpinen Blei-Zinklagerstätten

(Diskussionsreferat für die Tagung des Lagerstätten-
ausschusses der GDMB am 17.11.1956 in München)

von Walther E. Petrascheck jr., Leoben

Die Veröffentlichungen von Taupitz und Schneider über eine sedimentäre Entstehung der Blei-Zink- und Flußspatlagerstätten der nördlichen Kalkalpen sind von bleibendem Wert, weil sie auf neuen Beobachtungen beruhen, nämlich der Feststellung von echten, feinschichtigen Sedimentärgefügen, an denen die Wirkung der Schwerkraft beim Absatz des Erzes unverkennbar ist. Man hat die schichtigen Gefüge im Erz bisher zu Unrecht stets nur als metasomatische Abbildung einer Schichtung des älteren Nebengesteins gedeutet. Wenn aber die Verfechter einer sedimentär-syngenетischen Bildung der kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten behaupten, daß damit diese Lagerstätten aus der alpinen Metallogenese trotz ihrer zonar "richtigen" Stellung herausgebrochen seien, ja, daß diese Metallogenese auch in anderen Stockwerken zum Einsturz gebracht sei, so ist diese Behauptung voreilig. Die Deutung der Pb-Zn-Lagerstätten durch diese Verfasser im Sinne einer mehrphasigen Entstehung - erst synsedimentäre Bildung, dann weitgehende hydatogene Umlagerung der Erze - enthält eine Fülle von faziellen Schwierigkeiten und mineralogenetischen Unwahrscheinlichkeiten, die zu einer anderen Erklärung der beobachteten Sedimentärgefüge zwingen. Ich habe darum schon 1954 die Abbildungen in der Dissertation von C.TAUPITZ daraufhin betrachtet, ob die dort wiedergegebenen Sedimentärgefüge nicht durch einen Absatz des Erzes aus konzentrierten kolloidalen Lösungen und Suspensionen von epigenetischer (hydrothermaler) Art in Lösungshohlräumen des verfestigten Kalkes erklärt werden können und habe dies bei den meisten der Bilder als eine mögliche und z.T. zwingende Deutung gefunden. Nachdem dann W.SIEGL vorerst an Sammlungsstücken aus Bleiberg im Geologischen Institut Leoben gleichfalls Sedimentärgefüge erkannte, hat auf meine Anregung Herr cand.ing. H.POLESNIG unter ständiger Anleitung durch Herrn Dozent Dr.W.SIEGL und mit bewährter Unterstützung durch die Bleiberger Bergwerks Union eine solche genetische Gefü-

geuntersuchung an den Erzen von Bleiberg-Kreuth durchgeführt, wo-rüber SIEGL kürzlich in den Berg- u. Hüttenmännischen Monatsheften vorläufig berichtet hat.

Im folgenden soll nun vom Standpunkt der Epigenetiker, die sich in der letzten Zeit mehrfach geäußert haben (E.CLAR; D. di COLBERTALDO, W.SIEGL) die Entstehung der kalkalpinen Blei-Zinklagerstätten beleuchtet werden, wobei es der Diskussion vorbehalten bleibe, von den Merkmalen und Argumenten diejenigen herauszufinden, welche eindeutig oder mit größerer Wahrscheinlichkeit für die eine oder für die andere Auffassung sprechen.

I. Sedimentäre Erzgefüge

1.) Gefüge im Meter- bis Millimeter-Bereich

Es sei zweifellos anerkannt, daß es in den Nördlichen Kalkalpen und in Bleiberg-Kreuth Erze gibt, die ein rhythmisches, sedimentäres, geopoltales (d.h. schwerkraftbestimmtes) Gefüge haben. Neben Zinkblende, Bleiglanz, Flußspat beteiligen sich Carbonatschlamm, Pyrit und etwas Bitumen an diesen Gefügen. Gleiterscheinungen und Schollenzerbrechungen von feinen, wenig verfestigten Zinkblendelagen sind in Tirol wie in Bleiberg beobachtbar.

Es gibt aber Ortsbilder, die zwingend beweisen, daß der Kalk zur Zeit des Erzabsatzes schon fest war. TAUPITZ bildet steile und überhängende Seitenwände des Nebengesteinskalkes neben den Erztaschen ab, SIEGL-POLESNIG fanden Brocken des Kalkdaches im sedimentären Erz eingebettet. Sie fanden in Kreuth eine vertikale (zur Schichtung des Kalkes senkrechte) 18 Meter hohe Erzgangspalte, die an ihrem unteren ausspitzenden Ende mit horizontal geschichtetem Sedimentärerz gefüllt war. Es muß also der Kalk vor Absatz des Erzes Schlotten, Höhlen und Spalten gehabt haben, er muß also fest gewesen sein. Das Erz kann somit nicht mit dem Nebengestein synsedimentär sein, sondern es ist "epigenetisch-sedimentär". (Bei dem vorerwähnten Gang könnte im Sinne einer synsedimentären Auffassung eventuell noch an eine gefüllte Erdbebenspalte am Meeresboden gedacht werden - vergleichbar den Sandsteingängen, die in analoger

Weise seinerzeit beim Streit der Plutonisten und Neptunisten eine Rolle spielten. Solche tiefe Spalten würden sich im unverfestigten Sediment des Meeresbodens aber kaum so lange halten, daß darin ein sulfidfällendes Faulschlamm-Milieu aufkommen kann).

Die sedimentären Erze sind nach SIEGLS, POLESNIGS und meiner Auffassung Internsedimente nach einer Begriffsfassung B.SANDERS. Der Zeitpunkt dieser Internsedimentation in den Hohlräumen in Bezug auf die tektonischen Bewegungen kann durch die Orientierung der Schichtung der Internsedimente (Erze) zu der der Externsedimente (Nebengesteine) geklärt werden. Bis jetzt wurde bei aufmerksamer Beobachtung in Kreuth nur eine Parallelität beider Schichtungen gefunden, d.h., daß die Internsedimentation des Erzes schon vor der Schrägstellung der Kalkschichten erfolgte. (Auf die Folgerungen daraus wird noch eingegangen werden).

Im Sulfiderz, besonders unten im "Bodenerz" (SIEGL) der sedimentären Erzkörper erscheint feiner Carbonatsschlamm, Ton und keineswegs besonders reichlich Bitumen. Diese Beimengungen sind m.E. als ein von den Hydrothermen mitgeschleppter Lösungsrückstand des Nebengesteins aufzufassen, vergleichbar den Vitriolletten in Oberschlesien.

Am ehesten für eine syngenetische Bildung sprechen H.J.SCHNEIDERS Dünnschliffe des Fluorits von Mittenwald, wo der in die Fluoritkristalle in geopetaler Anordnung eingeschlossene Kalkschlamm merklich feinkörniger ist als der umgebende Kalkschlamm, woraus mit gutem Grund gefolgert wurde, daß die diagenetische Sammelkristallisation des Kalzits nach der Bildung der Fluoritkristalle stattfand. E.CLAR gibt aber immerhin zu bedenken, daß die eingeschlossenen Kalzitkörnchen auch durch Auflösung beim Wachsen eines post-diagenetischen, also epigenetisch-hydrothermalen Fluoritkristalles verkleinert werden können. Er weist mit Recht darauf hin, daß viele von den Syngenetikern herangezogenen Gefügebildern (z.B. bei den Spatmagnesiten) in ähnlicher Weise bei jüngeren Kristalloblasten in kristallinen Schiefern zu finden seien, daß solche Gefüge also mehrdeutig sind.

Dieselbe Mehrdeutigkeit gilt auch für gelegentliche metasomatische Gefüge in den schichtigen Blei-Zinkerzen (A.TORNQUIST), sie beweisen nicht die hydrothermale Epigenese. Mit Recht wies O.KEIL und vor ihm schon manche anderen Beobachter sedimentärer Erzlager darauf hin, daß es in solchen Lagern verdrängende Umlagerungen bei der Diagenese und erst recht bei einer submarin-exhalativen Bildung geben kann.

2.) Gefüge im Zehner-Meter-Bereich

Die lagig-schichtigen Erze sind seit H.HOLLERS grundlegenden Feststellungen an wenige, faziell besondersartige Schichten ("edle Flächen") im höheren Wettersteinkalk gebunden. Das Erz nimmt aber, in den Nordalpen wie in den Südalpen, nicht die ganzen Schichtflächen ein, sondern erscheint innerhalb derselben als Streifen oder Züge. Nach HOLLER sind diese Züge durch den Verschnitt der vererzungsgünstigen Schichten mit den erzführenden Spaltensystemen bedingt, nach TAUPITZ und SCHNEIDER handelt es sich um erzgefüllte Erosionsrinnen am Meeresboden.

Nun spricht wohl fast zwingend für die epigenetische Auffassung die Beobachtung HOLLERS in Kreuth, daß die edlen Schichtflächen vielfach gerade beiderseits eines querenden Erzganges erzführend sind und mit Entfernung von diesem nach einigen Zehnern von Metern vertaufen. (Wäre das Erz des Ganges nach Auffassung der Syngenetiker durch Auflösung aus der edlen Schicht und hydratische Umlagerung in den Gang hinein zu erklären, so wäre gerade die umgekehrte Erzverteilung in der Schicht zu erwarten).

TAUPITZ erwähnt von den westlichen Nordalpen, daß nach Rückdrehung des Wettersteinkalkes in die ursprüngliche horizontale Lage die "Rinnen" zwei fruhtektonisch angelegte Systeme bilden: ein ursprünglich etwa N-S gerichtetes und ein O-W gerichtetes. Die Blei-glanz-Fluorit-Paragenese ist vorwiegend an das N-S-Rinnensystem, die Zinkblende-Paragenese an das O-W-System gebunden. Für eine synsedimentäre Erzabscheidung in Erosionsrinnen am Meeresboden ist aber ein solcher Unterschied schlechterdings unerklärlich - dem Epigenetiker sind verschiedene Erzparagenesen in verschiedenen gerichteten Gangspalten bestens geläufig.

CLAR verweist bezüglich der Erzparagenese auf eine Feststellung von Dr. KOSTELKA (Bleiberg), die ebenfalls im Sinne der Epigenese spricht: In Bleiberg-Kreuth ändert sich das Zn/Pb-Verhältnis (zu gunsten des Bleis) von West nach Ost sowohl bei den Erzen des Wettersteinkalkes, wie des karnischen Dolomits, wie des Hauptdolomits. Schon vor der Kenntnis der gelegentlichen Erzführung dieser beiden höheren Triasstufen hatte HOLLER in diesem Wandel den Ausdruck einer lateralen Zonung im Sinne eines Hydrothermenaufstieges von Westen her gesehen. Der gleiche Wandel erscheint ja in Bleiberg-Kreuth auch als primärer Teufunterschied.

TAUPITZ bemerkt, daß auffälligerweise oft mehrere Erzrinnen übereinander auftreten. Eine solche engsträumige Konstanz fazieller Sonderbedingungen ist schwer erklärbar. Dieser Einwand wird auch im weiteren stratigraphischen Bereich von CLAR erhoben, daß die Gebiete anisischer und ladinischer Erzführung in den Nordalpen räumlich zusammenfallen. Auf Bleiberg übertragen, gilt dieser Einwand für das häufige Zusammenfallen der Erzführung in den oberladinischen, karnischen und norischen Schichten.

All das ist vom Standpunkt der Syngeneese schwer, von dem der Epigenese leicht zu verstehen.

3.) Fazielles, stratigraphisches und räumliches Auftreten der Blei-Zinkerze.

Sulfiderze scheiden sich reichlich bekanntlich nur im Faulschlamm-Milieu aus und bleiben vor allem nur dort erhalten.

A. MAUCHER, H.J. SCHNEIDER und C. TAUPITZ haben im Oberen Wettersteinkalk der Bayrisch-Tirolerischen Kalkalpen eine stark differenzierte Fazies erkannt, in welcher neben reichlichen Frischwasser bildungen auch Kalksapropelite vorkommen. Immerhin ist der Bitumen gehalt in den Bleizinkerzen und ihrer unmittelbaren Umgebung recht gering und nicht vergleichbar mit den Schwarzschiefern von Meggen, Rammelsberg oder dem Kupferschiefer. Submarine Erosionsrinnen und resedimentierte Breccien sind mit den stagnierenden Wässern der Sulfidanreicherung nicht vereinbar. Die Megalodus-Bänke nächst den

Bleiberger Erzlagern weisen auf gut durchlüftetes Wasser hin.

TAUPITZ vertritt die Auffassung, daß der an sich sehr geringe Pb-Zn-Gehalt des Meerwassers in dünnen bituminösen Einlagerungen lagerstättenbildend konzentriert werden kann. Demgegenüber hat D. di COLBERTALDO aus Raibl gezeigt, daß gerade die dünnen schwarzen Einlagen der Raibler Schichten erzfrei sind, während die angrenzenden hellen Kalke reichlich Sulfiderz führen. Die Raibler Schiefer enthalten dort Erz, wo die N-S streichenden erzführenden Verwerfer durchziehen.

Die Pb-Zn-Erzführung ist keineswegs auf "wenige Horizonte" beschränkt. Sie tritt vielmehr, wie eben erwähnt, lagerstättenbildend im Anis, Unter-Ladin, Ober-Ladin, Karn und Unter-Nor bei recht unterschiedlicher Fazies dieser Stufen auf. Es bleibt allerdings für die Anhänger einer mitteltertiären Vererzung immer noch ein Rätsel, warum sie nie in den oberen Hauptdolomit oder Dachstein-kalk hinaufreicht. Die genauen räumlichen und zeitlichen Beziehungen zum prophyratischen Magmatismus der alpinen Trias, auf welchen HEGEMANN, MAUCHER und SCHNEIDER im Zusammenhang mit der Lagerstättenbildung hingewiesen haben, müssen noch ernstlich untersucht werden.

Die räumliche Verteilung der kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten über ein Gebiet von einigen 100 km streichender Länge wird von den Anhängern der syngenetisch-sedimentären Entstehung als ein Argument herangezogen. Demgegenüber sei bloß auf den um ein Mehrfaches längeren hydrothermalen Eisenspat-Kupfererzbezirk der Nördlichen Grauwackenzone verwiesen.

II. Epigenetische Erzgefüge

Quergreifende Erzgänge, als Spaltenfüllung entstanden und vielfach mit randlicher metasomatischer Verdrängung des Kalkes an den Salbändern ausgebildet, sind bei den kalkalpinen Blei-Zinklagerstätten altbekannt und werden auch von den Syngenetikern nicht bestritten. Nach TAUPITZ tritt in den Nordalpen die Hälfte bis

Dreiviertel des Erzes in epigenetischer Form auf. In Bleiberg-Kreuth ist es wohl noch mehr und in Raibl wohl das gesamte Erz. MAUCHER, TAUPITZ und SCHNEIDER erklären dies durch eine nicht-thermale, "hydatogene" Umlagerung des sedimentären Erzes bei der Diagenese und bei einer späteren profunden Grundwasserzirkulation.

1.) Geologische Einwände gegen die hydatogene Umlagerung

Die zirkulierenden Wässer müssen die seltsame Fähigkeit besessen haben, Bleiglanz, Zinkblende (und Flußspat) in weitem Maße aufzulösen, während sie die viel löslicheren Karbonatgesteine fast unangegriffen ließen (Einwand von E.CLAR).

Dort, wo so beträchtliche Erzmengen weggelöst worden sind, sollten sich Hohlräume finden (Einwand von H.HOLLER bei der Tagung in Klagenfurt 1956). Es sei hier auch darauf hingewiesen, daß KRAUME in der Blei-Zinkerz-Monographie des Rammelsberges erwähnt, daß der Kies in der Nähe der mobilisierten Kniesterte porös ist.

In Bleiberg-Kreuth sind eindeutig prämineralische (vererzte) und postmineralische (nicht vererzte) Kluft- und Verwerfungssysteme unterscheidbar. Die letzteren sind auch aus tektonischen Beziehungen als jünger erkennbar. Es ist unverständlich, warum das Grundwasser solche Unterschiede machen soll.

2.) Mineralogenetische Einwände gegen die hydatogene Umlagerung

Das Blei ist eines der am wenigsten beweglichen Elemente, wie S.S. SMIRNOW in einer umfassenden Untersuchung der Oxydationszone sulfidischer Lagerstätten kürzlich wiederum festgestellt hat. In den kalkalpinen Lagerstätten sind bleiglanzreiche Gänge häufig.

Der Sprudel von Cannstatt enthält nach K.FRICKE 0,006 ppm Pb und 0,05 ppm Zn, die Quellen von Aachen nur Spuren von Pb und 12,8 ppm Zn. Es wäre also in "hydatogenen Umlagerungserzen" um eine Zehnerpotenz mehr Zink als Blei zu erwarten. Das ist nicht der Fall. Auch TAUPITZ erwähnt die ungefähr gleiche Zusammensetzung der sedimentären und der hydatogenen Erze.

TAUPITZ schreibt in einer zusammenfassenden lagerstättengenetischen Abhandlung (1954, Seite 119): "Die Umlagerungsfreudigkeit ist vielfach der Löslichkeit der Sulfide verkohrt proportional". Das ist trotz des Sperrdruckes kein Naturgesetz, sondern eine höchst unwahrscheinliche Behauptung. In der Grube Bad Ems trat bekanntlich ein heißer Kohlensäuerling auf; er hat in den Gangerzen nicht die geringste Umlagerung hervorgerufen.

Die Bleimergel des Zechsteins, welche über den Kupfermergeln der Gröditzberger Mulde liegen, haben einen geringen, aber gleichmäßigen primären Bleigehalt von 0,830 % (vererzte Trochosmilchen). Sie sind hinreichend wasser durchlässig und von großen Verwerfungen durchsetzt. Es wurden in ihnen niemals hydatogene Erzanreicherungen festgestellt. Die hydatogene Umlagerung der kalkalpinen Pb-Zn-Erze ist, wie ich 1954 betont habe, ein unbewiesener "Deus ex machina" zur Stützung der syngenetisch-sedimentären Theorie.

III. Geochemische Gesichtspunkte

In einer bemerkenswerten Untersuchung hat E. SCHROLL (1955) gezeigt, daß die Spurenmetalle in den alpinen Blei-Zinkerzen im wesentlichen von den Bildungstemperaturen der Bleiglanze und Blenden abhängen. Er hat für die alpinen Triaserze als kennzeichnende Spurenelemente Ge, Tl und As gefunden und trennt darum diesen Erzbezirk mit Vorbehalt von der alpinen Metallogenese ab. SCHROLL erwähnt aber selbst, daß die gleiche Spurenkombination auch in den kühlthermalen Pb-Zn-Erzen der Achselalpe vorkommt, die zur Tauern-Mineralisation gehören, und daß ein gewisser Hg-Gehalt gerade in den nordtiroler Zinkblenden eine Blutsverwandtschaft zu den Hg-reichen hydrothermalen Lagerstätten der Grauwackenzone andeutet.

In einer von mir veranlaßten Diplomarbeit haben GILG & MACK 1955 den spurenhaften Zinkgehalt triadischer Kalke und Dolomite im Erzrevier Rubland in Kärnten mittels der Dithizonmethode untersucht und dabei gefunden, daß die höheren Zinkgehalte nicht stratigraphisch, sondern durch große Verwerfungen bestimmt sind. Das spricht mehr für Epigenese als für Syngene.

IV. Die kalkalpinen Blei-Zinklagerstätten im Rahmen der alpinen Metallogenese

Trotz der im vorhergehenden dargestellten Gründe für eine hydrothermal-epigenetische Entstehung der diskutierten Lagerstätten ist ihre Einfügung als Oberstockwerk bzw. Außenzonen einer einheitlichen mitteltertiären alpinen Erzprovinz nicht ohne Schwierigkeiten durchführbar.

Die eine Schwierigkeit liegt in der mineralparagenetischen Sonderstellung dieser Lagerstätten, welche Beziehungen zu den tieferen bzw. inneren Erzzonen fast ganz vermissen läßt. Auch bei engster Nachbarschaft ist am Arlberg ein deutlicher Unterschied in der Ausbildung der Bleizinkerze des Kristallins und der Trias unverkennbar. Man kann vielleicht als Erklärungsversuch annehmen, daß in den kalkalpinen Decken stets eine wesentlich niedrigere Temperatur herrschte und die Hydrothermen sich bald mit dem Grundwasser mischten, was auch die Zufuhr von lateral ausgelösten Sonderelementen wie Vanadium und Molybdaen zur Folge gehabt haben kann. (HEGEMANN, SIEGL, SCHROLL).

Die zweite Schwierigkeit ergibt sich aus der bisher ausnahmslos festgestellten Beobachtung, daß die aus konzentrierten ascendenten Lösungen gefällten Erze in Hohlräumen und Spalten des Kalkes schon früh vor der gemeinsamen Schrägstellung der Schichten abgesetzt wurden. Das würde eher auf eine mesozoische Bildungszeit schließen lassen. Aber es sei auch hier im Sinne einer mitteltertiären Vererzung ein möglicher Gesichtspunkt angeführt: Ich habe schon 1931 für Bleiberg gezeigt, daß dort die erzbringenden Spalten Fiederspalten eines klar erkennbaren Systems sind, deren Entstehung durch Horizontalverschiebungen am O-W verlaufenden Bleiberger Talbruch ausgelöst wurde. H.HOLLER hat 1936 diese Erklärung übernommen und auch für Kreuth ausgebaut. Nun pflegen Fiederspalten in starren Platten am Anfang der Scherbewegungen zu entstehen. Die hydrothermale Vererzung kann also der ersten Anlage der tertiären Bruchtektonik in diesem Raum gefolgt sein und die Hauptbewegungen und Schollenkippen fanden später statt. Das sehr junge Alter der Karawankentektonik ist ja bekannt und gerade auch in Bleiberg-Kreuth hat E.TSCHERNIGG die lebendige Tektonik bewiesen.

Es ist aber tatsächlich die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß die kalkalpine Blei-Zinkvererzung im Sinne von HEGEMANN, MAUCHER und SCHNEIDER eine Folge des mitteltriadischen Porphyritmagmatismus ist - allerdings nicht submarin-exhalativ-synsedimentär, sondern postmagmatisch-epigenetisch. Hier ist eine kritische Untersuchung der Zeitlichkeit und räumlichen Verbreitung dieses Vulkanismus in den Nord- und Südalpen geboten - auch in Bezug auf seine Lage vor den großen Deckenüberschiebungen. Im Sinne der von mir 1954 versuchten Definitionen von Erzprovinzen und Metallzonen würden die reichen südalpinen Blei-Zink-Lagerstätten auch bei einer Abkunft vom Porphyritmagmatismus dem großen taurisch-dinarischen Pb-Zn-Zug der alpidischen Metallogenese angehören.

Literatur

- CLAR, E.: Bemerkungen zur Entstehungsfrage der kalkalpinen Pb-Zn-Erzlagerstätten. - Klebelsbergfestschrift 1956
- COLBERTALDO, D.di: Raibl e un giacimento di origine magmatica. - Rend. Soc. Min. Italiano, XII, Pavia 1936
- FRICKE, K.: Der Schwermetallgehalt von Mineralquellen, - Erzmetall, VI, 1953
- HEGEMANN, F.: Die Herkunft des Mo, V, As und Cr in Wulfeniten. - Heidelberg Beitr. Min.-Petr., 1, 1949
- HOLLER, H.: Die Tektonik der Bleiberger Lagerstätte, Carinthia II, Klagenfurt 1936
- : Der Blei-Zinkbergbau von Bleiberg, seine Entwicklung, Geologie und Tektonik. - Carinthia II 143, 1953
- MAUCHER, A.: Zur "alpinen Metallogenese" in den bayerischen Kalkalpen zwischen Loisach und Salzach. - Tsch.min.-petr. Mittgl., 4, 1954
- PETRASCHECK, W.E.: Die mechanischen Gesetzmäßigkeiten der Bruchtektonik von Bleiberg in Kärnten. - Cbl.f.Min., 1931 B
- : Großtektonik und Erzverteilung im mediterranen Kettenystem. - Sitzb. öst. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., Abt. I, Bd 164, 1955
- SCHNEIDER, H.J.: Neue Ergebnisse zur Stoffkonzentration und Stoffwanderung in Blei-Zinklagerstätten der nördlichen Kalkalpen. - Fortschritte der Min., 32, 1953
- : Die sedimentäre Bildung von Flußspat im oberen Wettersteinkalk der nördl. Kalkalpen. - Abh. Bayr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., N.F., H 66, 1954
- SCHROLL, E.: Über das Vorkommen einiger Spurenmetalle in Blei-Zinkerzen der ostalpinen Metallprovinz. - Tsch.min.-petr. Mittgl., Bd 5, 1955
- SIEGL, W.: Zur Wulfenitbildung auf manchen Blei-Zinklagerstätten. - Berg. u. Hüttm. Monatsh., Jg. 92, 1947
- SIEGL, W.: Zur Vererzung der Blei-Zinklagerstätten von Bleiberg. - Berg. u. Hüttm. Monatsh., Jg. 101, 1956
- TAUPITZ, K.C.: Die Blei-Zink- und Schwefellagerstätten der nördlichen Kalkalpen westl. der Loisach. - Diss. Clausthal 1954
- : Erze sedimentärer Entstehung auf alpinen Lagerstätten des Typus Bleiberg, - Erzmetall 7, 1954
- : Über Sedimentation, Diagenese, Metamorphose, Magmatismus u. d. Entstehung von Erzlagerstätten. - Chem. d. Erde, Bd 17, Jena 1954
- TORNQUIST, A.: Die Blei-Zinklagerstätte von Bleiberg-Kreuth. - Wien (Springer) 1927