Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 53 (1973)

Heft: 2

Artikel: Über Cu-haltigen Bleiglanz und Pb-haltigen Covellin von Boarezzo (Varese) und ihre Sulfidparagenese

Autor: Frenzel, Gerhard / Ottemann, Joachim / Kurtze, Wolfgang

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-41382

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Über Cu-haltigen Bleiglanz und Pb-haltigen Covellin von Boarezzo (Varese) und ihre Sulfidparagenese

Von *Gerhard Frenzel, Joachim Ottemann* und *Wolfgang Kurtze*
(Heidelberg)*)

Mit 7 Figuren und 4 Tabellen im Text

Zusammenfassung

Im unterpermischen Granophyr von Boarezzo wird eine epithermale Blei-Kupfer-Zink-Vererzung mit dem Erzmikroskop und der Mikrosonde untersucht. Pyrite enthalten 5 Gew.-% As und $\gg$ 1% Cu in ihrer Randzone. Auffällig sind Bleiglanz-Covellin-Verwachsungen, bei denen im Bleiglanz Kupfer bis 14,5 Gew.-% und umgekehrt im Covellin Blei bis 10,8% eingebaut sind – nicht als Einschlussmineralien, sondern homogen in meist zonarer Verteilung. Es handelt sich um metastabile Übergangsphasen einer langsam verlaufenden Verdrängung von Bleiglanz durch Covellin bei niedrigen Temperaturen und vorwiegend supergenen Bedingungen.

Abstract

By ore microscope and microprobe an epithermal lead-copper-zinc-mineralisation in the Lower Permian granophyre at Boarezzo (Valganna, Varese) is studied. Pyrites reveal arsenic contents of about 5% and copper contents of more than 1 weight % in marginal zones. Assemblages of galena and covellite show copper contents of up to 14.5 weight % in galena and lead contents up to 10.8% in covellite. The elements are not concentrated in mineral inclusions or in a second exsolved phase but are held in a homogeneous zonal and gradational solid solution. Both the galena and covellite are considered to be metastable phases of transition owing to a sluggish replacement of galena by covellite at low temperatures and for the most part under supergene conditions.

Von allen Perm-Vulkaniten des Luganese ist der von HARADA (1882) unter dem Namen «roter Porphyr» beschriebene Granophyr der verbreitetste. Von der schweizerischen Halbinsel Morcote im Nordosten bis nach dem italienischen

*) Adresse der Autoren: Prof. Dr. G. Frenzel, Dr. J. Ottemann und W. Kurtze, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität, Berliner-Strasse 19, D-69 Heidelberg.

Brinzio im Südwesten bildet er eine mehrere 100 m mächtige, in sich geschlossene Decke mit relativ konstantem petrographischen Charakter. Der Granophyr ist hier oberer Teil der ca. 1000 m mächtigen (lokal stark wechselnd!) permischen Vulkan-Serie, welche die Gneise und granitischen Gesteine des kristallinen Untergrundes bedeckt.

Den untersten Teil des Deckgebirges bildet das Basis-Konglomerat, welches viel Material aus dem Altkristallin beinhaltet. Durch Zunahme des vulkanischen Anteils geht das Basalkonglomerat in die Basistuffe über, die in sich vielgliedrig und von mannigfaltiger Ausbildung sind. Es schliesst sich an eine stratovulkanische Serie, der u. a. die Porphyrite des Mte. Piambello angehören. Auf die Periode der Stratovulkane folgt der Granophyr, der eine sehr mächtige (bei Cuasso al Monte schätzungsweise ca. 300 m) Decke im Hangenden der letzt genannten Serie und im Liegenden des Mesozoikums, d. h. der Werfener Schichten, bildet.

Das holokristalline Gefüge des Gesteins mit seinen mikrographischen Strukturen sowie seine weitgehende Homogenität erinnern an ein Tiefengestein. Nicht nur rein äusserlich bestehen Ähnlichkeiten zu dem permischen Granit von Baveno (Biotit-K-Ar-Alter 269 Millionen Jahre – JÄGER und FAUL 1969). In Analogie zu den Bozener Porphyren lässt sich für den Luganer Vulkanismus unterpermisches Alter annehmen. Der Granophyr wird jedoch allgemein als Effusivgestein aufgefasst. Das Problem seiner Platznahme ist jedoch noch nicht ganz geklärt (GOVI 1960), eine eventuelle Lagergang-Natur nicht ausgeschlossen. Besonders charakteristisch sind seine mikrographischen Verwachsungen, in denen vielfach intratellurisch gebildete Phänokristalle von Quarz durch die metamomatisch wirksame, an Alkalien und Leichtflüchtigem reiche Restschmelze endoblastisch umgearbeitet, d. h. von Alkalifeldspat verdrängt wurden (Fig. 1). Daneben scheinen eutektartige Quarz-Alkalifeldspat-Plagioklas-Ausscheidungen sowie sphärolithartige Strukturen der späten Effusiv-Periode die granophyrische Matrix der Grundmasse aufzubauen. Sicherlich sind die relativ grobkörnige Struktur und nicht zuletzt die endoblastischen Erscheinungen der mikrographischen Verwachsungen wie auch die damit verbundenen autohydrothermalen Vorgänge auf die überdurchschnittliche Anreicherung von Alkalien und leichtflüchtigen Bestandteilen während der Erstarrung und besonders in der magmatischen Endphase (zahllose miarolithische Hohlräume) zurückzuführen. Dabei begünstigten domartige Aufwölbungen in der gewaltigen Effusivmasse die tiefengesteinsähnlichen Erstarrungs-Bedingungen.

Granophyr, Boarezzo. SiO_2 72,88, TiO_2 –, Al_2O_3 11,70, Fe_2O_3 1,09, FeO 1,20, MnO tr., CaO 2,14, MgO 0,20, Na_2O 4,05, K_2O 5,92, H_2O^+ 0,91, H_2O^- 0,32, Summe 100,41 – FAGNANI und ORSENIGO 1950 – engadinitischer Magmentypus.

Hierzu berechneter Mineralbestand: Mikroperthit 48 (15 Ab), Plag 28 (35 An), Quarz 21, Biotit 2, Magnetit 1 Vol.-%. Vgl. Mittelwerte nach Koo-

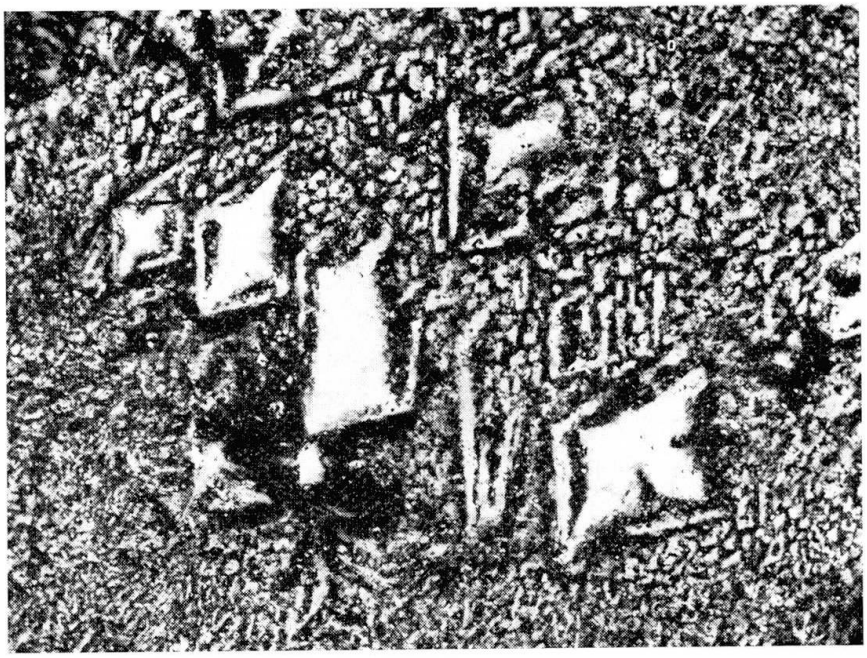

Fig. 1. Granophyr, Boarezzo. Einsprenglingsquarz (weiss) wird unter Bevorzugung bestimmter kristallographischer Richtungen und Entwicklung einer mikrographischen Verwachsung von Kalifeldspat (dunkel) verdrängt. Alle Quarzpartikel löschen gemeinsam aus. +P. Vergr. 165mal.

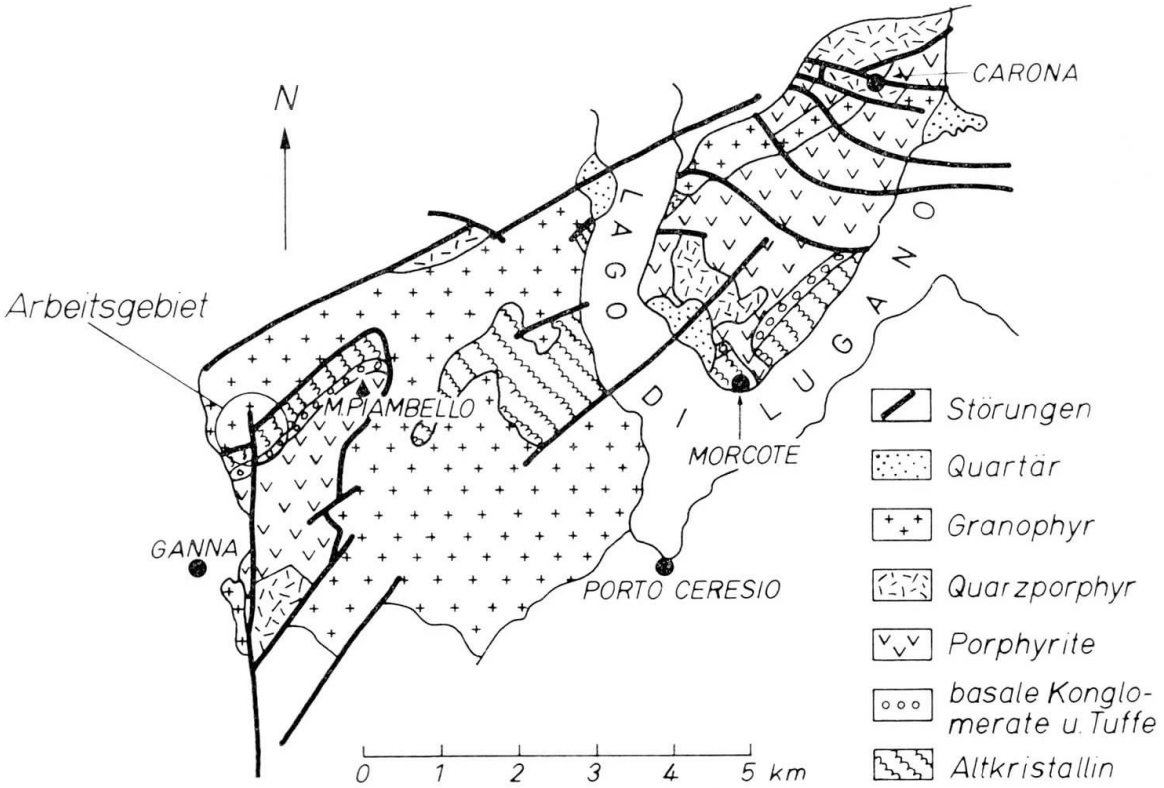

Fig. 2. Geologisch-tektonische Übersichtsskizze der Luganer Granophyrdecke mit dem Arbeitsgebiet im Valganna – nach Bernoulli (1964).

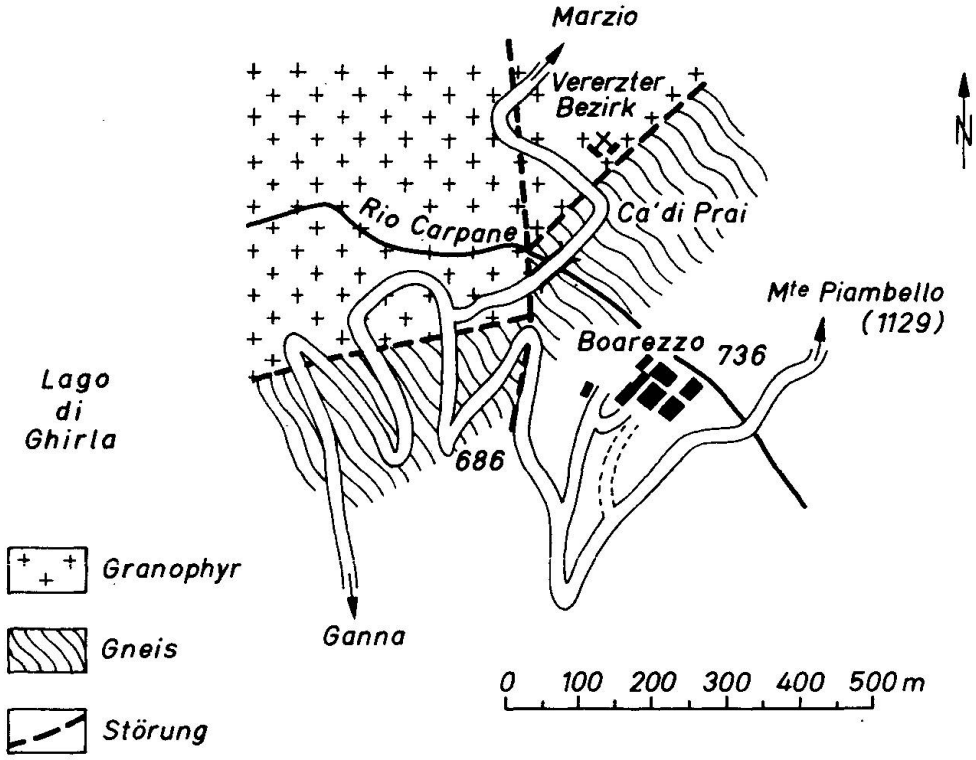

Fig. 3. Geologische Skizze des Arbeitsgebietes bei Boarezzo.

MANS (1937): Mikroperthit 42, Plag 20 (25–40 An), Quarz 35, Biotit 3 Vol.-%. Akzessorien: Magnetit, Zirkon, Apatit, Turmalin, Fluorit, Pyrit etc.

In unserem Untersuchungsgebiet streicht die Antiklinale von Ganna-Carona NE (Fig. 2). In ihrem Sattel stellen die porphyritischen Gipfelgesteine des Mte. Piambello die höchste tektonische Erhebung dar. Das ursprüngliche Bild des Abtauchens der Schichten nach Süden ist durch lokale Faltungen und jüngere Störungen verändert. Im Arbeitsgebiet (Fig. 3) hat eine NE streichende Verwerfung die Gneise des kristallinen Untergrundes in direktem Kontakt mit dem Granophyr gebracht. Durch eine weitere fast NS streichende Störung, die der im Valganna-Tal vermuteten in etwa parallel geht, ist der in sich starre und spröde Granophyr zerbrochen. In unmittelbarer Nähe dieser beiden aufeinander stossenden Bruchlinien treten zahlreiche und z. T. sich spitzwinkelig kreuzende, aber meist nur cm-mächtige Bleiglanzgänge als diaklastische Rissfüllungen im Granophyr auf. Die Streichrichtung variiert stark: u. a. wurde 130°/70° NO bis seiger beobachtet.

Ein Versuchsabbau in den Jahren 1937/38 geht auf die Initiative von Prof. GIOVANNI CHINI zurück (MICHELE 1969). Aus dieser Zeit sind noch einige Stollen zugänglich. Eine ausführliche Studie ist z. Zt. in Vorbereitung (KURTZE 1973).

Ältestes, aber quantitativ untergeordnetes Glied der Erzparagenese ist Pyrit des öfteren in pflasterkörnigen Aggregaten am Salband der verquarzten

Kluftflächen. Würfel und Pentagondodekaeder sind verbreitet. Gelegentlich sind idiomorphe Pyritkuben xenomorph weitergewachsen.

Dort, wo Pyrit als Einschluss im jüngeren Kupferkies vorliegt, lässt sich bei Pyrit ein im Auflicht farblich nicht sehr auffälliger Zonarbau feststellen. Die Untersuchung mit der Elektronen-Mikrosonde ergab einen in etwa parallel gehenden Arsen- und Kupfergehalt quer über den ganzen Kristall.

In seiner Randzone (Farbeindruck in Öl gegen den Pyrit des Zentrums mehr rosa getönt, isotrop) steigen die Gehalte auf maximal 5 Gew.-% As und $\geqslant$ 1 Gew.-% Cu (Fig. 4). Über feste Lösungen von Kupfer ohne und mit Arsen im Pyritgitter ist in den letzten Jahren verschiedentlich publiziert worden: Frenzel und Ottemann (1967), Einaudi (1968), Shimazaki und Clark (1970) u. a. Vorliegender Fall wäre ein Beispiel für gekoppelte Cu-As-Substitution im Pyritgitter etwa im Sinne von Radcliffe und McSween (1969). Jedoch enthält der einbettende Kupferkies kein Arsen.

Nicht selten ist Pyrit stark kataklastisch, seine Risse sind von Fahlerz,

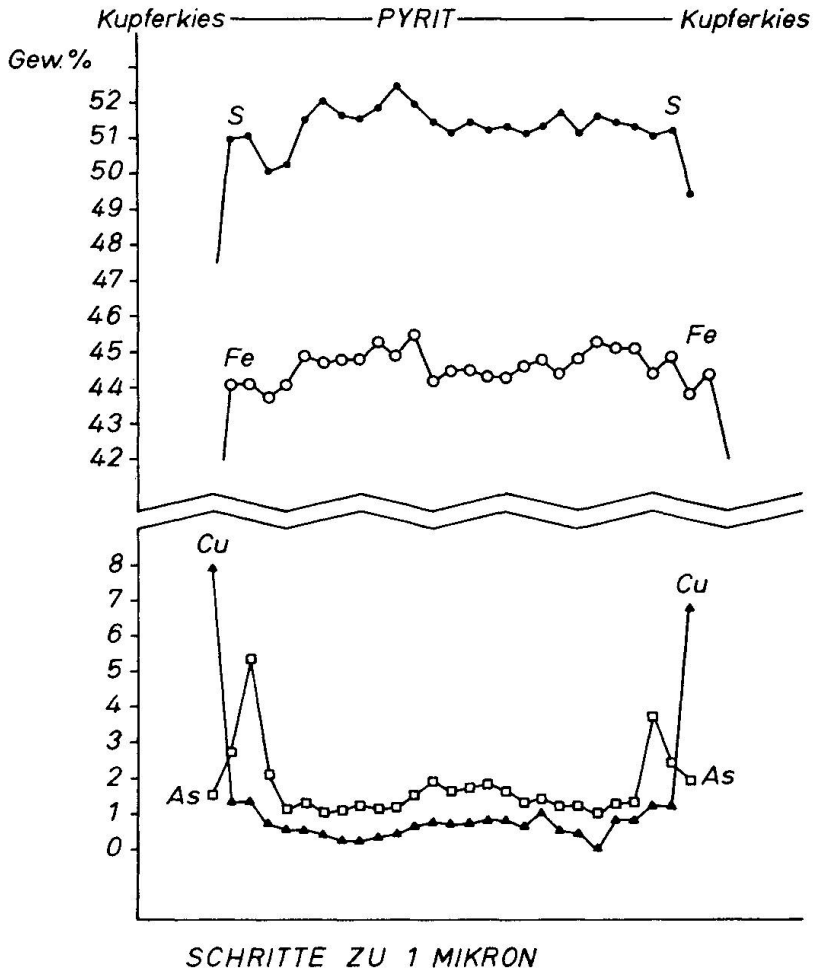

Fig. 4. Traverse durch einen idiomorphen randlich schwach zonierten Pyrit-Einsprengling im Kupferkies.

eisenarmer Zinkblende, Bleiglanz und Kupferkies verheilt. Gelegentlich wird Pyrit von Markasit umhüllt und verdrängt, d. h. die stabile wird von der metastabilen Modifikation abgelöst! Dabei ist Markasit z. T. älter als Bleiglanz, da seine Kristalle von letzterem eingeschlossen werden.

Fahlerz findet sich in isolierten Trümchen im Granophyr, weiterhin in idiomorphen Tetraedern oder scherbigen Fragmenten eingeschlossen in Kupferkies und Bleiglanz. Auffällig bei +P ist die schwache, aber deutliche Anisotropie, für welche die chemische Analyse (Tab. 1) keine Anhaltspunkte bietet; bleibt die Möglichkeit der tektonischen Pressung.

Tabelle 1. *Fahlerz*

Cu	43,9
Fe	2,1
Zn	6,3
Ag	0,6
As	11,5
Sb	8,6
S	26,3
	99,3

Eine eisenarme Zinkblende ist quantitativ nicht bedeutender, aber steter Anteil der Erzparagenese.

Bleiglanz ist das Hauptmineral: u. a. würfelige Kristalle; Deformationen und Bleischweifbildung sind verbreitet; ist z. T. stark angefressen unter Bildung von Cerussit. Wo Bleiglanz an Kupferkies stösst, aber auch unabhängig davon, verdrängt Covellin mit vorwiegend blaubleibenden Eigenschaften den Bleiglanz. Dabei handelt es sich um Krusten (Fig. 5) oder feindisperse Ausfällungen an seinen ehemaligen Korngrenzen.

Tabelle 2. *Bleiglanze mit Cu- und Ag-Gehalten von Boarezzo*

						Metallanteile auf 1 S			
Nr.	Pb	Cu	Ag	S	Summe	Pb	Cu	Ag	Summe
1	85,9	0,7	0,3	13,5	100,4	0,9848	0,0261	0,0067	1,0176
2	84,0	2,2	0,5	13,9	100,6	0,9352	0,0798	0,0106	1,0256
3	84,0	3,6	0,4	13,7	101,7	0,9490	0,1327	0,0087	1,0904
4	83,1	4,3	0,4	13,9	101,7	0,9250	0,1562	0,0085	1,0897
5	72,7	14,5	0,1	14,6	101,9	0,7707	0,5012	0,0020	1,2739

Aus Tab. 2 kann an Hand von ausgesuchten Mikrosonde-Analysen entnommen werden, dass in dem Bleiglanz von Boarezzo neben geringen Ag-Gehalten Kupfer bis maximal 14,5 Gew.-% eingebaut ist. Wismut wurde nicht nachgewiesen. Es handelt sich meist um mikroskopisch kleine Verdrängungsrelikte von PbS (Korndurchmesser $\lesssim$ 25 Mikron) inmitten von blaubl. Covellin. Verbreitet ist ein Cu-Gehalt von 3 bis 4 Gew.-% im Mikronbereich der Randzone der durch Covellin verdrängten Bleiglanze in Boarezzo – vgl. Fig. 6.

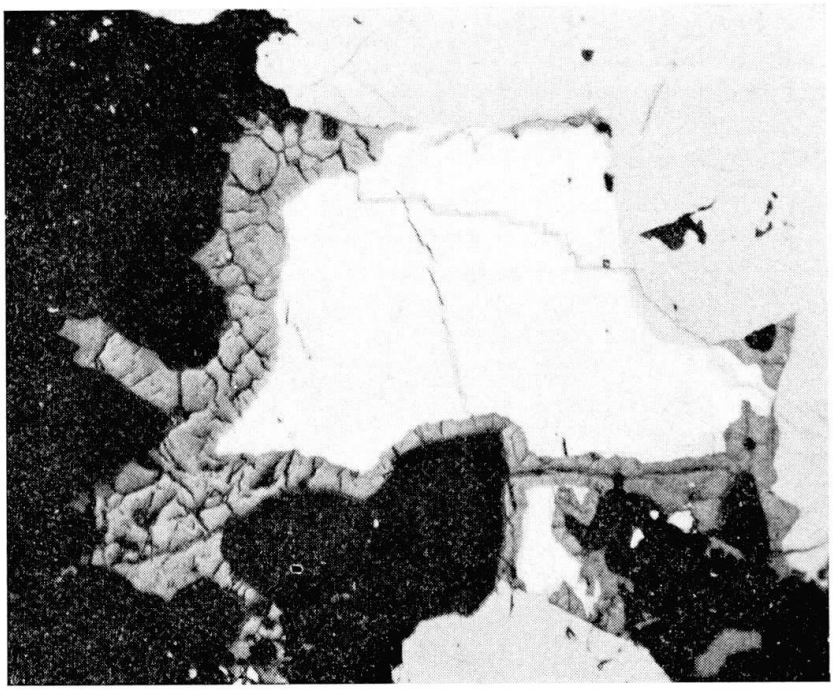

Fig. 5. Bleiglanz (weiss) wird von blaubl. Covellin (mittelgrau) verdrängt. Daneben Kupferkies (hellgrau). Vergr. 165 mal.

Bezeichnend ist bei vorliegenden Cu-haltigen Bleiglanzen ein steter Metallüberschuss gegenüber Schwefel. Zum Cu- und Ag-armen Normal-Bleiglanz (vgl. Tab. 2) existieren meist fliessende Übergänge.

Die röntgenographische Bestimmung der Gitterkonstante erbrachte beim Cu-armen Bleiglanz von Boarezzo (0,27 Gew.-% Cu) $a_0 = 5{,}932 \pm 0{,}001$ Å. Bei Bleiglanzen mit 2–4 Gew.-% Cu ist praktisch keine Abweichung zu registrieren, da beim Herausbohren der maximal 15 Mikron breiten Zonen zuviel normaler resp. Cu-armer Bleiglanz mit in Kauf genommen werden musste. Bei den sehr Cu-reichen, aber nur 25 Mikron grossen Verdrängungsrelikten von Bleiglanz war wegen der geringen Korngrösse eine Röntgenuntersuchung nicht möglich.

Im polierten Anschliff des vorliegenden Bleiglanzes ist ein Abfallen des Reflexionsvermögens vom Zentrum zur Randzone infolge der fliessenden Übergänge visuell nicht auffällig, jedoch mit dem Mikroskop-Photometer MPV Leitz bei höheren Kupfergehalten nachweisbar (vgl. Tab. 3). Farbeindruck in Luft und Öl weiss, isotrop. Der Bleiglanz hat die Tendenz nach einiger Zeit zonar anzulaufen.

Craig und Kullerud (1968) haben die Phasen-Beziehungen im System Cu-Pb-S bei und über 200° C studiert und fanden keinen nenneswerten Einbau von Kupfer in das Bleiglanzgitter.

Clark und Sillitoe (1971) beschrieben von der Arco de Oro Mine im Zapallar-Distrikt, Atacama in Chile, Bleiglanze mit Kupfergehalten bis zu

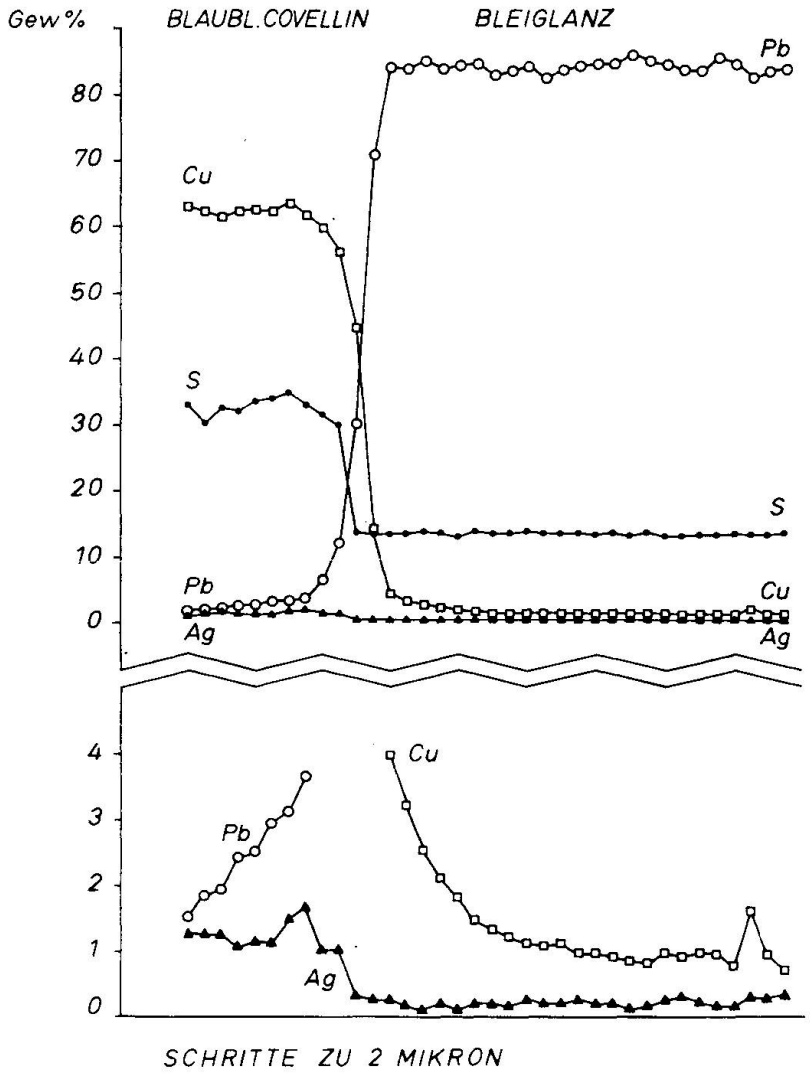

Fig. 6. Wie Abb. 5: Traverse durch den Kontaktbereich blaubl. Covellin-Bleiglanz.

Tabelle 3. *Abnahme des RV in Luft bei Cu-haltigem Bleiglanz von Boarezzo*

Chemismus					Reflexionsvermögen in Luft λ nm			
Pb	Cu	Ag	S	Summe	480	546	589	644
86,0	0,1	0,1	13,7	99,9	45,9	42,0	41,3	42,3
72,7	14,5	0,1	14,6	101,9	38,8	38,4	38,4	38,2

13 Gew.-%, auch hier verbunden mit einem Metallüberschuss gegenüber Schwefel in Atomprozent: $Me_{1+x}S$. Dort liegen im Grunde ganz ähnliche Verhältnisse vor wie bei Boarezzo, nur dass dort anstelle von Covellin Djurleit gebildet wurde. Clark und Sillitoe zeigten, dass Cu-haltige Bleiglanze niederes Reflexionsvermögen, höhere Mikrohärte und kleinere Gitterkonstante gegenüber Normal-Bleiglanz besitzen.

Nach der experimentellen Arbeit von Bloem und Kroeger (1957) aus den

Philips Research Laboratories über die durch Kupfereinbau bei synthetischem Bleiglanz hervorgerufene Änderung des elektrischen Leitfähigkeitstypus ist nicht daran zu zweifeln, dass kleinere Kupfermengen in relativ kurzer Zeit bei Temperaturen zwischen 100 und 500° C in das Bleiglanzgitter eindiffundieren können. Das Kupfer wandert als Cu^+ über Sprünge und Versetzungen in gestörte Gitterbereiche, weiterhin über Zwischengitterplätze zwischen den polarisierten Atomen zu primären Leerstellen. Der p-Leitfähigkeitstyp (Transport positiver Ladung), der bei vielen Bleiglanzen realisiert ist, wird vom n-Typ (Überschussleitung: Transport negativer Ladung) abgelöst.

Zu Vergleichszwecken untersuchten wir eine vor fünf Jahren hergestellte Referenzprobe von millimetergrossen Spaltstücken von Bleiglanz (Lokalität Wulfrath-Hammerstein in Rheinld.-Westf.), die in elektrisch leitende Kupfer-Pressmasse (Mounting Resin 2 der Fa. *Struers Scientific Instruments* in Kopenhagen) eingebettet worden waren. Die Herstellung des Presslings erfolgte mit einer *Simplimet*-Presse der *Buehler Ltd.*, USA: in 20 Minuten unter einem Druck von $\sim$420 kg/cm² durch Erhitzen auf 110° C (Tabletten-Durchmesser 2,54 cm). Zunächst fiel uns unter dem Auflichtmikroskop das starke zonare

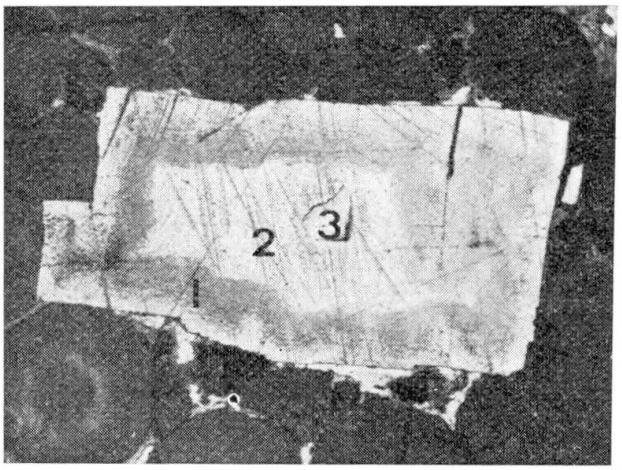

Fig. 7. Zonares Anlaufen in künstlich mit Cu gedoptem Bleiglanz von Wulfrath-Hammerstein (Rheinld.-Westf.). Vergr. 165mal – Messpunkt 1, 2 und 3 siehe Text.

Anlaufen des Bleiglanzes auf (Fig. 7), das sich nach Bedampfen mit Kohlenstoff noch verstärkte. Eine Überprüfung mit der Mikrosonde ergab: dunkel angelaufener Rand 0,8 (Messstelle 1), grauer Zwischenbereich 0,4 (Messstelle 2) und kleiner heller Kern 0,3 Gew.-% Cu (Messstelle 3). Das Kupfer der Einbettungsmasse enthält als Besonderheit in unmittelbarer Nähe des gemessenen Bleiglanzes $0{,}1_6$ Gew.-% Pb. Frisch in Araldit eingebettete PbS-Spaltstückchen vom gleichen Original-Handstück enthalten Pb 86,6, Ag 0,2, Cu 0,06, S 14,0 Gew.-%. Daraus geht hervor, dass Kupfer aus der Kupfer-Einbettungsmasse analog den Versuchen von Bloem und Kroeger in den Bleiglanz

hinein und umgekehrt Blei aus dem Bleiglanz in die Kupfer-Einbettungsmasse diffundierte.

Für den Einbau von mehr als 13 Gew.-% Cu in das Bleiglanzgitter wie im Fall der beiden natürlichen Vorkommen Zapallar/Atacama und Boarezzo/Varese sind primäre Leerstellen und Zwischengitterplätze nicht ausreichend: hier muss Kupfer anstelle von Blei in das Gitter eingebaut sein. In der elektrochemischen Spannungsreihe der Erzmineralien nach GOTTSCHALK und BUEHLER (1910 und 1912) und RECHENBERG (1951) hat Covellin mit +0,20 das höhere Potential gegenüber Bleiglanz mit nur +0,15 Volt. Im Rahmen einer sich anbahnenden Umwandlungspseudomorphose könnte durch Diffusionsvorgänge das unedlere Blei abtransportiert und durch das edlere Kupfer ersetzt worden sein.

Wie die Verdrängungsrelikte von Bleiglanz Cu-Gehalte aufweisen, die in der Regel zur Korngrenze stark zunehmen, so besitzt umgekehrt der verdrängende Covellin am Kontakt zu Bleiglanz Pb-Gehalte, die weit über das bisher bekannte Mass hinausgehen (OTTEMANN und FRENZEL 1971). Den für Boarezzo geltenden Normalfall entnehme man Fig. 6. An der Grenze zu Bleiglanz sind im blaubl. Covellin Pb-Gehalte zwischen 2 bis 4 Gew.-% verbreitet. Auffällig ist das relative Ansteigen des Silbergehaltes im blaubl. Covellin gegenüber Bleiglanz. Die Tatsache, dass hier in manchen blaubl. Covellinen der Ag-Anteil um eine Zehnerpotenz höher liegt als im begleitenden Galenit lässt bedenken, ob nicht wenigstens ein Teil des Silbers mit den Cu-haltigen Verwitterungslösungen, denen wir die Covellin-Bildung verdanken, cementativ an den Bleiglanz herangeführt wurde.

Die feintafeligen Filze des Covellins resp. blaubl. Covellins scheinen mit Bleiglanz nicht orientiert verwachsen. Über ihren Chemismus und das Reflexionsverhalten von R_0 informiert Tab. 4. Bei Silber-Gehalten tendiert der Farbeindruck von R_0 in Luft und Öl ($n = 1{,}515$) zu einem kräftigen Kornblumenblau, das an Farbintensität das R_0 von silberfreiem Covellin übertrifft.

Die Schwelle, jenseits welcher Covellin blaubleibende Eigenschaften besitzt, hängt weniger von der diadochen Substitution, als offensichtlich von den zusätzlich eingebauten, d. h. über das stöchiometrische Mass hinausgehenden Elementen und deren Ionenradien ab. Sie ist bei Einbau von Kupfer und Eisen mit $Me_{1,18}S$ grösser als von Silber mit $Me_{1,05}S$ (OTTEMANN und FRENZEL 1971) oder Blei und Silber mit $Me_{1,02}S$. Diese Zahlen geben nur ungefähre Anhaltspunkte. Besteht der Metallüberschuss aus zwei Elementen, oder liegen zwei Fremdmetalle vor, so ist ihr Mengenverhältnis von Bedeutung.

Kupferkies und Bleiglanz gehören zu den jüngeren Gliedern der epithermalen Paragenese. Sie scheinen in etwa gleichaltrig zu sein: einmal stecken im Kupferkies-Bleiglanz-Einschlüsse, umgekehrt wird Kupferkies von Bleiglanz umhüllt.

Einmal wurde Kupferglanz registriert, z. T. schon in Covellin (normal und blaubl.) umgewandelt. Des öfteren ankeritisches Karbonat (nicht selten von

Tabelle 4. *Covelline mit Pb- und Ag-Gehalten von Boarezzo*

	Gew.-%					Metallanteile auf 1 S				Reflexionsverhalten von Ro		
Nr.	Cu	Pb	Ag	S	Summe	Cu	Pb	Ag	Summe	Luft	Öl 1,515	Methylenjodid 1,74
1	64,8	1,7	0,1	32,9	99,5	0,9940	0,0080	0,0009	1,0029	blau	violett	purpur
2	65,0	1,8	1,2	32,9	100,9	0,9971	0,0085	0,0108	1,0164	blau	violettblau	purpur bis violett
3	57,8	3,9	5,4	31,0	98,1	0,9409	0,0194	0,0518	1,0121	blau	blau	dunkel violettblau
4	59,3	8,2	0,6	30,1	98,2	0,9942	0,0422	0,0060	1,0424	blau	blau	blau
5	61,5	1,8	3,7	30,9	97,9	1,0045	0,0090	0,0356	1,0491	blau	blau	blau
6	58,6	10,0	1,5	29,2	99,3	1,0128	0,0530	0,0153	1,0811	blau	blau	dunkelblau
7	60,1	10,8	1,6	27,7	100,2	1,0950	0,0603	0,0171	1,1724	blau	blau	dunkelblau

Brauneisen durchsetzt) und Cerussit. Viele Fluoritwürfel: meist farblos, vereinzelt violettstichig. SCAINI und SPINELLI (1945), FAGNANI und ORSENIGO (1950) bzw. MICHELE (1969) erwähnen u. a. Baryt, ged. Silber, Azurit und Malachit.

Genetische Deutung: Vorliegende Blei-Kupfer-Zink-Vererzung gehört mit ihren Arsen- und Silber-Gehalten sowie ihren zonierten Pyriten zu den armen oberflächennahen bis subvulkanischen Lagerstätten des epithermalen Bereiches, hier geknüpft an den hydrothermalen Ausklang des permischen Porphyr-Vulkanismus. Die gangförmige Vererzung ist sehr unregelmässig, des öfteren verzweigt; selten sind scharfe Salbänder, verbreitet ein Vertauben oder Auskeilen. Charakteristisch sind die geringen Mächtigkeiten. Ähnliche Vorkommen stehen z. B. in unmittelbarer Nähe am Monte Martica, Monte Mondonico und der Alpe Tedesco an. Manche von ihnen reichen noch bis in die triassischen Sedimente (Skythien) hinein.

Die in der Erzparagenese beobachteten Cu- und Ag-haltigen Bleiglanze und Pb- und Ag-haltigen Covelline sind instabile Übergangsphasen einer metasomatischen Verdrängung im tieftemperierten Bereich, an der Grenze zum supergenen.

Als Referenzproben dienten reiner Covellin von Alghero/Sardinien, Bleiglanz von Schemnitz/Ungarn mit 0,08% Cu und 0,15% Ag, spektralreines Silbermetall, Troilit aus dem Pallasit von Brenham Township und Glanzkobalt von Tunaberg/Schweden.

Die mikrochemischen Untersuchungen der Mineralproben wurden mit der Elektronen-Mikrosonde EMX (Applied Research Laboratories Inc., Glendale, Calif.) vorgenommen. Die Beschleunigungsspannung der Elektronen betrug bei allen Messungen 20 kV, die Stärke des Probenstromes im Durchschnitt 0,015 Mikroampere. Gemessen wurden die α-Linien der K-Serie von Schwefel, Eisen und Kupfer, der L-Serie von Silber und Arsen und der M-Serie von Blei. Alle verwendeten Analysenlinien wurden mit einem Impulshöhen-Differential-Diskriminator ausgeblendet. Als Analysatorkristalle dienten Äthylendiamin-d-Tartrat, Ammoniumdihyrogenphosphat und Lithiumfluorid.

Die Korrekturen wurden nach ADLER und GOLDSTEIN (1965) unter Verwendung der Röntgen-Massenabsorbtionskoeffizienten von K. F. J. HEINRICH (1966) berechnet.

Wir danken Herrn Dipl.-Mathematiker B. Nuber für die freundliche Unterstützung der Arbeit sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Leihgabe der Mikrosonde.

LITERATUR

ADLER, I. and GOLDSTEIN, J. I. (1965): Absorption tables for electron probe analysis. NASA technical note D-2984, Washington, 276 p.

BERNOULLI, D. (1964): Zur Geologie des Monte Generoso (Lombardische Alpen). Beiträge Karte Schweiz, N.F. 118. Liefg. 134 S.

BLOEM, J. and KRÖGER, F. A. (1957): Interstitial diffusion of copper in PbS single crystals. Phil. Res. Rep. 12, 281–302.

CLARK, A. H. and SILLITOE, R. H. (1971): Cuprian galena solid solutions, Zapallar mining district, Atacama, Chile. Amer. Mineral. 56, 2142–2145.

CRAIG, J. R. and KULLERUD, G. (1968): Phase relations and mineral assemblages in the copper-lead-sulfur system. Amer. Mineral. 53, 145–161.

EINAUDI, M. T. (1968): Copper zoning in pyrite from Cerro de Pasco, Peru. Amer. Mineral. 53, 1748–1752.

FAGNANI, G. e ORSENIGO, L. (1950): Il granofiro di Boarezzo e le manifestazioni metallifere che lo accompagnano. Atti Soc. Ital. Sc. nat. 89, 21–32.

FRENZEL, G. und OTTEMANN, J. (1967): Eine Sulfidparagenese mit kupferhaltigem Zonarpyrit von Nukundamu, Fiji. Mineralium Deposita 1, 307–316.

GOTTSCHALK, V. H. and BUEHLER, H. A. (1910 u. 1912): Oxidation of sulphides. Econ. Geol. 5, 28–35, und 7, 15–34.

GOVI, M. (1960): Geologia del territorio compreso tra il lago di Lugano e la Valmarchirolo. Comitato nazionale per le ricerche nucleari: studi e ricerche della divisione geomineraria 3, 159–218.

HARADA, T. (1882): Das Luganer Eruptivgebiet, N. Jb. Mineral. Bd. 2, 1–48.

HEINRICH, K. F. J. (1966): X-ray absorption uncertainty. In: The electron microprobe. Edited by T. D. McKINLEY, K. F. J. HEINRICH and D. B. WITTRY, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1035 p.

JÄGER, E. and FAUL, H. (1959): Age measurements on some granites and gneisses from the alps. Bulletin of the Geol. Soc. Amer. 70, 1557–1558.

KOOMANS, C. M. (1937): Der Chemismus des Luganer Porphyrgebietes. Leidsche Geol. Medeelingen, Leiden 9, 20–77.

KURTZE, W. (1973): Untersuchungen zur Metallisation in der permovulkanischen Gesteinsserie von Boarezzo, Varese (Italien). Dipl.-Arbeit Heidelberg – in Vorbereitung.

MICHELE, V. DE (1969): Argento nativo e tetraedrite di Boarezzo. Natura, Milano 60, 3, 239–240.

OTTEMANN, J. und FRENZEL, G. (1971): Neue Mikrosonden-Untersuchungen an Idait, Covellin und blaubleibendem Covellin. N. Jb. Miner. Mh. 80–89.

RADCLIFFE, D. and McSWEEN H. Y. (1969): Copper zoning in pyrite from Cerro de Pasco, Peru: a discussion. Amer. Mineral. 54, 1216–1217.

RECHENBERG, H. (1951): Untersuchungen über die elektrochemische Spannungsreihe der Erzmineralien. N. Jb. Mineral. Mh. 88–91.

SCAINI, G. e SPINELLI, L. (1945): Itinerari mineralogici, Comune di Valganna. Ricerca di minerali di piombo in località Boarezzo. NATURA, Milano 36, 1, 16–18.

SHIMAZAKI, H. and CLARK, L. A. (1970): Synthetic FeS_2 – CuS_2 – solid solutions and fukuchilite-like minerals. Canad. Mineral. 10, 648–664.

Manuskript eingegangen am 22. März 1973.