

Die Tertiäre Pb-Zn-Cu-Sulfidvererzung im Sackgraben, Engstligental (Berner Oberland)

Autor(en): **Zingg, Monica A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **64 (1984)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-49542>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Tertiäre Pb-Zn-Cu-Sulfidvererzung im Sackgraben, Engstligental (Berner Oberland)

von *Monica A. Zingg**

Abstract

The Pb-Zn-Cu sulfide mineralization at Sackgraben, Engstligental (Berner Oberland) has been studied geologically, mineralogically and geochemically.

Field observations, S and Pb isotope analyses and fluid inclusion data on quartz indicate that the formation of the ore deposit took place after the major alpine orogene in Triassic and Tertiary rock sequences. The sulfides were deposited hydrothermally under low P-T conditions.

Keywords: lead-zinc-copper deposits, sulfides, S³⁴-isotopes, Pb-isotopes, hydrothermal processes, Bernese Alps

Zusammenfassung

Die Pb-Zn-Cu-Sulfidvererzung im Sackgraben, Engstligental (Berner Oberland) wurde geologisch, mineralogisch und geochemisch untersucht.

Geologische Feldbeobachtungen, isotopengeochemische Untersuchungen und Flüssigkeitseinschlussmessungen an Quarzkristallen ergaben, dass diese Vererzung nach den alpinen grosstektonischen Bewegungen in triadischen und tertiären lithologischen Einheiten unter niedrigen P-T-Bedingungen hydrothermal gebildet worden ist.

1. Einleitung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Bestandesaufnahme der tertiären Pb-Zn-Cu-Sulfidvererzung im Sackgraben vorzunehmen, welche im Rahmen des Schweizerischen Rohstoffinventars in den Jahren 1981–1983 aufgenommen worden ist. Die untersuchte Sulfidvererzung liegt im Engstligental (Berner Oberland) im Gebiet des unteren Sackgrabens.

Sie tritt in geologisch unterschiedlichen Gesteinseinheiten auf, die tektonisch zur ultrahelvetischen Subniesenzone (ZINGG, 1983) gehören (Abb. 1).

* Institut für Kristallographie und Petrographie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich

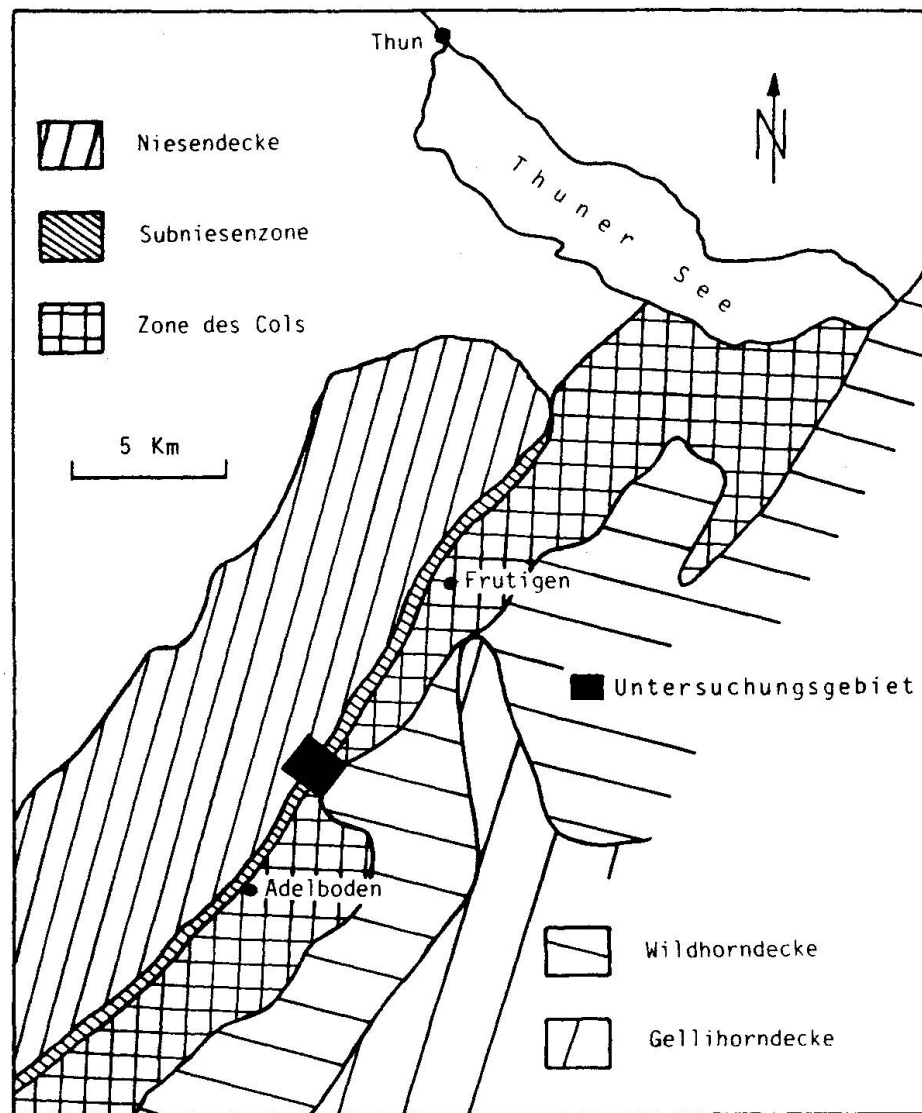


Abb. 1 Regional-tektonische Übersichtskarte.

Während sich das vollständig abgebaute Vorkommen auf der linken Seite des Sackgrabens in karbonatischen, tonig-sandigen Keupersedimenten befunden hat, liegt die Vererzung auf der rechten Grabenseite in einem tertiären karbonatischen Kataklasit.

2. Historischer Überblick

Aus dem Jahr 1543 finden wir im Staatsarchiv des Kantons Bern den ersten Hinweis auf die Sulfidvererzung im Sackgraben. Damals wurde BENEDICT GOUGLER unter anderem auch für ein Bergwerk in Adelboden (Sackgraben) ein Bergwerkrecht für die Dauer von sechs Jahren verliehen.

Dank dem 1544 gemachten Vermerk, dass «den Alchimisten nach sieben Jahr der Zehnten nachgelassen (wurde)», darf jedoch ein früherer, urkundlich nicht festgehaltener Bergbau angenommen werden.

Im 17. Jahrhundert war es der überaus aktive DR. CHRISTEN, seines Zeichens Stadtarzt von Bern, der nebst dieser Tätigkeit noch verschiedene Bergwerke im Berner Oberland, darunter auch im Sackgraben, betrieb. Er bezeichnet das Kupfererz im Sackgraben «als reichlich genug, doch befürchtet er, dass es vieler Arbeit bedürfe, um auf den rechten Gang zu kommen.» Nach Dr. Christens Berechnungen haben 100 Pfund Roherz aus dem Sackgraben 15 Pfund reines Kupfer geliefert. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass zur Zeit des 30jährigen Krieges die Rendite einer Lagerstätte keine Rolle spielte, weil unter allen Umständen Erze beschafft werden mussten, um das Münzdefizit Berns auszugleichen. In seinem 1760 erschienenen Werk «Die Eisgebirge des Schweizerlandes» erwähnt G.S. GRUNER auch die Kupfervererzung im Sackgraben. Laut seinen Bemerkungen in «Die Naturgeschichte Helvetiens» (1775) darf angenommen werden, dass ihm das Auftreten von Zinkblende in der Schweiz nicht bekannt war, denn er schreibt unter Zink, «dass dieses Halbmetall in der Schweiz noch nicht entdeckt worden sei.» Der nächste Hinweis auf die Sackgrabenvererzung befindet sich in der von A. JAHN 1857 verfassten Chronik über den Kanton Bern. Er schreibt: «im sogenannten Sackgraben, einer tiefliegenden Felsschlucht in der Bäuerten Hirzboden, hat man zu Anfang des vorigen Jahrhunderts Spuren von Kupfererz entdeckt und um 1711 auszubeuten angefangen.»

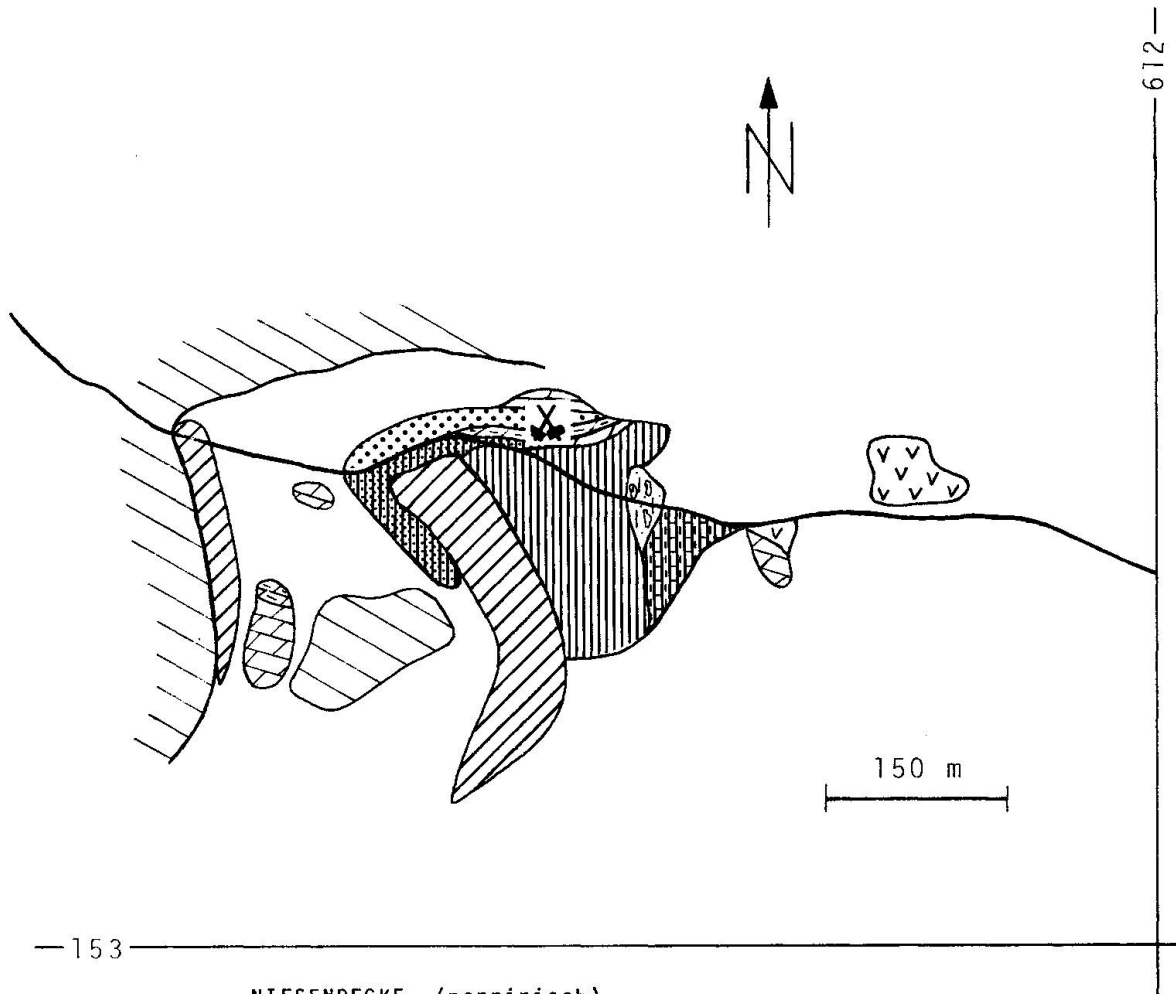
1936, in den «Beiträgen zur Siedlungsgeschichte des Kantons Bern» erwähnt O. TSCHUMI, dass Alfred Bärtschi (Verfasser des Adelbodenbuches) ihm mitgeteilt habe, dass der Sackgraben sich nicht, wie dies A. JAHN erklärt habe, in der Bäuerten Hirzboden liege, sondern zwischen Rinderwald und Ladholz. Es wird auch auf die «Lüti» verwiesen, eine unterhalb der Staatsstrasse liegende Weide, auf welcher, daher der Name, das Erz geläutert worden ist. Der Schmelzofen sei unlängst abgebrochen worden.

1972, beim Bau der heutigen Ladholzstrasse, kam der T-förmige Stollen auf der linken Sackgrabenseite zum Vorschein.

1974 hat J.P. SAHEUR die Vererzung im Sackgraben folgendermassen klassiert: Quarz-, Pyrit-, Fe-Karbonat-, Markasit-Lagerstätte mit untergeordnetem Gehalt an Chalcopyrit und Zinkblende.

3. Beschreibung der Gesteinstypen

Wie in der Einleitung erwähnt wurde, tritt die Pb-Zn-Cu-Sulfidvererzung in zwei unterschiedlichen Gesteinseinheiten auf, die anschliessend beschrieben werden (Abb. 2).



—153—











	<u>NIESENDECKE</u> (penninisch)			
	Niesenflysch]		KREIDE
	<u>SUBNIESENZONE</u> (ultrahelvetisch)			
	Kataklasit]		TERTIAR
	"Wildflysch"			
	Seewerkalk			
	bankige Tonschiefer	Bajocien	Dogger	JURA
	basale Tonschiefer	Aalénien		
	grüner Sandstein]		
	bunte Tonschiefer			
	Dolomit			
	Gips		Keuper	TRIAS

Abb. 2 Geologische Skizze des Sackgrabens.

—612—

3.1 GRÜNER SANDSTEIN (KEUPER)

Dieser grüne, glimmerreiche Quarzsandstein weist zahlreiche Klüfte auf mit Baryt, Quarz, Albit, Ankerit, Dolomit und Hämatit.

Im Dünnschliff sind 30–35% Quarz, 25–35% Feldspat und 3–5% Pyrit erkennbar. Als Akzessorien treten Turmalin, Hämatit, Zirkon und vereinzelte Gesteinsbruchstücke auf. Die Korngrösse variiert von 0,2–0,25 mm. Die überwiegend detritischen Quarzkörner weisen oft autigene Saumbildungen auf. Autigen gebildete Quarzkörner fallen durch Einschlüsse von idiomorphen Barytkristallen auf. Ich werde später auf diese Baryteinschlüsse noch zurückkommen. Mengenmässig übertrifft Plagioklas bei weitem den Kalifeldspat. Die Serizitisierung ist sehr unterschiedlich. Die meisten Plagioklaskörner sind als Neubildungen zu bezeichnen und zeigen Verzwilligungen. Die Phyllosilikate sind meist äusserst feinkörnig und sind durch Hellglimmer und Chlorit vertreten. Pyrit ist homogen verteilt und zeigt deutlich Lösungserscheinungen. Das freigewordene Eisen hat sich in Form von Limonit entlang von Korngrenzen ausgeschieden.

Kluftbildung

Kathodenlumineszenzaufnahmen (ZINKERNAGEL, 1978) zeigen eine bisher an Quarz nicht beobachtete blau-grüne Farbe, die bis heute nicht erklärt werden konnte. Möglicherweise besteht jedoch ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von nadeligen Baryteinschlüssen und dem Auftreten dieser blau-grünen Lumineszenzfarbe. Die Kluftquarze zeigen zwei Kataklyse-Phasen. Die erste Kataklyse ist total verheilt, die zweite jedoch nicht. Im Verlaufe einer späteren Kluftbildung hat sich nebst Quarz vor allem idiomorpher Ankerit und Albit gebildet.

3.2 KATAKLASIT (TERTIÄR)

Die unmittelbare Niesenüberschiebung im Untersuchungsgebiet ist gekennzeichnet durch das Auftreten eines Kataklysit, dem die früheren Bearbeiter triadisches Alter zugeschrieben haben (HUBER, 1933). Das in seiner Grundmasse hellgraue, unterschiedlich verfestigte Gestein fällt durch seinen Reichtum an darin eingewickelten Linsen von Fremdgesteinen auf. Im Sackgraben setzen sich diese unterschiedlich mächtigen Gesteinslinsen aus vorwiegend Triasgesteinen zusammen. Einen nicht zu unterschätzenden Faktor, der die Verfestigung dieses Kataklysit verhindert hat, stellt die sehr starke Fluidzirkulation dar, deren Zeuge die Sulfidvererzung ist. Diese Zirkulationsphänomene konn-

ten dank Untersuchungen mit der Kathodenlumineszenz nachgewiesen werden. Die recht ausgeprägte Silifizierung zeigt sich besonders eindrücklich an den Echinodermenbruchstücken, bei welchen der karbonatische Kern aussen herum silifiziert ist. Auf die karbonatischen Gesteinsbruchstücke hat die Silifizierung keinen ersichtlichen Einfluss gehabt, wohl aber die anschliessende Dolomitisierung und die unterschiedlich stark fortgeschrittene Dedolomitisierung. Diese drei Karbonatgenerationen lassen sich auf Grund ihrer verschiedenen Kathodenlumineszenzfarben unterscheiden.

4. Die Pb-Zn-Cu-Sulfidvererzung

4.1 DIE PB-ZN-CU-MINERALISATION

Wie bereits darauf hingewiesen wurde, treten in geologisch unterschiedlichen Gesteinen des Sackgrabens massive Sulfidvererzungen auf (vgl. Abb. 2).

Die vollständig abgebaute Vererzung auf der linken Seite des Grabens, deren Zeuge ein 60 m langer, T-förmiger Stollen ist, hat sich im Grenzbereich des grünen Sandsteins zu den grünen dolomitischen Tonschiefern befunden.

Das für diese Arbeit untersuchte Probenmaterial stammt aus der Sulfidvererzung auf der rechten Seite. Auch diese Mineralisation befindet sich im Grenzbereich zwischen einem porösen und relativ inpermeablen Gestein. Der einzige Unterschied zwischen den zwei Vererzungen liegt geologisch gesehen darin, dass sich die Mineralisation auf der linken Seite entlang eines Bruches in die inpermeablen grünen dolomitischen Tonschiefer fortsetzen konnte, während die Mineralisation zur rechten, soweit es ersichtlich ist, im Kataklasit steckengeblieben ist.

Der recht schlechten Aufschlussverhältnisse wegen ist es sehr schwierig, etwas über die Form und den Verlauf der Vererzung auszusagen. Nach meinen Beobachtungen handelt es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um gangförmige Vererzungen von ca. 20 cm Mächtigkeit, die einen Erzgehalt von 70 bis 90% zeigen. Hauptsächlich wurde Pyrit und Zinkblende, untergeordnet Chalcopyrit, Bleiglanz und Hämatit gefunden. Stellenweise dominiert der Pyrit oder die Zinkblende.

Beim Pyrit lassen sich zwei Generationen auseinanderhalten. Die erste Pyritgeneration (Pyrit I) führt in ihren Rissen und entlang von Korngrenzen Chalcopyrit; auch ist in diesen Pyrit Zinkblende eingedrungen und verdrängt diesen z. T..

Bei der zweiten Pyritgeneration, in der Folge als Pyrit II bezeichnet, handelt es sich um eine äusserst späte Bildung innerhalb der Erzausscheidungsabfolge.

Sie findet sich als Saum oder auch als eindeutig die Zinkblende verdrängendes Mineral. Pyrit II schliesst oft Bleiglanzkörper ein und wird selbst von Hämatit, der die idiomorphen Formen des Pyrits nachzeichnet, umsäumt. Untersuchungen mit der Elektronenmikrosonde bestätigen die Existenz zweier Pyritgenerationen. Während Pyrit in erster Generation höchstens etwas Zn (bis 0.1%) führt, hat Pyrit II die sich in der Restlösung noch befindlichen und einbaubaren Elemente (Zn, Cu, Pb, As und Ba) aufgenommen.

Die Zinkblende tritt in zwei Ausbildungsformen auf, die sich durch ihren Eisengehalt voneinander unterscheiden. Während die ältere, eisenreiche Zinkblende keine idiomorphe Kristallform zeigt, ist dies bei der eisenarmen, gelben Zinkblende häufig zu beobachten. Da die gelbe Zinkblende oft in der Gangart isoliert auftritt und auch in vererzungsunabhängigen Zerrklüften zu finden ist, nehme ich an, dass es sich um eine relativ junge Ausscheidung handelt.

Chalcopyrite sind als isolierte Körner oder auch als kleine, spindelförmige, sich innerhalb des Zinkblendegitters orientierende Individuen zu beobachten.

Bleiglanz füllt oft Risse in der massiven, dunkelbraunen Zinkblende. Er selbst wird von Pyrit II umwachsen. In Rissen der ersten Pyritgeneration kann er oft mit Chalcopyrit zusammen beobachtet werden. Als idiomorphe Kristalle ist er auch in der Gangart isoliert anzutreffen.

Die Beobachtungen ergeben die folgende Ausscheidungsabfolge: Pyrit I, Chalcopyrit, Zinkblende, Bleiglanz und zuletzt Pyrit II. Die Stellung der eisenarmen, gelben Zinkblende und des Hämatits ist nicht bekannt.

4.2 BEGLEITMINERALIEN

Im Bereich der abgebauten Sulfidvererzung im grünen Sandstein treten Klüfte mit Baryt, Quarz, Albit, Ankerit, Dolomit und Hämatit auf.

Die Gangarten der Mineralisation im Kataklasit bestehen aus Quarz, der deutlich Risse und Lösungserscheinungen zeigt, und zwei jüngeren Calcitgenerationen; die ältere ist deformiert und die jüngere undeformiert. In der Verwitterungszone der Sulfidvererzung bildet sich Limonit, Gips in Form von weisslich-gelblichen Rosetten und ein nicht bestimmtes, unbekanntes, pulvriges, weisses Mineral.

4.3 BEZIEHUNG ZWISCHEN WIRTGESTEINEN UND DER PB-ZN-CU-MINERALISATION

Im grünen Sandstein hat sich im Zuge der Vererzung eine ausgeprägte Albitisierung abgespielt. Da die Baryteinschlüsse in autigen gebildeten Quarzen auf diesem Teil der Sulfidvererzung beschränkt geblieben sind, wird angenommen,

dass das Barium aus den detritischen Feldspatkörnern des Sandsteins stammt und nur über kurze Distanz transportiert worden ist.

Im Kataklasit ist keines der Mobilisationsphänomene eindeutig mit der Sulfidmineralisation in direkten Zusammenhang zu bringen, sei es denn, dass:

- die posttektonisch in diesem Gebiet stattgefunden Dolomitisation eng mit der Albitisierung verknüpft ist.
- das zugeführte Magnesium sich vorzugsweise im karbonatischen Milieu (Kataklasit), das Natrium hingegen im silikatischen grünen Sandstein angereichert hat.

5. Geochemische Untersuchungen

An den Sulfiderzen im Sackgraben sind verschiedene geochemische Untersuchungen durchgeführt worden.

5.1 SCHWEFELISOTOPENUNTERSUCHUNGEN

In Abb. 3 sind die an Sulfaten und Sulfiden bestimmten S-Isotopenverhältnisse graphisch dargestellt. Es sind nebst den Sackgrabenproben noch in ihrer Genese unterschiedliche Sulfidvererzungen zum Vergleich herangezogen worden.

Die Bleiglanzproben von Trachsellaunen stammen aus dem Parautochthon des Zentralen Aaregranits und zeigen mit ihrer stark negativen $\Delta^{34}\text{S}\text{‰}$ -Isotopenverhältnissen anderen Schwefelursprung auf, als die übrigen Proben. Ein anderes Extrem stellt die Pyritprobe aus den Basalen Tonschiefern dar, die in ihren Isotopenverhältnissen den bakteriellen Ursprung des Schwefels widerspiegelt (NIELSEN, 1979).

Anhand der Messergebnisse der Proben aus dem Sackgraben lassen sich folgende Aussagen machen:

- das Sulfat weist einen konstanten $\Delta^{34}\text{S}$ -Wert von + 15‰ auf, was nach NIELSEN (1979) gut mit denjenigen Werten der Triasevaporite korrelierbar ist.
- die Sulfide zeigen eine beachtliche Streuung von + 9.9 bis + 25.3 $\Delta^{34}\text{S}\text{‰}$.

Nach RYE und OHMOTO (1974) sollte unter thermodynamischen Gleichgewichtsbedingungen und unter einer maximalen Bildungstemperatur von 120°C (vergl. Flüssigkeitseinschlussdaten) zwischen dem Sulfat und den Sulfiden ein Unterschied von 40 in den Fraktionierungsverhältnissen auftreten. Das Sulfat ist isotopenmässig deutlich schwerer als die Sulfide, welche im Verlaufe einer normalen Ausscheidungsabfolge zunehmend leichtere Schwefelisotopen einbauen. Somit sind die Fraktionierungsunterschiede innerhalb der Sulfidabfolge geringer und sollten unter den erwähnten Bedingungen zwischen Pyrit und

Zinkblende bei 2 und zwischen Pyrit und Bleiglanz bei 7 liegen. Die in Abb. 3 aufgeführten Daten zeigen jedoch, dass die Fraktionierungsunterschiede zwischen Sulfat und Sulfiden einerseits und den Sulfiden andererseits nicht mit den oben aufgeführten thermodynamischen Daten übereinstimmen, ausser beim Sulfidmineralpaar Pyrit-Bleiglanz, bei welchem eine Bildungstemperatur von 119°C berechnet werden konnte.

Die Schwefelisotopendaten aus dem Sackgraben müssen derart interpretiert werden, dass nebst dem Sulfat Gips noch eine andere Quelle als Schwefellieferant gedient hat.

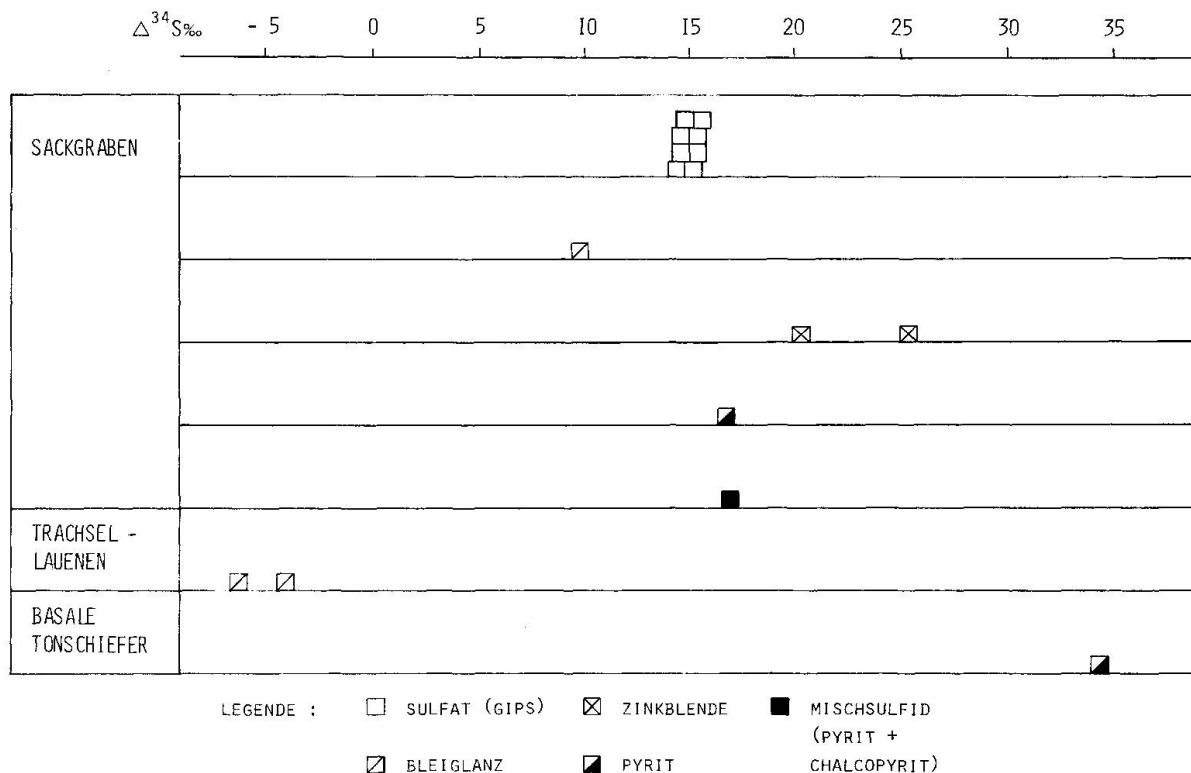


Abb. 3 Schwefelisotopverteilung in Sulfat und Sulfiden aus den Vererzungen im Sackgraben, Trachsellauenen und Basalen Tonschiefern.

5.2 PB-ISOTOPEN UND FLÜSSIGKEITSEINSCHLÜSSE

An zwei Bleiglanzproben aus dem Sackgraben sind folgende Mittelwerte der Pb-Isotopenverhältnisse bestimmt worden:

$$\frac{206/204}{18.880 \pm 0.007}$$

$$\frac{207/204}{15.661 \pm 0.007}$$

$$\frac{208/204}{38.844 \pm 0.011}$$

(Reproduzierbarkeit der Pb-Isotopenmessungen: 1‰)

Die Durchschnittswerte der beiden Proben ergeben ein Modellalter von -65 Mio. Jahren.

Die Pb-Isotopenverhältnisse sind typisch für die Mineralisationen des peninischen Bereiches sowie des nördlich angrenzenden Gebietes (KOEPEL, 1983). Das Blei entspricht isotopenmässig durchschnittlichem Krustenblei, weist jedoch einen geringfügig erhöhten Anteil an radiogenem Blei auf, was auf eine Oberkrustenkomponente hindeutet.

Anhand von mikrothermometrischen Messungen an Flüssigkeitseinschlüssen von Quarz konnte die Bildungstemperatur der Lagerstätte bestimmt werden. Dies konnte dank der Isochorenkonstruktion mit Hilfe der totalen Einschlussdichte ρ_{tot} bewerkstelligt werden (MULLIS in Vorbereitung). Die Druckabschätzung erfolgte nach einem angenommenem Mittelwert zwischen lithostatischem und hydrostatischem Druck, der unmittelbar nach der Inplatznahme der Subniesenzone, 300–600 bar, geherrscht haben dürfte. Wir ermitteln somit für die Lagerstätte im Sackgraben eine Bildungstemperatur, die zwischen 90–120°C liegt.

Ferner zeigte sich, dass die erztransportierende Lösung sich vorwiegend aus Wasser und NaCl zusammengesetzt hat. Die ermittelten Gewichts-% äqu. NaCl bewegen sich zwischen 22.4–23.3.

6. Genese der Pb-Zn-Cu-Sulfidvererzung

Nach den bisherigen Kenntnissen der Forschung kann über die Genese der Sulfidvererzung im Sackgraben nur anschliessendes gesagt werden:

- Eine stark Cl-haltige Lösung hat aus unbekannter Quelle stammende Metallionen antransportiert, die durch den Kontakt mit reduziertem Schwefel zu Sulfiden ausgefällt wurden.
- Wie aus den Schwefelisotopen-Daten hervorgeht, muss nebst dem Sulfat Gips noch ein weiterer, unbekannter Schwefellieferant angenommen werden.
- Die Genese der Sulfidvererzung im Sackgraben hat sich bei einer Temperatur von 90–120°C und nach der Inplatznahme der Subniesenzone und der darüberliegenden Niesendecke abgespielt. Wäre die Vererzung bereits früher entstanden, so hätte sie den Transportweg nicht derart heil überstanden.

7. Schlussfolgerungen

Die sich im Sackgraben befindliche Pb-Zn-Cu-Sulfidvererzung ist eine epigenetische, hydrothermale Niedertemperaturmineralisation sehr jungen Alters. Es dürfte sich im alpinen Raum um eine der jüngsten, bisher bekannten Vererzungen dieser Art handeln. Diese Feststellungen beruhen auf einer Synthese von Feldbeobachtungen und vielfältigen Laborarbeiten. Um dem immer noch

nicht gelüfteten Geheimnis um die Erzlagerstätte im Sackgraben auf die Spur zu kommen, sind andere als die von mir angewendeten Methoden, Seismik und gezielte Probebohrungen, angezeigt.

Verdankung

Mein spezieller Dank geht an das Schweizerische Rohstoffinventar, besonders an Prof. Th. Hügi für den Auftrag und die finanzielle Unterstützung.

Prof. V. Köppel von der ETH in Zürich danke ich herzlich für die Pb-Isotopenmessungen und die kritische Durchsicht des Manuskripts.

An der Universität Göttingen hatte ich bei Dr. H. Nielsen die Gelegenheit, Schwefelisotopen zu messen; auch ihm sei von Herzen gedankt.

Die Universität Fribourg gewährte mir Gastrecht, damit ich die Flüssigkeitseinschlüsse in Quarzkristallen mikrothermometrisch untersuchen konnte. Die dort mit Dr. J. Mullis geführten Diskussionen waren äusserst lehrreich, wofür ich danke.

Literatur

- GRUNER, G.S. (1760): Die Eisgebirge des Schweizerlandes. 3 Bände. Im Verlag der neuen Buchhandlung bey Abraham Wagner, Sohn, Bern.
- GRUNER, G.S. (1775): Die Naturgeschichte Helvetiens in der alten Welt. Bey der Typographischen Gesellschaft, Bern.
- HUBER, K. (1933): Geologie der Sattelzone bei Adelboden. Mitt. natf. Ges. Bern.
- JAHN, A. (1857): Chronik oder geschichtliche, ortskundliche und statistische Beschreibung des Kantons Bern, alten Theils. Bern.
- KOEPPEL, V. (1983): Summary of Lead Isotope Data from Ore Deposits of the Eastern and South Alps: Some Metallogenic and Geotectonic Implications. In: Mineral Deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe. Schneider, H.-J. (ed.) Berlin, Heidelberg: Springer 1983.
- NIELSEN, H. (1979): Sulfur Isotopes. In: Lectures in Isotope Geology. Jäger, E./Hunziker, J.C. (eds.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- RYE, R.O., OHMOTO, H. (1974): Sulfur and carbon isotopes and ore geneses: A review. Econ. Geol. 69, 826-842.
- SAHEUR, J.P. (1974): Die Pb-Zn-Baryt-Lagerstätten bei Trachsellaunen (Berner Oberland/Schweiz). Diss. Univ. Bern.
- TSCHUMI, O. (1936): Beiträge zur Siedlungsgeschichte des Kantons Bern. Bern.
- ZINGG, M.A. (1983): Geologie und Metamorphose der Subniesenzone in der Gegend von Adelboden-Achseten. Lic. Univ. Bern.
- ZINKERNAGEL, U. (1978): Cathodoluminescence of quartz and its application to sandstone petrology. Contrib. Sedimentology 8.

Manuskript eingegangen 4. April 1984