©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Carinthia II	163./83. Jahrgang	S. 147—168	Klagenfurt 1973

Geochemische Untersuchungen über die Verteilung von Zink und Blei in den mesozoischen Gesteinen des Drauzuges und der Karawanken (Kärnten, Österreich)

Von Elisabeth SCHERIAU-NIEDERMAYR

(Mit 4 Tabellen und 4 Abbildungen)

ABSTRACT

Triassic rocks of the Drauzug and the Karawanken in Carinthia, Austria, have been chemically analysed for Pb and Zn. This investigation shows, that Zn is enriched in the lowest part of the sequence examined; the Zn-content decreases slightly towards the upper part of the stratigraphic column. Furthermore, there is a strong relation between lithofacies and Zn-content of the sediments. The distribution of Zn in the investigated area turned out to be non-uniform. The sediments of the Koschuta Unit, however, show a distinctly lower Zn-content than all other units.

In interpreting the results a model is discussed for the genesis of the lead-zinc deposits of the calcareous Alps. The model is based on the assumption that connate water mobilized the primary metal content of older rocks. These metals can be precipitated during or after diagenesis in the sediment itself with the help of sulfate reducing organisms.

ZUSAMMENFASSUNG

Die triadischen Gesteine des Drauzuges und der Karawanken werden auf ihren Gehalt an Zink und Blei untersucht. Dabei ergibt sich eine stratigraphische Verteilung von Zn in der Art, daß die tiefsten Anteile der Schichtfolge die höchsten Metallkonzentrationen aufweisen. Gegen das Hangende zu nimmt der Zn-Gehalt mehr oder weniger kontinuierlich ab. Die lithofazielle Abhängigkeit des Zn-Gehaltes eines Sedimentes konnte auch im Untersuchungsgebiet bestätigt werden. Die regionale Verteilung von Zink ist uneinheit-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

lich, die Zn-Gehalte der Koschuta-Einheit sind allerdings gegenüber dem übrigen Sedimentationsraum deutlich niedriger.

In Auswertung der gewonnenen Ergebnisse wird ein Gedankenmodell zur Entstehung der kalkalpinen Pb-Zn-Vorkommen gegeben. Dies basiert auf der Annahme von Porenlösungen, die einen Teil des primären Metallgehaltes älterer Gesteine mobilisieren und an der Wende Ladin/Karn bzw. postladinisch syn- bis postdiagenetisch im Sediment selbst unter Mitwirkung sulfatreduzierender Organismen zum Absatz bringen.

EINLEITUNG

Die 1963 begonnene geologisch-geochemische Bearbeitung von Gesteinen des östlichen Drauzuges (D. KOMPOSCH 1966, E. SCHERIAU 1965) wurde in den Jahren 1966 bis 1970 auf den gesamten Drauzug und den österreichischen Anteil der Karawanken ausgedehnt.

Die Anregung zu dieser Arbeit stammt von den Herren Professor Dr. W. E. PETRASCHECK und Doz. Dr. L. KOSTELKA, denen ich damit, sowohl für die Ermöglichung der Arbeiten an sich wie auch für die stete Betreuung und die vielen mündlichen und brieflichen Diskussionen, auf diesem Wege herzlich danken möchte.

Großer Dank gebührt auch der Bleiberger Bergwerks Union, Klagenfurt, in deren Laboratorium alle im Rahmen des vorliegenden Projektes aufgesammelten Proben zunächst mittels Dithizon, später polarographisch bestimmt wurden.

Für die finanzielle Unterstützung danke ich der Sektion IV des Bundeskanzleramtes (Wissenschaftlicher Beirat der verstaatlichten Unternehmungen Österreichs) und der Bleiberger Bergwerks Union.

Die vorliegende Arbeit stellt eine gekürzte Fassung eines Berichtes an die Bleiberger Bergwerks Union dar (E. SCHERIAU-NIEDERMAYR 1972). Der Bleiberger Bergwerks Union, im speziellen Herrn Doz. Dr. L. KOSTELKA, der die zum Druck ausgewählten Profile umzeichnen ließ, muß ich dafür besonders danken.

Es standen mir für die Untersuchungen insgesamt 42 Arbeitstage im Gelände zur Verfügung. Von den 1048 aufgesammelten Proben wurden die Spurengehalte von Zink, teilweise auch von Blei, bestimmt. Zur Ergänzung wurden noch die Daten von etwa 400 Proben aus dem Gebiet Mitterberg—Tschekelnock herangezogen.

PROBLEMSTELLUNG

Zielsetzung der Arbeit war die Erfassung der durchschnittlichen Zn-Gehalte der einzelnen stratigraphischen Horizonte, um festzu-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

stellen, inwieweit und ob überhaupt regionale, vertikal-stratigraphische und fazielle Gegebenheiten für sich allein oder in Kombinationen untereinander die Spurenmetall-Konzentrationen der untersuchten Gesteine beeinflussen. Auf Grund dieser Beobachtungen wurde auch versucht, Hinweise auf den Vererzungsmechanismus der Pb-Zn-Vorkommen des Drauzuges herauszuarbeiten. Wesentlichste Grundlage dieser Arbeit mußte eine möglichst richtige stratigraphische Einordnung der begangenen Profile sein. Dies erwies sich schwieriger als erwartet, da, trotz der teilweise sogar recht intensiven geologischen Durchforschung einzelner Teile des Drauzuges bis in die jüngste Zeit und besonders in dieser, öfters divergierende Auffassungen der verschiedenen Bearbeiter in stratigraphischer Hinsicht zum Teil auch bei ausgedehnten Gesteinskomplexen festgestellt wurden. In diesen Fällen eine eindeutige Klärung zu bringen, war der Verfasserin schon auf Grund der geringen zur Verfügung stehenden Zeit, aber auch wegen der rein auf die Aufnahme von Profilen beschränkten Arbeitsweise, unter Heranziehung lithologischer Vergleiche, da Fossilfunde fast fehlten, oft nicht mit Sicherheit möglich. Ebenso konnte der stratigraphische Umfang der einzelnen Schichtglieder naturgemäß nicht überprüft und noch weniger fixiert werden.

Als Grundlage für die altersmäßige Einstufung der beprobten Gesteinskomplexe wurden vor allem die Arbeiten von VAN BEMMELEN 1957 und 1961, VAN BEMMELEN & MEULENKAMP 1965 in den Lienzer Dolomiten und Gailtaler Alpen, von TELLER 1914, SEELMEIER 1942, PREY & KAHLER 1958 und HOLLER 1960 in den Karawanken herangezogen. Auf weiteres Schrifttum kann im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden.

Charakteristisch für den gesamten Bereich von Drauzug und Karawanken (inklusive Koschuta und Steiner Alpen) ist die ausgeprägte regional-fazielle Differenzierung von West nach Ost. So ist der westliche Drauzug aus eher monoton wirkenden Gesteinsserien aufgebaut (was u. a. ja VAN BEMMELEN 1957 zur Aufstellung der „Jauken"-Folge bewogen hat). Gegen E werden die Sedimentfolgen immer „bunter", und zu der faziellen Differenzierung in W—E-Richtung kommt nun auch eine solche von Nord nach Süd.

In früheren Arbeiten (SCHERIAU-NIEDERMAYR 1967) wurde der durchschnittliche Zn-Gehalt der Leerproben („Background") in Übereinstimmung mit verschiedenen anderen Autoren mit 50 ppm angenommen. Es zeigte sich aber, daß Werte mit 50 ppm Zn bereits Vererzungsanomalien anzeigen können, und nicht vererzte Gesteine meist einen wesentlich niedrigeren Zn-Pegel aufweisen (oft praktisch 0, bei einer angenommenen Streuung von 0 bis 10 ppm Zn). Die vorliegende Untersuchung sollte daher die für die einzelnen Bereiche des Drauzuges und der Karawanken geltenden Background-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

werte für Zn ermitteln und so der Erzprospektion eine brauchbare Grundlage liefern.

Aber auch für die genetische Deutung der kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten ist der Zn-Gehalt der Gesteine von Interesse. So sollte bei einer syngenetischen Entstehung dieser Lagerstätten der entsprechende stratigraphische Horizont einen deutlich höheren Zn-Gehalt aufweisen als alle anderen Gesteine.

Wie verschiedentlich gezeigt wurde, weisen bituminöse und tonreiche Sedimente oft höhere Metallkonzentrationen auf (WEDEPOHL 1953). Das würde aber wieder bedeuten, daß fazielle Änderungen im Sedimentcharakter auch die durchschnittlichen Metallgehalte beeinflussen. Um faziell wie regional bedingte Unterschiede im Zn-Gehalt der bearbeiteten Gesteine feststellen zu können, wurde der gesamte Untersuchungsbereich in fünf Abschnitte gegliedert, wobei deren Gesamtprobenanzahl jeweils etwa gleich sein sollte:

I. Lienzer Dolomiten

1. Abfaltersbach — Rombichl — Aigner Kaser
2. Thal — Leisacher-Alm-Bach — Kofelpaß — Eggenbach
3. Tristach — Kreithof — Lienzer-Dolomiten-Hütte — Richtung Karlsbader Hütte bis Kote 1745 m (ab dieser Höhe war das Anfang Juni 1970 begangene Profil wegen Schneelage unpassierbar)
4. Unterpirkach — Villa Weinberg — Schartenalm — Rautalm

II. Westliche Gailtaler Alpen

5. Oberdrauburg — Waidach — Gailbergsattel — Laas
6. Raßnig — Bärnboden — Fürstliche Alm — Ploner Alm — St. Daniel
7. Feistritz — Ebenberg — Reißgraben — Comptonhütte — Reißkofel — Wurzen — Reißkofelbad
8. Petersbrünnl — Tröbelsberg — Kreuzberg — Techendorf — Naggler Alm — Lorenzer Alm — St. Lorenzen

III. Östliche Gailtaler Alpen

9. Lind — Gusenalm — Staff — Mößlacheralm — Mößlacher — Glaser — Untere Vellacher Hütte — Khünburg
10. Nikelsdorf — Auf der Eben — Kreuzen — Windische Höhe (mit Nebenprofil Mitterberg — Tschekelnock)
11. Pogöriach — Goblitschgraben — Rubland — Kachelschneid — Bleiberg — Dobratsch — Nötsch (mit Nebenprofil Schlund)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

IV. und V. Karawanken (Nord- und Südkette)

12. Altfinkenstein — W. H. Baumgartner — Mallestiger Mittagskogel, Kote 1709 m (mit Nebenprofil Outschena — Bertahütte)
13. Rosenbach — Bärengraben — Rosenbachsattel (mit Nebenprofilen Rosenbach — Gratschützengraben — Mittagskogel und Rosenbach — Quadia — Kahlkogel)
14. Feistritz — Stouhütte — Bielschitzasattel
15. Unterloibl — Loiblpaß
16. Wildenstein — Hochobir — Schaidasattel; Trögerner Klamm — Potok
17. Miklauzhof — Eisenkappel — Bad Vellach — Richtung Sanntaler Sattel bis Ofnerhütte (ab dieser Höhe war das Anfang Juni 1970 begangene Profil wegen Schneelage unpassierbar)
18. Globasnitz — Tschemer — Luscha Alm
19. Siebenhütten — Petzen — Berghaus Kolsche — Schmelz

PROBENNAHME UND ANALYTIK

Es handelt sich dabei im Prinzip um die gleiche Methode, die von MACK 1958 erstmals in Österreich angewendet wurde und auch bei den Prospektionsarbeiten der Bleiberger Bergwerks Union Verwendung findet (siehe z. B. KOSTELKA 1962).

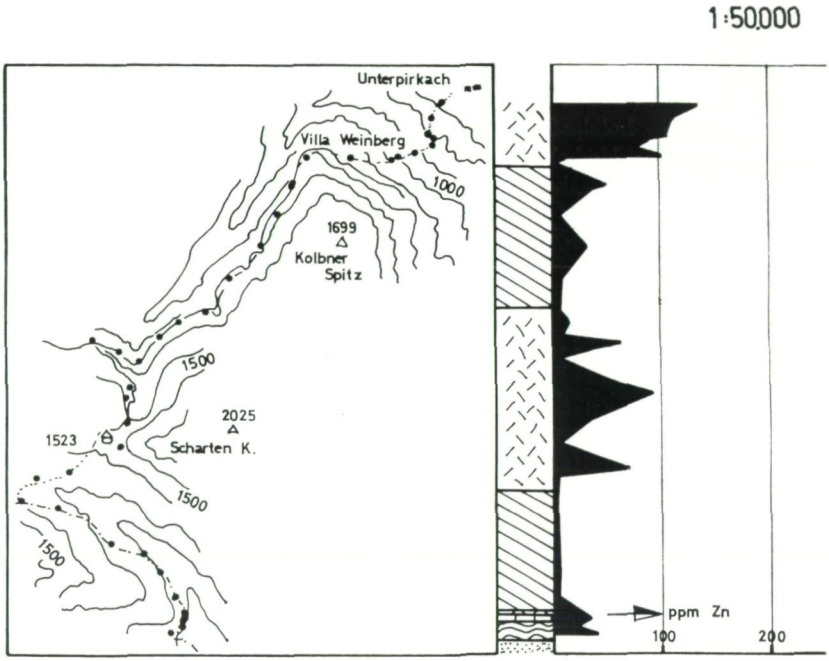
Für die vorliegenden Untersuchungen wurden durchwegs Gesteinsproben aufgesammelt. Eine Gesteinsprobe ergibt sich aus verschiedenen Punkten einer jeweils maximal etwa 2 m² großen Aufschlußfläche, kann aber bei schlechten Aufschlußverhältnissen oder geringem Probenabstand auch nur aus einer Punktprobe bestehen. Es wurde immer darauf geachtet, frisches Gesteinsmaterial zu bekommen, um die Wirkung der Atmosphärilien möglichst ausschalten zu können. Der Probenabstand selbst sollte 50 bis maximal 100 m betragen; auch dies ist aber naturgemäß weitgehend von den jeweiligen Aufschlußverhältnissen abhängig.

Die Proben wurden dann im Labor der BBU, die dafür sowohl Arbeitskräfte wie Chemikalien und Geräte zur Verfügung stellte, untersucht. Zunächst wurden die Analysen mit Dithizon durchgeführt (Näheres siehe SCHERIAU-NIEDERMAYR 1967); später erfolgte die Bestimmung von Zn und Pb polarographisch, nachdem entsprechende Versuchsreihen im Labor der BBU gute Übereinstimmung mit der Dithizon-Methode ergeben haben (nach freundlicher Mitteilung von Herrn Doz. Dr. L. KOSTELKA). Das bei den Analysen nicht verbrauchte Probenmaterial wird von der BBU verwahrt und kann zu Vergleichszwecken herangezogen werden.

Die Analysenwerte der Proben wurden in einer Profiltafel graphisch dargestellt (SCHERIAU-NIEDERMAYR 1972). Davon werden die Profile 4, 6, 9 und 16 in etwas vereinfachter Form hier wiedergegeben.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 1: Profil 4.

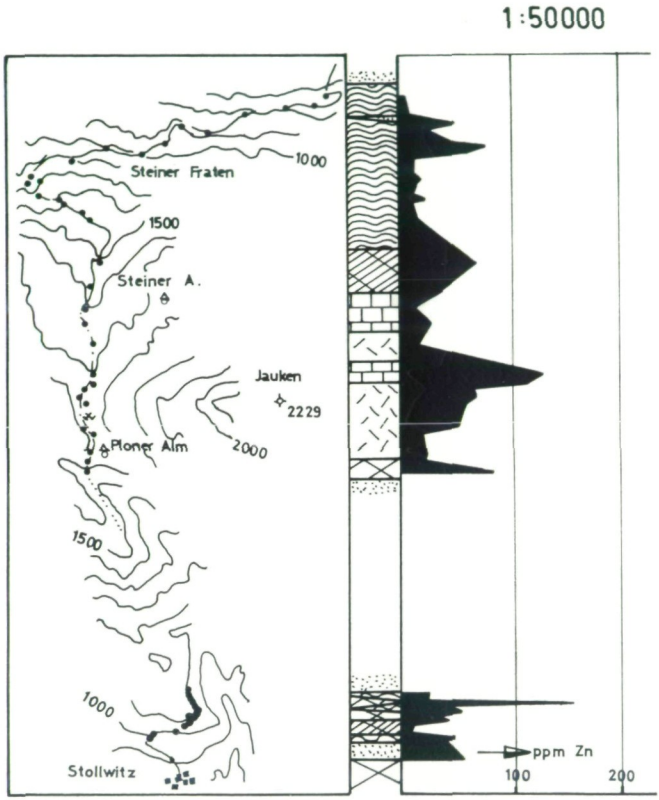


LEGENDE:

- KREIDE
- JURA
- RHÄT
- HAUPTDOLOMIT
- CARDITASCHICHTEN
- SCHLERNDOLOMIT
- WETTERSTEINKALK, WETTERSTEIN-DOLOMIT UND PLATTENDOLOMIT
- PARTNACHSCHICHTEN
- MUSCHELKALK
- PERMOSKYTSANDSTEIN UND WERFENER SCHICHTEN

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 2: Profil 6.

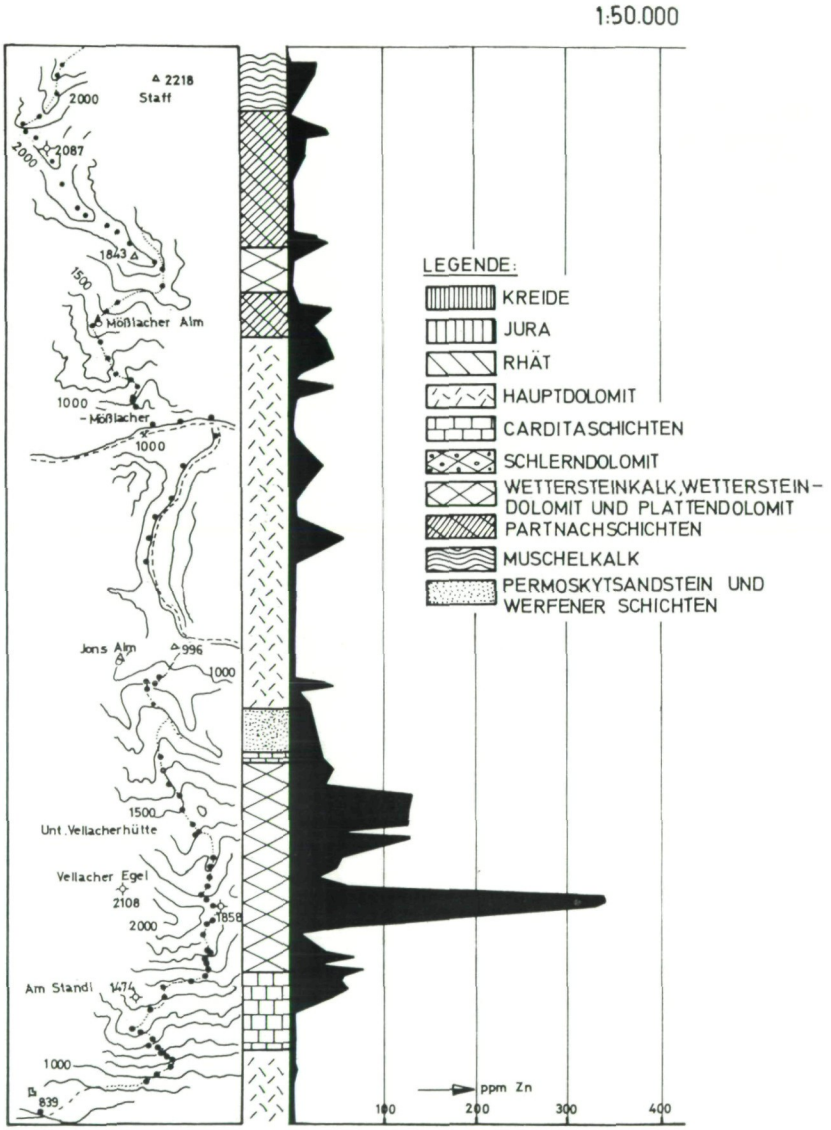


LEGENDE:

- KREIDE
- JURA
- RHÄT
- HAUPTDOLOMIT
- CARDITA SCHICHTEN
- SCHLERNDOLOMIT
- WETTERSTEINKALK, WETTERSTEIN-DOLOMIT UND PLATTENDOLOMIT
- PARTNACHSCHICHTEN
- MUSCHELKALK
- PERMOSKYTSANDSTEIN UND WERFENER SCHICHTEN

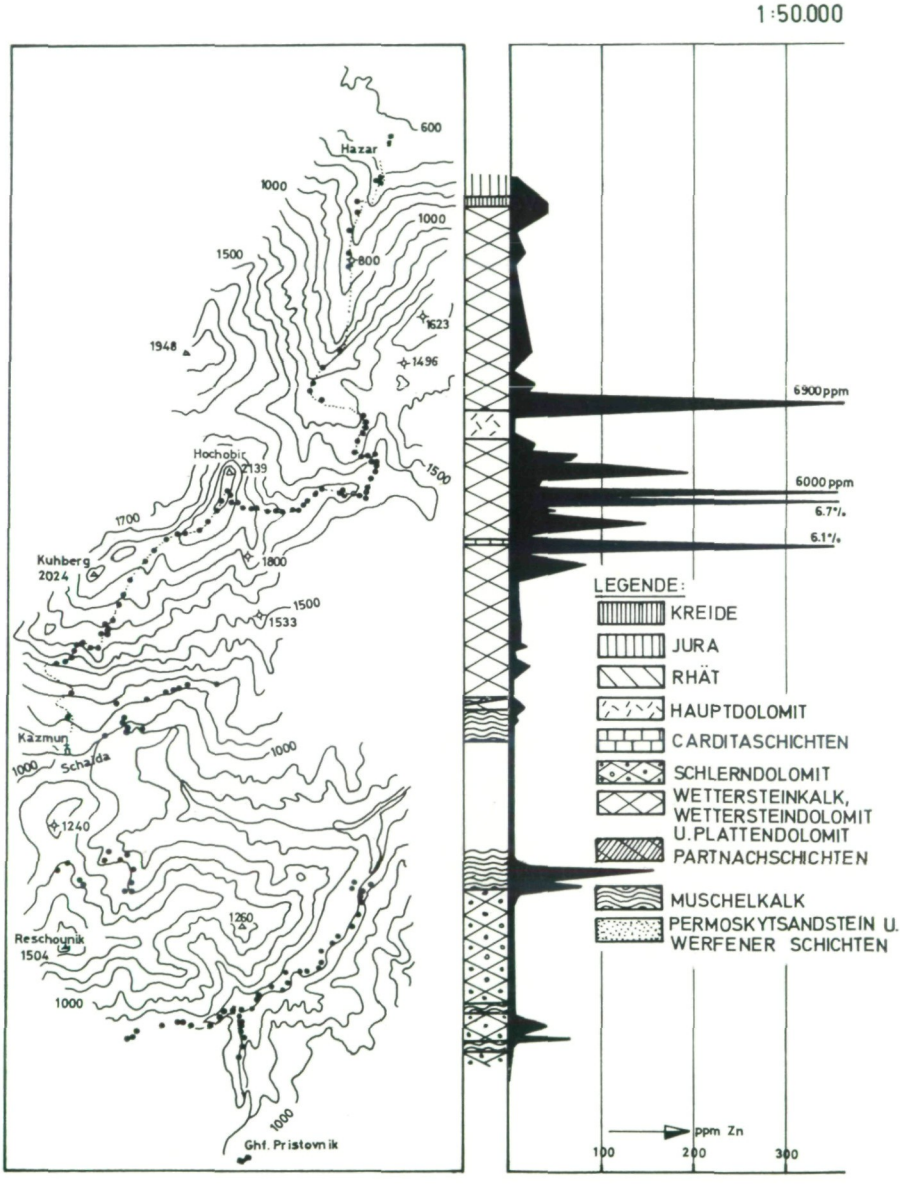
©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 3: Profil 9.



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4: Profil 16.



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Gegenüberstellung von Blei und Zink

Bei einem Teil der Proben wurde neben dem Zn-Gehalt auch der entsprechende Pb-Wert bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Gegenüberstellung der durchschnittlichen Zn- und Pb-Gehalte aus den Bereichen Lienzer Dolomiten, Karawanken-Nordkette und Karawanken-Südkette.

	Anzahl der Vergleichs-proben	Zn-Gehalte in ppm	Pb-Gehalte in ppm	Anzahl der Proben mit Pb-Gehalten > 0 ppm
Lienzer Dolomiten:				
Plattendolomit	6	15	17,7	2
Hauptdolomit	10	5	4,7	1
Karawanken-Nordkette:				
Muschelkalk	23	17,2	4	5
Wettersteinkalk, -dolomit	114	7,7	9,1	30
Carditaschichten	10	16,5	8,3	3
Hauptdolomit	6	11,7	5,3	2
Karawanken-Südkette:				
Muschelkalk	44	6,6	2,6	10
Schlerndolomit	61	3,1	2,6	7
Hornsteinplattenkalk	18	7,6	2,4	4
Hauptdolomit	7	0,7	0	0

Wohl sind die Pb-Werte — wenn überhaupt > 0 — meist höher als die vergleichbaren Zn-Gehalte, doch sind dagegen Leerbestimmungen bei Pb wesentlich häufiger als bei Zn. Dieser Umstand bedingt die in der Tabelle angeführten niedrigen durchschnittlichen Pb-Werte der einzelnen stratigraphischen Horizonte. Natürlich hängen diese Werte in erster Linie vom Stoffangebot der Mineralisation ab, wie dies sehr eindrucksvoll an Hand eines Beispieles erläutert werden soll. Im Zuge einer Untersuchung der Vulkanite des Mejnik südlich Zell Pfarre konnte in störungsbedingt eher unklarer stratigraphischer Position — über den Laven und Tuffen und den begleitenden dunklen Kalken, aber unter dem eigentlichen hellen ladinischen Dolomit der Koschuta — ein räumlich sehr begrenztes Bleiglanzvorkommen entdeckt werden. Auf eine Distanz von etwa 4 m wurden 6 Gesteinsproben genommen und deren Gehalt an Pb und Zn bestimmt. Wie Tab. 2 zeigt, steht dabei u. a. einem Zn-Gehalt von etwa 40 ppm ein Pb-Wert von über 8 % gegenüber. Dabei ist zu bedenken, daß in früheren Arbeiten Zn-Werte unter 50 ppm als Untergrund angenommen und in bezug auf Vererzungshinweise eher unspezifisch angesehen wurden. Im vorliegenden Fall geht dies auf eine nur aus Bleiglanz bestehende, störungsgebundene Vererzung

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

zurück, die entweder nur sehr untergeordnet Zn mobilisieren konnte, oder bei der dieses gar nicht zur Verfügung stand.

Tab. 2: Pb- und Zn-Werte von Gesteinen aus dem Nordfuß der Koschuta, S Mejnik.

Probe	Pb in ppm	Zn in ppm
1/71	0	15
2/71	18	30
3/71	0	30
4/71	0	15
5/71	8,85 %	40
6/71	0,17 %	10

Andererseits sind hohen, offensichtlich vererzungsbedingten Zn-Werten niedrige und auch negative Pb-Werte zugeordnet (zum Beispiel: 0,11 % Zn — 0 ppm Pb; 2,23 % Zn — 0 ppm Pb; 6,14 % Zn — 50 ppm Pb; 0,2 % Zn — 70 ppm Pb).

Blei ist in Gesteinen weniger mobil als Zink und daher ist letzteres wesentlich gesteinsspezifischer und gewährleistet somit auch eine bessere geochemische Transparenz der beprobten Gesteine. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher ausschließlich auf die Interpretation der Zn-Gehalte der untersuchten Serien. Stichprobenartig wurden aber auch insgesamt 400 Proben auf Pb analysiert.

Verteilung von Zink in vertikal-stratigraphischer Richtung

In Tab. 3 sind die durchschnittlichen Zn-Spurengehalte der einzelnen beprobten stratigraphischen Horizonte zusammengestellt. Der besseren regionalen Übersichtlichkeit wegen wurden die Profile in fünf größere Bereiche zusammengefaßt (Lienzer Dolomiten, westliche und östliche Gailtaler Alpen, Karawanken-Nord- und -Südkette).

Tab. 3: Regional-stratigraphische Verteilung der durchschnittlichen Zn-Gehalte in ppm. Die jeweilige Anzahl der Proben wurde in Klammern hinzugefügt.

	Profile 1—4	Profile 5—8	Profile 9—11	Karawanken-Nordkette	Karawanken-Südkette
Paläozoikum			72,5 (2)		12,6 (17)
Werfener Schichten		0 (1)			22 (5)
Muschelkalk	22,1 (8)	27,3 (44)	21,7 (6)	61,6 (51)	15,1 (64)
Partnachschichten	14,4 (9)	23,6 (23)	12,7 (40)	28,7 (12)	
Plattendolomit Wettersteink., -dol. Schlerndolomit	12,7 (22)	15,2 (28)	14,1 (151)	10,7 (167)	7,1 (109)
Carditaschichten karn. Wettersteink. Hornsteinplattenk.	17,1 (7)	22 (6)	8,1 (70)	19,3 (15)	14,7 (32)
Hauptdolomit	6,9 (56)	10 (34)	4,3 (172)	9,5 (21)	0,7 (7)
Rhät	21,8 (26)	5,4 (12)			
Jura	18,1 (13)			16,2 (4)	
Kreide	109 (5)			40 (1)	

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Es ergibt sich die interessante Tatsache, daß im gesamten Untersuchungsbereich der durchschnittliche Zn-Gehalt der Gesteine vom Liegenden ins Hangende der Schichtfolge abnimmt. So weisen Muschelkalk und Partnachschichten mit etwa 20 bis 30 ppm Zn die bei weitem höchsten Werte auf und sind damit etwa zweimal so hoch wie die überlagernde, meist erzführende oberladinische Plattendolomit- und Wettersteinkalkfolge.

Etwas erhöhte Werte ergeben die karnischen Sedimente, während Hauptdolomit und Kössener Schichten im allgemeinen unter 10 ppm Zn liegen. Die gleiche Beobachtung läßt sich auch in der faziell andersgearteten Koschuta-Einheit treffen.

Die mögliche Bedeutung dieses an sich unerwarteten Ergebnisses für die genetische Konzeption der kalkalpinen Pb-Zn-Vorkommen wird später erörtert. Jedenfalls spricht das Fehlen eines deutlich spurenpositiven Horizontes, auch in Gebieten intensivster Vererzung (Jauken, Graslitzen, Tschekelnock—Mitterberg, Bleiberg—Rubland, Obir und Petzen), an und für sich nicht so ohne weiteres für eine rein syngenetische Deutungsmöglichkeit dieser Lagerstätten. Dies um so mehr, als die ermittelten durchschnittlichen Backgroundwerte für Zn und Pb unter den in der einschlägigen Literatur (RANKAMA & SAHAMA 1950, TUREKIAN & WEDEPOHL 1961, WEDEPOHL 1971 u. a.) angeführten Werten liegen.

Vereinzelt höhere Werte (bis 200 ppm Zn) erbrachten Gesteine von Jura und Kreide, wobei ein Zusammenhang mit Erzanreicherungen nicht ersichtlich ist. Interessant mag sein, daß in der Nähe der in der „Amlacher-Wiesen-Folge" stockförmig auftretenden Glimmerkersantite höhere Zn-Gehalte des Nebengesteins festgestellt werden konnten (bis 180 ppm Zn).

Regionale Verteilung von Zink

Eine regionale Differenzierung des Zn-Gehaltes im Ablagerungsraum von Drauzug und Karawanken läßt sich im Gegensatz zur vertikal-stratigraphischen Verteilung nicht herausarbeiten.

Sicher aber sind die Zn-Spurengehalte der Gesteine der Koschuta-Einheit um einiges niedriger als jene der vergleichbaren Gesteinsserien des Drauzuges. Dies wird besonders deutlich bei der Gegenüberstellung der Werte des faziell-entwicklungsmäßig zum Drauzug gehörenden Zuges Singerberg—Obir—Petzen zu jenen der unmittelbar südlich daran anschließenden nur durch die Eisenkappler Aufbruchszone getrennten Koschuta-Einheit (siehe Abb. 4).

Der Unterschied ist signifikant und hängt sicher mit der Stellung dieser Gesteine im Geosynklinalbereich zusammen. Die augenscheinlich intensiven diagenetischen und postdiagenetischen Veränderungen,

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

die gerade die Gesteine der Koschuta-Einheit geprägt haben — man denke hier nur an das typische Bild des Schlerndolomits — haben darüber hinaus sicher auch die Spurengehalte dieser Serien beeinflußt.

Faziesabhängigkeit der Zn-Spurengehalte

Eine der Zielsetzungen dieser Arbeit war, den Einfluß fazieller Faktoren auf den Gehalt von Zink in den triadischen Gesteinen des Drauzuges und der Karawanken festzustellen. Interessant ist vor allem die Verteilung der Zn-Spurengehalte in bezug auf die einzelnen faziell unterschiedlichen ladinischen Sedimentationsbereiche. Die entsprechenden Daten sind in Tab. 4 zusammengestellt. Der Unter-

Tab. 4: Gegenüberstellung der durchschnittlichen Zinkgehalte der ladinischen Riff- und Lagunen-Fazies. Die jeweilige Anzahl der Proben wurde in Klammern hinzugefügt.

	Riff-Fazies	Lagunen-Fazies
Profil 1	10 ppm (3)	
Profil 7	8,1 ppm (14)	
Profil 10	6,8 ppm (83)	4,1 ppm (52)
Profil 11	22,5 ppm (21)	
Profil 15		6,8 ppm (28)
Profil 16	8,1 ppm (12)	18,9 ppm (38)
Profil 17	8,1 ppm (17)	
Profil 19		5,9 ppm (39)
Insgesamt	8,9 ppm (150)	8,6 ppm (157)

schied zwischen Riff und Lagune ist im Durchschnitt gesehen nicht sehr hoch. Mit Ausnahme von Abb. 4, Profil 16, wo die Vererzung in der Lagunenfazies der Obir-Gipfelpartie liegt, scheinen die Riffgesteine gegenüber der Lagunenfazies einen allerdings unmerklich höheren Zn-Gehalt aufzuweisen. Sollte dies durch weitere Untersuchungen bestätigt werden können, so wäre das eine sehr interessante Tatsache, da an und für sich in der an Tonsubstanz reicheren Lagunenfazies höhere Zn-Werte zu erwarten wären.

Die Partnachschichten weisen wohl höhere durchschnittliche Zn-Gehalte auf als die anderen ladinischen Faziesentwicklungen, sind aber sicher nicht zeitgleich mit der Lagunenfazies bzw. der „Bleiberger Sonderfazies", sondern älter und daher eher im vertikalstratigraphischen Gegensatz zum oberen Wettersteinkalk bzw. -dolomit zu sehen. Der meist nicht unbedeutende Tongehalt der Partnachschichten wird ebenfalls die Zn-Spurengehalte dieser Gesteine beeinflussen. Nach RANKAMA & SAHAMA 1950 ist Zn zusammen mit Cd und einer Reihe anderer Elemente einerseits besonders in an Sulfid reichen Sedimenten, andererseits aber auch in Gesteinen mit

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

höherem organischen Anteil angereichert. Für Schiefertone und Tone werden von den genannten Autoren Werte zwischen 80 und 1000 ppm Zn angegeben, für Sandsteine < 20 ppm Zn und für Kalke gleich oder unter 50 ppm Zn. Aus dem ziemlich umfangreichen Datenmaterial geht hervor, daß höhere Elementkonzentrationen, speziell von Mo, Cr, V und Zn, bei einem höheren Gehalt an organischen Substanzen typisch sind.

Auch WEDEPOHL 1953 hebt die speichernde Wirkung organischer Substanzen in bezug auf den Zinkgehalt mancher Sedimente hervor, wenngleich seine Untersuchungen auch gezeigt haben, daß höhere Bitumengehalte nicht grundsätzlich auch höhere Zn-Gehalte mit sich bringen müssen. Seiner Meinung nach sind in den Sedimenten meist hydroxylhaltige Minerale besonders aufnahmsfähig für Zink, wie zum Beispiel Kaolinit und Montmorillonit. Dementsprechend nimmt er unter Berücksichtigung des Tiefseematerials für Tone und Tonschiefer einen durchschnittlichen Gehalt von 0,0047 % Zn an, für Kalke und Sande etwas weniger (0,0024 % bzw. 0,0016 % Zn).

Später gibt WEDEPOHL 1971 für Kalke und Dolomite einen durchschnittlichen Zn-Gehalt von 23 ppm (±18) an; bituminöse Sedimente sowie Schiefer und Tone liegen um 100 ppm (±50).

Ähnliches ergab sich auch bei der vorliegenden Untersuchung. So zeigten vor allem bituminöse Zwischenlagen im Hauptdolomit deutlich höhere Zn-Werte als das umgebende Gestein. Untersuchungen des Lettenmaterials zwischen den Kalkbänken des oberen Wettersteinkalkes erbrachten das gleiche Ergebnis. So weisen die Lettenzwischenlagen etwa die zwei- bis dreifachen Zn-Werte der jeweils über- bzw. unterlagernden Kalkbank auf.

Von Interesse sind in diesem Zusammenhang auch die Angaben von BRUTY & al. 1972, die in einer Reihe von Tiefseesedimenten des Nordatlantiks die durchschnittlichen Zn-Gehalte bestimmt haben: Der mittlere Zn-Gehalt steht mit dem Gesamtkarbonatanteil des Sediments in linearer Beziehung; so steigt der Zn-Gehalt in den Tiefseeproben mit abnehmendem Gesamtkarbonatanteil an. Durch Interpolation konnte für einen reinen Kalk ein Zn-Wert von etwa 17 ppm ermittelt werden. Dieser Wert entspricht etwa jenem von Muschelschalen (TUREKIAN 1965), womit die untere Grenze eines fossilreichen Kalkes markiert wäre. Obwohl diese Daten an rezenten Sedimenten ermittelt wurden, werden sie bis zu einem gewissen Grad auch für Gesteine vergangener Epochen Gültigkeit haben. Hier muß allerdings noch eine nicht unwesentliche Veränderung des Spurenpegels durch mehr oder weniger aggressiv wirkende Porenlösungen in Rechnung gestellt werden. Je nach Gegebenheiten werden im Laufe der geologischen Entwicklung Verarmung oder Anreicherung bestimmter Elemente oder Elementgruppen in einem Sediment eintreten; es wird dadurch das ursprüngliche Bild verwischt werden.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Auf alle Fälle aber ist die systematische Abnahme des Zn-Gehaltes in der stratigraphischen Abfolge sicherlich nicht faziell bedingt. Immerhin gibt es im Anis, aber auch im Ladin, nicht gerade geringmächtige Dolomitpakete, die zum Teil genauso aussehen wie Gesteine des Hauptdolomitniveaus und darüber hinaus genauso wie diese beträchtliche Bitumengehalte aufweisen. Faziell gesehen sind diese Gesteine sicher einander sehr ähnlich. Die Abnahme des Zn-Gehaltes kann daher nur so zu sehen sein, daß das Metallangebot primär im Laufe der Entwicklung der alpinen Geosynklinale wesentlich zurückging bzw. bereits früher die Metalle „aus dem Verkehr gezogen", das heißt an tiefer liegende Erzkonzentrationen gebunden worden sind.

DISKUSSION

Die Diskussion über die Entstehung der kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten wurde in der Vergangenheit teilweise sehr heftig geführt. Seit den prinzipiellen Erwägungen von HEGEMANN 1948 haben vor allem gefügekundliche Untersuchungen eine syngenetische Entstehung — im Gegensatz zur früher allgemein vertretenen epigenetischen Deutung — wahrscheinlich gemacht (SCHNEIDER 1953, TAUPITZ 1953, SCHULZ 1968, STRUCL 1971). Für Bleiberg hat SCHULZ 1968 die Gefügebilder der synsedimentären Mineralparagenesen des oberen Wettersteinkalkes — Feinschichtung und Rhythmite, geopetale Anlagerung, syndiagenetische Verformung und Resedimentation — so ausführlich beschrieben, daß an der Richtigkeit des syngenetischen Ereignisses kaum gezweifelt werden könnte. Allerdings konnte bisher weder SCHULZ noch ein anderer Bearbeiter den Mechanismus der Metallanlieferung genau definieren und beweisen. Das letztlich lagerstättenbildende Ereignis wird mit dem triadischen Geosynklinalvulkanismus in Zusammenhang gebracht, der Beweis dafür steht aber noch aus. Der Nachweis von Tuffhorizonten in den entsprechenden ladinischen Sedimenten ist jedenfalls sicher nicht ausreichend (im übrigen weisen gerade diese Tuffe und deren unmittelbare Nebengesteine keine höheren Zn-Konzentrationen auf). Einer der Angriffspunkte gegen die epigenetische Deutung der Pb-Zn-Vorkommen war das Fehlen der hydrothermalen Aufstiegswege. Dies gilt in gleicher Form bei der Annahme eines synsedimentären Ereignisses, wenn die Zufuhr der erzhältigen Lösungen submarin erfolgt sein soll. Eine Zufuhr von Pb und Zn von außerhalb des Ablagerungsraumes, wie dies ADELHARDT 1968 für die schichtgebundenen Pb-Zn-Lagerstätten bei Santander, Nordspanien, annimmt, wäre aber prinzipiell ebenfalls denkbar.

In beiden Fällen müßte allerdings der entsprechende Horizont gegenüber den unter- bzw. überlagernden Gesteinen einen höheren Spurengehalt an Zink auch in den erzfernen Bereichen aufweisen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die vorliegende Untersuchung hat dafür keine Anhaltspunkte geliefert. Die ermittelten durchschnittlichen Werte für Zn liegen beim „Erzkalk" zwischen 10 und 15 ppm, und die Leerwerte machen etwa 30 % der Gesamtprobenanzahl aus (von den 400 auf Pb analysierten Proben waren sogar 336, das sind 84 %, negativ). Auch in unmittelbarer Nähe bereits makroskopisch sichtbarer Erzspuren ist das Nebengestein oft arm an Pb und Zn bzw. frei davon!

Dagegen konnten in allen untersuchten Vererzungsbereichen immer wieder quer zur stratigraphischen Abfolge verlaufende, störungsgebundene Spurenhöfe beobachtet werden. Postdiagenetische bzw. syn- bis posttektonische Vererzungsakte werden allerdings auch von den Syngenetikern angeführt und wären auch lösungsmechanisch und stofflich von bereits bestehenden Erzkonzentrationen ohne weiteres herzuleiten. Sicher ist auch, daß diese Lösungsumsetzungen die primären Erzbilder oft zerstört haben und somit deren Deutung erschweren. Die Untersuchungen von LAVERY & BARNES 1971 über die primäre Zn-Verteilung in karbonatischen Nebengesteinen des Pb-Zn-Distriktes von Wisconsin erbrachten den Nachweis aureolenförmiger Zn-Spurenhöfe um Erzstöcke und -gänge, wobei die Intensität der Anomalien von der Größe des Erzkörpers beeinflußt erscheint. Der Diffusionsmechanismus wurde mathematisch definiert und in Laborversuchen überprüft. Die dabei gewonnenen prinzipiellen Erkenntnisse stehen mit den praktischen Beobachtungen in Einklang. Interessant scheint mir, daß auch bei diesem Erzvorkommen das unvererzte Nebengestein im Durchschnitt Zn-Gehalte unter 10 ppm aufweist. In der Nachbarschaft von Gangvererzungen steigen dann diese bei einem Abstand von etwa 2,5 m auf 50 und mehr ppm Zn gegen den Gang zu an. Die Zn-Anomalien großer Erzkörper reichen bis zu 250 m in das umgebende Gestein hinein. Da vor allem Zink leicht mobilisiert werden kann, ist das Auftreten von Zn-Anomalien an Störungen nicht weiter verwunderlich, ja selbstverständlich. Deutlich ausgeprägte, meist an Störungen gebundene Zn-Spurenhöfe konnten nicht nur im gesamten Untersuchungsbereich festgestellt, sondern auch W Bleiberg, im Bereich Tschekelnock—Mitterberg flächenmäßig erfaßt werden. Eine entsprechende Arbeit ist in Vorbereitung.

Auf der anderen Seite sind die primären Anlagerungsgefüge in den vererzten Bereichen tatsächlich sehr eindrucksvoll und beweiskräftig. Da aber gerade dieser Erzabsatz in einem sehr unruhigen flachen Sedimentationsraum erfolgt sein soll, müßte die gesamte erzführende Schichtfolge hohe Zinkgehalte aufweisen. Dies ist eindeutig nicht der Fall. Dazu kommt noch das Auftreten zweier großer riffartiger Erzkomplexe im W der Bleiberger Lagerstätte, die auf Grund ihrer Ausdehnung — KOSTELKA 1972 gibt eine vererzte Querschnittfläche von 2500 m² bzw. 6000 m² an — meines

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Erachtens nicht so ohne weiteres synsedimentär gedeutet werden können. Dies würde um so mehr gelten, wenn es sich dabei tatsächlich um ehemalige Riffkörper handeln sollte (KOSTELKA 1971). Die Vererzung kann dann erst nach dem Aufbau des Riffes stattgefunden haben, wobei die dafür verantwortlichen Lösungen allerdings aus dem Meerwasser nicht direkt hergeleitet werden können. Die Riffnatur dieser Körper konnte jedoch bisher weder paläontologisch noch gefügekundlich belegt werden.

Eine durchaus ähnliche Problematik ergibt sich bei den „Mississippi-Valley-type"-Erzvorkommen Nordamerikas (BROWN 1970). GERDEMANN & MYERS 1972 haben kürzlich aus dem Südosten Missouris eine Vererzung in der kambrischen Bonneterre-Formation beschrieben. Ein auf einem präkambrischen Untergrund aufsitzender Riffkörper wird einerseits von Lagunenfazies und auf der anderen Seite von Sedimenten des offenen Meeres umgeben und ist zu einem Großteil vererzt. Die Schwermetalle werden aus den unterlagernden Gesteinsserien bzw. aus der „Offshore"-Fazies der Bonneterre-Formation durch Lösungswanderungen im Sediment bezogen, wobei der zur Sulfidbildung notwendige Schwefel aus dem Meerwasser größtenteils auf biogenem Wege hergeleitet wird. Die Vererzung ist hier ein syn- bis postdiagenetischer Vorgang und wird von vulkanisch-hydrothermaler Einwirkung nicht mittelbar beeinflußt.

Gleicher Ansicht ist auch DOZY 1970, wobei er auch auf den Zusammenhang von Erzen und Erdöl- und Erdgasvorkommen hinweist, die, räumlich getrennt, in den gleichen Gesteinsformationen mehr oder weniger nebeneinander auftreten. Im Prinzip wäre ja die Bildung von Öl- und Gaskörpern sehr ähnlich dem für die Entstehung der Pb-Zn-Vorkommen angenommenen Gedankenmodell. Ein Zusammenhang von Erzlösungen und Erdöl- und Gasvorkommen ist von verschiedenen amerikanischen Autoren bereits früher angenommen bzw. vermutet worden (zum Beispiel WHITE 1968, EVANS, CAMPELL & KROUSE 1968).

Auf die kalkalpinen Pb-Zn-Vorkommen übertragen wäre in Übereinstimmung mit den durch die vorliegenden Untersuchungen ermittelten Zn-Spurengehalten der Gesteine eine gleichartige Entstehung denkbar:

Durch Überlagerungsdruck und vielleicht auch erhöhten geothermischen Gradienten aufgewärmte Porenwässer — „connate water" amerikanischer Autoren — bringen Metalle aus dem tieferen triadischen Schichtpaket in Lösung und transportieren diese aszendent in die obersten Partien des Schichtstapels. Dabei müssen diese durchaus nicht nur aus den unterlagernden anisischen und ladinischen Kalken stammen. Gerade bei ähnlich gearteten ausländischen Vorkommen sind es überwiegend unterlagernde klastische Serien, die als Stofflieferanten für Pb-Zn-Erze nachgewiesen werden konnten.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Im konkreten Fall würden also auch Perm und Werfener Schichten in Betracht kommen, was insbesondere mit Ergebnissen von Blei-Isotopen-Messungen kalkalpiner Pb-Zn-Vorkommen übereinstimmen würde (SCHROLL 1965). Als Lösungsträger fungiert eine Na-Ca-Cl-Sole, wie dies WHITE 1968 aus ähnlichen rezenten und auch älteren Bildungen beschreibt; wobei die Metalle hauptsächlich als Chlorid-Komplexe vorliegen (HELGESON 1964, SKINNER & al. 1967). Der für die Sulfidbildung notwendige Schwefel stammt aus dem Meerwasser. Einen gewissen Anteil bakterieller Sulfidproduktion können auch SCHROLL & WEDEPOHL 1972 für die Sulfidmineralisation von Bleiberg-Kreuth wahrscheinlichmachen. Das Angebot an sulfatreduzierenden Mikroorganismen war sicher zur Zeit der Sedimentation der karnischen Schiefer relativ groß. Der eigentliche Vererzungsakt könnte demnach an der Wende Ladin—Karn, aber auch postladinisch ablaufen. Das erklärt, daß jüngere Sedimente nicht mehr oder nur kaum und dann störungsgebundene Vererzungen aufweisen. Die lange Zeit angeführte Stauwirkung der schwer durchlässigen Carditaschiefer hätte damit eine andere Erklärung gefunden. Nachfolgende Umkristallisationen, vor allem im Rahmen der alpidischen Gebirgsbildung, und spätere Oxydationsmineralisation haben die primären Vererzungsbilder teilweise zerstört und umgeformt.

Die aus den Pb-Zn-Vorkommen beschriebenen synsedimentär gedeuteten Gefügebilder widersprechen meiner Meinung nach den dargelegten Annahmen nicht, da der Lösungsabsatz in bestehende Hohlräume, poröse Partien und Spalten durchaus geopetal erfolgen konnte. Das Vorhandensein von Hohlräumen verschiedenster Art in Lagunensedimenten wird, übertragen auf rezente Beispiele, kaum angezweifelt werden; schon gar nicht, wenn sporadisches Trockenfallen einkalkuliert wird. Gleiches gilt für Riffkomplexe ebenfalls, hier sogar in verstärktem Maße. So haben Meeresspiegelschwankungen und damit verbundene Verkarstungserscheinungen in einzelnen Riffen der Karibischen See enorme Hohlräume geschaffen, die heute wieder unter Wasser liegen.

Die Mobilisierung von für einen Abbau notwendigen Erzmengen durch Porenlösungen aus tieferen Schichten scheint zunächst wenig vorstellbar. Aber bei einem angenommenen durchschnittlichen Gehalt von 20 ppm Zn beinhaltet der im Raum Heiligengeist—Bleiberg—Rubland—Windische Höhe unter dem obersten Wettersteinkalk liegende Schichtstapel etwa 4 bis 5 Millionen Tonnen Zink. Die Mobilisierung von nur 10 ppm pro Tonne Gestein würde eine Lagerstätte von 2 bis 2,5 Millionen Tonnen Zn (!) ergeben, wobei der Erzabsatz nur in bestimmten begünstigten Bereichen des Sediments zum größten Teil durch Sammelkristallisation, aber auch durch geopetale Anlagerung in bestehenden Hohlräumen und Bodenspalten erfolgt, ohne den Spurenpegel des umgebenden Gesteins zu erhöhen. Gerade in

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

diesem müßte der Lösungsumsatz zu einer Verarmung an Metall führen. Der Metallträger, eventuell eine Na-Ca-Cl-Sole, bedingt im flachen lagunären Bereich eine Übersalzung des Meerwassers — die für die Bleiberger Sonderfazies angenommene Hypersalinität des Meerwassers (EPPENSTEINER 1970) wäre damit gegeben — und würde auch zur Bildung von Gips und später Anhydrit (DEGENS 1968) beitragen. In gleicher Weise muß man mit der Mobilisierung von Alkali- und Erdalkali-Ionen, insbesondere von Ca und Mg, rechnen. Nun ist es aber in Bleiberg doch auffallend, daß in der unmittelbaren Umgebung vieler Erzkörper, vor allem der als synsedimentär gedeuteten Vorkommen, eine mehr oder minder starke Dolomitisierung des Nebengesteins zu beobachten ist, wobei diese überwiegend nicht schichtkonkordant ausgebildet ist. Es ist nicht einzusehen, daß eine dem Vererzungsakt nachfolgende Dolomitisierung ausgerechnet die Umgebung der Erzkörper betrifft und das übrige Gestein nicht. Bei den eindeutig spät-epigenetischen Gangvererzungen des Drauzuges ist eine Dolomitisierung des Nebengesteins nicht festzustellen.

KOSTELKA 1962 weist darauf hin, daß die im hangenden Wettersteinkalk gesetzmäßig auftretenden „edlen Flächen" nicht nur oft Vererzungsträger sind, sondern sich in ihnen bei der geochemischen Beprobung auch häufig bedeutende Zn-Gehalte feststellen lassen. Andererseits ergaben alle beprobten Schichtflächen (außer dem Dreierlager) wechselweise auch niedrige Zn-Werte. Da man gerade in den meist an Tonsubstanz reicheren „Lagerflächen" gegenüber dem normalen Karbonatsediment erhöhte Bakterienaktivität annehmen kann, wäre das Auftreten von Erzkörpern in diesen Schichten gut erklärbar. Die anzunehmende höhere Permeabilität dieser Bänke wird gleichermaßen auch den postdiagenetischen Lösungsumsatz begünstigen. In beiden Fällen ist daher ein Ansteigen des Zn-Gehaltes in den „edlen Flächen" der Bleiberger Sonderfazies zu erwarten.

Der Vererzungsakt würde somit nicht syngenetisch, sondern eher syn- bis postdiagenetisch ablaufen und bedarf damit auch weder der Annahme vulkanisch beeinflußter Lösungen noch fluviatil herantransportierter Erzpartikelchen. Letzteres wäre transportmechanisch sogar schwer erklärbar.

Das hier vorgelegte Gedankenmodell zur Deutung der kalkalpinen Pb-Zn-Vorkommen ist unter Berücksichtigung der eigenen Untersuchung über die Zinkspurengehalte der triadischen Gesteine des Drauzuges und der Karawanken und in Anlehnung an Arbeiten von BROWN 1965, ROEDDER 1967 und WHITE 1968 und anderen über nordamerikanische Pb-Zn-Vorkommen und rezente metallhaltige Solelösungen im Roten Meer und an der Küste Kaliforniens erstellt. Wesentlich erscheint mir dabei die Wirkung aszendent-disperser Lösungen, die noch vor Erreichen des Meeresbodens im zum

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Teil noch mehr oder weniger unverfestigten bis bereits diagenetisch in Umkristallisation befindlichen Sediment, zum Teil unter Mitwirkung von sulfatreduzierenden Bakterien, den Erzabsatz vollziehen.

Jedenfalls soll das hier dargelegte genetische Konzept zur Entstehung der kalkalpinen Pb-Zn-Vorkommen derzeit nur als Arbeitshypothese verstanden werden, die zu beweisen resp. zu widerlegen es noch vieler Untersuchungen bedürfen wird. Ein Schlüssel dazu werden zweifellos Isotopenuntersuchungen und die Untersuchung von Flüssigkeitseinschlüssen in den Erzen selbst sein. Gefügekundliche Untersuchungen sollten diese Arbeiten ergänzen, sind aber sicher nicht allein bestimmend. Die Verfasserin ist der Meinung, daß diese Hypothese durchaus brauchbar ist und der dargelegte erzbildende Mechanismus für bestimmte Lagerstättengruppen von Bedeutung sein dürfte.

LITERATUR

ADELHARDT, W. (1968): Untersuchungen an schichtgebundenen Blei-Zinklagerstätten bei Santander (Norn-Spanien). Beziehung zwischen Vererzung und Riffgesteinen, Erzgefüge und Geochemie. — München, Diss., 49 S., 8 Tafeln.

BEMMELEN, R. W. van (1957): Beitrag zur Geologie der westlichen Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich), I. — Jb. Geol. Bundesanst. Wien, *100*:179—212.

— (1961) Beitrag zur Geologie der Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich), II. — Jb. Geol. Bundesanst. Wien, *104*:213—237.

— & MEULENKAMP, J. E. (1965): Beiträge zur Geologie des Drauzuges (Kärnten, Österreich), III. Die Lienzer Dolomiten und ihre geodynamische Bedeutung für die Ostalpen. — Jb. Geol. Bundesanst. Wien, *108*:213—168.

BROWN, J. S. (1965): Oceanic lead isotopes and ore genesis. — Econ. Geol., *60*:47—68.

— (1970): Mississippi Valley Type Lead-Zinc Ores. — Mineral. Deposita, *5*: 103—119.

BRUTY, D., CHESTER, R., ROYLE, L. G., & ELDERFIELD, H. (1972): Distribution of Zinc in North Atlantic Deep-sea-sediments. — Nature Physical Science, *237/75*:86—87.

DEGENS, E. T. (1968): Geochemie der Sedimente. — 282 S., Stuttgart.

DOZY, J. J. (1970): A geological model for the genesis of the lead-zinc ores of the Mississippi Valley, USA. — Applied Earth Science, *79*:B 163—170.

EPPENSTEINER, W. (1970): Studien über Sedimentation und Diagenese des oberen Wettersteinkalkes in Bleiberg-Kreuth (Kärnten). — Diss. Univ. Wien, *49*., 89 S., Verl. Notring, Wien.

EVANS, T. L., CAMPELL, F. A., & KROUSE, H. R. (1968): A Reconnaissance Study of Some Western Canadian Lead-Zinc Deposits. — Econ. Geol., *63*:349—359.

GERDEMANN, P. E., & MYERS, H. E. (1972): Relationships of carbonate facies patterns to ore distribution and to ore genesis in the Southeast Missouri Lead District. — Econ. Geol., *67*:426—433.

HEGEMANN, F. (1948): Über sedimentäre Lagerstätten mit submariner, vulkanischer Stoffzufuhr. — Fortschr. Mineral., *27*:54—55.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

HELGESON, H. C. (1964): Complexing and hydrothermal ore deposition. — 128 S., New York.

HOLLER, H. (1960): Zur Stratigraphie des Ladin im östlichen Drauzug und in den Nordkarawanken. — Carinthia II, *150/70, 2:*63—75.

KOMPOSCH, D. (1966): Geologie und geochemische Spurenmetallverteilung von Zink in den östlichen Gailtaler Alpen. — Diss. Univ. Wien, 79 S., 41 Tab.

KOSTELKA, L. (1962): Geochemische Untersuchungen im alpinen Buntmetallbergbau. — Carinthia II, *152/72:*97—105.

— (1971): Beiträge zur Geologie der Bleiberger Vererzung und ihrer Umgebung. — Carinthia II, Sonderheft *28:*283—289.

— (1972): Die Blei-Zinklagerstätte Bleiberg-Kreuth in Zeit und Raum. — In: Veröffentl. des Nathist. Mus. Wien, N. F. *6:*8—14.

— & SIEGL, W. (1966): Der triadische Geosynklinalvulkanismus und die Blei-Zink-Vererzung in den Drau-Kalkalpen. — Atti del Symp. Int. sui giacimenti minerari delle Alpi, 127—134, Trento.

LAVERY, N. G., & BARNES, H. L. (1971): Zinc Dispersion in the Wisconsin Zinc-Lead District. — Econ. Geol., *66:*226—242.

MACK, E. (1958): Geochemische Untersuchungen am Nebengestein und an den Begleitwässern ostalpiner Blei-Zink-Lagerstätten. — Berg- u. Hüttenm. Mh., *103:*51—58.

PREY, S., & KAHLER, F. (1958): Beiträge zu einem Karawankenprofil. — Mitt. Geol. Ges. Wien, *50:*271—292.

RANKAMA, K., & SAHAMA, Th. G. (1950): Geochemistry. — 912 S., Chicago.

ROEDDER, E. (1967): Environment of deposition of stratiform (Mississippi Valley-Type) ore deposits from studies of fluid inclusions. — Econ. Geol. Mon., *3:*349—361.

SCHERIAU-NIEDERMAYR, E. (1967): Geologie und geochemische Verteilung von Blei und Zink in den östlichen Gailtaler Alpen (Graslitzen—Kobesnock), Kärnten, Österreich. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, *17:*51—72.

— (1972): Geologisch-geochemische Untersuchungen über die Verteilung von Zink und Blei in den mesozoischen Gesteinen des Drauzuges und der Karawanken (Kärnten, Österreich). — Bericht an die Bleiberger Bergwerks Union, 29 S., 1 Tafel.

SCHNEIDER, H. J. (1953): Neue Ergebnisse zur Stoffkonzentration und Stoffwanderung in Blei-Zink-Lagerstätten der nördlichen Kalkalpen. — Fortschr. Mineral., *32:*26—30.

SCHROLL, E. (1965): Anomalous composition of lead isotopes in the lead-zinc deposits of Calcareous Alps sediments. — Rudarsko Metalurski Zbornik, *2:*139—154.

— & WEDEPOHL, K. H. (1972): Schwefelisotopenuntersuchungen an einigen Sulfid- und Sulfatmineralien der Blei-Zink-Erzlagerstätte Bleiberg/Kreuth, Kärnten. — Tschermaks Min. Petr. Mitt., *17:*286—290.

SCHULZ, O. (1968): Die synsedimentäre Mineralparagenese im oberen Wettersteinkalk der Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth (Kärnten). — Tschermaks Min. Petr. Mitt., *12:*230—289.

SEELMEIER, H. (1942): Der geologische Bau zwischen dem Gr. Mittagskogel und dem Gr. Suchagraben in den Karawanken. — Mitt. Geol. Ges. Wien., *33:*1—10.

SKINNER, B. J., WHITE, D. E., ROSE, H. J., & MAYS, R. E. (1967): Sulfides associated with the Salton Sea geothermal brine. — Econ. Geol., *62:*316—330.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

STRUCL, I. (1971): On the geology of the eastern part of the Northern Karawankes with special regard to the triassic lead-zinc-deposits. — In: Sedimentology of parts of Central Europe. Guide book. VIII. Int. Sediment. Kongreß 1971, 285—301.

TAUPITZ, K. Ch. (1953): Die verschiedene Deutbarkeit von „metasomatischen" Gefügen und „telethermalen" Blei-Zink-Lagerstätten. — Fortschr. Mineral., *32*:30—32.

TELLER, F. (1914): Geologie des Karawankentunnels. — Denkschr. Akad. Wiss., Wien, math.-nat. Kl., *82*:145—250, Wien.

TUREKIAN, K. K. (1965): In: Treatise on Chemical Oceanography (hrsg. v. J. P. RILEY & G. SKIRROW), *2*:81, London.

— & WEDEPOHL, K. H. (1961): Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. — Bull. Geol. Soc. Am., *72*:175—192.

WEDEPOHL, K. H. (1953): Untersuchungen zur Geochemie des Zinks. — Geoch. Cosm. Acta, *3*:93—142.

— (1971): Zinc and lead in common sedimentary rocks. — Econ. Geol., *66*:240—242.

WHITE, D. E. (1968): Environments of generation of some base-metal ore deposits. — Econ. Geol., *63*:301—335.

Anschrift der Verfasserin: Dr. E. NIEDERMAYR, Thimiggasse 15, A-1180 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: 163_83

Autor(en)/Author(s): Scheriau-Niedermayr Elisabeth

Artikel/Article: Geochemische Untersuchungen über die Verteilung von Zink und Blei in den mesozoischen Gesteinen des Drauzuges und den Karawanken (Kärnten, Österreich) Mit 4 Tabellen und 4 Abbildungen 147-168