

Neuergebnisse aus dem Paläozoikum der Ost- und Südalpen			Redaktion: Hans Peter Schönlaub & Albert Daurer		
Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7800	Band 135	Heft 1	S. 225-232	Wien, März 1992

## Ein verzerrter unterkarboner Paläokarst in den Zentralen Karnischen Alpen (Italien/Österreich)

Von BERND HENTSCHEL & MARTIN KERN\*)

Mit 9 Abbildungen und 1 Tabelle

*Österreich*  
*Italien*  
*Karnische Alpen*  
*Devon*  
*Karbon*  
*Paläokarst*  
*Transgression*  
*Internsedimente*  
*Kollapsbreccien*  
*Schichtgebundene Vererzung*  
*Zinkblende*  
*Baryt*  
*Geochemie*  
*Erzmikroskopie*

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blatt 197

### Inhalt

Zusammenfassung .....	225
Abstract .....	226
1. Einleitung und Problemstellung .....	226
2. Geologischer Rahmen .....	226
3. Vererzung .....	228
3.1. Bindung der Vererzung an das Paläorelief .....	228
3.2. Mineralparagenese .....	229
4. Geochemie .....	230
5. Schlußbemerkungen .....	231
Dank .....	231
Literatur .....	231

### Zusammenfassung

In den mittleren Karnischen Alpen wurden sulfidische Vererzungen im Bereich des Cellon-Sattels (Plöckenpaß) mineralogisch und geochemisch untersucht. Außerdem wurde das Gebiet in einer Detailkartierung im Maßstab 1 : 10.000 aufgenommen.

Den Hauptteil des Untersuchungsgebietes nehmen devonische Kalke ein, die einer synsedimentären Bruchtektonik unterliegen. Im Unterkarbon wurde dieser Karbonatkomplex zum Teil erodiert und einer Verkarstung unterworfen. Es entstand ein ausgedehntes Paläorelief mit Spalten und Hohlräumen. Diese wurden von klastischen Sedimenten (Breccien, tonigen Sedimenten) aufgefüllt. Hieran sind die Vererzungen (hauptsächlich Baryt, Zinkblende und Antimon-Fahlerz) gebunden. Überlagert wird dieser Komplex von transgressiven, erzfreien Klastika des Oberkarbons. In den oberen Bereichen dieser Serie treten saure und intermediäre Vulkanite auf.

Die Vererzungen zeigen einen schichtgebundenen Charakter und sind vermutlich sedimentär gebildet.

### A Mineralized Lower Carboniferous Paleokarst in the Central Carnic Alps (Italy/Austria)

#### Abstract

In the Carnic Alps sulphide mineralizations in the area of the Cellon anticline (Plöckenpaß) were investigated mineralogically and geochemically. The working area was mapped in a scale of 1 : 10.000.

\*) Anschrift der Verfasser: Dipl.-Geol. BERND HENTSCHEL, Institut für Angewandte Geologie der Freien Universität Berlin, Wicherstraße 16, D-1000 Berlin; Dipl.-Wirt.Geol. MARTIN KERN, Leica Vertrieb GmbH, Kurfürstendamm 170, D-1000 Berlin 15.

Devonian limestones are outcropping in the major part of the area. Erosion and karstification took place in the Lower Carboniferous, leading to a paleorelief with fissures and cavities, infilled with clastic sediments (breccias, argillaceous sediments). The mineralizations (mostly baryte, sphalerite and Sb-fahlore) are linked to these clastic infilling sediments. Barren clastics of the Upper Carboniferous overlay transgressively the mineralized limestone complex. Acid to intermediate volcanics are intercalated in the upper portion of these clastics.

The mineralization shows a stratabound character with probably supergene, sedimentary origin.

### 1. Einleitung und Problemstellung

Die Karnischen Alpen bilden auf einer Länge von rund 100 km den Grenzkamm zwischen Italien und Österreich (Abb. 1). Geologisch nehmen sie im Rahmen des Alpenkörpers auf Grund ihrer fossilbelegten, überwiegend nichtmetamorphen Schichtfolge vom Oberen Ordovizium bis in die Trias eine Sonderstellung ein.

Sulfidische Vererzungen sind in den Karnischen Alpen schon seit dem Mittelalter bekannt, was ein Dokument aus dem Jahre 778 über den Abbau von Kupfer am Monte Avanza beweist (SPALLETTA et al., 1981). Eine neue Bearbeitungsperiode wurde durch BRIGO & COLBERTALDO (1972) eingeleitet, die eine Vererzung mit Zn-, Cu-, Sb- und Hg-Sulfiden sowie Baryt und Fluorit beschreiben. Die Mineralparagenese ist dabei regional sehr unterschiedlich. Die Wertminerale sind an einen Paläokarst in Devonkalken gebunden.

Die hier vorliegenden Untersuchungen in den mittleren Karnischen Alpen (HEGER, 1986; KERN, 1985) wurden unter folgender Problemstellung begonnen:

- 1) Aufklärung der stratigraphischen Einbindung der Vererzung durch eine Detailkartierung im Maßstab 1 : 10.000.
- 2) Geochemische Charakteristik von Vererzung und Nebengesteinen.
- 3) Genesebetrachtungen.

Hierzu wurde als Arbeitsgebiet ein gut aufgeschlossener, vererzter Abschnitt des devonischen Karbonatkomplexes ausgewählt, der Bereich des Cellon-Sattels östlich des Plöckenpasses in den mittleren Karnischen Alpen (Abb. 1 und 3). Die Untersuchungen wurden im Rahmen des EG-Projektes MSM-008-D(B) „Litho-geochemical proximity indicators for stratabound base metal deposits“ durchgeführt (MÖLLER et al., 1986).

### 2. Geologischer Rahmen

Schon seit dem 19. Jahrhundert zieht der Fossilreichtum der Karnischen Alpen das Interesse der Geologen auf sich. Aus der Fülle der Publikationen seien hier nur FRECH (1884), GAERTNER (1931), HERITSCH (1936), SELLI (1963) und SCHÖNLAUB (1979) genannt. Die stratigraphischen Arbeiten von CANTELLI et al. (1965 und 1968), PÖLSER (1967) und BANDEL (1972) bilden zusammen mit unseren Kartierbefunden die Grundlage für den folgenden Abriss der Entwicklungsgeschichte des Arbeitsgebietes (Abb. 2).

Älteste aufgeschlossene Schichtglieder sind geringmächtige Kalke und Klastika des Oberen Ordoviziums. Es folgen Schwarze Plattenkalke, die bis ins untere Unterdevon reichen. Ab oberem Unterdevon nehmen Riff-

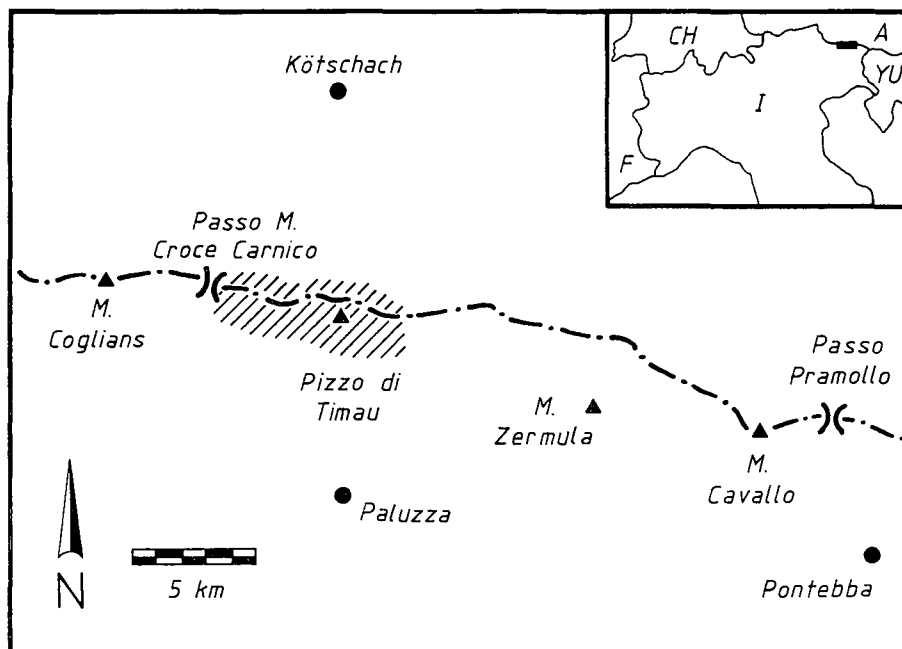


Abb. 1. Lage des Arbeitsgebietes in den mittleren Karnischen Alpen (schraffiert).

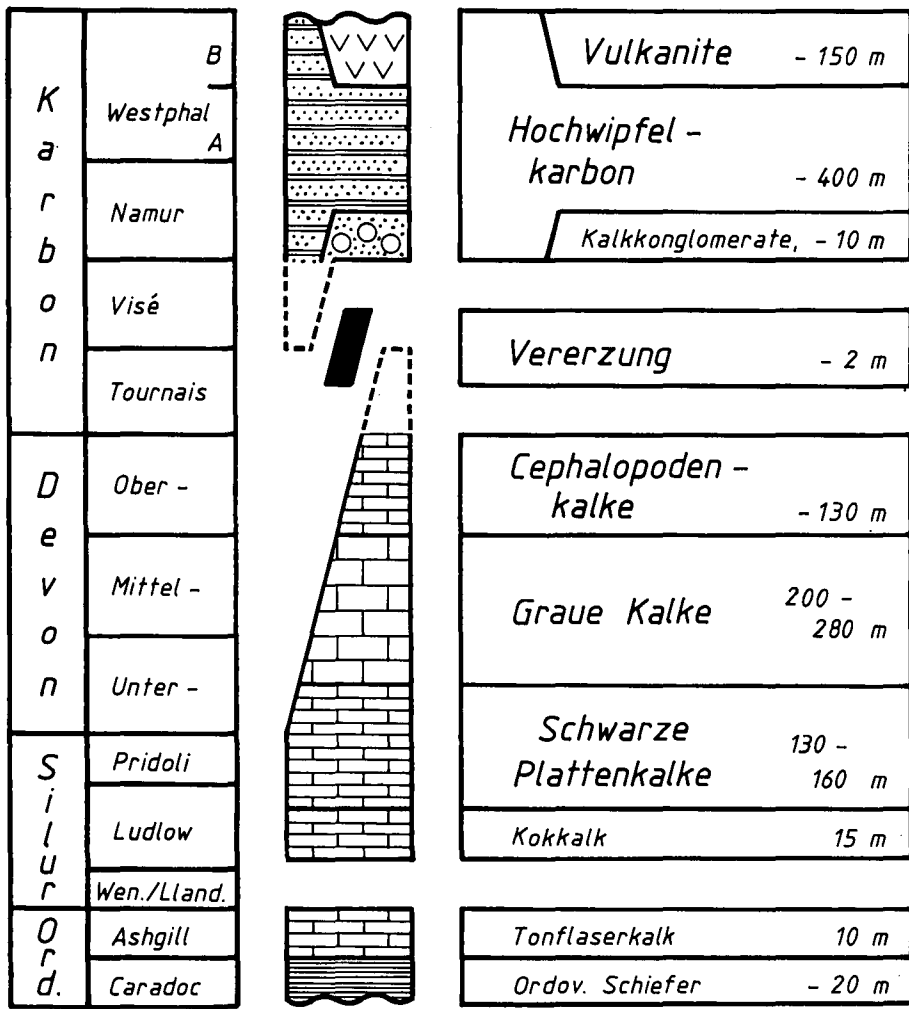


Abb. 2. Stratigraphie im Bereich des Cellon-Sattels östlich vom Plöckenpaß.

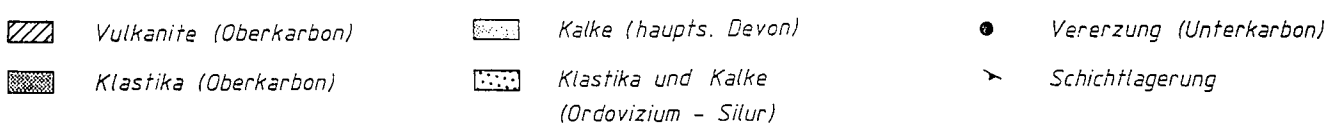
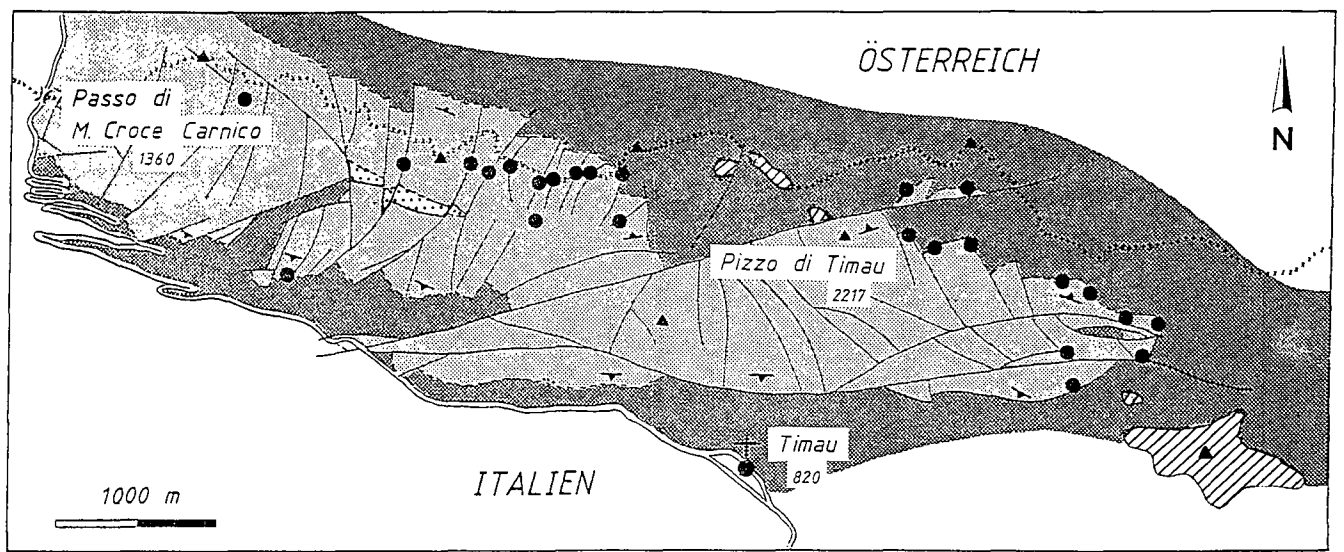


Abb. 3. Geologische Übersichtskarte des Arbeitsgebietes im Cellon-Sattel östlich des Plöckenpasses. \*\*\*\*\* = Staatsgrenze Österreich/Italien.

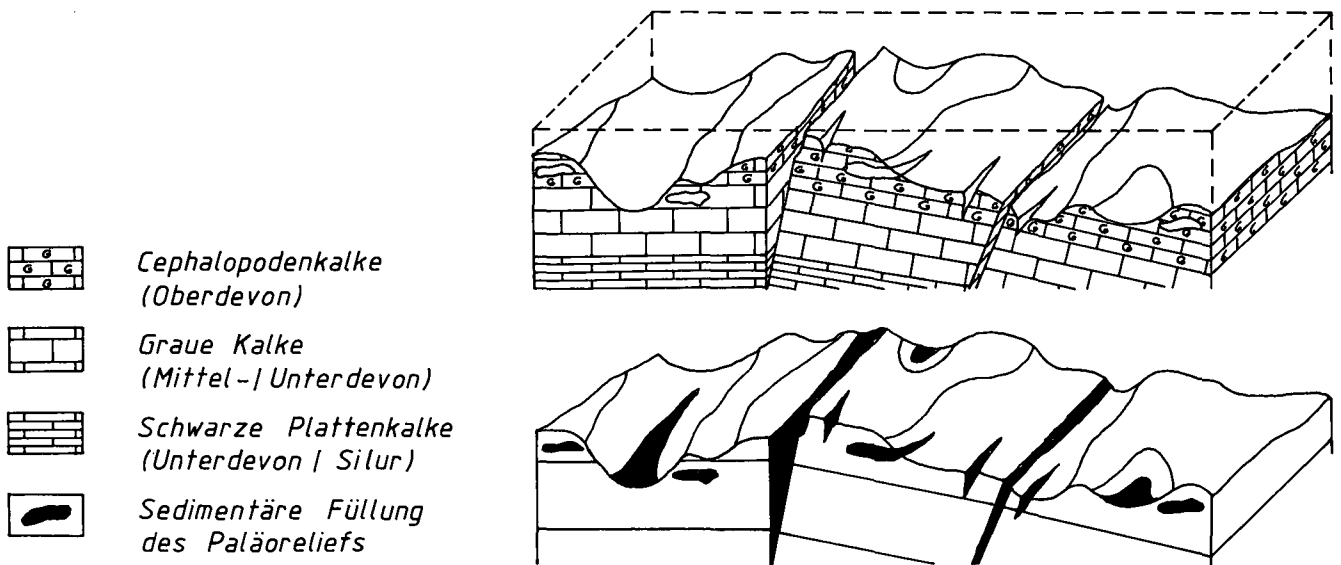


Abb. 4.  
Schematisches Blockbild der Karbonatplattform und deren Verkarstungserscheinungen.

und Riffschuttgesteine im Bereich des Cellon-Sattels einen breiten Raum ein. Die starken Mächtigkeitschwankungen der Riff-Fazies in den Karnischen Alpen (100–1000 m) wurden von BRIGO & COLBERTALDO (1972) durch synsedimentäre Bruchtektonik im Mitteldevon erklärt. Im Oberdevon schließen Cephalopodenkalke des offenen Schelfs den Karbonatkomplex ab.

Wie bereits von SELLI (1963) beschrieben, erfolgte im Unterkarbon eine Emersion, die zur Abtragung von bis zu 100 Schichtmetern und somit zur Herausbildung eines Paläoreliefs führte. Der Karbonatkomplex verkarstete, was im Arbeitsgebiet durch zahlreiche Paläohohlräume mit Kollapsbreccien im Sinne von FÜCHTBAUER & RICHTER (1981) und Internsedimenten belegt ist. Im Devon angelegte Bruchlinien wurden zu Karstspalten erweitert und ebenfalls mit Breccien und Internsedimenten aufgefüllt (Abb. 4). Die Vererzungen sind an diese sedimentären Füllungen gebunden. Dabei handelt es sich im Bereich des Cellon-Sattels vorwiegend um Zinkblende, Antimon-Fahlerz, Baryt und etwas Kupferkies.

Die verkarsteten und vererzten Devonkalke werden von Klastika des Hochwipfelkarbons überlagert. Lokal treten Diskordanzen auf Grund der Verkippung einzelner Karbonatplattformen (Abb. 4) sowie Transgressionskonglomerate mit mittel- und oberdevonischen Kalkkomponenten auf. FRANCAVILLA (1966) datierte das Hochwipfelkarbon auf Namur B bis Westfal B. Im oberen Teil dieses Schichtglieds schalten sich saure und intermediäre Vulkanite ([Quarz-]Keratophyre) ein.

An der Wende Westfal/Stefan fand in den Karnischen Alpen die Hauptfaltung der variszischen Orogenese statt. Das Arbeitsgebiet wurde zu einer E–W ausgerichteten Antiklinale geformt. Devonische Bruchlinien erfuhren dabei eine Reaktivierung. Eine zweite, vor allem bruchtektonische Beanspruchung mit E–W- bzw. ENE–WSW-Verschiebungen ereignete sich deutlich nach der Faltung (Abb. 3). Einen Zusammenhang mit dextralen Bewegungen an der 8 km weiter nördlich verlaufenden Periadriatischen Naht ist anzunehmen.

### 3. Vererzung

#### 3.1. Bindung der Vererzung an das Paläorelieft

Die Vererzungen treten in verschiedenen alten Devonkalken, aber immer in der Nähe der Emersionsfläche auf. Sie sind an die sedimentären Füllungen des Paläoreliefs gebunden (Abb. 4). Auf Grund der verschiedenartigen Verkarstungserscheinungen und Zusammensetzungen dieser Sedimente lassen sich vier makroskopische Typen untergliedern (HEGER, 1986; KERN, 1985).

##### ● Typ 1

Am Basalkontakt der karbonen Klastika zu den Kalke des Ober- und Mitteldevons treten vererzte, ausschließlich verkieselte Breccien auf. Diese maximal 2 m mächtigen und nicht mehr als 10 m aushaltenden Körper sind linsenartig ausgebildet, könnten zum Teil aber auch als erodierte Hohlräume gedeutet werden. Internsedimente wurden in diesem Typ nicht nachgewiesen.

##### ● Typ 2

Die Vererzungen sind hier gebunden an sedimentäre Füllungen von Hohlräumen der ober- und mitteldevonischen Kalke. Die Sedimente sind sehr verschiedenartig ausgebildet. Die oberen Bereiche sind oft durch Kollapsbreccien mit hohem Verkieselungsgrad charakterisiert. Basale Teile einzelner Hohlräume zeigen hingegen gut geschichtete tonig-mergelige Internsedimente und wandständige, idiomorphe und zum Teil zonare Calcite (Abb. 5). Die Verkieselung nimmt mit zunehmender Tiefe ab und kann in den untersten Bereichen fehlen. Die Hohlraumkörper sind meist parallel zur Schichtung gestreckt und erreichen mit 15×5 m ihre größte Aufrißfläche.

##### ● Typ 3

Am häufigsten treten synsedimentäre Spalten und Störungen auf, die sogar bis in Gesteine des Unterdevons reichen. Dabei konnten 10 m breite und 100 m tiefgreifende, ehemals offene Spalten nachgewiesen werden. Die vererzten sedimentären Füllungen bestehen wiederum aus durchwegs verkie-

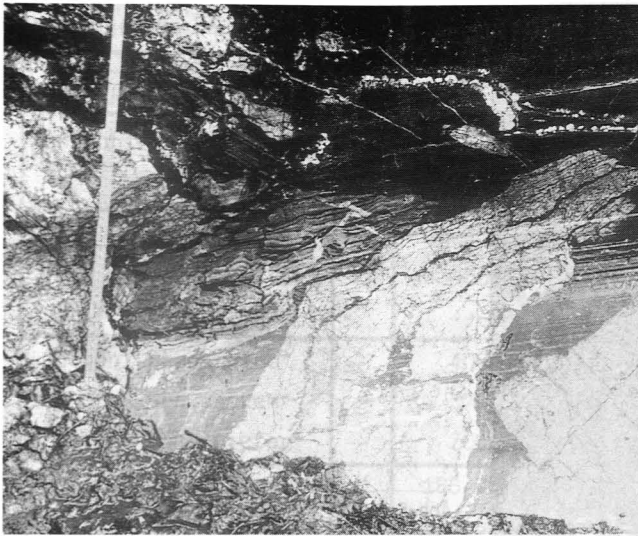


Abb. 5.  
Internbreckzie (Kalkkomponente) innerhalb einer Hohlraumfüllung (oberes Oberdevon).  
Steinbruch im N der Cr<sup>a</sup> Pramosio, am Weg zu den Malpasso-Hütten, auf 1590 m; Stablänge ca. 80 cm.

selten Breccien (Abb. 6). Mit zunehmender Tiefe nehmen die Anteile an ungestörten Sedimenten zu, der Verkieselungsgrad hingegen ab.

#### ● Typ 4

Hier handelt es sich um Mineralisationen, die an Styolithen und Adern aller Kalknengesteine gebunden sind. Sie treten aber immer in unmittelbarer Nähe zu den drei oben genannten Typen auf. Die millimeterbreiten und nicht mehr als einige Meter zu verfolgenden Mineralisationen führen vor allem Zinkblende, Baryt und Quarz.

### 3.2. Mineralparagenese

Nach HEGER (1986) und KERN (1985) setzt sich die Paragenese aus folgenden Komponenten zusammen: Zinkblende ist allgemein das häufigste Mineral (Abb. 7). Sie kommt als dunkelbraunes, xenomorphes Aggregat vor, dessen Größe im Durchschnitt 2–3 mm beträgt. Die Aggregate können sowohl regellos im Gestein verteilt als auch zu massiven Körpern verdichtet auftreten. Geochemisch konnte ein Eisengehalt von rund 2 %

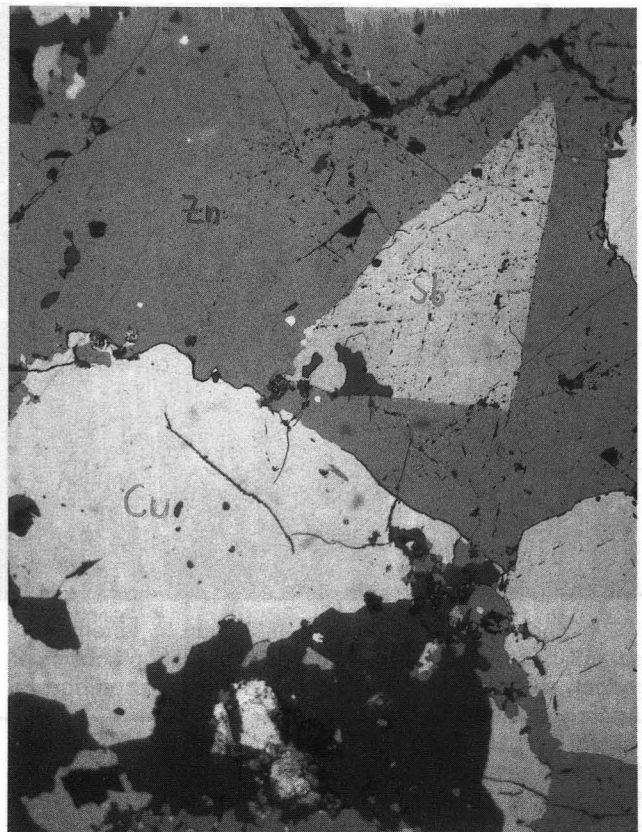


Abb. 7.  
Verwachsungen von Zinkblende (Zn), Fahlerz (Sb) und Kupferkies (Cu) in verkieselter Matrix.  
Vergrößerung 38x.

nachgewiesen werden. Auffallend ist der relativ hohe Cadmiumgehalt von durchschnittlich 0,3 %.

Baryt findet sich ebenfalls sehr häufig. Er kann sowohl als radialstrahliges Aggregat (Rosette) auftreten als auch massive Körper ausbilden. Diese Körper können Dezimeter- bis Metergröße erreichen und sind linsen- oder gangartig gestreckt.

Antimon-Fahlerz tritt meist feindispers auf, bildet aber auch derbe Massen. Gelegentlich sind idiomorphe Kristalle zu beobachten.

Kupferkies findet sich nur selten. Häufig sind Verwitterungserscheinungen in Form von Azurit und Malachit.



Abb. 6.  
Spaltenfüllung mit Baryt (weiß) und randlich zum mitteldevonischen Nebengestein Zinkblende (schwarz). Die Mineralisation setzt sich ins Nebengestein an Styolithen fort.  
Vergrößerung ca. 1,3x.

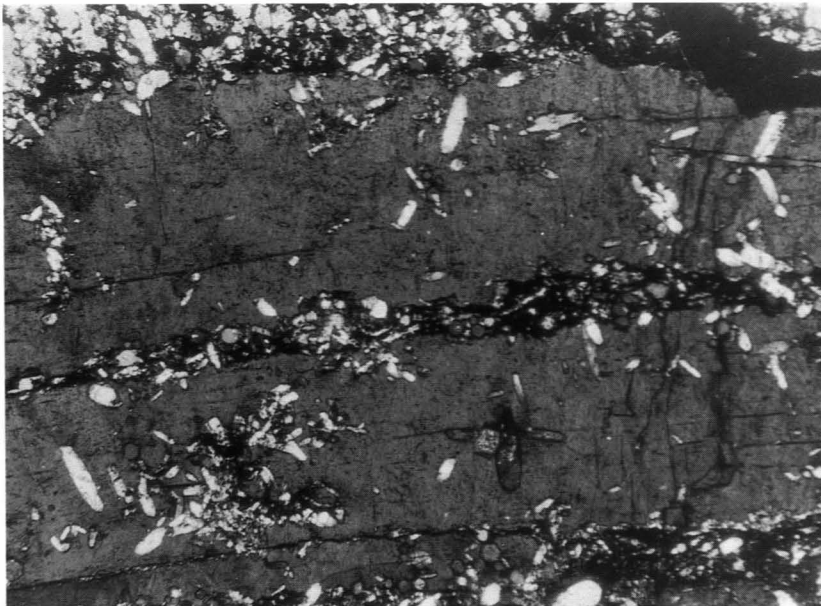


Abb. 8.  
Leistenförmiger Baryt (mittelgrau), durchsetzt von ideomorphen Quarzen (weiß).  
Vergrößerung 38x; +Nic.

Bleiglanz konnte makroskopisch nur in einem Aufschluß nachgewiesen werden. Erzmikroskopisch ist er jedoch stets vertreten, wobei er als kleine, xenomorphe Aggregate auftritt.

Pyrit und Markasit sind wie der Bleiglanz sehr selten. Beide zeigen eine charakteristische Kristallausbildung. Pyrit kommt außerdem häufig in Form von Framboiden vor, die lagig oder nestartig in den Karstfüllungen angereichert sein können. Oft ist zu beobachten, daß beide Minerale als Einschlüsse in den oben genannten Sulfiden vorkommen.

Skutterudit wurde makroskopisch nicht nachgewiesen, ist aber erzmikroskopisch in Form kleiner und idiomorpher Kristalle stets vertreten. Auch er findet sich häufig als Einschluß in den oben genannten Sulfiden.

Organische Substanz ist stets vorhanden und lokal recht häufig. Dabei zeigen sich zwei verschiedene Ausbildungsformen. Zum einen sind millimetergroße, kataklastische Aggregate zu beobachten. Zum anderen finden sich lagig-schichtige Anreicherungen von feinkörnigem bis schlierigem Material mit Tonmineralen, an die ein verstärktes Vorkommen von Sulfiden gebunden ist.

Quarz ist stets vertreten und bildet meist kleine, idiomorphe Kristalle aus. Es ist zu erkennen, daß Quarz al-

le anderen Minerale verdrängt (Abb. 8). Als Besonderheit kommen parallel orientierte und umgewandelte Chalcedon-Aggregate vor, die ausschließlich die Zinkblende umgeben und sie verdrängen.

Den oben genannten Vererzungstypen lassen sich generell keine spezifischen Paragenesen zuordnen. Auf Grund der mikroskopischen Untersuchungen konnten eindeutige Verdrängungserscheinungen festgestellt werden, die auf eine zeitliche Abfolge der Mineralisation schließen lassen (Abb. 9).

#### 4. Geochemie

Zur geochemischen Untersuchung wurden insgesamt 110 vererzte Gesteine, devonische Kalke und karbone Klastika herangezogen. Es wurden Profile gelegt, die von den Erzkörpern weg in die Nebengesteine reichen. Ziel hierbei war es, die chemischen Verteilungsmuster und mögliche An- oder Abreicherungen in den Nebengesteinen erkennen zu können.

Es wurden unter anderem mit Hilfe der Atomabsorptions-Spektrometrie (AAS) folgende Elemente bestimmt: Na, K, Mg, Ca, Sr, Cu, Ag, Zn, Sb, Pb, Fe, Co, Ni, Cr, V und Mn. Daneben wurden mit der Neutronenaktivierungsanalyse (NAA) Seltene Erdelemente und Barium sowie mit der Potentiometrie auch Fluor analysiert. Zur Interpretation der Elementgehalte wurden Vergleichsdaten von WEDEPOHL (1978) herangezogen (Tab. 1).

Bei der statistischen Auswertung der Kalke aller stratigraphischen Einheiten zeigten sich lediglich leicht erhöhte Zn- und Ba-Gehalte, die auf geringe Mineralisationen in Verbindung mit der Bildung des Typs 4 zurückzuführen sind. Dies bestätigt die geologische Beobachtung, daß die Vererzung in keiner Beziehung zu den faziellen Bedingungen während der Kalksedimentation stand, sondern zur späteren Paläogeographie des devonischen Kalkblocks als Folge der Verkarstung.

Die karbonen Klastika zeichnen sich durch ihre völlige Erzfreiheit aus. Entsprechend den gewonnenen geologischen Ergebnissen ergibt sich daraus, daß sie in keiner Weise zeitlich, räumlich oder genetisch mit der Vererzungsplatznahme in Verbindung zu bringen sind.

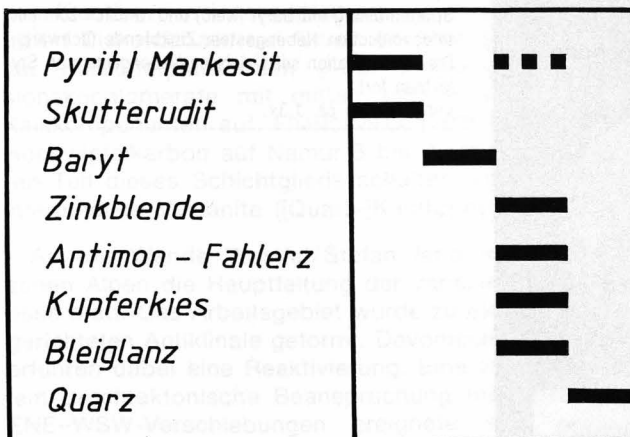


Abb. 9.  
Zeitliche Abfolge der Mineralisation.

Tabelle 1.  
Elementgehalte der einzelnen Faziesgruppen.

GESTEINE \ ELEMENTE	n	Ba	F	Zn	Pb	Cu	Sb
Wedepohl-Kalke*	--	>100	90-550	15-30	0.4-13	1-15	0.3
-Dolomite*	--	>100	180-390	23-55	0.4-13	7-10	---
<u>Kalke</u> -Spannweiten		30-2670	40-125	19-650	2-26	3-39	0-9
-arithm.Mittel	40	455	71	96	11	13	1.7
-Median		---	65	55	8	10	1
Wedepohl-Sandsteine*	--	406	180-450	25-50	5-25	5-35	1
-Grauwacken*	--	370	40-330	70-120	5-50	14-46	1
-Tonschiefer*	--	700	300-800	50-130	17-27	20-60	0.1-4
<u>Klastika</u> -Spannweiten		186-750	168-444	16-150	0-11	7-51	0-10
-arithm.Mittel	29	410	323	71	2.62	29	1.6
-Median		---	340	65	2	28	1
<u>Erz</u> -Spannweiten		541-23%	73-1538	15ppm-40%	8-150	1-70000	1-45000
-arithm.Mittel	41	43294	517	17430	54	4410	2093
-Median		---	472	300	17	100	36

\*arithm.Mittel

(Angaben in ppm)

Die Erzmineralisation weist entsprechend ihrer beschriebenen Mineralparagenese hohe Gehalte an Barium, Zink, Kupfer und Antimon auf. Sie zeigen jedoch keine gesetzmäßigen Unterschiede in Beziehung der einzelnen makroskopisch festgestellten Vererzungstypen.

BRIGO et al. (1986, 1988) liefern Untersuchungsergebnisse von Proben, die in verschiedenen über die ganzen Karnischen Alpen verteilten Untersuchungsgebieten entnommen wurden. Sie stellten in Flüssigkeitseinschlüssen in Fluorit- und Baryt-Kristallen Homogenisierungstemperaturen zwischen 50 und 104°C fest. Die Isotopenzusammensetzung des Schwefels im Baryt stimmt gut mit derjenigen überein, die für Meerwasser in der Zeitspanne von Mitteldevon bis ins Mittelkarbon anzunehmen ist. Die Ga-Ge-Verhältnisse von Zinkblenden, die nach MÖLLER (1985) Aussagen über die primäre Bildungstemperatur der erzführenden Lösungen in der Teufe erlauben, ergaben Modelltemperaturen von etwa 200°C. Bleiisotopen-Analysen lieferten devonische bis karbonische Bleialter. KÖPPEL & SCHRÖLL (1988) halten auf Grund der Isotopenzusammensetzung des Bleis eine Herkunft der Metalle aus dem Grundgebirge für wahrscheinlich.

## 5. Schlußbemerkung

Die geologische Kartierung des Arbeitsgebiets zeigt deutlich den schichtgebundenen Charakter der Vererzung. Sie sind an die obersten ca. 100 m eines verkarsteten devonischen Karbonatkomplexes gebunden, der unter transgressiven Klastika des Oberkarbons liegt. Die Form der Erzkörper, das direkte Nebengestein, die Kollapsbreccien und die Internsedimente weisen die Vererzung innerhalb eines Paläokarstes nach.

Kein Erzkörper wird von unvererzten Kalken überlagert. Die Vererzung ist somit jünger als das Ende der Kalksiedimentation an der Wende Devon/Karbon. Der vererzte Karbonatkomplex wird von oberkarbonen, völlig unvererzten Klastika überlagert. Daraus ergibt sich das unterkarbone Alter der Vererzung. Dies schließt einen kausalen Zusammenhang zwischen dem Vulkanismus im Westfal und der Erzgenese aus.

Unsere Untersuchungen weisen auf eine ausschließlich sedimentäre Entstehung der Vererzung hin. BRIGO et al. (1986, 1988) kommen dagegen zu dem Schluß, daß die schichtgebundenen Vererzungen im Paläozoikum der Karnischen Alpen durch mindestens zwei Prozesse entstanden seien. Zwar nehmen sie zum einen Verwitterungsprozesse als Ursache für die Anreicherung von Fluorit und Baryt an; zum anderen vermuten sie aber, daß aufsteigende Hydrothermen für die Buntmetallzufuhr verantwortlich sind. Letztere Aussage stützt sich auf die aus dem Ga-Ge-Verhältnis in den Zinkblenden abgeleiteten Modelltemperaturen der initialen Erzlösung. Der Vererzung altersmäßig entsprechende vulkanische Ablagerungen sind jedoch in den gesamten Karnischen Alpen nirgendwo nachgewiesen worden.

## Dank

Unser besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. H.-J. SCHNEIDER (FU Berlin), der die Arbeit anregte und betreute. Herrn Prof. Dr. L. BRIGO (Universität Ferrara) sind wir für die Geländebetreuung zu Dank verpflichtet.

## Literatur

BANDEL, K.: Palökologie und Paläogeographie im Devon und Unterkarbon der zentralen Karnischen Alpen. - Paläontographica, Abt. A, **141**, 1-117, Stuttgart 1972.

- BRIGO, L. & COLBERTALDO, D. DI: Un nuovo orizzonte metallifero nel Paleozoico delle Alpi Orientali. – Proceedings 2nd ISMI-DA, Ljubljana, 4.-7. 10. 1972, 109–124, Ljubljana 1972.
- BRIGO, L., DULSKI, P., MÖLLER, P., SCHNEIDER, H. J. & WOLTER, R.: Strata-bound Mineralizations in the Carnic Alps/Italy. – In: BOISSONNAS, J. & OMENETTO, P. (Hrsg.): Mineral Deposits within the European Community, 485–498, Berlin – Heidelberg (Springer) 1988.
- BRIGO, L., MÖLLER, P., SCHNEIDER, H. J. & WOLTER, R.: Mineralization of the Carnic Alps. – In: MÖLLER, P., BRIGO, L., GERMANN, K. & SCHNEIDER, H. J. (Hrsg.): Litho-geochemical proximity indicators for strata-bound base metal deposits, Unveröff. Endbericht zum EG-Projekt Nr. MSM-008-D (B), 36–74, Brüssel – Luxemburg 1986.
- CANTELLI, I., MANZONI, M. & VAI, G. B.: Ricerche geologiche preliminari sui terreni paleozoici attraversati della galeria del Passo di Monte Croce Carnico (Ploecten). Nota I: Dalla progressiva 0 alla progressiva 1000 del tratto italiano. – Boll. Soc. Geol. Ital., **84**, 27–36, Rom 1965.
- FRANCAVILLA, F.: Spore nel Flysch Hochwipfel. – Giorn. Geol. Bologna, Ser. 2, **33**, 493–526, Bologna 1966.
- FRECH, F.: Die Karnischen Alpen. – 514 S., Halle 1884.
- FÜCHTBAUER, H. & RICHTER, D. K.: Merkmale und Genese von Breccien im Mesozoikum von Hydra (Griechenland). – Z. dt. geol. Ges., **132**, 451–501, Hannover 1981.
- GAERTNER, H. R. v.: Geologie der Zentralkarnischen Alpen. – Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., **102**, 113–199, Wien 1931.
- HEGER, B.: Geologische Kartierung des Cellon-Sattels östlich des Passo di Monte Croce Carnico im Gebiet Pizzo di Timau-Crete del Mezzodi (Karnische Alpen/Italien). – 46 S., unveröff. Dipl.-Kart., Inst. f. Angew. Geol., Freie Univ. Berlin 1986.
- HERITSCH, F.: Die Karnischen Alpen. Monographie einer Gebirgsgruppe der Ostalpen mit alpinem und variszischem Bau. – 205 S., Graz 1936.
- KERN, M.: Geologische Kartierung des Cellon-Sattels östlich des Passo di Monte Croce Carnico im Gebiet des Pal Piccolo – Pal Grande. Vererzung und Geochemie der Gesteine an der Grenze Devon/Karbon im Gebiet des Pal Piccolo – Pal Grande und Pizzo di Timau (Karnische Alpen/Italien). – 91 S., unveröff. Dipl.-Arb., Inst. f. Angew. Geol., Freie Univ. Berlin 1985.
- KÖPPEL, V. & SCHROLL, E.: Pb-isotope evidence for the origin of lead in strata-bound Pb-Zn deposits in Triassic carbonates of the Eastern and Southern Alps. – Mineral. Deposita, **23**, 96–103, Berlin – Heidelberg – New York 1988.
- MÖLLER, P.: Development and Application of the Ga/Ge-Geothermometer for Sphalerite from Sediment-hosted Deposits. – Monograph Series on Mineral Deposits, **25**, 15–30, Berlin – Stuttgart 1985.
- MÖLLER, P., BRIGO, L., GERMANN, K. & SCHNEIDER, H. J. (Hrsg.): Litho-geochemical proximity indicators for strata-bound base metal deposits. – XII+98 S., unveröff. Endbericht zum EG-Projekt Nr. MSM-008-D (B), Brüssel – Luxemburg 1986.
- PÖLSER, P.: Geologie des Plöckentunnels der Ölleitung Triest – Ingolstadt (Karnische Alpen, Österreich/Italien). – Carinthia II, **77**, 37–58, Klagenfurt 1967.
- RAMDOHR, P.: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. – 1277 S., Berlin (Akademie Verlag) 1975.
- SCHÖNLAUB, H. P.: Das Paläozoikum in Österreich. – Abh. Geol. B.-A., **33**, Wien 1979.
- SELLI, R.: Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie Occidentale. – Giorn. Geol. Bologna, **30**, 1–121, Bologna 1963.
- SPALLETTA, L., VAI, G. B. & VENTURINI, C.: Controllo ambientale e stratigrafico delle mineralizzazioni in calcari Devon-Dinartiani delle Alpi Carniche. – Mem. Soc. Geol. Ital., **22**, 101–110, Rom 1981.
- WEDEPOHL, K. H.: Handbook of Geochemistry. – Vol. II, Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1978.