

UNKEN BEI LOFER
EINE SEDIMENTÄRE Zn-Pb-LAGERSTÄTTE
IN DEN NÖRDLICHEN KALKALPEN

Von

O. M. FRIEDRICH

Inhalt: Eine kleine Zn-Pb-Lagerstätte erweist sich als ein weiteres Glied exhalativ-sedimentärer Lagerstätten in der alpinen Trias. Einzelheiten des Gefüges.

Vorbemerkungen

Bekanntlich war die Genesis der kalkalpinen Blei- und Zinklagerstätten in letzter Zeit sehr umstritten. Nahm man ursprünglich hydrothermal-metasomatische Bildung im Zuge der jungalpidischen Hauptvererzung im Sinne von W. PETRASCHECK als gegeben an, so traten ab 1953 TAU-PITZ und H. J. SCHNEIDER für syngenetische sedimentäre Bildung in der Trias ein und erklärten die typisch metasomatischen Vererzungen als durch "Umlagerungen" des ursprünglich sedimentären Erzbestandes entstanden. Beide Anschauungen standen einander schroff gegenüber, bis ich 1963 in meinem Plenarvortrag auf der Tagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft in Wien (4) eine beiden Meinungen in gleicher Weise gerecht werdende Deutung erarbeitete, in der Form, daß Lösungen, die an Randspalten der alpidischen Geosynklinale aufstiegen, in tief liegenden Kalken Metasomatosen auslösten und daß ein dabei dort nicht ausgefallter Rest sich im darüber befindlichen Meer der Geosynklinale syngenetisch-sedimentär ausschied. Inzwischen haben sich auf verschiedenen anderen Lagerstätten Hinweise bald mehr auf die eine (also metasomatische), dann wieder auf die andere (chem. sedimentäre) Bildungsart auffinden lassen, so in Gorno, Bleiberg, Raibl, Mieß u. a., sodaß diese meine Deutung wohl als gesichert gelten kann.

Nachstehend wird über eine kleine Lagerstätte berichtet, bei der sich - ähnlich wie in der von mir studier-

ten Lagerstätte Radnig in Kärnten (5) – die exhalativ-sedimentäre Bildung recht eindeutig aus dem Gefüge der Erze erschließen läßt. Das Vorkommen war bisher m. W. im Schrifttum völlig unbekannt.

Herr Dr. H. ADLER, Tierarzt in Lofer, berichtete mir brieflich am 22.7.1966 von Schlackenfundem und von einem alten Bergbaugebiet am Kalvarienberg bei Unken mit etwa 30 Stollenpingen. Der Sage nach soll dort auch ein bronzenes Hämmerchen gefunden worden sein. Dies erregte mein Interesse und ich benützte die erste Gelegenheit, die sich mir bot, um die Fundstelle aufzusuchen. Zuvor hatte mir Herr Dr. ADLER am 9.11.1966 noch Einzelheiten mitgeteilt und die genaue Lage angegeben. Bezüglich des "Hämmerchens" berichtete er, daß dieses vor etwa 40 bis 50 Jahren beim Abführen von Haldenmaterial gefunden und vom damaligen Schuldirektor Kaiser besichtigt und sichergestellt worden sein soll. Knapp vor dessen Tod befragte ihn Dr. Adler darüber, doch konnte jener sich damals nicht mehr daran erinnern, sodaß Dr. Adler diese Angaben bezweifelt. Hingegen hat mir der Bauer Brandner die Angabe bestätigt; er hatte das "goldene" Hämmerchen selbst gesehen und erinnerte sich genau an die Fundumstände. Er riet mir, sich bei der Tochter des Schuldirektors, die in Salzburg wohnt, zu erkundigen. – Ein anderer Bauer berichtete, daß einst auch eiserne Öl-Grubenlampen und eine "Radltruhe" aus den alten Bauer geborgen und lange Zeit beim Bauern Fuchs aufbewahrt worden seien. Ich bin weder Geschichtler, noch habe ich die erforderliche Zeit, der Sache nachzugehen; doch sei sie festgehalten, um Anhaltspunkte für die Geschichte dieses Bergbaugebietes zu geben.

Da sich bei einem Einbau in der darüberliegenden Felswand Bohrlochpfeifen vorfinden, ist es sehr wahrscheinlich, daß auf einen frühgeschichtlichen Bergbau (Bronzehämmerchen) ein solcher des Mittelalters folgte und daß auch später durch Schürfer etwas nachgesucht wurde.

Lage

Westlich Unken im Saalächtal, dem letzten Ort vor der bayrischen Grenze an der Straße von Lofer nach Reichenhall, führt ein neu errichteter Fahrweg zur Ortschaft Sonnberg. Bei der Wegkehre im Weiler Gföll nördlich des Gehöftes "Fuchs" führt er von der diluvialen Hochterrasse in die Trias, und zwar in typische Carditaschichten, während dahinter Kalke und Dolomite den Hang zum Kalvarienberg (776 m) aufbauen (1). Von der Kehre weg trifft man gegen Osten zahlreiche gänzlich begrünte Halden und am Wandfuß entlang mehrere Stollenpingen (siehe Beilage!). Sie zeigen, daß man eine schichtparallele Lage in den Carditaschichten abgebaut hat. Der Zug mit den Bergbauspuren läßt sich etwa 400 m weit nach Osten verfolgen bis zu einem Fahrweg, der zum oberen Ortsteil von Unken hinabführt. Hier ist die Lagerstätte offensichtlich durch eine Störung abgeschnitten, der auch das dort vorhandene Tälchen folgt. Eine deutliche Stollenrösche (und die zugehörige Mundlochpinge) liegt unmittelbar am Ende eines Weidezaunes und ist dadurch besonders leicht auffindbar, eine weiter östlich liegende Stollenpinge ist als Wasserfassung für das darunter liegende Gehöft ausgebaut. Ob auch die noch weiter östlich liegende Wasserfassung (für die Ortschaft Unken?) alte Einbaue benützt und auswertet, läßt sich jetzt nicht mehr sicher entscheiden, wäre aber durchaus möglich. Wieweit haldenartige Züge unter rinnenartigen Eindellungen in den Wiesen, die unter dem sicheren Bergbaugebiet liegen, mit dem Bergbau zusammenhängen (überkuttete Halden?) oder bloß Bergschlipfe o. a. dieser Moränenlandschaft sind, ist ohne Schürfungen kaum zu entscheiden. Bei einigen scheint es möglich, daß sie mit bergbaulichen Arbeiten zusammenhängen. Sie wurden aber als zu unsicher nicht in die Karte einbezogen.

Bergbaugebiet NW Unken.



Die Erze

Auf den kleinen Halden lassen sich die Erze meist erst nach oberflächlichem Aufreißen der Grasnarbe bzw. des Waldbodens auffinden. Bei der 4. großen Stollenrösche aber, jener, bei der der Weidezaun endet, und bei den östlich benachbarten liegen mehrere große Erzhaufen, nur schwach von Waldhumus bedeckt. Von diesen stammen die meisten der untersuchten Stufen. Sie sind faust- bis kopfgroß, teilweise außen mit dicken, schwarzen Limonitkrusten überzogen. Zerschlägt man sie, so zeigt ihr Inneres ein dichtes, hellgelbes bis weißliches Karbonat, in dem sehr spärlich feine Bleiglanzäderchen aufleuchten. Andere Stücke lassen in ebenfalls dichtem Eisendolomit- bis Ankeritgrund feinste Kiesflitterchen und Bleiglanzfünkchen erkennen, die teils mehr oder weniger gleichmäßig über die Masse verteilt sind, aber auch zu dunklen, unscharf umgrenzten Fleckchen angereichert sein können.

Ein dritter Erztyp endlich findet sich in recht großen Blöcken im Gehänge unter und neben dem Stollen, über dem die Wand darüber die Bohrlochpfeifen enthält. Dieser Typus zeigt eine verhältnismäßig grobe syngenetisch-sedimentäre Bresche mit bis kirsch-, ja auch nußgroßen Bröckelchen aus bräunlichem, etwas Bitumen führendem (Geruch!) Dolomit in einer Grundmasse aus Dolomit und hellbrauner Zinkblende, spärlich durchsetzt von Kies- und Bleiglanzfünkchen. Dieser Erztyp erinnert sehr an den Jauenkalk etwa von Radnig und deutet wohl auch hier Bodenunruhe beim Absatz dieser Carditaschichten an.

Die Anschliffe der erst erwähnten Erzart zeigen innerhalb der ein- bis zwei cm dicken Limonitriden ein feinkörniges, licht gelbbraunes Grundgewebe aus Eisendolomit bis Ankerit, in dem wolkig feinst verteilt Zinkblende einge-

geschlossen ist, die schon freiäugig, aber nur bei entsprechend schrägem Lichteinfall durch ihren starken Glanz kenntlich wird. Feine, 1 bis 2 mm dicke Äderchen aus lichter Zinkblende, spärlich mit Bleiglanzflitterchen übersät, ziehen durch die Grundmasse (Abb. 1, 2); seltener sind auch absätzige, ebenfalls bis millimeterdicke Bleiglanzäderchen.

Der zweite Erztyp entwickelt sich aus dem ersten dadurch, daß feinste Kiesfünkchen über die ganze Masse hin verstreut sind und Bleiglanz in feinsten, mit freiem Auge nicht kenntlichen Flittern etwa kirschgroße Bereiche dunkelgrau anfärbt. Diese dunklen Flecken heben sich unscharf von der braunen, schwach breschigen Grundmasse ab, denn die Bleiglanzfünkchen nehmen nach außen im Zentimeterbereich allmählich ab und verlieren sich nach und nach in der Grundmasse. Die dunklen Bereiche sind häufig von bis millimeterdünnen Zinkblendeäderchen durchzogen (Abb. 3).

Der dritte Erztyp, eine synsedimentäre, dem Jauenkalk ähnliche Bresche, ist außen nur zum Teil mit Limonitkrusten überzogen, denn ihr Karbonat ist deutlich eisenärmer, als Dolomit bis schwach eisenhaltiger Dolomit anzusprechen. Die limonitische Braunfärbung geht hier auf den geringen Kiesgehalt zurück, der fein verteilt oder auch in einzelnen, papierdünnen Lagen oder in sehr absätzigen Nesterchen vorkommt. Die bis nußgroßen Bröckelchen sind durch Bitumen verschieden hell- bis mittelbraun gefärbt (Abb. 4) und liegen in einer teinkörnigen hellbraunen, feinsandigen (psammitischen) Grundmasse. In dieser läßt sich schon freiäugig mehr oder minder reichlich hellbraune Zinkblende erkennen. In Kleinhöhlen bzw. winzigen Drusenräumen bildet sie auch Kriställchen, die neben und auf Dolomitrhomboederchen sitzen. Auf beiden sind vereinzelt bis millimetergroße Gipskriställchen aufgewachsen, die der Verwit-

terung entstammen. Die Dolomitbröckelchen selbst sind nur spärlich von Kiesflittern und Zinkblendekörnchen durchsetzt. Hingegen sind die Zwischenmittel zwischen den Bröckelchen reicher und im allgemeinen ähnlich vererzt wie die sonstigen Erze, d. h. sie führen Zinkblende, Bleiglanz und Gekies und auch die "Kugelhaufen" aus Pyrit. Diese bilden wieder häufig Kerne von stark lagigen Eisenkiesen. Die Erze treten in der Zwischenmasse auch in einzelnen, unscharf abgegrenzten Zügen auf.

Diese vererzten Bakterien zeigen, daß Bodenunruhe, die zur Brekzienbildung führte, Vererzung und Diagenese sich zeitlich überdecken und ursächlich zusammenhängen.

Da die ehemaligen Erzanstände nicht zugänglich sind und nur Haldenstücke die Erzarten 1 bis 3 untergliedern lassen, kann derzeit nicht angegeben werden, ob und wie etwa diese einzelnen Erzarten miteinander zusammenhängen, wie sie gegenseitig lagen oder ineinander übergehen. Es kann auch nicht beurteilt werden, in welchen Mengen die einzelnen Erztypen vorhanden waren bzw. wie hoch ihr Anteil an der jeweiligen Förderung war.

Das Gefüge der Erze

Unter dem Mikroskop zeigen die Anschliffe der ersten Erzart eine feinkörnige "Grundmasse", die aus einem Gemenge eines weißlich-gelben, recht hoch reflektierenden Karbonats mit hellgelber, fast weißer Zinkblende und etwas Quarz besteht, da und dort ein Fünkchen Bleiglanz oder Eisenkies führend.

Das Karbonat wird von 10 % Al-Nitratlösung nicht geätzt, von 30 %-Lösung in 3-5 Minuten aber deutlich angegriffen. Im Verein mit den beim Verwittern entstehenden,

schwarzen manganreichen Limonitkrusten ist es daher als Fe- und Mn-reicher Ankerit anzusprechen. Da dieses Karbonat stets mit Eisenkiesflitterchen und mit wenigstens etwas Eisen enthaltender Zinkblende feinst verwachsen und auf Rissen überdies von Kalkspatklüftchen durchzogen ist, wäre bei dem feinen Korn (Durchmesser vielfach nur 0,02 bis 0,06 mm) eine chemische Analyse sinnlos; denn es läßt sich weder rein heraussondern, noch durch eine Art rationeller Analyse genauer bestimmen. Die optischen Verhältnisse passen zum Namen "Ankerit".

Beim Verwittern geht dieser Ankerit in manganreiches, fast schwarzes Brauneisenerz über, das die groben Erzstücke in 1-2 cm-dicken Krusten umhüllt. Dabei übernimmt der Limonit zunächst die ins Karbonat eingewachsene Zinkblende unverändert. Nur in den äußeren Randbereichen verwittert auch sie und geht in Zinkspat usw. über.

Um das Mengenverhältnis von Zinkblende zu Ankerit zu ergründen, wurden mehrere Schliffe mit dem Zählkular durchgezählt; es ergaben sich Werte von etwa 1 : 1 in den an Zinkblende reichen Teilen bis herab zu 0,2 : 1 in den "armen" Grundmassepartien.

Neben dem Ankerit und der Zinkblende treten als weiße Gangart noch geringe Mengen von unregelmäßigen, vielfach lappigen Quarzkörnchen auf. Sie sind in den frischen Anteilen leicht zu übersehen, fallen aber in den Brauneisenkrusten auf. Kleine, authigene Quarzsäulchen sind in Unken auffallend selten, während sie in Radnig sehr häufig waren. Überdies ist das ganze Gesichtsfeld mit schwarzen "Löchern" übersät, teilweise auf herausgeschliffene "Tonteilchen" zurückgehend, teilweise auf echte Poren. Die Abb. 5 gibt das Aussehen dieser "Grundmasse" gut wieder. Doch sind Ankerit und Zinkblende häufig auch graphisch miteinander verwachsen, wobei die Blende mehr oder minder parallele

Blättchen bildet (Abb. 6), wahrscheinlich auf gemeinsames Ausfallen aus einer (kolloidalen?) Lösung zurückgehend, oder auf Pseudomorphosenbildung nach einem unbekanntem, blättrigen Mineral; als solches könnte an Schwerspat gedacht werden.

Alles spricht dafür, daß die Spatkörner (Ankerit) als chemisches Sediment ausgefällt wurden, nicht Reste von Organismen darstellen.

Dünne Schnüre aus Kalkspat füllen feine Risse (Abb. 10) und sind höchstwahrscheinlich eine junge, vielleicht sogar rezente Bildung; sie verwerfen Lagerzüge nur minimal, manchmal um Bruchteile eines Millimeters.

Feine Eisenkiesflitter sind vielfach über die ganze Grundmasse verstreut. Nicht selten treten sie aber in einzelnen Lagen gehäuft auf, ein "geopetales" Gefüge abbildend (Abb. 8 und 23). Diese Lagen sind dann in bezeichnender Weise oftmals durch Bitumen dunkel gefärbt. Sie begrenzen häufig die "Grundmasse" gegen gröber körnige Lagen und bilden somit Änderungen in den Sedimentationsbedingungen ab (Abb. 7). Diese Änderungen lassen sich durch rhythmischen Wechsel in den Stoffzufuhren zwanglos erklären. Dies wird außer durch die geänderten Korngrößen auch dadurch angezeigt, daß Zinkblende plötzlich stark zu- oder auch abnimmt (Abb. 8, 9). In den gröberkörnigen Lagen, in denen die Zinkblende meist stark vorherrscht, tritt auch Bleiglanz auf, oft in Skelettformen.

Die vorhin erwähnten Eisenkiesflitterchen zeigen bei starken Vergrößerungen höchst eigenartige und interessante Feingefüge: Sehr häufig bildet ein Kugelhaufen feinsten Pyritkörnchen in Form der "vererzten Bakterien" einen Kern, um den sich grobzonarer Pyrit herumlegt. Dabei kann die Zwischenmasse der Kugelhaufen bald aus Ankerit (wie in Abb. 18), oft aber auch aus Zinkblende oder Bleiglanz be-

stehen. In der Abb. 18 legt sich um den Pyritkugelhaufen zunächst eine Schale aus Bleiglanz und um diese herum folgt erst der grobzonare Pyrit, der zunächst an Bravoit erinnert, doch sind die Zwischenschichten nicht die braune, nickelreiche Komponente, sondern sie bestehen bald aus Zinkblende, dann wieder aus Ankerit oder Bleiglanz; manche Zwischenschichten sind offensichtlich auch bloß lockerer gebauter und daher weniger heller Pyrit, der dann durch die anderen Minerale leicht verdrängt werden konnte. Wie häufig und wie stark zonar solche Kieslagen sein können, zeigt die Abb. 19, während in der Abb. 20 im Kern solcher zonarer Pyrite Markasit auftritt. Dieses Kiesnest ist in Quarz eingewachsen, in dem Ankeritkristalle schwimmen, deren Ränder dicht mit Zinkblende durchwachsen sind. FRENZEL und OTTEMANN (3) haben auf Zonarpyrite hingewiesen, die zunächst an Bravoit erinnern, statt Nickel aber teilweise Kupfergehalte aufweisen. Da hier aber weder Gehalte an Kupfer, noch solche an Nickel nach den üblichen analytischen Verfahren nachweisbar waren, diese also höchstens in Spuren vorkommen, kann der auffallende Zonenbau der Pyrite nicht durch Einbau dieser Elemente verursacht sein, sondern geht höchstwahrscheinlich nur auf locker gebaute Gitterschichten zurück, die dadurch leicht verdrängbar oder auch bei gleichem Farbton nur wesentlich weniger hell sind.

Bleiglanz tritt gegenüber der Zinkblende weitgehend zurück. Nur in den vorstehend als zweite Erzart genannten, meist stark dunkelfleckigen Stufen ist mitunter etwas mehr Bleiglanz vorhanden. Er tritt in groben Flittern, in Nestern und kleinen Butzen auf, ist — wie die Spaltrisse erkennen lassen — teilweise sogar recht grobkörnig und ebenfalls häufig von Ankerit-, Zinkblende- und Kiesflitterchen durchsetzt (Abb. 17). Gar nicht selten zeigt er Kristallskelettformen. Er scheint im allgemeinen kristallisationsfreudiger zu sein als die Zinkblende.

Die zunächst scheinbar einfachen Verwachsungen der Erze und der Gangarten zeigen bei genauerem Zusehen eine für solche Pb-Zn-Erze ganz ungewohnte Fülle von Gefügeeigenheiten: Zunächst kann man schon mit freiem Auge vielfach eine deutliche Schichtung erkennen (Abb. 1, 2), hervorgerufen bald durch Lagen reicher an Bleiglanz- oder Zinkblendekörnchen oder durch stärkere Durchstäubung mit Eisenkies, dann auch wieder durch einzelne oder rhythmisch wechselnde Tonhäute. Diese bilden sehr oft eine diagenetische Fältelung ab, zeigen durch Horst- (siehe Abb. 21) oder Graben- (Abb. 22) Brüche an bald syn-, dann wieder antithetischen Mikroverwerfern Feinbewegungen des sich setzenden Sedimentes an, die mit nachträglicher alpidischer Tektonik nichts zu tun haben. Immer wieder zeigt sich dabei, daß die älteren Anteile der "Grundmasse" wesentlich ärmer an feinen Zinkblendekörnchen sind als die jüngeren, die diese Mikroverwerfer ausheilen, die Grabenbrüche auffüllen. Einen etwa ähnlichen Innenbau zeigt die Abbildung 118 in (6) und wird er ebenfalls auf Sackungen zurückgeführt, während die Abb. 13A dort an Verwachsungen erinnert, wie sie in Radnig die Dolomitkrusten zeigen, die mit Flußspat- und Zinkblendelagen wechseln (Sediment-Boudinage).

Ganz allgemein verbreitet sind Zerkbrechungen oder Zerkrümelungen halbfesten Sediments und Resedimentation, Vorgänge, die sich mehrfach wiederholen können (Abb. 4), wobei ebenfalls die jeweils jüngeren Bildungen erzreicher sind als die älteren (Abb. 23). Solche diagenetische Brechen treten sehr reichlich auf (Abb. 4), und zwar nicht nur in den relativ groben, schon freiäugig als solchen kenntlichen, als "Erztypus 3" bezeichneten Stufen, sondern auch in allen anderen Erzarten. Sie sind als "Inhomogenitätsbreccien" paradiagenetisch dadurch entstanden, daß brüchige Schichten, beispielsweise wie in Abb. 11 und 12 an Sulfiden reiche Krusten der "Grundmasse" als mehr oder minder scharfe

Bruckstücke, gelegentlich sogar mit sich noch entsprechenden ("korrespondierenden") Trümmergrenzen in der bildsamen Zwischenmasse schwimmen (Abb. 24). Gar nicht selten legt sich auf solche Brocken geopetal eine Kieslage (Abb. 23). Andererseits sind "Rinnen" oder auch "Gräben" deutlich geopetal gefüllt (Abb. 8).

Alle die bisher besprochenen Eigenheiten lassen sich nach dem von Br. SANDER (7, 8) eingeführten Sprachgebrauch als "Anlagerungen an der freien Oberfläche" = externe Anlagerungsgefüge verstehen. Aber auch "Mikrohöhlen" sind ungemein verbreitet (Abb. 12, 13), teils gefüllt mit wandständigen Zinkblendekörperchen (der Form nach ursprünglich vielleicht als Wurtzit abgeschieden), während der freie Hohlraum (Lumen) mit Dolomitspat gefüllt ist. Dies entspricht den "internen Anlagerungsgefügen" mit "Spatisation" im Sinne SANDERS. In der Sedimentpetrographie würden diese Gesteine (abgesehen von ihrem Erzgehalt) als Kalk- bzw. Dolomitarenit, teilweise auch als Bahamit zu bezeichnen sein, näher auch als Lithiodolomitarenit (2, S. 227), wobei dann dem Bindemittelkarbonat viel Zinkblende beige-mischt erscheint.

Eisenzufuhr und CO₂-Aushauchungen ergaben im betreffenden Meeresbecken die Voraussetzung dafür, daß sich hier Eisendolomit bis Ankerit als chemisches Sediment, also im Sinne SANDERS durch chemische Anlagerung bilden konnte bzw. richtiger: entstehen mußte. Auf die Rolle der exhalativen CO₂-Zufuhr in mehr oder minder geschlossene Meeresbecken habe ich jüngst (Radex-Rundschau, im Druck) im Zusammenhang mit der Spatmagnesit-Genese nachdrücklich hingewiesen. Auch kann selbstverständlich die belteropore Dolomitbildung und die Dolomitspatisation im Sinne von B. SANDER (7, 8) neben anderen Faktoren ganz wesentlich durch exhalativ zugeführte Kohlensäure mitbeeinflusst bzw. ausgelöst werden.

Neben diesen, auch sonst in sedimentären Karbonatgesteinen verbreiteten Gefügearten, die ja SANDER ausführlich beschrieb, kommen hier aber auch Gefügearten vor, die von Sedimentgesteinen üblicher Art nicht bekannt sind und mit den hier vorliegenden Verhältnissen verbunden und daher für diese Vererzungsvorgänge kennzeichnend sind. In erster Linie sind hier jene Verwachsungen zu nennen, die auf die Fällung von gemischten Gelen und nachfolgende Kristallisation zurückgehen.

Hier ist in erster Linie auf die recht häufigen Girlanden und Rosetten hinzuweisen, in denen Ankerit und Zinkblende innig und feinstkörnig verwachsen sind (Abb. 10, 11, 12). Sie grenzen oft an Krusten der "Grundmasse" oder enthalten solche Krusten eingeschlossen oder schmiegen sich an solche an. Diese Girlanden sind rhythmische Fällungen eines Sulfidgelses, das nachträglich kristallisierte. Die Krusten geben oft deutliche Hinweise auf Fließbewegungen des gemischten oder auch lagenweise geschichteten Geles, in der Hauptsache wohl auf die Setzungen und Schrumpfung des Geles beim Auskristallisieren zurückgehend. Teilweise können aber auch Bewegungen der Bodenunruhe mitgewirkt haben.

Die Girlandenzüge umschließen gar nicht selten Bereiche, die einen Kern aus grobkörnigem Ankerit enthalten, in den Zinkblendestengel wie in einen offenen Drusenraum hineingewachsen sind ("Mikrohöhlen", Abb. 12, links; Abb. 13). Aber auch innerhalb der derben Zinkblende kommen ähnliche Kerne vor (Abb. 13), die dann von dicken Höfen umsäumt sind, in denen Ankerit mit Zinkblende feinst myrmekitisch verwachsen ist. Dabei drückt der Ankerit als das kristallisationsfreudigere Mineral sehr häufig seine Kristallform durch wie dies oben in der Abb. 14 zu sehen ist. Durch weiter fortgeschrittenes Aufsprossen von Ankeritkörnern entstehen in den Zinkblendemassen, die ihrerseits meist sehr dicht siebartig von Ankeritstaub durchwachsen sind, porphyroblasten-

artige große Ankerite, die stark zonar angereichert Zinkblendekörnchen eingewachsen enthalten (Abb. 15, auch 16). Letztere zeigen nicht nur stark zonar wechselnde Zinkblendehalte, sondern auch Kiesflitter und Bitumenkrümel in den Ankeritkristallen und überdies reichlich feinste Ankeritfünkchen in der Zinkblendemasse; dieser feine Ankeritstaub hat offensichtlich noch nicht oder nicht mehr Gelegenheit gehabt, sich durch Sammelkristallisation zu Kriställchen zusammenzufinden, wie dies den benachbarten Körnern möglich war.

Ganz ähnliche Erscheinungen lassen auch manche Bleiglanzkörner erkennen, die siebartig mit Ankeritkörnchen durchsetzt sind (Abb. 17), während benachbarte Bleiglanze nahezu oder ganz frei von solchen Ankeritkörperchen sind. Auch Pyritkörner sind mitunter siebartig von Ankerit-, aber auch Zinkblendekörnchen durchwachsen (Abb. 19).

Diese hier geschilderten und durch Abbildungen belegten Verwachsungen und Kristallisationserscheinungen lassen sich am ehesten durch "Umstehen", durch Kristallisation eines gemischten Geles erklären. Sie treten aber nicht nur in den gröberen Lagen über oder unter der "Grundmasse" auf, sondern in ganz gleicher Weise in den feinen Äderchen aus Zinkblende und Bleiglanz, die in manchen Stücken die Grundmasse reichlich durchsetzen. Diese stellen wahrscheinlich spätdiagenetische Setzungsrisse dar; auch Schwundrisse des "umstehenden" Geles und zeigen, daß dabei die Bestandteile der betreffenden Minerale, nämlich Zinkblende, Ankerit und Bleiglanz noch beweglich, "mobil" waren.

Das Auskristallisieren des Geles, sein "Umstehen" ist ein spätdiagenetischer Vorgang und entspricht ungefähr der "Spatiation" nach SANDER; dies geht daraus hervor, daß sie wie die Abb. 12 und 13 zeigen, eng mit der Füllung der Kleinhöhlen durch wandständige Zinkblende und des Restraumes durch Dolomit bzw. Ankerit verwandt ist. Auch die Grobla-

gen aus Zinkblende und Ankerit + Kies, Bleiglanz usw. gehören ebenso zu diesem Vorgang wie die Füllung der Setzungs- und Schwundrisse in der "Grundmasse"

Vergleich mit anderen Lagerstätten

Das Erzvorkommen von Unken läßt sich zunächst mit der ebenfalls von mir eingehend bearbeiteten Lagerstätte von Radnig (5) vergleichen, weil beide rein exhalativ-synsedimentär entstanden sind, ohne wesentliche Metasomatose. ohne spätere Umlagerungen und ohne nachträgliche tektonische Beeinflussung bzw. Verformung.

In Radnig führten stark rhythmische Vorgänge mit ruhigen Zwischenzeiten normalen Lebens im betreffenden Meeresbecken zu ausgesprochenen mm- bis cm-Rhythmen. Denn bei jeder Pb-, Zn-, Ba-, F-, S- usw. -Zufuhr wurden die Lebewesen vergiftet, ergaben dadurch richtige Bitumenlagen unter den darüber abgelagerten Erz-, Flußspat- und übrigen Schichten.

In Unken scheint die Zufuhr wohl auch pulsierend, aber doch über den Bereich der Vererzung anhaltender, dafür schwächer (weniger konzentriert) erfolgt zu sein, daher wurden hier innerhalb der Vererzungszeitspanne kaum biogene Karbonatgesteine ausgefällt, sondern vorzugsweise das chemische Sediment Eisendolomit bis Ankerit, begleitet von bald etwas weniger, dann auch wieder etwas reichlicher Zinkblende und Bleiglanz. Örtlich kam es zur Ausfällung eines gemischten Zn-, Pb- und Fe-Sulfidgeles, das frühdiagenetisch kristallisierte, "umstand". Es fehlen daher in Unken die ausgesprochenen Bitumenlagen, die in Radnig so auffallend waren; denn der anhaltende, wenn auch wenig konzentrierte Zustrom lebenshemmender Elemente unterband weitgehend das Leben in diesem Meeresteil oder erschwerte es

zumindestens sehr. Da somit von Haus aus weniger Leben vorhanden war, vielleicht auch, weil die zugeströmten Elemente verdünnter waren und weil F als besonders giftiger Stoff nicht auftrat, unterblieb jenes Massensterben der Kleinlebewelt, das die auffallenden Bitumenlagen in Radnig ergab.

In Radnig hatten sich richtige – wenn auch nur wenig mächtige – Tuffitlagen auffinden lassen; in Unken könnten die Tonhäute in der "Grundmasse" zwar auch auf eingestreutes Tuffmaterial zurückgehen, doch ist die Menge jedenfalls weitaus geringer. Sie können aber ebensogut auf nahen Landeinfluß hinweisen.

Auffallend ist in Unken auch der hohe Eisen- und Mangangehalt, der das chemisch-sedimentär ausfallende Karbonat als Eisendolomit bis Ankerit entstehen läßt. Andererseits entstand auch ziemlich viel Eisensulfid, teilweise gleichzeitig und unmittelbar neben sehr heller, eisenarmer Zinkblende. Dies mag wohl als Hinweis auf eine kühle ("niedrig-temperierte") und damit magmaferne Bildung gewertet werden. In Radnig dürfte der die Aushauchungen liefernde Herd wesentlich weniger tief gelegen gewesen sein, oder die Lagerstätte entstand in der engsten Umgebung der Aushauchungsstelle, während in Unken Herd und Austrittsstelle der vererzenden Stoffe wahrscheinlich ferner lagen. Allerdings können auch die Größe des Meeresbeckens und etwaige Meeresströmungen im selben Sinne mitwirken. Wie die Verhältnisse an der ebenfalls sedimentären Pb-Zn-Lagerstätte von Bou-Beker bei Oujida in NO-Marokko zeigen, ist exhalativ-sedimentäre Sulfidbildung durchaus nicht zwingend mit geringen Wärmehöhen verbunden! In Bou-Beker würde dies auf einen verhältnismäßig untiefen, also nahe unter dem damaligen Meeresboden liegenden Herd hinweisen – hier in Unken aber auf einen recht tief liegenden. Die Radniger Lagerstätte würde unter Verhältnissen entstanden sein, die zwischen beiden Extremen lagen.

Auch die häufige und reichliche Bildung der gemischten Fe-, Zn- und Pb-Sulfidgele spricht in Unken für die geringere Wärmehöhe und stärkere Verdünnung der vererzenden Lösungen bei fehlenden oder stark zurücktretenden Kristallisatoren (F!). Die in Unken Erzkufen immer wieder auftretenden und jeweils in sehr verschiedener Richtung verlaufenden Gängchen in der "Erzgrundmasse" sind als diagenetische Schwund- und Setzungsrisse anzusehen, teilweise aber auch als Hinweise auf synsedimentäre Bewegungen, "Bodenunruhe", an den Absenkungsrisen der Geosynklinale.

Ein anderes kalkalpines Blei-Zinkvorkommen, nämlich jenes von der Fallensteinwand bei Werfen, scheint unter größeren Wärmehöhen entstanden zu sein, etwa ähnlich wie die Lagerstätte von Bou-Beker in Marokko; denn nach einer Stufe, die ich von Dipl. Ing. H. WELSER erhalten habe, tritt dort - bei sonst durchaus vergleichbarem sedimentärem Gefüge - etwas Kupferkies und Fahlerz auf. Darüber wird später berichtet, weil die dort auftretenden, überaus mannigfachen Gefüge den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen würden.

Fassen wir die Beobachtungen und die daraus zu ziehenden Schlüsse zusammen, so läßt sich für das Zinkblende-Bleiglanzvorkommen von Unken folgende Deutung geben:

Zur Zeit des Absatzes der Carditaschichten in der alpidischen Geosynklinale traten Bewegungen germanotyper Art auf ("Bodenunruhe"), die auf das Absinken der Geosynklinale an tiefreichenden Störungsflächen zurückgehen. Sie ließen die groben, schon freiäugig erkennbaren sedimentären Breschen entstehen, während die Breschen des Feingefüges wohl in erster Linie mit den diagenetischen Vorgängen zusammenhängen.

Auf diesen Störungen am Rande der Geosynklinale drangen Lösungen hoch, die Ankerit, Zinkblende, Eisenkies, Bleiglanz und etwas Quarz absetzten. Diese Minerale fielen teils als chemisches Sediment aus, als "Lithodolomitarenit" und als "Bahamit" im Sinne der Sedimentpetrographie, zum größeren Teil aber als gemischtes Gel. Dieses kristallisierte aber bald und dabei entstanden die abgebildeten feinstkörnigen Verwachsungen.

Jünger als die Vererzung, die damit ins Karn zu stellen ist, sind die mit Kalkspat gefüllten Klüftchen, die wohl mit den alpidischen Deckenbewegungen zusammenhängen dürften oder noch jünger sind. Da aber die ganze Scholle als Block bewegt wurde, sind die Ausmaße dieser Durchbewegung auffallend gering. Die Limonitkrusten, geringe Mengen von oxydischen Zink- und Bleierzen sowie die in den Kleinhöhlen sitzenden Gipskriställchen gehören der rezenten Verwitterung an.

Damit haben wir auch aus den nördlichen Kalkalpen ein rein sedimentäres Zink- und Bleivorkommen aufgefunden und beschrieben, bei dem metasomatische Vorgänge im Sinne der Lagerstättenkunde fehlen, während sie beispielsweise in Lafatsch weitaus vorherrschen.

Text zu den Abbildungen

Abbildung 1:

Übersichtsbild des 1. Erztypes. "Grundmasse" aus Ankerit + Zinkblende (da feinst verwachsen, im Bild nicht zu unterscheiden) und Kiesfünkchen (schwarz) enthält auf Schwund- und Setzungsrisen helle Zinkblende (weißlich grau) und Dolomitspat (dunkelgrau) sowie Züge von Eisenkies (schwarz). Links zieht von oben steil nach unten eine deutliche Schichtung durch, die an einigen Mikroverwerfern deutlich verstellt ist. Anschliff 2269, 2 : 1, gewöhnl. Licht.

Abbildung 2:

Ähnlich Abb. 1, "Grundmasse" aus Ankerit + Zinkblende (grau, lagig), enthält rechts lagig angeordnet kleine Bleiglanzfünkchen (schwarz). Risse mit Fülle wie in Abb. 1. Verwitterung erzeugt Mn-reiches Brauneisenerz (schwarze Züge links und Mitte). Die Schichtung zieht von rechts oben nach links unten.

Anschliff 2264, 2 : 1, gewöhnliches Licht.

Abbildung 3:

Übersichtsbild des Erztypes 2: Die deutlich lagig gebaute "Grundmasse" aus Ankerit + Zinkblende (hellgrau) + Kies enthält mittig und unscharf abgegrenzt reichlich feinste, bei dieser geringen Vergrößerung unsichtbare Bleiglanz- und Kiesfünkchen und ist dadurch dunkel gefärbt. Schwund- und diagenetische Setzungsrisse quer zur Schichtung.

Anschliff 2274, 2 : 1, gewöhnliches Licht.

Abbildung 4:

Sedimentäre Brekzie aus Eisendolomit-Ankerit mit wenigen Zinkblendefünkchen, verkittet durch Eisendolomit + reichlich Zinkblende (lichtgrau). Wechselnde Anfärbung durch Bitumen läßt besonders deutlich im großen Brocken erkennen, daß mehrfach Auflösung und Resedimentation mit verschiedenen hohen Zinkblendegehalten wechselten. Unter dem großen Brocken Trümmer mit korrespondierenden Grenzen. Feine Risse mit Blende- (hell) und Kies- (dunkel)fünkchen belegt.

Anschliff 2271, 2 : 1, gewöhnliches Licht.

Abbildung 5:

Aufbau der "Grundmasse": Viel Ankerit und wenig Quarz (beide grau, im Bild nicht zu unterscheiden!) sind mit Zinkblende (lichtgrau) in unregelmäßiger Lappenform dicht verwachsen. Poren, herausgeschliffene Tonteilchen (?) und organische Krümel sind schwarz, einige Bleiglanz Körnchen weiß.

Anschliff 2264, 50 : 1.

Abbildung 6:

Zinkblende (lichtgrau) und Ankerit + Quarz (beide dunkelgrau) sind fast graphisch miteinander verwachsen und bilden die "Grundmasse", die auch etwas Bleiglanz (weiß, glatt), einige Kieskörnchen (weiß, Relief) und organische Krümel (dunkel) umschließt.

Anschliff 2269, 50 : 1.

Abbildung 7:

Unten "Grundmasse" aus Ankerit und Quarz (dunkel) und Zinkblende (hellgrau) mit vereinzelt Kieskörnern (weiß, Relief). Darüber eine an Kieskörnern reiche Lage (weiß, Relief), unter der Bitumen die Grundmasse dunkel färbt. Oben Zinkblende (weißlich) und Ankerit (grau) gröber verwachsen als in der "Grundmasse". Deutlich von der Schwerkraft bedingtes (geopetales) sedimentäres Gefüge.
Anschliff 2264, 125 : 1.

Abbildung 8:

Geopetale Häufung von Sulfiden (Zinkblende, Kiese, Bleiglanz) und etwas Bitumen an der Grenze von Brocken- zu Groblager-spat.
Anschliff 2271, 125 : 1.

Abbildung 9:

Lage reich an Feinkies und Bitumen an der Grenze von "Grundmasse" (unten) zu Groblage (oben) aus Zinkblende (hellgrau) mit Bleiglanz (weiß) und Ankerit (dunkelgrau). Ankerit bildet auch rundliche, im Gelzustand entstandene Krusten und Verwachsungen.
Anschliff 2264, 50 : 1.

Abbildung 10:

Groblage aus Zinkblende (hellgrau) mit eingewachsenen Bleiglanzkörnern (weiß). Die Zinkblende ist girlandenartig mit Ankerit (dunkelgrau) verwachsen. Unten "Grundmasse" mit Grenzlage aus größeren Ankeritkörnern und darüber Kiesflittern. Die schräg durch das Bild ziehende Kluft (schwarz) war mit Kalkspat gefüllt, der durch 4 Minuten langes Ätzen mit 30 % Al-Nitratlösung herausgelöst ist. Das Ätzen entwickelte das Korngefüge des Ankerits der Grenzlage und der Girlanden.
Anschliff 2264, 50 : 1.

Abbildung 11:

Kruste aus "Grundmasse" schwimmt in der Groblage bzw. Gangmasse aus Zinkblende (hellgrau) und Ankerit (dunkelgrau) mit einigen Kiesflittern und ganz wenig Bleiglanz (weiß). Umgestandenes gemischtes Gel mit einigen "selbstgereinigten" Ankeritkörnern (Sammelkristallisation) neben viel feinstverwachsenen Teilen.
Anschliff 2266, 50 : 1.

Abbildung 12:

Krusten und Girlanden aus Ankerit (dunkelgrau) und Zinkblende (hellgrau) in grober, schwach poriger Zinkblende. We-

nig Bleiglanz (weiß, glatt) und Eisenkies (weiß, Relief). Links Mikrohöhle mit Kern aus Ankerit, in den wandständig Zinkblende hineinspießt.

Anschliff 2264, 50 : 1.

Abbildung 13:

Verwachsungsformen von Zinkblende und Ankerit in den Groblagen : Mikrohöhlen mit Kernen aus Zinkblende und Ankerit sind umsäumt von ZnS-Stengelchen; das Ganze ist umgeben von einem breiten Hof aus Ankerit + Zinkblende, die graphisch verwachsen sind, wobei der Ankerit vorherrscht und teilweise, z. B. links oben, seine Kristallform durchsetzt. Alles ist eingewachsen in grobkörnige Zinkblende (lichtgrau, außen).

Anschliff 2264, 125 : 1.

Abbildung 14:

Grobes Ankeritkorn (Spaltrisse! dunkelgrau, unten) ist umgeben von grobkörniger Zinkblende (lichtgrau). In diese sprossen grobe Ankerite, die reichlich Zinkblende in graphischer Form eingewachsen enthalten. Die Einzelkörner dieses Ankerits lassen sich durch den Pleochroismus, aber auch durch die Richtung der eingelagerten Zinkblendekörperchen erkennen.

Anschliff 2265, 125 : 1.

Abbildung 15:

Grobe Ankeritkörner (dunkelgrau) in Zinkblende (fast weiß). Der Kern der Ankerite ist einschlußfrei, Randteile sind von Zinkblende dicht durchwachsen und erscheinen dadurch heller, sodaß man fast an verschiedene Karbonate denken könnte. In diesen helleren Randschichten sind außerdem gröbere Zinkblendekörnchen eingewachsen, im Bild als lichte Pünktchen kenntlich. Schwarz sind Poren und Löcher.

Anschliff 2273, 165 : 1.

Abbildung 16:

Stark zonare Ankeritkörner enthalten im Kern und in randlichen Zonen feinste Zinkblendekörperchen, im Kern auch Kiesflitterchen (weiß, Relief, bzw. dunkel, wenn sie knapp unter der Schlieffläche liegen. Die Zinkblende des Untergrundes ist siebartig gefüllt mit Ankeritkörnchen.

Anschliff 2273, 125 : 1.

Abbildung 17:

Grobkörniger Bleiglanz (Spaltrisse!) in teils reinen Körnern (links oben und rechts unten) ist teilweise siebartig mit Ankerit und Zinkblendekörnchen durchsetzt. Rechts oben (mit

Innenglanz) Ankerit und Zinkblende der Grundmasse.
Anschliff 2264, Ölimmersion, 320 : 1.

Abbildung 18:

Kugelhaufen aus Eisenkies (sogenannte "vererzte Bakterien") in Dolomituntergrund (schwarz) ist umgeben von Bleiglanz (lichtgrau) und dieser ist umwachsen von stark zonarem Eisenkies. Alles ist eingewachsen in "Grundmasse" aus Ankerit + Zinkblende (verschieden lichtgrau).
Anschliff 2264, Ölimmersion, 320 : 1.

Abbildung 19:

Stark zonarer, als Gel ausgeschiedener Eisenkies (hellgrau) umschließt Ankerit (fast schwarz) in Krümeln und großen Körnern und wenig Zinkblende (dunkelgrau). Ankeritpatnest (schwarz).
Anschliff 2274, Ölimmersion, 320 : 1.

Abbildung 20:

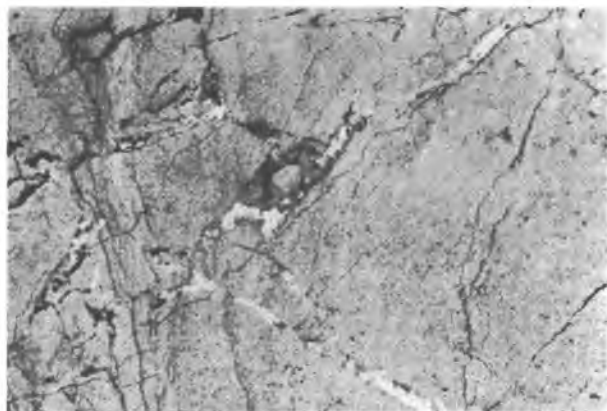
Stark zonarer Kies mit Zwischenlagen aus Zinkblende, eingewachsen in Quarz, der stark zonare Ankerite mit reichlich ZnS-Einschlüssen enthält; links "Grundmasse".
Anschliff 2274, 128 : 1.

Abbildung 21:

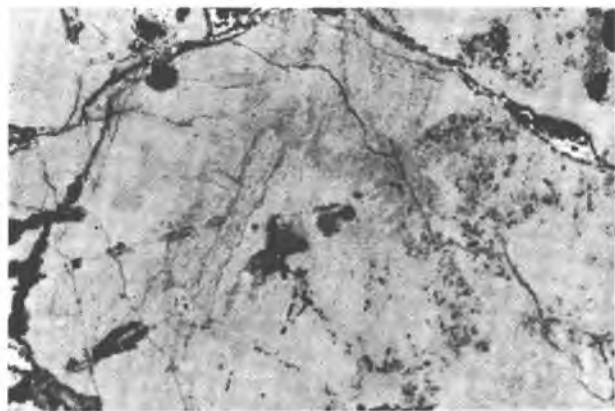
"Grundmasse" aus Eisendolomit (verschieden grau) enthält lagig angeordnet feine Zinkblendekörnchen (weißlich) und wenig Eisenkies (weiß, Relief). Tonlagen (schwarz) zeigen eine deutliche Horstbildung an; deren Mikroverwerfer sind durch blendereichen Eisendolomit verheilt (links von rechts oben nach links unten und in der rechten Ecke). Darüber lagerte sich deutlich geopetal ein sehr zinkblendereicher Bereich ab (rechts oben).
Anschliff 2276, 20 : 1.

Abbildung 22:

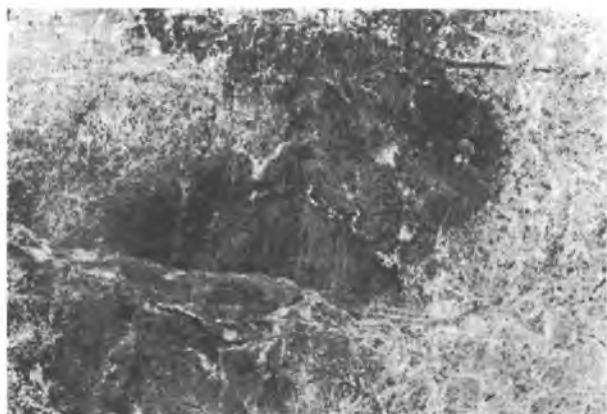
Entlang von Mikroverwerfern sind Schollen der "Grundmasse" abgesunken. In dem dadurch entstandenen "Graben" lagerte sich ein deutlich geopetal geschichtetes Füllsel ab, das aus Dolomit und viel Zinkblende besteht und auch an den Mikroverwerfern zwischen die Schollen eindringt. Schwarz sind Tonlagen und Poren, weiß Kiesflitterchen. Das Bild stellt die rechte Fortsetzung der Abb. 21 dar, von dieser durch ein kurzes Stück getrennt.
Anschliff 2276, 20 : 1.



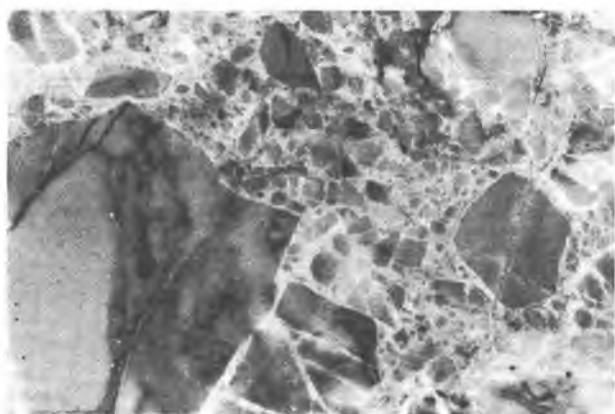
1



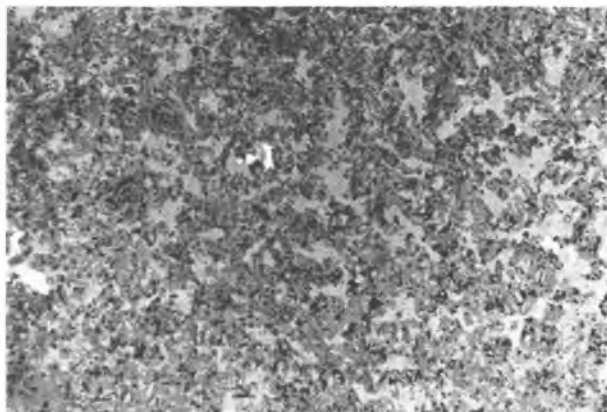
2



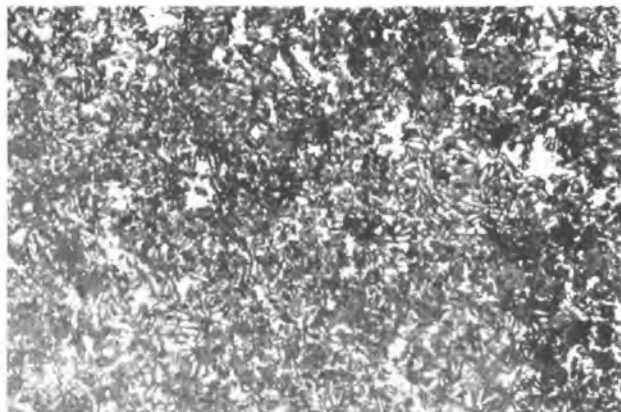
3



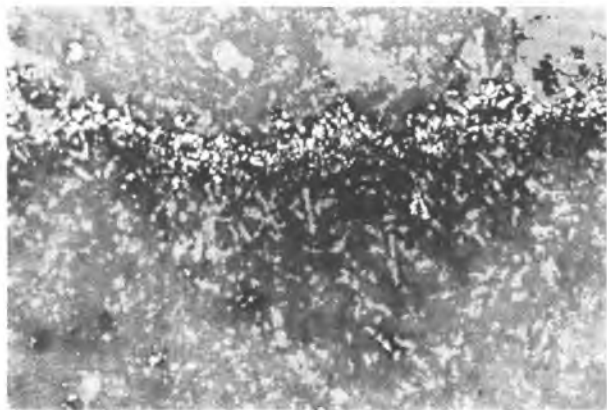
4



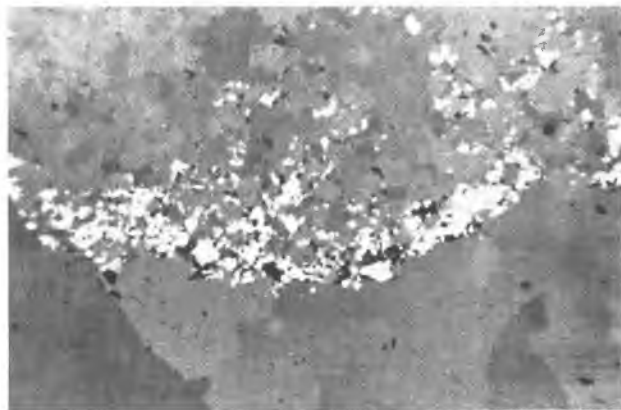
5



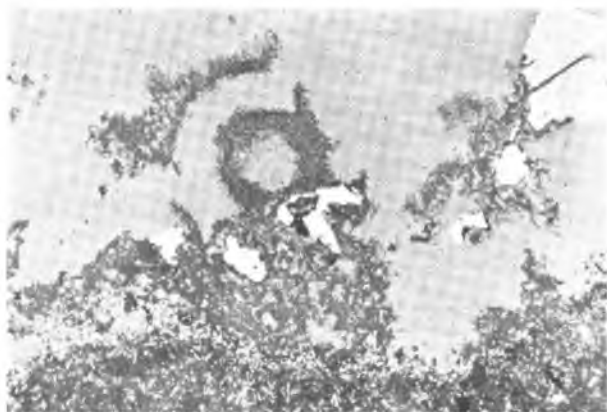
6



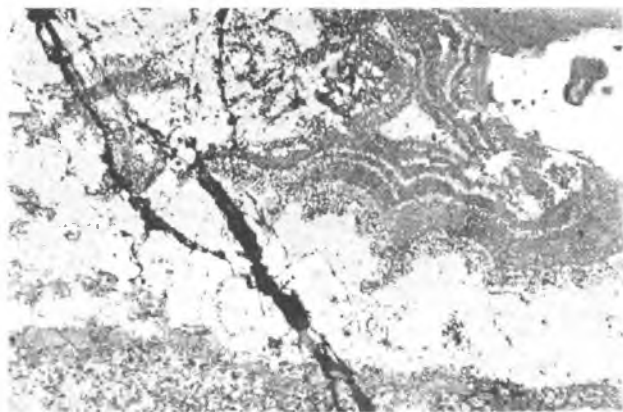
7



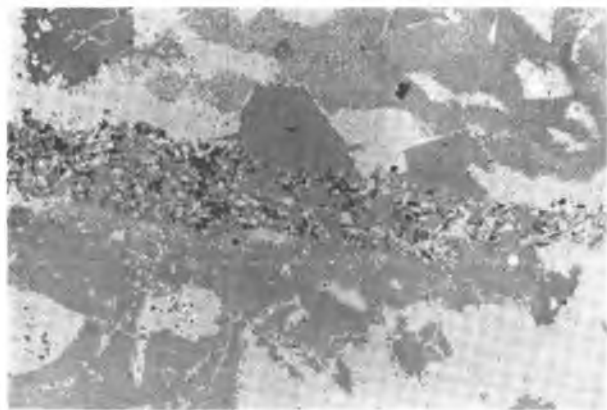
8



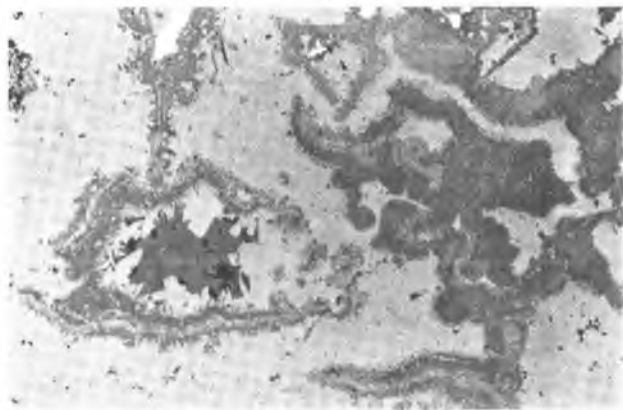
9



10



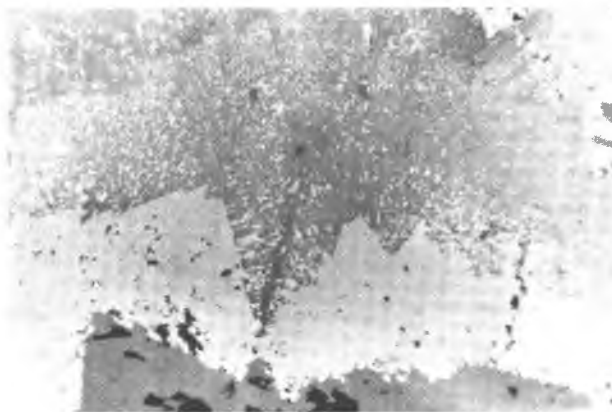
11



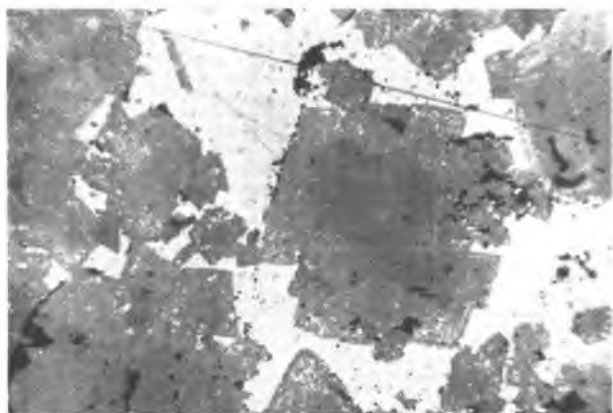
12



13



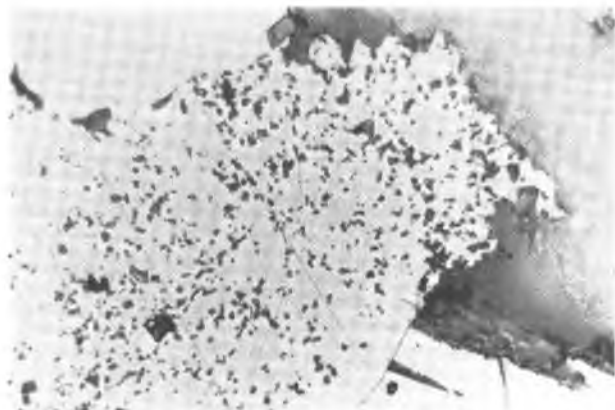
14



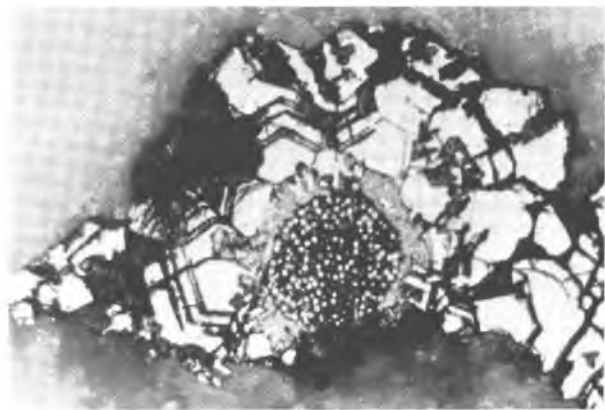
15



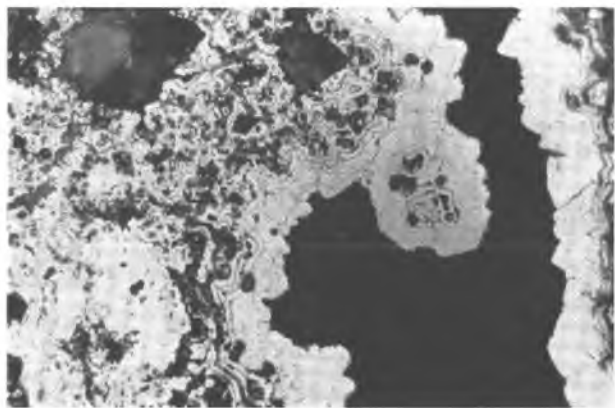
16



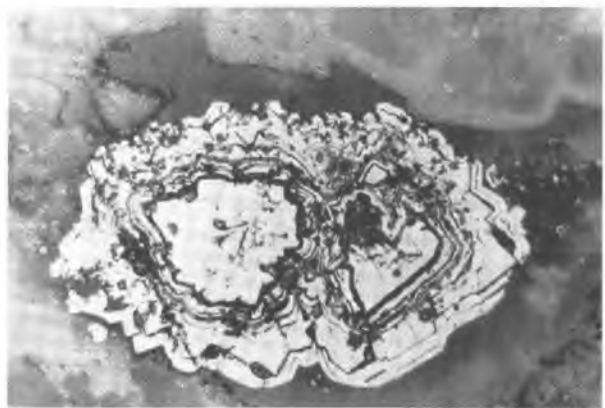
17



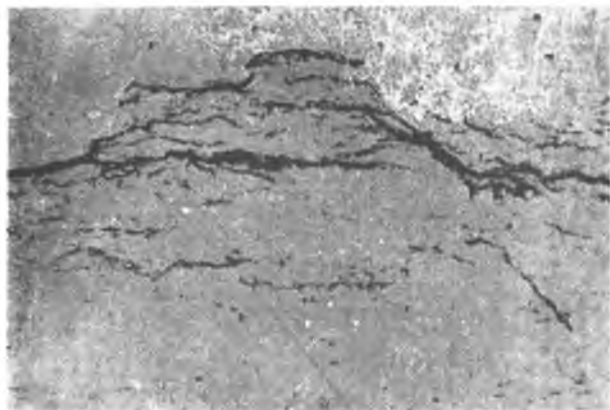
18



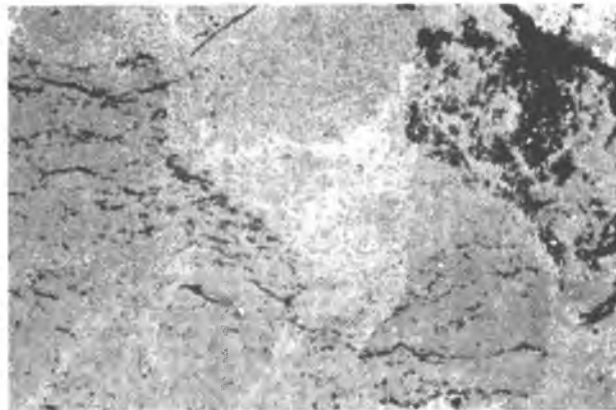
19



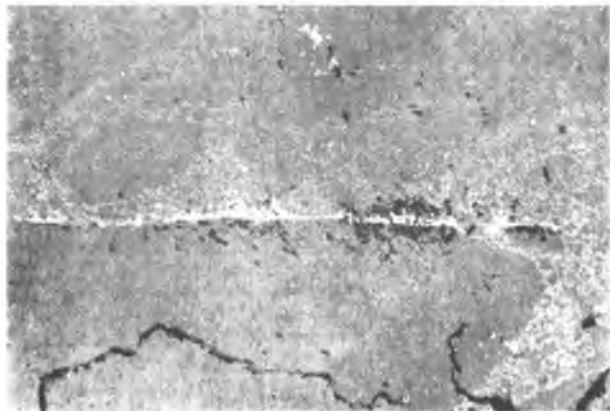
20



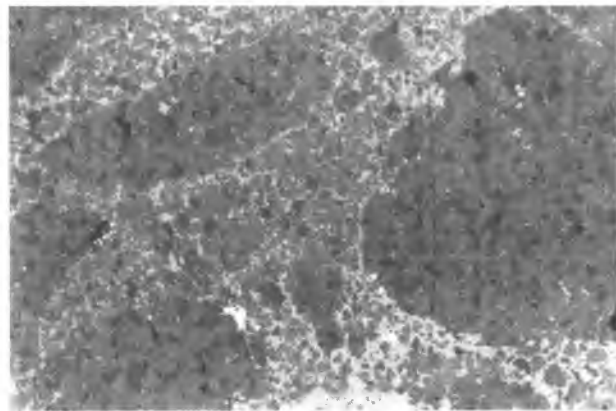
21



22



23



24

Abbildung 23:

"Erzbrekzie". Auf einen großen Brocken aus "Grundmasse", die sehr arm an Zinkblende ist, legt sich eine Schichte reich an Eisenkies + Zinkblende (weiß). Sie enthält oben und rechts Bröckelchen aus der blendearmen Grundmasse und erfüllt rechts den Zwischenraum zwischen dem großen Brocken und dem benachbarten kleineren. Oben Mitte Kieslappen. Der große Brocken enthält, im Bild an der trennenden Tonhaut kenntlich, unten einen älteren, sedimentär aufgearbeiteten, bitumenreicheren Teilbrocken, der aber erst unter + Polarisatoren gut kenntlich wird.

Anschliff 2275, 50 : 1, gewöhnliches Licht.

Abbildung 24:

"Erzbrekzie". Brocken aus zinkblendearmer "Grundmasse" schwimmen in zinkblendereicher Zwischenmasse. Vereinzelt Kieslappen (weiß) und Poren (schwarz).

Anschliff 2275, 50 : 1.

Meinen Mitarbeitern, vor allem Herrn Doz. Dr. J. G. HADITSCH und Herrn Dr. H. WENINGER, aber auch den jüngeren Herren, danke ich für ihre Mithilfe, insbesondere bei der Vermessung, bei der Anfertigung der Lichtbilder und bei vielen Aussprachen.

Schrifttum

- 1) AMPFERER O.: Geolog. Spezialkarte der Republik Österreich, 1 : 75 000, Blatt 4949 (15/VII), Lofer/St. Johann.
- 2) CAROZZI A. V.: Microscopic sedimentary petrography. - Wiley and sons, New York 1960.
- 3) FRENZEL G. u. J. OTTEMANN: Eine Sulfidparagenese mit kupferhaltigem Zonarpyrit von Nuntundamu/Fiji. - Min. Dep. 1, 1967: 307-316.
- 4) FRIEDRICH O. M.: Zur Genesis der Blei- und Zinklagerstätten in den Ostalpen. - N. Jb. Min. Moh. 1964, 2: 33-49.
- 5) FRIEDRICH O. M.: Radnig, eine sedimentäre Blei-Zinklagerstätte in den südlichen Kalkalpen. - Archiv f. Lgstfg. Ostalpen, 2, 1964: 121-164.

- 6) PETTIJOHN F. J. und P. E. POTTER: Atlas and Glossary of primary sedimentary structures. - Springer-Verl., Heidelberg 1964.
- 7) SANDER B.: Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge (Rhythmische Kalke und Dolomite aus der Trias.). - TPM 48, Leipzig 1936: 27-139 und 141-209.
- 8) SANDER B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. 2. Bd., Korngefüge. - Springer-Verl., Wien 1950.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Ing. O. M. FRIEDRICH, Institut für Mineralogie und Gesteinskunde, Montanistische Hochschule, 8700 Leoben.