

V.A.L.L. PROJEKT P 65, Abschlußbericht



GEOLOGISCHE, PETROGRAPHISCHE UND GEOCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN AN
KUPFERLAGERSTÄTTEN UND ANKERITISCHEN KARBONATGESTEINEN IM GEBIET DER
KALWANGER TEICHEN.

von

U.SCHÄFFER und C.BALLHAUS

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
2. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK	2
3. PETROGRAPHIE UND GEOCHEMIE	3
Unterteilung der Grüngesteine	5
Die Banded Iron Formation	6
Nebengesteine der Sulfiderze (Tuffe und Laven, amphibolführende Gesteine)	12
4. GEOCHEMIE	17
5. DIE ERZKÖRPER (Daten aus früheren Bergbauperioden; Erzmikroskopie, Mineralchemie)	19
6. SULFIDE IN KARBONATGESTEINEN	23
A. Allgemeines	23
B. Beschreibung typischer Erze	29
7. LITERATUR	41

1. EINLEITUNG

Untersuchungen von Sulfidvorkommen im Liesingtal schließen an weiter im Westen, im Paltental und im Bereich von Öblarn, im Rahmen der VALL durchgeführte Arbeiten an. Besonderes Augenmerk richtete sich dabei auf zwei Bereiche, nämlich das Gebiet des ehemaligen Kupferbergbaues von Kalwang als ein Beispiel maximaler Erzkonzentration, und auf karbonatische, ankeritführende Abfolgen im Bereich Zeiritzkampel, in denen Sulfide als akzessorische Komponenten auftreten.

Das Hauptgewicht der Untersuchungen lag darauf, mittels umfassender geowissenschaftlicher Methodik alle relevanten Parameter zu erfassen. So beinhalteten die Arbeiten Kartierung im Gelände, und wo möglich, unter Tage, mikroskopische und makroskopische Untersuchungen von Erzen und Nebengesteinen im Durch- und Auflicht, Röntgenfluoreszenz-Analytik der Haupt- und Spurenelemente in Nebengesteinen, und schließlich Mikrosonden-Analytik von Erzen und Silikaten.

Auf dieser Basis gelang es dann, nicht nur eine deskriptive Übersicht der Vererzung und ihrer Stellung in Raum und Zeit zu erarbeiten, sondern darüber hinaus ein genetisches Konzept zu entwerfen, das sich auf ähnliche Vorkommen in diesem Bereich anwenden läßt, und ganz allgemein einen Beitrag zum Verständnis der Bildungsbedingungen schichtgebundener Sulfid-Mineralisationen in der nördlichen Grauwackenzone liefert. Die Ergebnisse sind für die Exploration relevant, da sie erstmals für das Untersuchungsgebiet das Wechselspiel von Sedimentation, Vulkanismus und Tektonik in seiner Bedeutung für Vererzungsvorgänge aufzeigen, und damit Hinweise für die Erkundung hoffiger Bereiche liefern. Insofern entsprechen die Untersuchungen dem Auftrag der VALL, die steirischen Roschoffreserven zu erfassen und der Exploration quantitative Parameter an die Hand zu geben.

Im folgenden werden die Ergebnisse in möglichst knapper Weise, von Geländebefunden über die mikroskopischen zum Labor-Befund fortschreitend, in Übersicht gebracht; wo immer möglich, sind relevante Daten graphisch dargestellt.

2. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Die nördliche Grauwackenzone besteht aus altpaläozoischen Gesteinsserien, wobei im nordöstlichen Liesingtal auch die Basis dieser Serien aufgeschlossen ist. Innerhalb des Arbeitsgebietes im Bereich der Teichentäler sind altpaläozoische Kristallinschollen (Metz, 1937) mit dem darin enthaltenen Kalwanger Gneiskonglomerat und den im Hangenden anschließenden, schwach metamorphen Grauwackenschiefern anzutreffen. Die höher metamorphe Serie des "Quarzphyllites" (Metz, 1967) und die hangend schwächer metamorphen Serien gehören zum Verband der Norischen Decke (Altpaläozoikum) während die Schiefer des Graphitkarbons zur Veitscher-Decke (Jungpaläozoikum) gehören.

Das Konglomerat ist ein Schüttungs-Konglomerat (Daurer und Schönlaub, 1978) und liegt an manchen Stellen direkt dem Altkristallin auf.

Im Hangenden werden die sedimentären Gesteinsserien (Kalwanger Quarzphyllit) mit dem Blassenek-Porphyr oid abgeschlossen. Dieser ist dem oberen Caradoc, oder dem Grenzbereich Caradoc/Ashgill zuzuordnen (Flajs und Schönlaub, 1976). Die Schichtfolge unterhalb, und einschließlich des Porphyr oids gilt als eine tektonische Einheit, die gleichmäßig mit 40-60° nach Nordosten einfällt.

Der Kalwanger Quarzphyllit, der dem Oberostalpin zuzuordnen ist, kann in seiner schwachen metamorphen Entwicklung annähernd dem unterostalpinen Innsbrucker Quarzphyllit gleichgestellt werden. Im mittleren Teilbereich der nördlichen Grauwackenzone, im Gebiet von

Öblarn, liegen ähnliche Verhältnisse vor, wobei der oberostalpine Ennstaler Phyllit, der dem Metamorphosegrad dem Innsbrucker Quarzphyllit ähnlich ist, mit dem mittelostalpinen Wölzer Glimmerschiefern koexistiert.

Die konkordanten Erzlager der nördlichen Grauwackenzone sind am Beispiel Öblarn (Schlüter et al., 1984) auf den Ennstaler Phyllit beschränkt. Die Kalwanger stratiforme Sulfid-Lagerstätte tritt in den bisher als oberostalpin bezeichneten Serien des Kalwanger Quarzphyllits auf.

3. PETROGRAPHIE UND GEOCHEMIE

Die Grünschiefer-Serien im Kalwanger Gebiet wurden früher zum Teil als Rekristallisations-Produkte des Blasseneck-Porphyroids interpretiert (Hammer, 1924). Sonst wurden schiefrige Gesteine als Sedimente gedeutet; die Erze seien, den sedimentären Schichtflächen folgend, pneumatolytisch injiziert; den erforderlichen Magmatismus glaubte man in Aplitgängen zu erkennen. Der Nachweis von magmatisch gebildetem Pyroxen im Kalwanger Grünschiefer (Canaval, 1898) änderte nichts an dieser Interpretation.

Schon im Zuge der Geländearbeiten wurde deutlich, daß die bis vor kurzem geltende Interpretation der Kalwanger Quarzphyllite als metamorphe Äquivalente von Sedimenten (Metz, 1967) nicht aufrecht erhalten werden kann. Neue Aufschlüsse ermöglichten die Erkennung umfangreicher Grüngesteins-Areale (Abb.1). Diese Grüngesteine gehen auf vulkanische Edukte zurück; diese Erkenntnis ist für genetische Überlegungen von beträchtlicher Bedeutung. Im Hangenden der grünschiefer-metamorphen Grünsteinserie treten weiße Marmore hinzu, die absolut fossilfrei sind, und deren Entstehung auf ein anorganisches Edukt im Heißwasser-Milieu zurückgeführt werden kann. In diese Serie

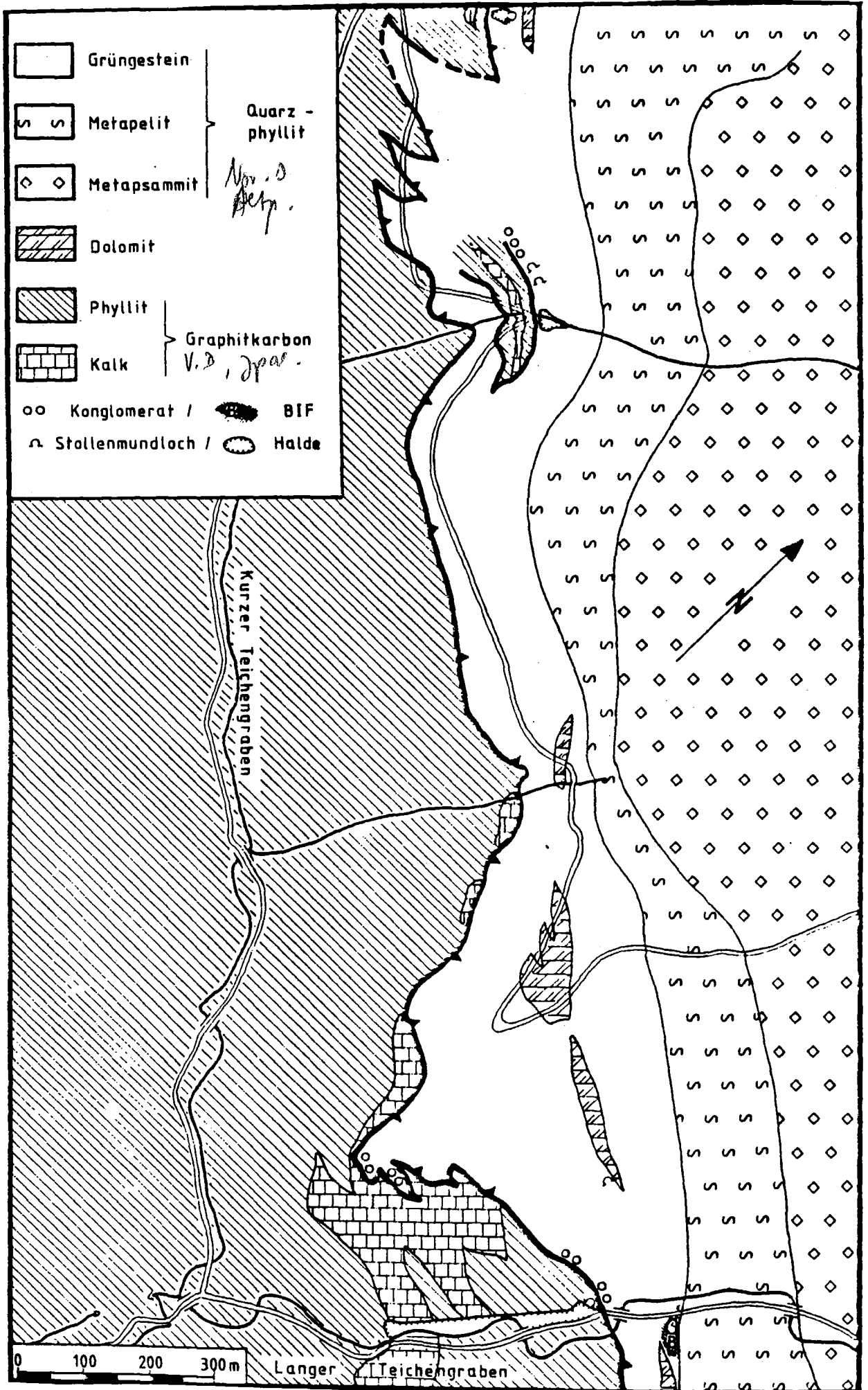


Abb. 1: Geologische Karte des Lagerstätten-Bereiches Teichentäler bei Kalwang.

metamorpher vulkanosedimentärer Produkte, die auf verschieden intensive vulkanische Aktivität hindeuten, sind die sulfidischen Vererzungen eingeschaltet. Es ist charakteristisch für die Kalwanger Vererzung daß sie strikt stratigraphisch an das genannte Niveau gebunden ist.

Die im Hangenden der Grünsteinserie folgenden, serizitisch-feinschuppigen Schiefer, die von Metz (1967) und Hammer (1924) zwar erwähnt, jedoch stratigraphisch nicht eingeordnet wurden, können als nicht vergrünte Metapelite bezeichnet werden.

Die diesen eingeschalteten Granatlagen, sowie die im Hangenden der Grünsteinserie gelegene "Banded Iron Formation" stellen interessante Besonderheiten dar und werden im folgenden gesondert behandelt.

Die Grüngesteine können in fünf Gruppen unterteilt werden:

- A) Metabasite (reine Orthokomponente)
- B) Metatuffite (Mischung aus A und C)
- C) Metapelite (reine Parakomponente)

dazu kommen die Hangendserien der nicht vergrüntem Gesteine:

- D) Metapelite
- E) Metapsammite.

Die "Banded Iron Formation" ist von besonderem Interesse, da ähnliche Abfolgen als integraler Teil vulkano-sedimentärer, vererzter Abfolgen weltweit bekannt sind. Solche wurden z.B. von Broken Hill, New South Wales (Stanton, 1976) und von Gamsberg, Südafrika (Rozendaal und Stumpfl, 1984) beschrieben. Typische BIF Texturen sind in Abb. 2 und Abb. 3 illustriert; der deutliche Lagenbau und die Verbreitung von - wie die Mikrosonden-Analyse zeigt, manganreichem - Granat sind typisch.



Abb. 2: "Banded Iron Formation" (BIF) von Kalwang. Typisches Lagen-Gefüge, schwarz = Magnetit, weiß = Mangan-Granat (Spessartin). Bildbreite: 8 cm.

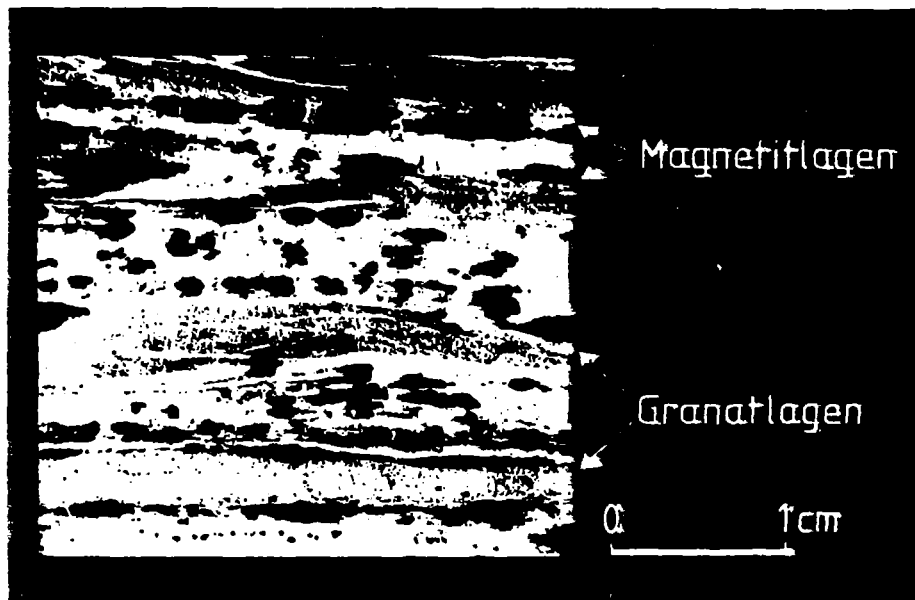


Abb. 3: Lagen-Gefüge in Kalwanger BIF, Skizze nach Dünnschliff; weiß = Spessartin, schwarz = Magnetit.

Der Chemismus von BIF wird nach Stanton (1976) im Dreiecks-Diagramm Si-Al-Fe(+Mn) dargestellt. Analysen der Kalwanger BIF fallen in den Bereich "Broken Hill, N.S.W." (Abb. 4).

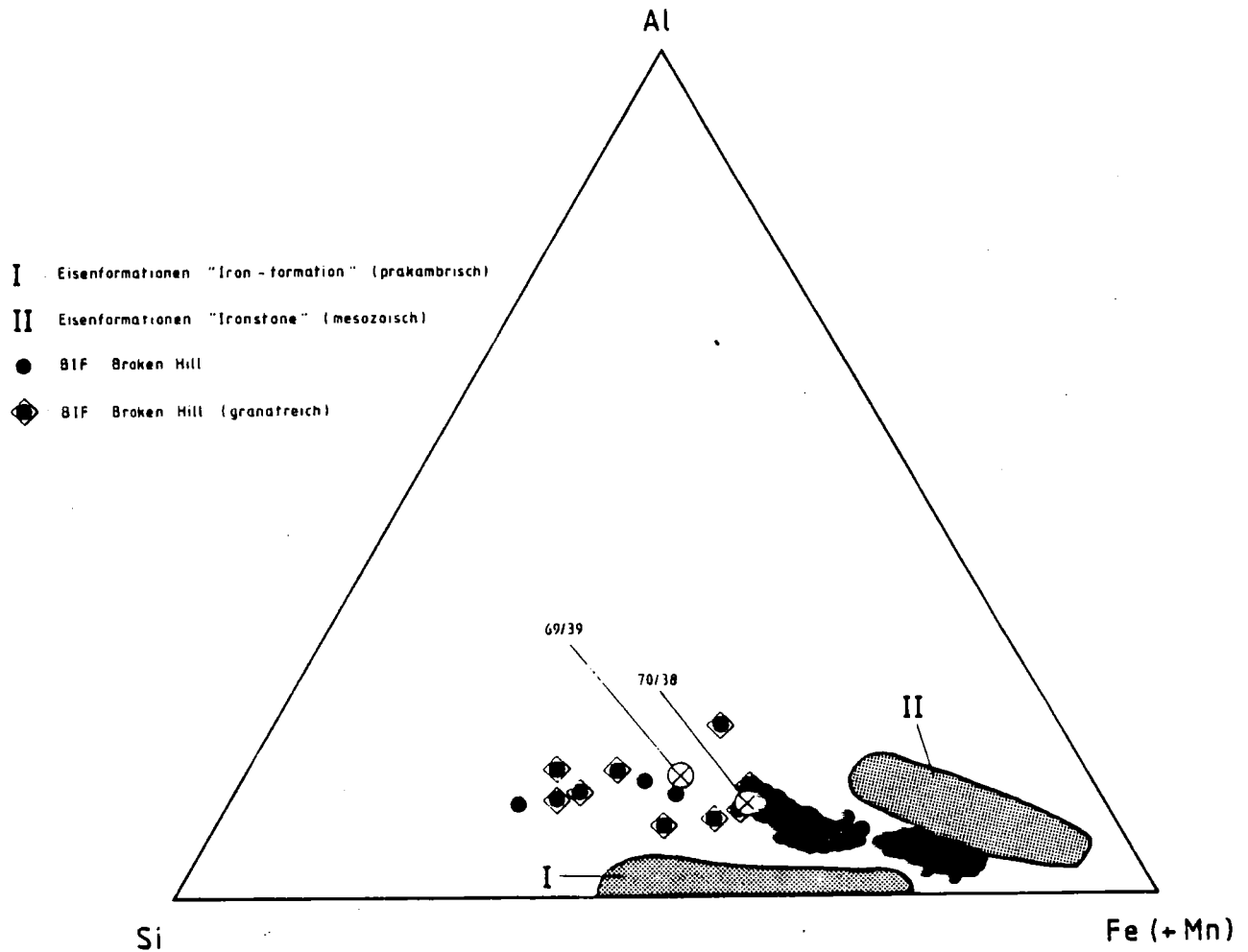


Abb. 4: Röntgenfluoreszenz-Analysen der Kalwanger BIF im Dreiecksdiagramm Si-Al-Fe(+Mn).

Die Entstehung der Banded Iron Formation von Kalwang kann auf sedimentäre Ausgangsgesteine zurückgeführt werden. Dafür sprechen

sowohl makroskopische, wie auch mikroskopische Beobachtungen. Feine und feinste Granatkristalle (Mikrosonden-Analysen, Tab. 1) jeweils gleicher Korngröße zeichnen lagenweise sedimentäre Schrägschichtung nach. Die Analysen zeigen, daß es sich hier um fast reinen Spessartin, also Mangan-Granat handelt.

Tabelle 1: MIKROSONDENANALYSEN VON GRANATEN

Probe	FeO*)**	Al ₂ O ₃ *	MgO*	SiO ₂ *	CaO*	MnO*	Summe*
70 1-1	9.50	20.03	0.41	37.28	2.89	30.12	100.23
70 1-2	10.02	20.65	0.57	37.30	1.79	30.75	101.08
70 1-3	9.87	20.76	0.59	37.30	1.85	29.85	100.34
203 -1	19.04	21.25	0.45	37.64	5.06	17.42	100.87

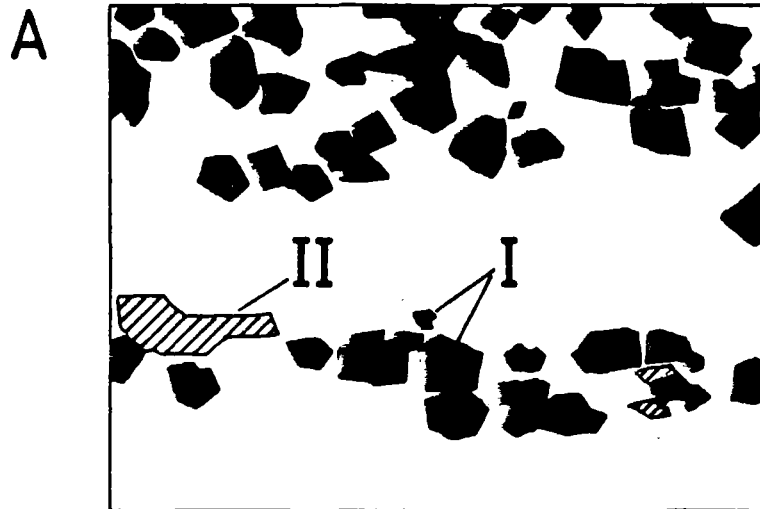
* Die Angaben sind alle in Gewichts %.

)** Unter der Voraussetzung, das Gesamtisen sei ausschließlich als Fe 2+ im Granat gebunden.

Der mit Röntgenfluoreszenz-Analytik bestimmte Gesamtgesteins-Mangan-gehalt der BIF liegt in der Größenordnung von 5.5 Gew.% MnO; dies ist fast ausschließlich an die Granatphase gebunden. Ähnliche Ergebnisse publizierte Stanton (1976) von der BIF, die zur stratiformen Sulfidlagerstätte Broken Hill, N.S.W., gehört. Das von Stanton erkannte und vielfach belegte Prinzip der isochemischen Metamorphose ist auch auf die Kalwanger Lagerstätte anzuwenden. Von besonderer Bedeutung ist dabei, daß der oft geforderte metasomatische Stofftransport über große Entfernungen hinweg, und der Einfluß metamorpher Durchbewegung für die Mobilisation von Metallen wegfallen, sobald man diese Lagerstätten als das Produkt prämeta-morpher sedimentärer chemischer Variationen erkennt.

Als Ausgangssubstanzen für den Granat kommen Tonminerale chamo-sitischer bis thuringitischer Zusammensetzung in Frage. Der Mangan-gehalt kann durch submarine hydrothermale Aktivität, die letztlich auch zur Bildung der Sulfid-Lagerstätte führt, zugeführt worden sein. Die weltweit inzwischen als wichtige Indikatoren für die Exploration erkannten Manganhöfe gehen genetisch auf ähnliche Vorgänge zurück.

Die mikroskopische Verteilung von Mangan in der BIF ist in Abb. 5 dargestellt; dabei zeigt Bild A die Verteilung von Spessartin und Pyrophanit, Bild B ein mit der Mikrosonde aufgenommenes Scanning-Bild der Manganverteilung.



Skizze zu B



Mn - Scan

0 0.08 mm

Abb. 5: Mikroskopische Verteilung von Mangan in Kalwanger BIF.
A: Spessartine = I, Pyrophanit = II
B: Mikrosonden-Scanning für Mangan.

Ein Vergleich der Granatanalysen aus der Kalwanger BIF, und aus Granaten der BIF von Broken Hill ist in Abb. 6 in Übersicht gebracht. Von niedrigeren Magnesiumgehalten abgesehen, besteht weitgehende Übereinstimmung in der Zusammensetzung.

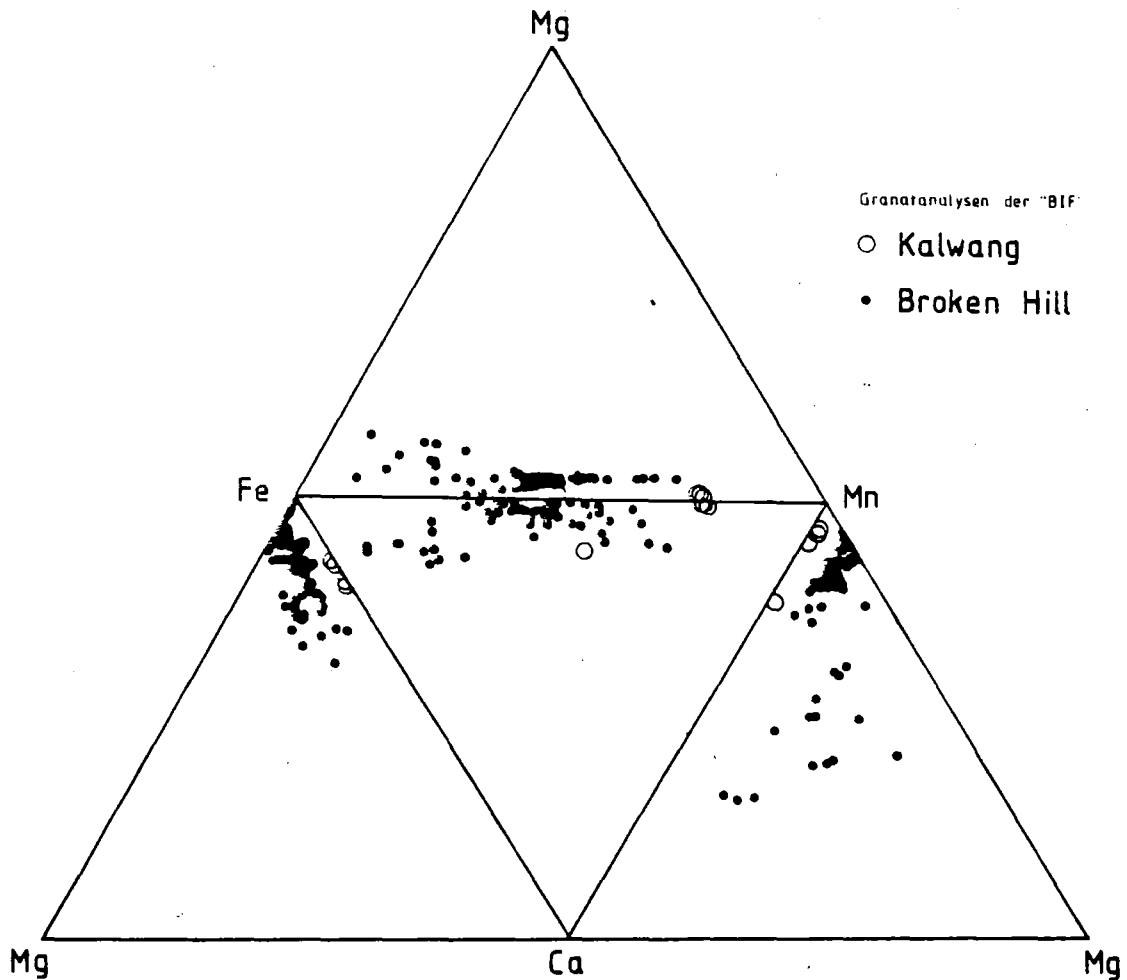


Abb. 6: Mikrosonden-Analysen von Granat der Kalwanger BIF verglichen mit Granat-Zusammensetzungen von Broken Hill, N.S.W.

Das geochemische Profil der Kalwanger Banded Iron Formation (Profil C, Abb. 7) läßt erkennen, daß die BIF von Metasedimenten (Gesteinsgruppe C) stratigraphisch eingerahmt wird. Die signifikante Zunahme von CaO, MnO, und FeO+Fe₂O₃ im Bereich der BIF entspricht einem SiO₂-Defizit.

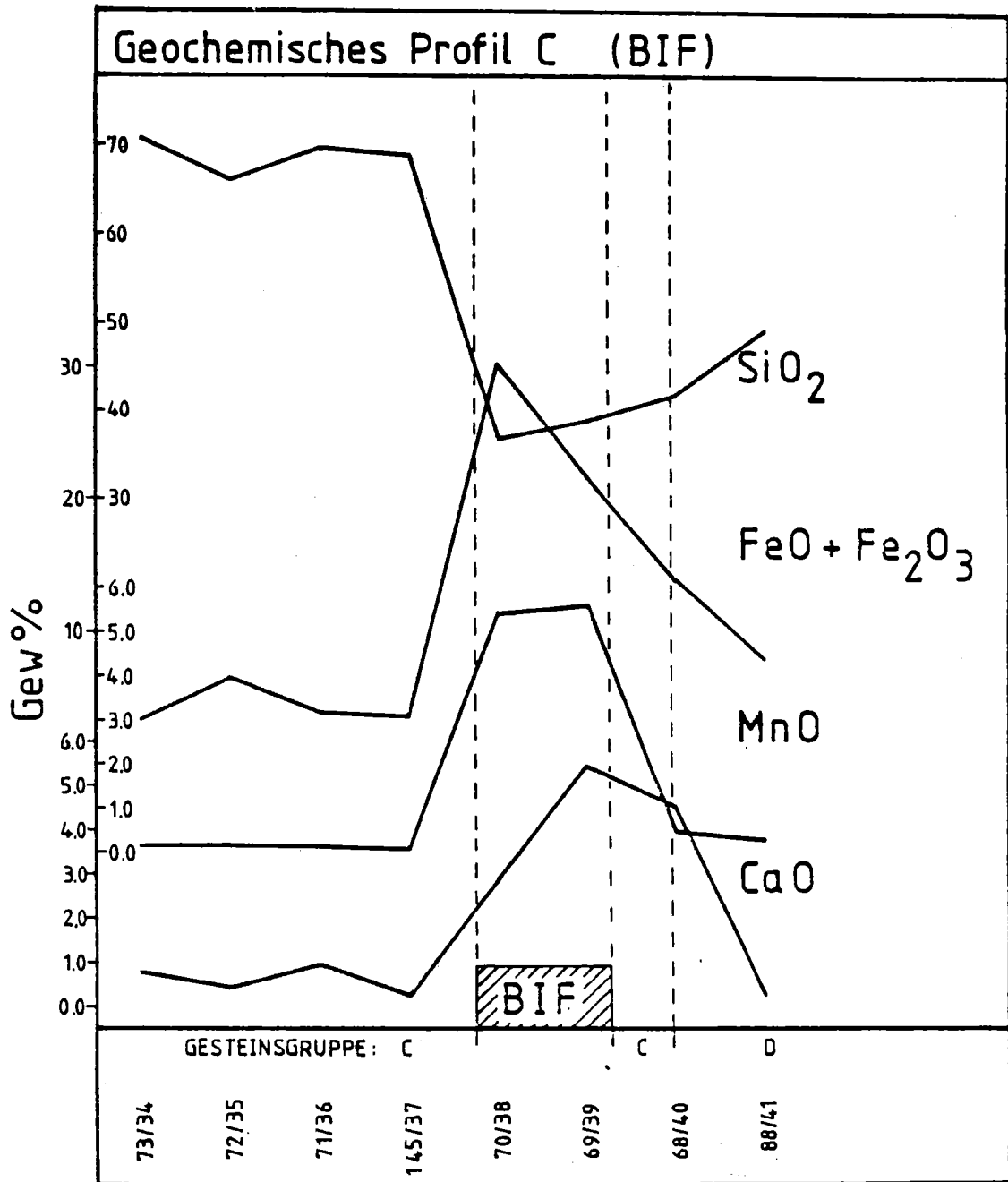


Abb. 7: Geochemisches Profil durch die Kalwanger BIF. Man beachte den deutlichen Anstieg von Fe und Mn.

NEBENGESTEINE DER SULFIDERZE

a) Tuffe und Laven

Die in der Grünsteinserie vertretenen reinen Orthogesteine sind weithin auf Tuffe zurückzuführen. Submarine Rutschungstexturen sind zum Teil erhalten und weisen auf Absatz in relativ seichem Wasser hin.

b) Amphibolführendes Gestein

Diese Variante der Grünsteinserie ist durch einen sehr hohen Anteil an ferrotschermakitischer Hornblende ausgezeichnet. Biotit fehlt weitgehend, und dies wird auf die niedrigen Kalium-Gehalte der Orthogesteine zurückgeführt.

Chloritreiche Schiefer und amphibolführende Grüngesteine sind die im Kalwanger Bereich dominierenden Typen von Grüngesteinen.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, darauf hinzuweisen, daß trotz der schon von Canaval (1898) erwähnten primärmagmatischen Augitreste das Konzept einer Ortho-Natur der Kalwanger Grüngesteine in der Folgezeit nicht berücksichtigt wurde. Makroskopisch schon lassen sich jedoch drei Gefügetypen unterscheiden: Hypokristalline bis vitrophyrische Gesteine (Tuffe), Hyaloklastite mit Einsprenglingen, und schließlich ophitisch intergranulare Gesteine. Fluidaltextures werden häufig durch die Albitverteilung in einer Glasmatrix nachgezeichnet. Intersertales Gefüge kann durch Verschränkung von Epitot-Einsprenglingen entstehen. Feldspat-Porphyroblasten sind in den Grüngesteinen verbreitet und werden zum Teil auch basischen Ausgangsgesteinen zugeschrieben. Die Tatsache, daß sämtliche analysierten Feldspäte, mit einer Ausnahme, reine Albite sind (Tab. 2) wird auf Albitisierung im Zusammenhang mit der Mineralisation zurückgeführt. In ähnlicher Weise konnten Reimann und Stumpfl (1985)

Albite aus vererztem Milieu in der Kreuzeck-Gruppe von solchen in größerer Entfernung von Vererzungen, aufgrund sehr niedriger Kalziumgehalte unterscheiden.

Tabelle 2:

MIKROSONDENANALYSEN VON FELDSPÄTEN

Probe	CaO*	K ₂ O*	Na ₂ O*	FeO*	SiO ₂ *	Al ₂ O ₃ *	Summe*
55 2-A	0.16	0.05	11.88	0.03	67.16	19.35	98.62
55 2-B	0.29	0.06	11.63	0.09	66.63	19.13	97.83
55 1	7.02	0.21	8.08	0.07	66.08	19.02	100.47
103 1	0.18	0.13	11.78	0.30	67.74	19.27	99.40
167 2	0.11	0.12	11.55	-**	68.16	19.28	99.22
167 3	0.02	0.12	11.49	-**	68.24	19.37	99.23
167 3***	0.02	0.13	11.51	-**	65.32	19.26	96.24
1 -1***	0.30	0.06	11.24	0.06	65.80	18.94	96.40
1 -2	0.24	1.56	10.20	0.03	66.87	19.38	98.29
212 1-2	0.12	0.06	11.50	0.02	67.40	19.51	98.61

* Gew. %

** nd

*** Korngröße; s. Text

Diagnostische analytische Daten für Grüngesteine wurden in Abb. 8 in Übersicht gebracht. Dabei sind Metabasite von Paragesteinen gut zu unterscheiden. Zum Vergleich sind Grüngesteine aus der Walchener Lagerstätte, sowie solche aus Spliten Norddeutschlands in Übersicht gebracht. Auch die Paragesteine enthalten sichtlich einen nicht unbeträchtlichen Anteil vulkanischer Komponenten.

Die Ergebnisse der Röntgenfluoreszenz-Analytik wurden auch in Niggli-Diagrammen (Abb. 9-11) in Übersicht gebracht. Hier zeigt sich, daß die Kalwanger Metatuffite durchaus noch dem magmatischen Differenziationstrend folgen, aber durch sedimentäre Verdünnung in Richtung des pelitischen Feldes verzerrt sind. Hier sei daran erinnert, daß nahezu senkrecht zum magmatischen Trend die rein sedimentäre Entwicklung mit steigendem Dolomit-Gehalt von Pelit bis Dolomit abzulesen ist.

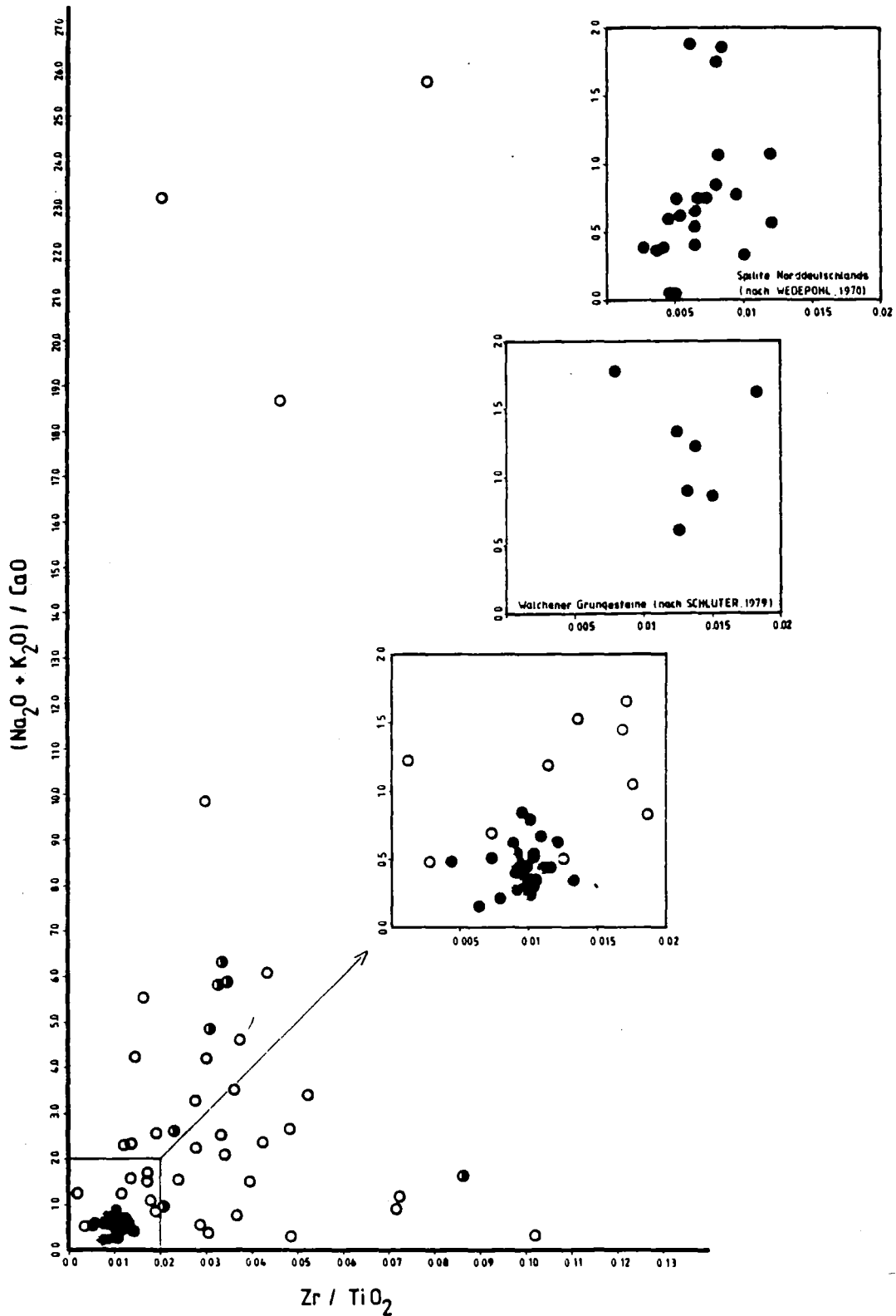


Abb. 8: Korrelationsdiagramm KALWANGER Gesteinsproben mit eingetragenen Vergleichsdaten.

- Metabasite (s. Kap.:7.1.1), ○ Paragesteine
- ◐ Paragesteine in unmittelbarer Erznahe

Auf diese Weise war es möglich, mit relativ großer Sicherheit die Trennung von Metavulkaniten, von Mischgesteinen mit orthogenen und paragenen Komponenten, und schließlich von Gesteinen rein sedimentärer Herkunft durchzuführen. Die Untersuchungen haben auch gezeigt, daß Analysen von Gesteinen aus dem Edmundistollen vorwiegend orthogener Natur sind; dies weist darauf hin, daß die sulfidischen Erzlagen vorzugsweise in vulkanischen Gesteinen zum Absatz kamen.

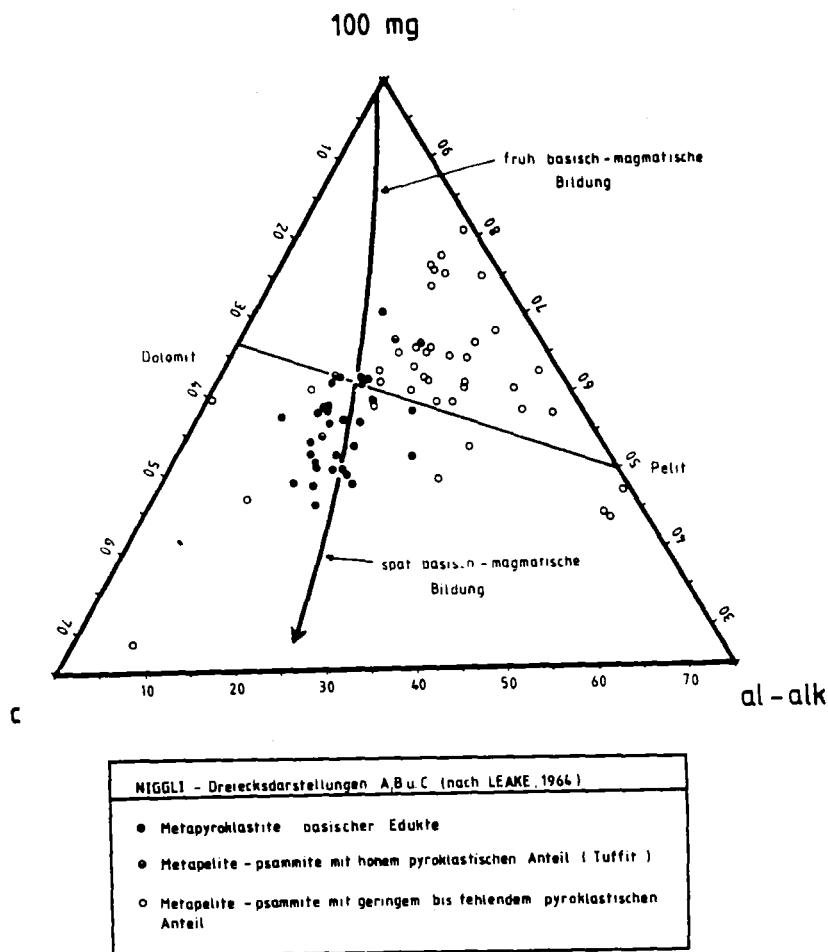


Abb. 9: Metapyroklastite und Metapelite von Kalwang im Niggli-Dreieck. Der magmatische Differentiationstrend ist erkennbar, jedoch etwas in die Richtung der Pelite verschoben ("sedimentäre Verdünnung").

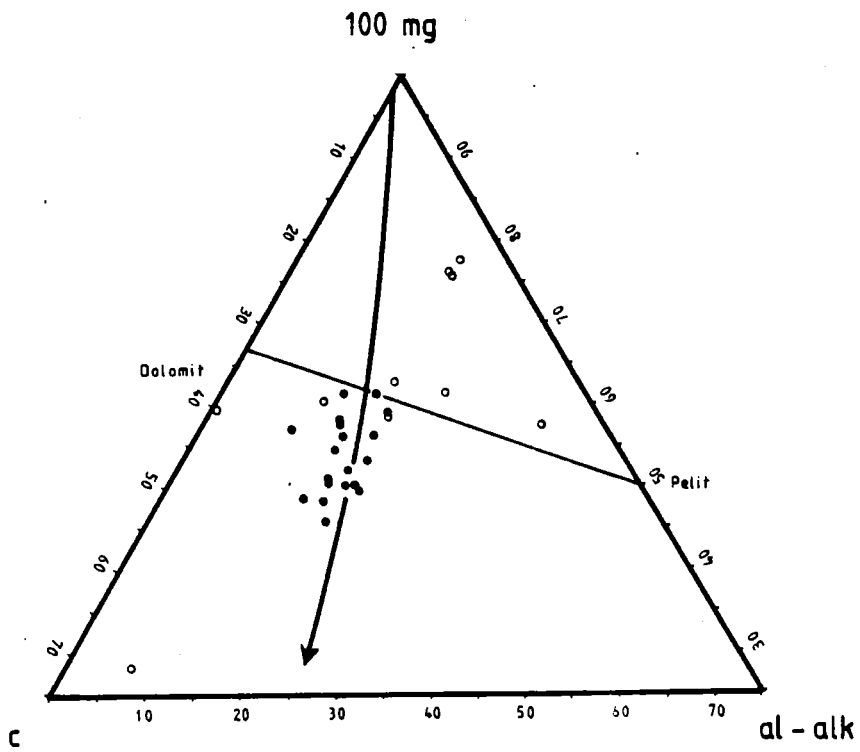


Abb. 10: Niggli-Werte Dreieck der Gesteine des Edmundistollen

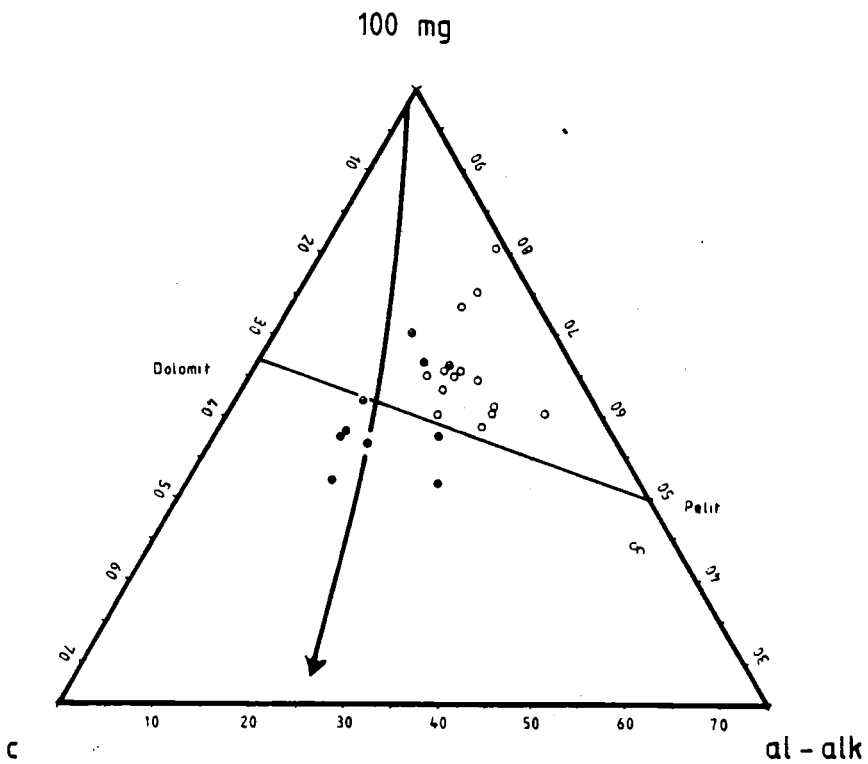


Abb. 11: Niggli-Werte Dreieck der Gesteine des Sebastianistollen

4. GEOCHEMIE

Die Einteilung der Kalwanger Metabasite im petrologischen Sinn ist sowohl systematisch, wie auch für die Exploration von Interesse. Diese erfolgte anhand stabiler Haupt- und Spurenelemente, deren Gehalte mit Röntgenfluoreszenz-Analytik ermittelt wurden. Dabei zeigte sich, daß Spurenelemente wie Ti, Zr, Y, Nb, V, Zr, Ni und teilweise auch Sr trotz Metamorphose der Grünschiefer-Fazies weitgehend immobil sind. In gewissem Rahmen könne jedoch Y und Nb im Zuge hydrothormaler Aktivität mobil sein (Finlow-Bates und Stumpfl, 1981). Aufgrund der im vorhergegangenen Kapitel dargelegten Abtrennung von orthogenen und paragenen Grüngesteinen können nun die reinen Metavulkanite auf ihren Ursprung untersucht werden. Das in Abb. 12 benützte Diagramm nach Floyd und Winchester (1978) ermög-

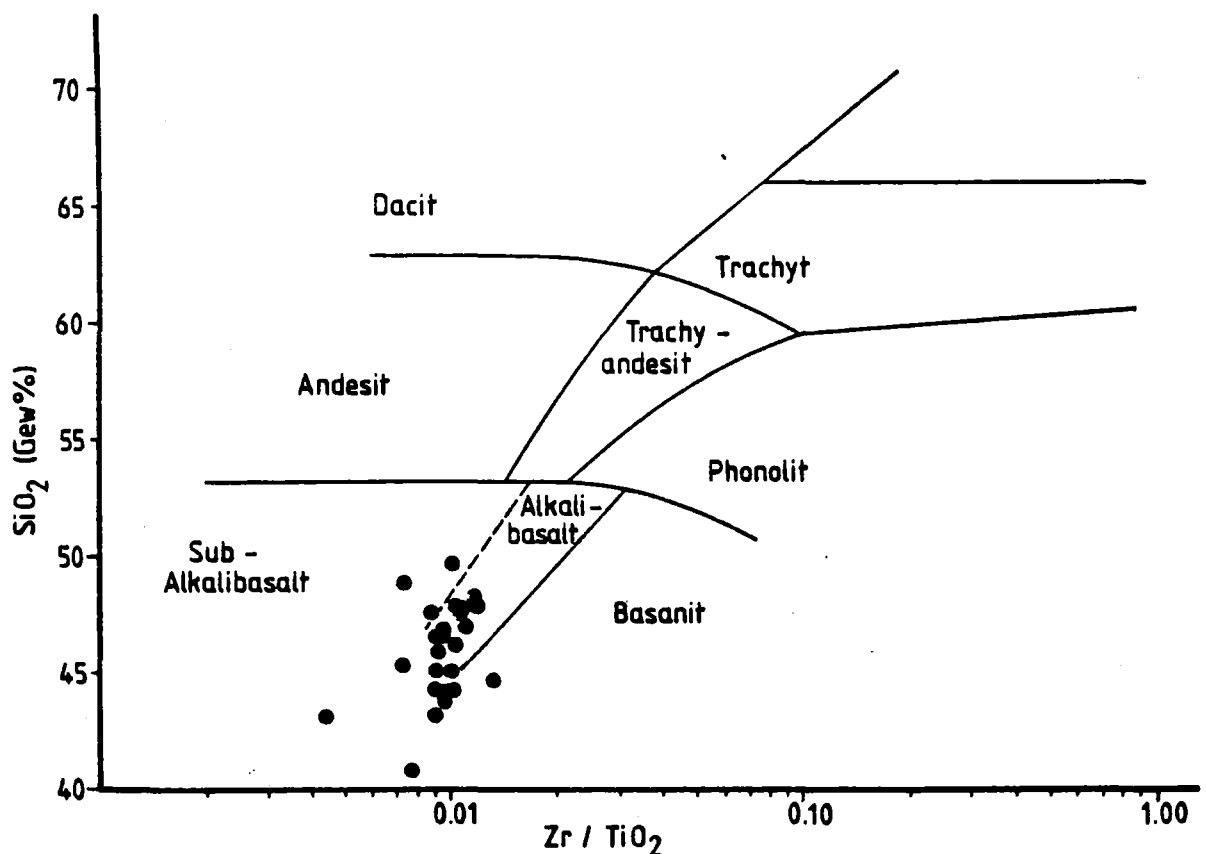


Abb. 12: Die Kalwanger Metabasite sind weithin alkalibasaltischer Zusammensetzung (Diagramm nach Floyd und Winchester, 1978)

licht die Identifikation von Ausgangsgesteinen metamorpher Äquivalente. Die Kalwanger Orthogesteine (Gesteinsgruppe A) fallen in das Feld alkalibasaltischer Zusammensetzung; dieses läßt keinen eindeutigen magmatischen Differenziations-Verlauf erkennen. Gegenüber dem Sub-Alkalifeld besteht keine klare Abgrenzung. Nun erhebt sich die Frage nach einer möglichen plattentektonischen Zuordnung dieser basaltischen Gesteine, und als ein erster Schritt ermöglicht das von Beccaluva et al. (1979) entworfene Diagramm (Abb. 13) eine Unterscheidung von Inselbogen und Ozeanboden-Tholeiiten. Die Analysen von Kalwanger Metabasiten besetzen ausschließlich das Ozeanboden-Tholeiitfeld.

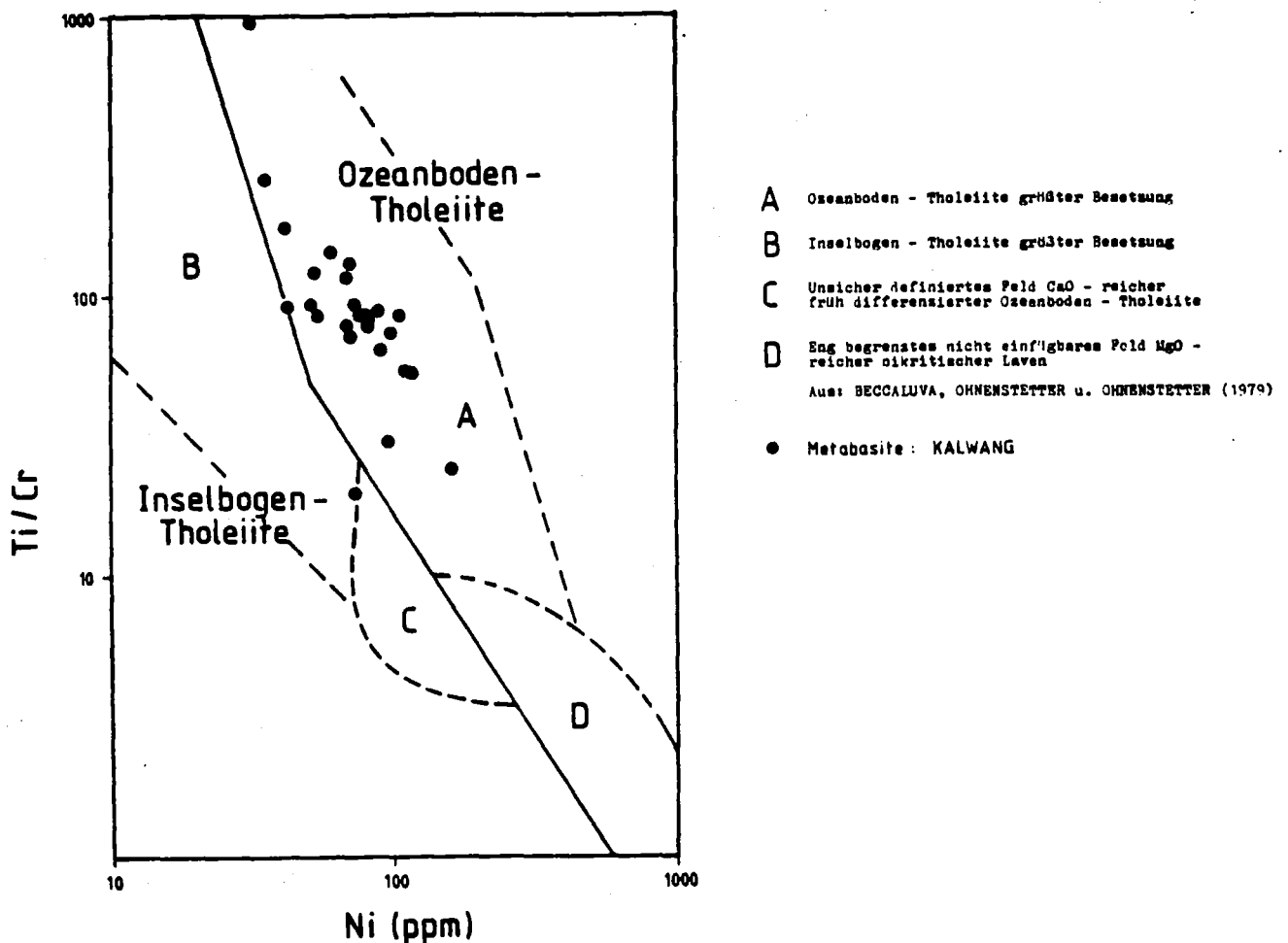


Abb. 13: Die Kalwanger Metabasite im "Beccaluva-Diagramm".

Die gesamtgeologische Position der Kalwanger Lagerstätte läßt vermuten, daß die tholeiitischen Vulkanite an eine beginnende Ozeanbodenbildung in einem interkontinentalen Riftbereich gebunden sein dürften.

5. DIE ERZKÖRPER

a) Daten aus früheren Bergbauperioden.

Die Kieserzkörper sollen von Südosten nach Nordwesten zu zunehmend kupferkiesreicher geworden sein (Kallai, 1916). Damals konnte sogar monomineralisch Kupferkies in der zementativen Zone beobachtet werden. Nach Pienn (1977) belief sich der Anteil der reichen "Gelberze" mit ca. 8 % Cu auf 19 % der Produktion, der Kieserze mit 1 % Cu auf etwa 25 % der Produktion und der Mittelerze mit ca. 1.5 % Cu auf 56 % der Produktion. Die Bezeichnung Gelberze bezieht sich auf Erztypen, wie sie auch heute noch im Sebastianistollen gefunden werden können. Aus der Bergbauperiode von 1850 bis 1859 (Canaval, 1898) ist bekannt, daß in dieser Zeit die Kupfergehalte des Fördererzes durchschnittlich bei 2,68 % lagen.

b) Erzmikroskopie und Mineralchemie

Die wichtigsten, in der Kalwanger Lagerstätte vorkommenden opaken Minerale sind in Tab. 3 in Übersicht gebracht. Daraus ist erkenntlich, daß Pyrit, Kupferkies, Magnetkies und Magnetit die wichtigsten Komponenten sind.

Tabelle 3: Erzminerale der Kalwanger Lagerstätte

Sulfide	Elemente	Oxide
Pyrit***	Graphit---	Magnetit**
Kupferkies*		Hämatit*
Magnetkies*		Ilmenit*
Zinkblende-		Pyrophanit-
Cubanit--		Rutil--
Bleiglanz--		

*** Hauptbestandteil, ** wichtiger Bestandteil, * mäßig verbreitet
- untergeordnet, -- wenig, --- äußerst selten.

a) PYRIT

Pyrit ist die am weitesten verbreitete Komponente der Kalwanger Erzkörper. Trotzdem gibt es Bereiche, in denen er stark zurücktritt und sogar fehlt. Im Bereich des Edmundistollens dominiert weithin monomineralisch Pyrit; andere Sulfide sind nur akzessorisch. Im Gegensatz dazu ist es bemerkenswert, daß die Sebastiani-Vererzung weitgehend Pyrit-frei ist, und überwiegend Magnetkies führt. Erzmikroskopisch können fünf verschiedenen Typen von Pyrit unterschieden werden:

- Typ I: Idiomorphe Körner mit silikatischen und sulfidischen Einschlüssen.
- Typ II: Körner reich an feinsten Einschlüssen mit isometrischer Kornbegrenzung.
- Typ III: Skelettförmige Pyritkristalle
- Typ IV: Porphyroplasten-Siebttextur, keine deutliche Idiomorphie.
- Typ V: Pyritische "birds-eye"-Strukturen.

Die älteste Pyritgeneration geht auf Sammelkristallisation im Zuge der Metamorphose zurück. Starke Kataklyse ist im Pyrit weit verbreitet, und weist auf metamorphe Einflüsse hin.

Tabelle 4: MIKROSONDENANALYSEN VON PYRITEN

Probe	Typ	Fe [#]	S [#]	Cu [#]	Ni [#]	Cu [#]	Summe [#]
C1A	V	46.17	51.16	0.05	0.05	0.0	97.42
K 1-8	I	46.52	52.82	0.07	0.02	0.0	99.42
K 2-10	I	46.12	52.71	0.38	0.04	0.0	99.25
102 -1	I	46.43	51.52	0.05	0.00	0.0	98.01
102 -2	I	46.78	52.10	0.05	0.02	0.0	98.95
P -1	I	46.24	51.41	0.08	0.00	0.0	97.72

[#] Die Angaben sind alle in Gewichts %.

Mikrosonden-Analyse von Pyriten (Tab. 4) zeigt Nickelgehalte von wenigen 100 ppm, und Kobaltgehalte in der selben Größenordnung, die nur in einer einzigen Probe, K 2-10, mit 0,38 % Kobalt höher liegen. Diese Werte stimmen ausgezeichnet mit Daten aus anderen schichtgebundenen Sulfiderz-Lagerstätten überein. Die niedrigen Nickel- und Kobaltgehalte gelten weithin als ein geochemischer Indikator für synsedimentäre Sulfid-Lagerstätten. Hydrothermale und magmatische Pyrite enthalten wesentlich höhere Gehalte an diesen Elementen.

b) KUPFERKIES

Kupferkies ist das zweithäufigste Erzmineral in der Lagerstätte. Die Konzentration von Kupferkies wechselt von Erzkörper zu Erzkörper und ist in der Sebastiani-Vererzung mit etwa 50 % CuFeS_2 am höchsten, erreicht in der Edmundi-Vererzung im Abbaubereich 4 nur 20 %, und sinkt in den Abbaubereichen 1-3 dann auf weniger als 5 Vol.%. Kupferkies ist sowohl im mikroskopischen Bild wie analytisch gesehen homogen und zeigt keinerlei Besonderheiten. In den mikroskopischen Gefügebildern zeigt Kupferkies eine Vielzahl von verschiedenen Erscheinungsformen, die auf die hohe Rekristallisations-Fähigkeit des Kupferkieses (Ramdohr, 1975) und auf seine beachtliche Mobilität bei metamorpher Beanspruchung (Pedersen, 1981) zurückgehen.

c) MAGNETKIES

In der Sebastiani-Vererzung erreicht Magnetkies bis zu 50 Vol.%, in den anderen Vererzungsbereichen kommt er nur in geringen Konzentrationen vor. In der Sebastiani-Vererzung treten zwei Generationen von Magnetkies auf. Rekristallisation während der Metamorphose erklärt das Fehlen von Zerknitterungs-Lamellen in der älteren Magnetkiesvariante. Magnetkies wird als primär-sedimentäre Fällung interpretiert; Finlow-Bates et al.(1977) haben gezeigt, daß die vielfach geäußerte Ansicht, Magnetkies in sedimentären Lagerstätten sei eine sekundäre Bildung, nicht den Tatsachen entspricht. Mikrosonden-Analysen von Magnetkies zeigen Nickel-Gehalte, die unter der Nachweisgrenze (0,005 %), und Kobaltgehalte in der Größenordnung von 0,02-0,06 %. Auch das sind Werte, die allgemein als charakteristisch für sedimentäre Magnetkiese gelten. Als seltene Nebengemengteile kommen Cubanit und Zinkblende vor. Als genetisch interessant ist das seltene, auch charakteristische Vorkommen von Graphit zu nennen. Dieser weist auf geringe Sauerstoff-Fugazität im Bildungsmilieu hin.

d) MAGNETIT

Disseminierte oxydische Erze aus dem Liegendbereich beider Erzkörper (Sebastiani und Edmundi) zeigen Magnetit als dominierende opake Phase. Quantitativ gesehen, sind diese Magnetitvorkommen jedoch nicht wesentlich.

6. SULFIDE IN KARBONATGESTEINEN

Die Untersuchung von polierten Dünnschliffen ankerit-haltiger Erze aus dem Bereich des Zeiritzkampels (nordöstlich von Kalwang) läßt stete, wenn auch nie wirtschaftlich interessante Sulfidführung erkennen. Dabei ist Pyrit weithin das einzige Sulfid; Magnetkies kommt nur gelegentlich in kleinen Mengen vor. Beide werden häufig in Fe-Hydroxyde umgewandelt. Ganz selten treten in geringen Mengen Kupfersulfide wie Covellin auf. Im folgenden werden einige charakteristische Schliffbeschreibungen gegeben, wobei auch das Auftreten von Quarz, Kalk und Eisenhydroxyden von besonderem Interesse ist.

A. Allgemeines:

Alle Gesteine sind aus folgenden Komponenten aufgebaut:

1. Porphyroblastische Ankerit-Körner: Ankerit-Kristalle verwachsen in deutlich metamorphen Gefüge mit "triple grain boundaries" zwischen Einzelkristallen, und zum Teil intensive Verzahnungen an Korngrenzen. Einzelne Kristalle erreichen eine Größe um 1 mm (im Bereich von etwa 0.25 bis 1.5 mm). Meist deutliche Hinweise auf tektonische Beanspruchung in Form von undulöser Auslöschung und Verbiegungen von Zwillingslamellen.

Porphyroblastische Bereiche sind weithin monomineralisch aufgebaut, keine nennenswerten Verunreinigungen durch akzessorische Bestandteile. Selten kleine (um 20 μm große) Einschlüsse von Quarz, und extrem selten Sulfide (siehe Einzelbeschreibungen). Die meisten porphyrischen Ankeritkörner enthalten feinstkörnige Durchstäubungen von Fe-Mineralen (Hydroxide) mit Größen weit jenseits des optischen Auflösungsvermögens des Mikroskopes. Diese Durchstäubungen sind nur deshalb deutlich, da der Ankerit an Korngrenzen ganz leicht rekristallisiert; entlang der Korngrenzen gibt es keinerlei Verunreinigungen mehr. Es könnte sich bei diesen "gereinigten" Säumen um porphyroblastische Ankeritkörner auch um ein diagenetisches Weiterwachstum handeln. Die Säume sind mit Kernen in optischer Homogenität.

2. Granulationen: Hier sind die Ursprünglich porphyroblastischen Ankerite durch sekundäre tektonische Beanspruchung stark granuliert, d.h. in kleine gerundete Kristallite aufgelöst.

Die Größe der Einzelkristalle liegt um etwa 50 μm (zwischen 5 und etwa 100 μm). Zwischen den Einzelkörnern sind ausschließlich sekundäre Kontakte; d.h. feinkörnige Ankerite schwimmen in einer feinstkörnigen Grundmasse aus Karbonat-Mineralen, Fe-Hydroxid, und z.T. Talk. Stellenweise Bereiche mit bis zu 50 Vol.% Quarz in granularer Anordnung mit Ankerit. Quarz erreicht Größen ebenfalls um etwa 50 μm und enthält häufigst sehr kleine Einschlüsse von Karbonat-Mineralen.

Granulierte Bereiche sind immer eng durchzogen von kleinen Gängen mit Fe-Hydroxiden, Talk (häufig bedeutende Mengen, z.T. monomineralische Talk-Gänge), und Sulfiden (siehe unten). Quarz tritt in diesen Gängen in den meisten Schliffen deutlich zurück. Im Kontakt zu prominenteren Quarzanhäufungen scheinen die Ankerit-Körner stärker zu rekristallisieren und sind allgemein reiner (kaum noch Durchstäubung mit Fe-Hydroxiden).

Häufig deutliche tektonische Einregelung der sekundären Ankerite.

3. Allgemeine Korrelationen zwischen Punkt 1 und 2: In allen Schliffen liegen stark wechselnde Proportionen von porphyroblastischem und granuliertem Ankerit vor. Im Falle eines hohen Anteiles an granulierter Komponente beobachtet man
- a. hohen Anteil an Sulfiden, Quarz und Talk, plus Verunreinigungen durch Fe-Hydroxide;
 - b. Inseln porphyroblastischer Ankerite sind sehr viel reiner, die Einzelkristalle enthalten fast keine Quarz-Einschlüsse und sind weitgehend frei von feinstkörnigen Durchstäubungen mit Fe-Hydroxiden;
 - c. allgemeine Stress-Symptome in porphyroblastischen Inseln (wie Verbiegungen und undulöse Auslöschung) sind weiter entwickelt.

4. Sulfide: Diese stellen in allen Präparaten akzessorische Bestandteile dar, immer unter 0.1 Vol.% (soweit man das abschätzen kann). Fast ausschließlich Pyrit; nur in zwei Fällen etwas Magnetkies mit Pyrit, und zwei Körner Covellin.

Korngrößen: Kleiner als 1 μm bis etwa 250 μm , mit einem deutlichen Maximum bei etwa 10 bis 30 μm .

Kornformen: Pyrit ist häufig idio- bis hypidioblastisch, größere Körner sind kataklastisch zerbrochen. Magnetkies wurde nur in zwei Fällen beobachtet, einmal verwachsen mit Kupferkies. Covellin ist sehr klein, meist in unregelmäßigen Kornformen. In wenigen Fällen auch kleine Gängchen von Pyrit zusammen mit Alteration an Rissen (siehe Punkt 5). Magnetkies ist deutlich xenomorph und tritt gern entlang von Rissen auf.

Verteilung der Sulfide: Pyrit ist fast ausschließlich an granulierten Ankerite gebunden, und hält sich deutlich an Korngrenzen und Risse. Fast nie finden sich Sulfide in porphyroblastischen Ankerit-Bereichen; hier sind in seltenen Fällen sehr kleine Körner gebunden an Korngrenzen (meist nicht größer als wenige micron). Es bestehen deutliche quantitative Zusammenhänge zwischen dem Grad der Granulation und der Menge an Sulfid und/oder deren Zerfallsprodukten (siehe Punkt 5). Gleichzeitig Korrelation mit den Gehalten an Quarz und Talk.

5. Oxide und Hydroxide (Zerfallsprodukte von Pyrit): Die meisten Pyritkörner sind umgeben von einem inneren Saum aus Hämatit (z.T. vielleicht auch Maghemit und einem äußeren Saum aus Fe-Hydroxiden. Ein Hämatitsaum kann stellenweise fehlen.

Der Zerfallsgrad richtet sich nach dem Grad der Granulation (vermutlich Permeabilität des Gesteins für Alterationslösungen). Pyritkörner an Korngrenzen in porphyroblastischen Ankeriten sind meist vollständig erhalten, und in Ausnahmefällen Oxidationsreaktionen unterworfen. Sehr starke Granulation führt zur vollständigen Umwandlung von Pyrit, der dann nur noch als Hämatit-Lim-

nit-Pseudomorphose vorliegt. Das ursprüngliche Gestein (porphyroblastischer Ankerit) ist extrem arm bis frei von Sulfiden (siehe Punkt 6).

Granulierte Ankerite und assoziierte Anhäufungen von Talk und Quarz sind meist stark, gelegentlich sehr intensiv, mit Fe-Hydroxiden durchtränkt, das sich an Risse und Korngrenzen hält (die eigentlichen Ankerit-Kristallite sind frei von Hydroxiden). Einzelne Ankeritkörner sind von extrem feinen Säumen von Hydroxid ummantelt. Gelegentlich kommen feine Äderchen von Limonit zusammen mit Talk-Adern vor, die granulierte Ankeritbereiche durchziehen. In diesen Fällen sind fast keine Sulfide mehr erhalten.

Herkunft des Eisens: Die Gesamtmenge Fe-Hydroxid kann nur z.T. auf den chemischen Zerfall von Pyrit zurückgeführt werden; möglicherweise handelt es sich um Freisetzung von feinstverteiltem Fe in Ankerit im Zuge der Granulation.

6. Mineralchemie: Die Zusammensetzung der Karbonate und die der Sulfide wurde systematisch mit der Mikrosonde (ARL-SEMQ) untersucht. Repräsentative Analysen sind zusammengefaßt in den Tabellen 5 und 6.

Tabelle 5 zeigt die Zusammensetzung und die chemische Variationsbreite der Karbonate in den Präparaten AA 9 und 10, sowie ZK 10 und 12. Die nach texturellen Parametern getroffene Unterscheidung von porphyroblastischen und granulierten Karbonaten spiegelt sich in den chemischen Analysen nicht wieder; es bestehen keine chemische Unterschiede zwischen diesen beiden Textur-Typen. Schwankungen beschränken sich ausschließlich auf $MgCO_3$ und $FeCO_3$; die Kalzit-Komponente bleibt weitgehend stabil. Der Fe-Gehalt zeigt eine deutliche Korrelation mit dem Grad der Mobilisation von Fe-Hydroxid ($FeOOH$).

Etwa 20 Pyrite wurden auf Spurenelemente wie Nickel und Kobalt

	AA 8	AA 9	ZK 10	ZK 12	ZK 10	ZK 12	ZK 10	ZK 12
CaO	30.37	31.23	29.48	30.73	31.48	29.64	29.65	29.50
FeO	13.31	13.96	14.71	11.98	11.36	15.81	14.85	15.06
MgO	10.48	10.44	9.86	11.94	12.42	8.97	9.27	8.68
MnO	0.94	1.07	1.20	0.93	0.91	1.02	0.94	1.16
SUMME	55.11	56.70	55.26	55.58	56.20	55.45	54.71	54.40
=====								
CaCO ₃	54.17	54.29	53.00	53.50	53.96	53.63	53.17	54.38
FeCO ₃	18.52	18.96	20.65	16.29	15.19	22.33	21.52	21.67
MgCO ₃	25.99	25.27	24.66	28.92	29.63	22.57	23.94	22.25
MnCO ₃	1.33	1.47	1.71	1.29	1.23	1.46	1.38	1.69

Tabelle 5: Karbonatanalysen (Oxide in Gew.); die analysierten Proben geben die totale Variationsbreite wieder. Keine chemischen Unterschiede bestehen zwischen porphyroblastischen und granulierten Karbonaten.

	AA 9	ZK 10	ZK 16	ZK 16	ZK 16	ZK 16	ZK 16
Fe	47.21	46.79	46.47	46.40	46.63	59.90	60.22
Ni	-	-	-	-	0.03	0.22	0.21
S	53.21	53.14	52.17	53.79	53.05	39.41	39.34
SUMME	100.42	99.93	98.64	100.19	99.71	99.53	99.77

Tabelle 6: Sulfide in Karbonaten (Elemente in Gew.); die beiden letzten Analysen entsprechen Magnetkies, ansonsten Pyrit.

analysiert; fünf repräsentative Analysen sind in Tabelle 6 zusammengefaßt. Ni und Co sind (bis auf eine Ausnahme, ZK 16) nicht nachgewiesen worden. Die Verhältnisse von Fe zu S entsprechen der Idealformel FeS_2 . Magnetkies, der nur in der Probe ZK 16 häufiger vorkommt, zeigt dagegen Ni-Gehalte um etwa 0.2 Gew.%, während Co nicht nachgewiesen werden konnte. Fe/S entspricht der Formel Fe_7S_8 (monokliner Magnetkies). Kupferkies und Covellin wurden nicht in Tabelle 6 aufgenommen, da beide Phasen extrem selten vorkommen.

7. Zusammenfassung.

Die mikroskopische Untersuchung läßt erkennen, daß das Bild der Vererzung wie es jetzt vorliegt von folgenden Vorgängen geprägt ist:

- a. Porphyroblastische Ankerite
- b. Granulation und Neubildung von Pyrit (vermutlich Zufuhr von Schwefel); Bildung von Quarz (Si mobilisiert durch Granulation);
- c. Alteration und Zufuhr von H_2O (Bildung von Talk und Limonit), Mobilisation von Fe aus Pyrit und z.T. aus Ankerit (oder Siderit)

b und c sind deutlich zeitlich getrennte Vorgänge, die aber möglicherweise ineinander übergehen. Sulfid-Mineralisation in vorwiegend aus Ankerit bestehenden Karbonatgesteinen ist quantitativ, und wirtschaftlich nicht bedeutend. Totale Gehalte gehen nicht über 2-3 % hinaus. Allerdings gibt die mikroskopische und Mikrosonden-Untersuchung Auskunft über den Bildungs-Ablauf, bei dem sich drei Stadien unterscheiden lassen.

B. Beschreibung typischer Erze

1) AA 7

Ausgeprägte primäre Texturen; porphyroblastischer Ankerit

Mengenverhältnisse:

90 % porphyroblast. Ankerit

10 % Granulation

Quarz and Talk weniger als 2 %, akzessorisch

Sulfide plus deren Zerfallsprodukte in geringen Spuren

Porphyroblastische Ankerite hier stärker durchstäubt von ganz feinen Verunreinigungen, vermutlich Fe-Verbindungen; an Korngrenzen zwischen porphyroblastischen Ankeriten deutliche Säuberung der Kristalle von Verunreinigungen (sieht aus wie ein diagenetischer Anwachsraum). Als Folge dessen, direkte Korngrenzen deutlich mit FeOOH angereichert.

Porphyrische Ankerite deutlich verborgen.

Sulfide (alle Pyrit) an Korngrenzen im feinkörnigen Granulat; ganz wenige auch an Kontakten im porphyroblastischen Ankerit. Zonare Oxidationsreaktionen wie beschrieben.

Sulfide hier deutlich feinkörniger als sonst (Folge der schwächeren Granulation?): kleiner 1 µm bis etwa 100 µm; Maximum bei etwa 15 µm.

Granulat: Relativ wenig Quarz und Talk, ziemlich sauber, schwächere Mobilisation von Fe (damit Sulfide etwas weniger oxidiert und weniger FeOOH).

2) AA8

Relativ feinkörniger Ankerit, stark gestresst. Unterschiede zwischen porphyroblastischer und granulierter Fraktion fast vollständig verwischt.

Mengenverhältnisse:

75 % Ankerit

15 % Talk

10 % Quarz

etwa 1 % Fe-Hydroxide (sieht optisch nach mehr aus, ist aber im Auflicht extrem feinkörnig)

extrem wenig erhaltene Sulfide (alles Pyrit)

Alle Karbonate sind stark eingeregelt durch tektonischen Druck. Alterierende Lagen von feinen (um 50 micron) und größeren Karbonatmineralien bis zu 2 mm Länge. Hier kein deutliches Maximum an Korngröße zu erkennen.

Quarz: Kommt vor in Lagen alternierend mit Karbonat, dazu auch disseminiert, und seltener als kleine Einschlüsse in Ankerit. Alle Korngrößen von etwa 50 µm bis 1,2 mm vertreten.

Talk: Zeigt eine deutliche Bindung an Gänge, die z.T. diskordant zur tektonischen Richtung stehen, und in tektonisch konformen Lagen; geringer Prozentsatz auch gleichmäßig verteilt entlang Korngrenzen von Karbonat-Mineralien. Talk zeigt eine sehr deutliche Bindung an Fe-Hydroxide, die auch prominente Schlieren bilden, elongiert zur tektonisch geprägten Richtung im Gestein. Sehr viel FeOOH.

Sulfide: Sind hier sehr seltene Phasen, vermutlich aufgrund der starken Durchtränkung mit FeOOH. Alles Pyrit.

Die feine Fraktion fehlt vollständig: Korngrößen von etwa 20 µm bis ca. 150 µm. Relativ starke Oxidation und Umbildung zu Hämatit und Limonit entlang Rissen und konzentrisch ummantelnd. Die feine Fraktion (kleiner 1 µm), die sonst in anderen Schliffen relativ häufig vorkommt, scheint vollständig oxidiert.

3) AA 9

Fast vollständig granulierter Ankerit

Mengenverhältnisse:

70 % granulierter Ankerit

20 % porphyroblastische Relikte

5 % Quarz

5 % Talk

Spuren von Pyrit, weniger als 0.1 %

Porphyroblast: Bereiche hier relativ feinkörniger als in anderen Schliffen; keine monomineralischen Bereiche wie sonst, sondern relativ viel Quarz als Zwickelfüller entlang Korngrenzen. Scheint eine primäre Textur zu sein, da keine assoziierte Imprägnation mit FeOOH.

Granulierte Bereiche sehr feinkörnig und stark geregelt, z.T. bimodale Korngrößenverteilung: Ca. 20 bis 40 µm, und etwa 150 bis 250 µm, wobei in den granulierten Partien die feinere Ankerit-Fraktion als Grundmasse der größeren dient.

Quarz als Lagen parallel zur Regelung der Ankerite; hier z.T. mehr als 50 % Quarz; dazu auch akzessorisch.

Talk fast ausschließlich an deutlich definierten Gängen und Rissen, mit Fe-Hydroxiden. Deutliche positive Korrelation von Talk mit Quarz.

Sulfide: Hauptmasse Pyrit in sehr kleinen (um 1 bis 20 µm großen) bis größeren idiomorphen fragmentierten Kristallen (bis 200 µm). Randliche Umwandlung zuerst in Hämatit, dann in Limonit.

Dazu auch einige wenige Körner Magnetkies: diese meist deutlich irregulär-ausgefranst und z.T. auch als echte Gangfüllungen im granulierten Teil des Gesteins. Nach Textur scheint Magnetkies eher

später zu sein als Pyrit. Keine Umwandlung zu Hämatit beobachtet; Magnetkies \rightarrow Zwischenprodukt (35 % R) \rightarrow Limonit.

4) ZK 10

Porphyroblastischer Ankerit mit nur sehr geringfügiger Granulation.

Mengenverhältnisse (geschätzt):

80 % porphyroblastischer Anteil

20 % Granulation

weniger als 1 % Quarz, Talk, und geringe Spuren Pyrit + FeOOH

Wie in allgemeiner Beschreibung halten sich Quarz, Talk, und Pyrit an granulierten Partien, Pyrit auch etwas an (alterierte) Korngrenzen im porphyroblastischen Anteil. Nie Sulfide als primäre Einschlüsse in primären Ankerit-Kristallen, einige wenige (kleine) Körner als Einschlüsse in sekundären granulierten Ankeriten.

Als Folge des geringen Quarz-Anteiles im Granulat, relativ viele Quarz-Einschlüsse in primären porphyroblastischen Ankeriten.

5) ZK 12

Mäßig granulierter Ankerit.

Mengenverhältnisse (geschätzt):

40 % porphyroblastischer Ankerit

60 % Granulation, davon weniger als 10 % Talk und Quarz

weniger als 0.1 % Sulfide (Pyrit; ein Pyritkorn mit feinen Einschlüssen von Magnetkies).

Talk an Korngrenzen sekundärer granulierter Ankeritkörner, als Teil der feinen Grundmasse der Granulation. Rekristallisierter Quarz in einigen Partien des Granulats reich häufig. keine primären Einschlüsse mehr in porphyroblastischen Ankeriten. Talk und Quarz auch zusammen (und gleichzeitig) in Adern, die das Granulat durchziehen.

Sekundäre Ankerite z.T. durch Tektonik leicht eingeregelt.

Sulfide: Pyrit (kleiner 1 bis etwa 200 μm), ganz selten mit feinen irregulären Einschlüssen (oder Resten) von Magnetkies. Größere Körner häufig fragmentiert. Mehr oder weniger stark alteriert zu Hämatit und FeOOH (je nach Intensität der Granulation). Ganz selten Sulfide entlang Korngrenzen primärer Ankerite; Pyrit hier extrem fein, aber meist frisch.

6) ZK 14

Stark granuliert Version mit extremer Impränation durch FeOOH

Mengenverhältnisse:

etwa 60 % granuliert Karbonate

25 % porphyroblastische Karbonate

10 % Quarz

5 % Talk

etwa 2 % FeOOH (extrem feine Überzüge um Karbonat-Kristalle)

Porphyroblastischer Anteil: Sehr stark rekristallisiert mit sehr deutlichen Deformationen einzelner Kristalle. Entlang Korngrenzen beginnende Granulation und häufige Impränation mit Fe-Hydroxiden. Z.T. sogar Ersatz größerer Kristalle durch FeOOH entlang Spaltung und Zwillingslamellen. Korngrenzen auch häufig besetzt mit Talk und Quarz.

Granulierter Anteil: Hier sehr fein zerbröselt; um 20 bis etwa 150 μm . Dadurch deutliche Bimodalität der Korngrößen. Extrem stark verunreinigt mit Hydroxiden, Quarz und Talk, und durchzogen mit zahlreichen Adern von Talk plus FeOOH . Z.T. flächige (vollständige) Impränation mit sekundären Eisenlösungen.

Quarz liegt vor in \pm gleichmäßiger Verteilung in der granulierten Komponente; pflasterartiger Verband mit Karbonaten. An Korngrenzen auch häufig Talk.

Talk meist in Adern vorliegend, relativ hoher Anteil.

Sulfide: Alles, was erhalten ist, ist Pyrit. Wie in AA 8 vollständige Oxidation der feinen Fraktion. Korngrößen um 20 bis etwa 150 μm , inkl. der Pseudomorphosen von Limonit nach Sulfid. Die meisten Sulfide vollständig pseudomorphosiert als Folge der intensiven Durchtränkung mit sekundären Fe-Hydroxiden.

7) ZK 16

Fast vollständig granulierter Ankerit.

Mengenanteile:

20 % porphyroblastischer Ankerit

75 % granulierter Ankerit

etwa 5 % Quarz plus Talk, wobei Talk hier nur akzessorisch auftritt.

0.1 % Sulfide, etwas mehr, als in den anderen Schliffen.

Intensive Granulation des Gesteins und starke Durchtränkung mit sekundären FeOOH . Ankerit im granulierten Bereich deutlich geregelt; im porphyrischen Bereich deutlich gestresste Kristalle.

Quarz hier relativ wenig trotz intensiver Beanspruchung; einige Quarz-Lagen eingeregelt, einzelne Quarz-Körner darüber hinaus gleichmäßig in feiner Grundmasse verteilt.

Talk hier nur akzessorisch; echte Talk-Adern wie z.B. in ZK 12 fehlen weitgehend. Deutlicher als Quarz Bindung an Rissen mit FeOOH .

Z.T. massive Fe-Hydroxide durchziehen Gesteine entlang Rissen, dazu Imprägnation granulierter Ankerite mit FeOOH .

Sulfide: Das meiste wie in allen anderen Schliffen Pyrit. Größen von etwa 1 μm bis mehr als 200 μm , Maximum bei etwa 30 bis 50 μm . Pyrit

idiomorph-fragmentiert, z.T. nur Kristallfragmente. Fast ausschließlich gebunden an granulierten Bereiche.

Mehrere größere Körner von Magnetkies verwachsen mit Pyrit und einem Korn Kupferkies. Diese alle entlang eines kleinen sekundären Risses mit intensiver Fe-Hydratation. Magnetkies zerfällt zu low-R Zwischenprodukt und randlich zu Limonit. Spuren von Covellin.

Parallel zur starken Durchtränkung mit FeOOH und Granulation mehr Sulfide und auch stärkere Oxidation. Einige Pseudomorphosen von Hämatit und Limonit nach Pyrit. Trotz allem: Sulfide sind ein quantitativ nicht bedeutsamer Bestandteil aller Ankerite.

MIKROPHOTOS

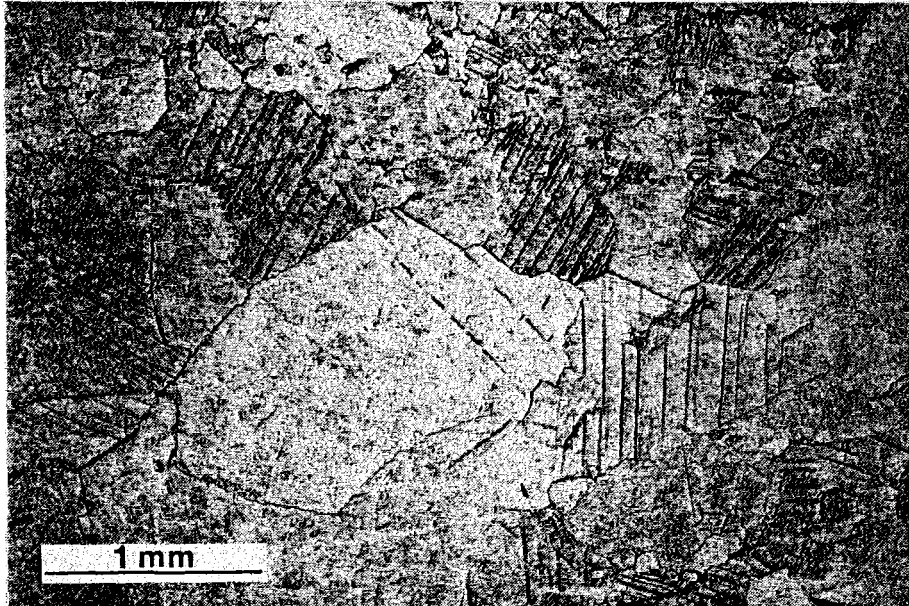
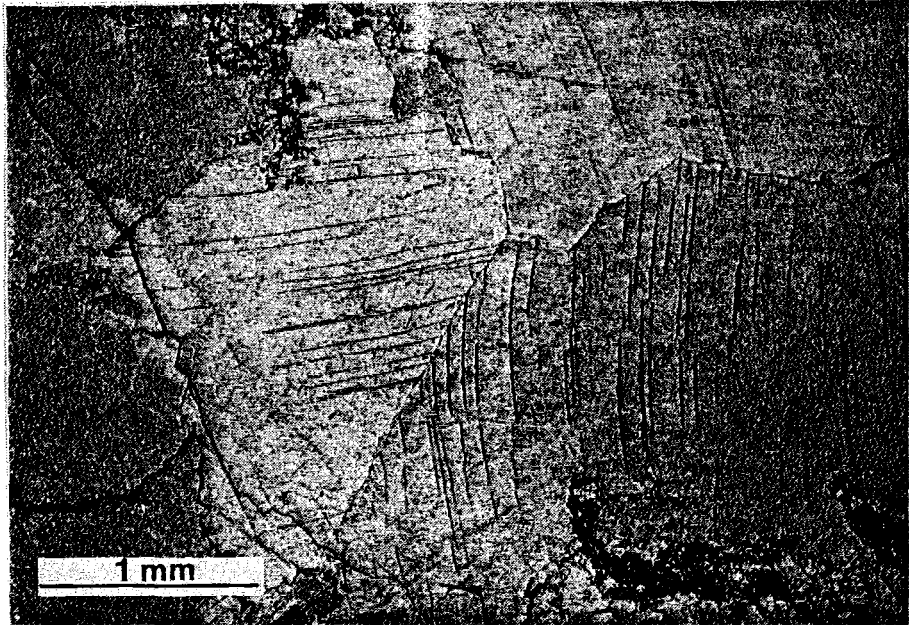


Abb. 14 und 15: Porphyroblastischer Ankerit, Bild 2 mit stark verbogenen Zwillingslamellen, und etwas FeOOH entlang der Korngrenzen. Zum Teil auch beginnende Granulation
Ein Plarisator, Durchlicht.

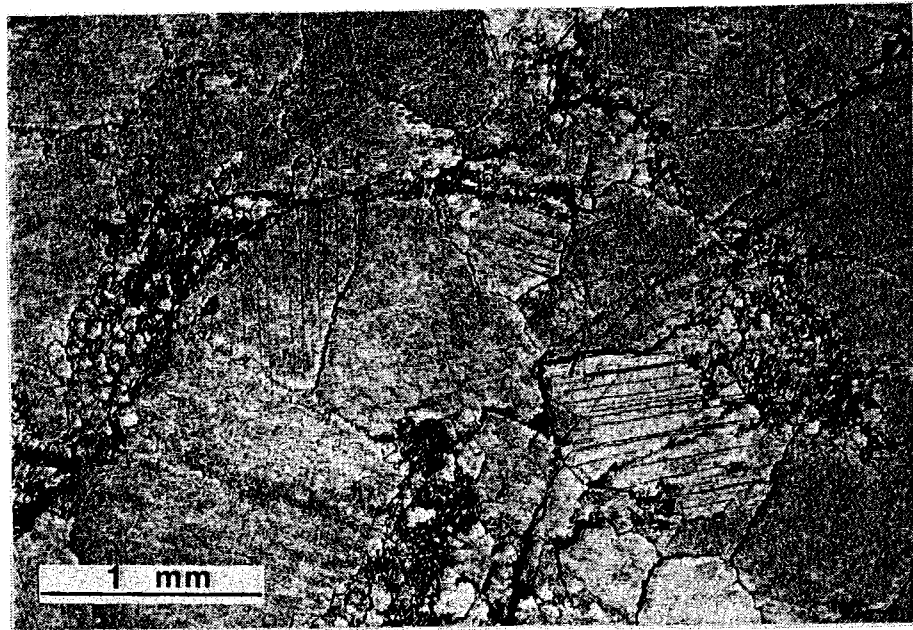


Abb. 16: Porphyroblastscher Ankerit mit beginnender Granulation entlang der Korngrenzen und schon relativ fortgeschrittener Imprägnation durch Fe-Hydroxide. Ein Polarisator, Durchlicht.

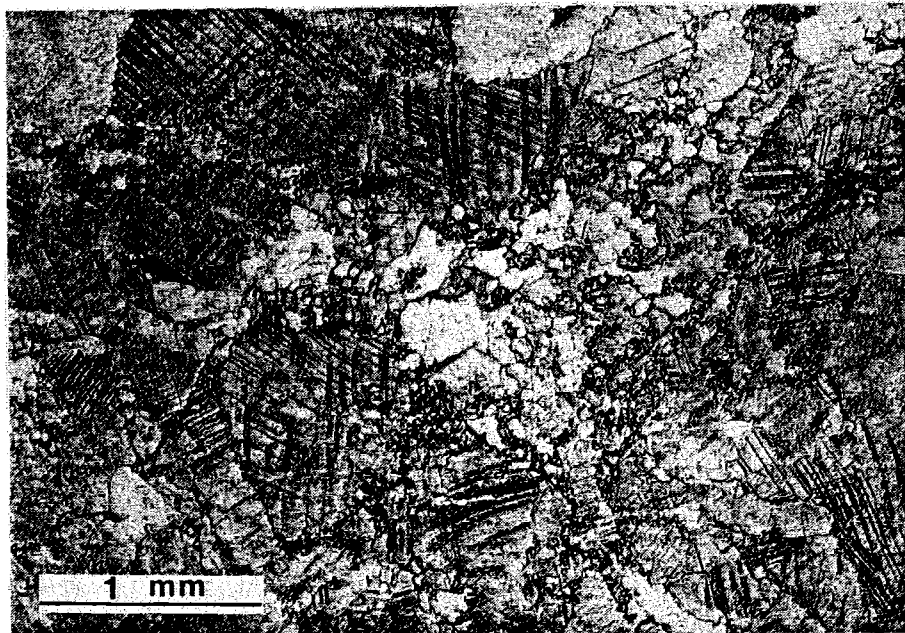


Abb. 17: Weiter fortgeschrittene Granulation im Zentrum des Bildes mit deutlicher Quarz-Neubildung (weiße Körner). Ein Polarisator, Durchlicht.

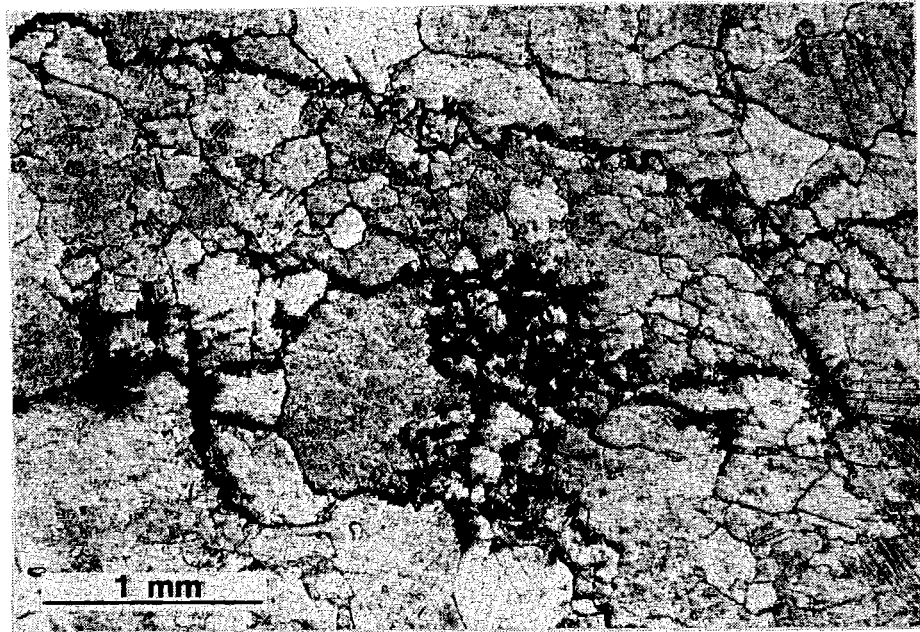


Abb. 18: Starke Granulation mit Imprägnation durch Limonit entlang Korngrenzen und Rissen.
Ein Polarisator, Durchlicht.

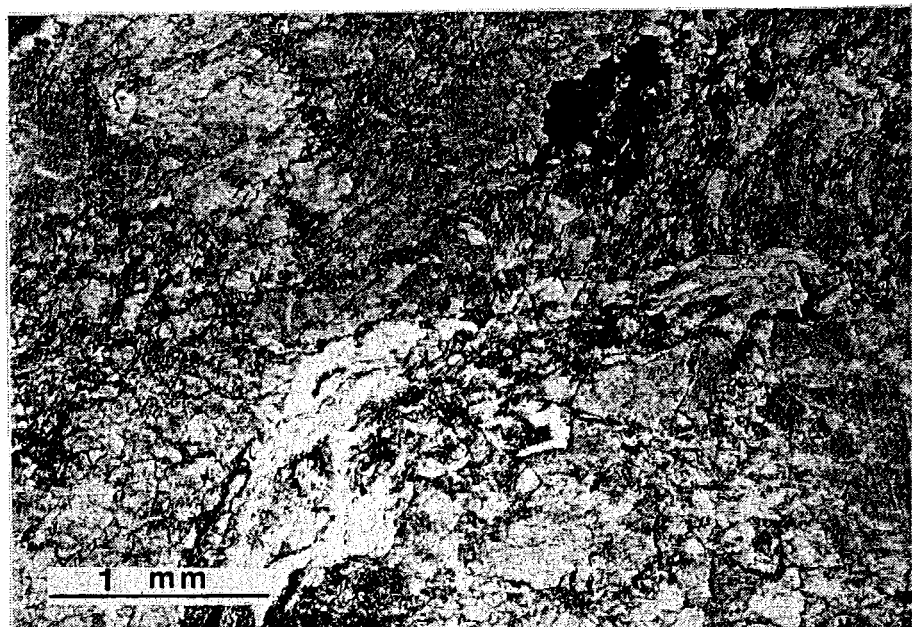


Abb. 19: Sehr stark granulierter Ankerit durchzogen von einem Talk-Gängchen (mit etwas Quarz). Opake Bereiche Limonit.
Ein Polarisator, Durchlicht.

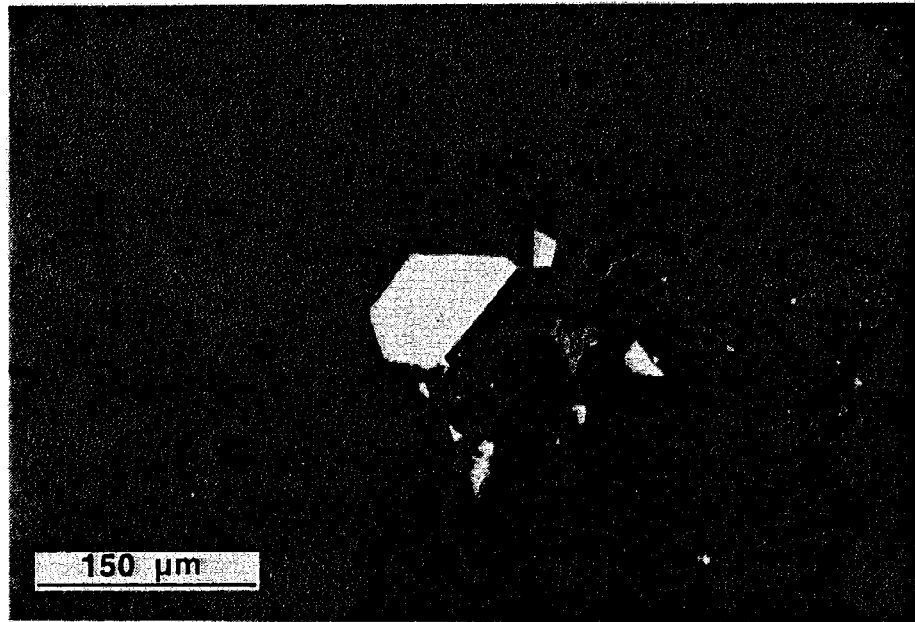


Abb. 20: Idioblastische Pyrite (weiß) in granuliertem Ankerit (dunkelgrau); dazu ein Korn Covellin (hellgrau, umgeben von Pyrit).
Auflicht, ein Polarisator.

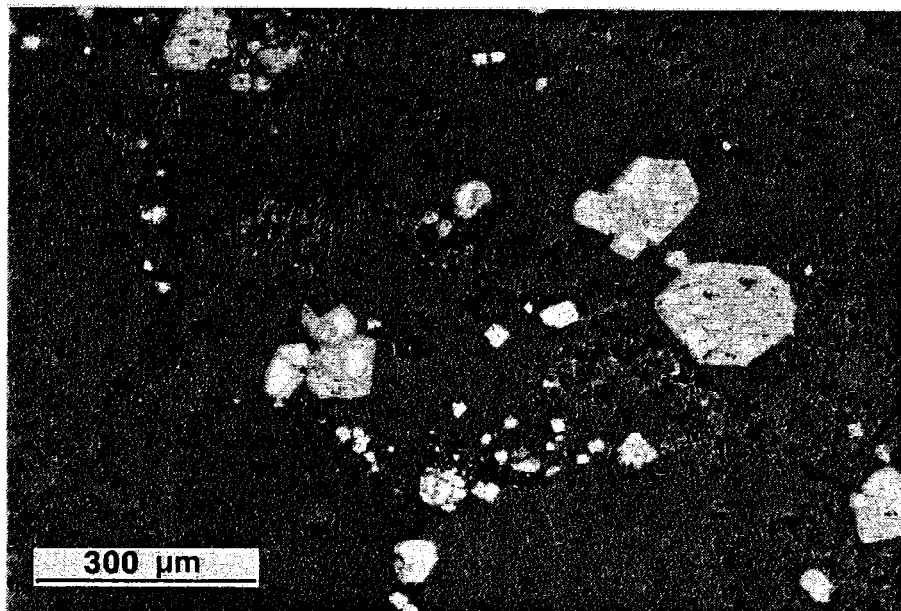


Abb. 21: Pseudomorphosen von Hämatit und Limonit nach Pyrit (weiße Relikte) in granuliertem Ankerit (dunkelgrau).
Auflicht, ein Polarisator.

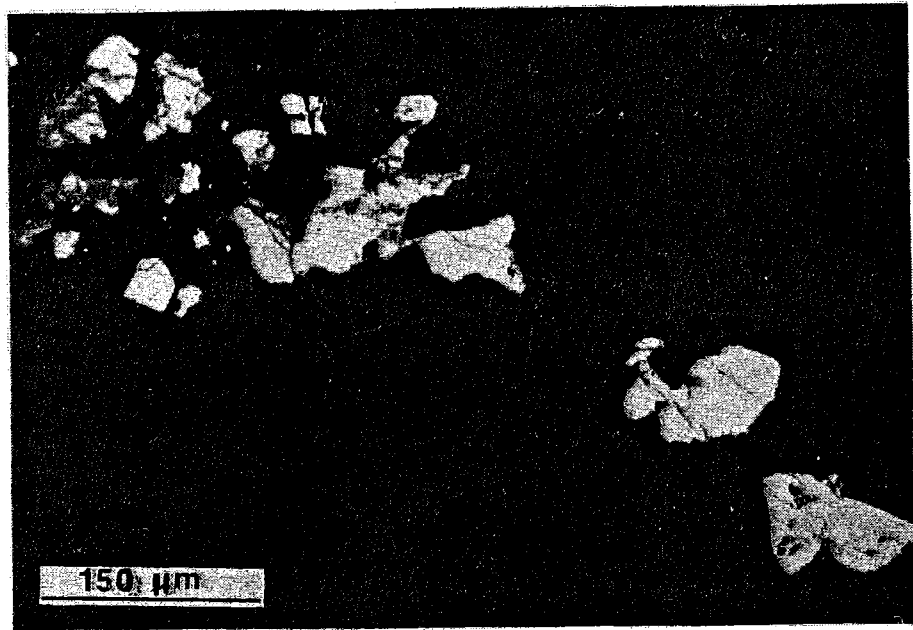


Abb. 22: Magnetkies und Kupferkies (beide weiß, irreguläre Kornformen) entlang eines Risses in granuliertem Ankerit. Ein idiomorphisches Pyrit-Korn. Alle Sulfide mehr oder weniger stark ersetzt durch Hämatit und Limonit. Auflicht, ein Polarisator.

7. LITERATUR

Beccaluva, L., Ohnenstetter, D. & Ohnenstetter, M. (1979). Geochemical discrimination between ocean-floor and island-arc tholeiites; application to some ophiolites. *Can. J. Earth Sci.* 16, S. 1874-1882

Canaval, R. (1898). Das Kiesvorkommen von Kalwang in Obersteier und der darauf bestandene Bergbau. *Mitt.d.Naturw.Ver.f. Steierm.* 1898.

Daurer, A. & Schönlaub, H.P. (1978). Anmerkungen zur Basis der Nördlichen Grauwackenzone. *Mitt. Österr. Geol. Ges.* 69, S. 77-88.

Finlow-Bates, T., Croxford, N.J.W. & Allan, J.M. (1977). Evidence for, and implications of a primary FeS phase in the lead-zinc bearing sediments at Mt. Isa. *Min. Deposita* 12, S. 143-149.

Finlow-Bates, T. & Stumpf, E.F. (1981), The behaviour of so-called immobile elements in hydrothermally altered rocks associated with volcanogene submarine exhalative ore deposits. *Min. Deposita* 16, S. 319-328.

Flajs, G. & Schönlaub, H.P. (1976). Die biostratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums am Polster bei Eisenerz (Nördliche Grauwackenzone, Österreich). *Verh. Geol. B.-A.*, S. 257-303.

Floyd, P.A. & Winchester, J.A. (1978). Identification and discrimination of altered and metamorphosed volcanic rocks using immobile elements. *Chem. Geol.* 21, S. 291-306.

Hammer, W. (1924). Beiträge zur Kenntnis der steirischen Grauwackenzone. *Jb.Geol. Bundesanstalt Wien* 1924.

Leake, B.E. (1964). The chemical distinction between ortho- and paraamphibolites. *Journal of Petrology* 5, S. 238-264.

Leake, B.E. (1978). Nomenclature of amphiboles. Min. Mag. 42, S. 533-563.

Metz, K. (1937). Die tektonische Stellung diaphoritischen Altkristallins in der steirischen Grauwackenzone. Zentralblatt Min.Geol. Paläontol. Abt.B S. 315-329

Metz, K. (1967). Geologische Karte der Steiermark (1967).

Pedersen, F.D. (1981). Polypahse deformation of the massive sulfide ore of the Black Angel Mine, Central West Greenland. Min. Deposita 16, S.157-176.

Pienn, H. (1977). Der ehemalige Kupferbergbau in der Kalwanger Teichen. Der Leobner Strauß, Sonderdruck 5.

Ramdohr, P., (1975). Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag Berlin, 1277 S.

Reimann, C. & Stumpfl, E.F. (1985). Paleozoic amphibolites, Kreuzeck Mountains, Austria: Geochemical variation in the vicinity of mineralization. Mineral.Deposita 20, S. 69-75.

Rozendaal, A. & Stumpfl, E.F. (1984). Mineral chemistry and genesis of Gamsberg zinc deposit, South Africa. Trans.Instn.Mining Metall. 93, S. B161-B175.

Schlüter, J., Tarkian, M. & Stumpfl, E.F. (1984). Die stratiforme Sulfidlagerstätte Walchen, Steiermark, Österreich: Geochemie und Genese. TPM Tschermaks Min. Petr. Mitt. 33, S. 287-296.

Stanton, R.L. (1976). Petrochemical studies of the ore environment at Broken Hill, N.S.W. (Australia).

Part 1: Constitution of Banded Iron Formations. Trans.Inst. Min. Met. 85B, S. 33ff.

Part 2: Regional metamorphism of BIF and their immediate associates.

-ebenda, S. 118ff.

Part 3: BIF and sulfide orebodies: constitutional and genetic ties.

-ebenda, S. 132ff.

Part 4: Environmental synthesis. -ebenda, S. 221ff.