

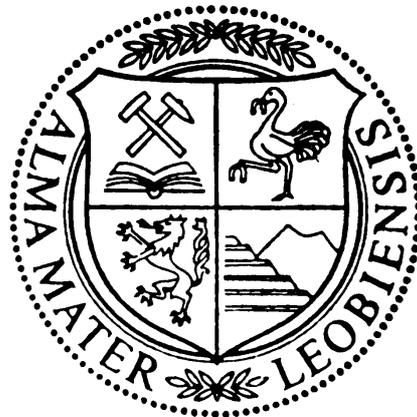
Der Kalkstock in der Sideritlagerstätte des Steirischen Erzberges

Masterarbeit
angefertigt von
Cand. Ing. BSc Birgit Strohmaier

zur Erlangung des
akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
der Studienrichtung Angewandte Geowissenschaften
an der Montanuniversität Leoben

eingereicht am Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik
Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre
bei

O.Univ.-Prof. Dr.phil. Fritz Ebner
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Heinrich Mali



Leoben, Oktober 2009

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Affidavit

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle bedanke ich mich ganz herzlich bei all jenen Personen und Institutionen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben:

bei Herrn O.Univ.-Prof. Dr.phil. Fritz Ebner und Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Heinrich Mali für die nette Betreuung, die persönliche Hilfestellung und die Korrektur dieser Arbeit,
bei Herrn Dipl.-Ing. Josef Pappenreiter für die Ermöglichung meiner Masterarbeit bei der VA Erzberg GmbH,

bei Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Thomas Oberndorfer für die große Hilfsbereitschaft bei der Erstellung des Lagerstättenmodells,

beim UZAG (Universitätszentrum Angewandte Geowissenschaften Steiermark) für die Nutzung der Elektronenstrahl-Mikrosonde,

bei Herrn ORat. Dr.phil. Günther Scharfe für die nützlichen Aspekte bezüglich paläontologischer Fragen,

bei Herrn Dipl.Ing. Thomas Unterweissacher für die Bereitstellung der Analyseergebnisse der Isotopenmessungen,

bei Frau Dr. Federica Zaccarini für die Unterstützung bei den Analysen mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde,

bei Frau Mag.rer.nat. Dr.mont. Miriam Baumgartner für die Betreuung bei den Analysen mit dem Raman-Spektrometer,

bei Frau Sabine Feuchter für die Präparation der Dünnschliffe und ihre liebevolle Unterstützung bei jeglichen Problemen,

bei Herrn Helmuth Mühlhans für die Präparation der Dünnschliffe für die Analysen mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde,

bei Frau Renate Reichl und Frau Ursula Schmid für die ständige Hilfsbereitschaft bei diversen organisatorischen und bürokratischen Fragestellungen,

bei Frau Doris Knabl, Frau Margit Weligoschek und Frau Andrea Winkler für die Unterstützung und tolle Betreuung in der Fachbibliothek,

bei den Arbeitern und Angestellten der VA Erzberg GmbH für die liebevolle Aufnahme in ihre Arbeitsgemeinschaft, die Hilfestellung bei jeglichen Fragen und die ständigen Bemühungen um mein Wohlbefinden während meiner Tätigkeiten im Tagbau,

bei Frau Franziska Kolb für die tatkräftige Unterstützung bei der geologischen Kartierung und die Bereicherung während meiner Arbeitstage am Erzberg

und bei meiner Familie für den tollen Rückhalt während meines gesamten Studiums.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
2.	Aufgabenstellung.....	8
3.	Geologischer Überblick.....	9
3. 1.	Die ostalpinen Einheiten Österreichs.....	9
3. 2.	Die östliche Grauwackenzone.....	10
3. 3.	Tektonische Entwicklung.....	13
3. 4.	Erzführung.....	15
4.	Mineralogisch-petrologische Beschreibung der unterschiedlichen Kalktypen im Bereich "Kalkstock"	16
4. 1.	Graue bis bunte Flaserkalke (Sauburger Kalk).....	16
4. 2.	Kalkschiefer-Flaserkalk.....	18
4. 3.	Grauer Kalk.....	22
4. 4.	Interpretation.....	23
5.	Geologische Kartierung und Modellierung.....	24
5. 1.	Vorgangsweise.....	24
5. 2.	Tektonische Erkenntnisse.....	25
5. 3.	Ergebnisse.....	28
6.	Qualitätenbeschreibung und Analyseergebnisse.....	37
7.	Kalk-Erz Grenzprofile.....	39
7. 1.	Fragestellung.....	39
7. 2.	Allgemeine Grundlagen.....	39
7. 3.	Analytik.....	41
7. 4.	Vererzungstypen.....	44
7. 4. 1.	Wolkige Vererzung.....	44
7. 4. 2.	Schichtkonkordante Vererzung.....	74
7. 4. 3.	Vererzungsübergänge in der Basisbrekzie.....	75
7. 4. 4.	Gangvererzung.....	86
7. 5.	Interpretation und Diskussion.....	90
8.	Literaturverzeichnis.....	99
9.	Anhang.....	105
9. 1.	Probenverzeichnis.....	105
9. 2.	Analyseergebnisse der Raman-Spektroskopie.....	106
9. 3.	Analyseergebnisse der Elektronenstrahl-Mikrosonde.....	119
9. 4.	Isotopenmessungen.....	145
9. 5.	Geologische Karten und dazugehörige Legende.....	147

Zusammenfassung

Ein in der Sideritlagerstätte des Steirischen Erzberges als Kalkstock bezeichneter Vertaubungsbereich wurde im Bereich der Etagen I bis Hell geologisch kartiert und auf Basis von Gelände- und Bohrdaten mit der "Surpac" Software in einem 3D-Modell dargestellt. Dadurch wurden für den fortlaufenden Abbau unzureichend bekannte Bereiche identifiziert und der Rauminhalt der Vertaubungen bestimmt. Neben der Strukturierung wurden die auftretenden, meist unterdevonischen Kalke (Flaserkalke, Kalkschiefer, massige Kalke) makro- und mikroskopisch definiert. Sie waren primär Mikrite, die sekundär zu Mikrospariten umgewandelt wurden. Aufgrund der niedriggradigen Metamorphose sind sie petrographisch als Marmore zu bezeichnen.

Die Erz-Kalk Übergänge der karbonatgebundenen Vererzungen sind wolzig oder schichtkonkordant. Weitere Vererzungen liegen innerhalb der permischen Präbichl-Konglomerate und in sie durchschlagenden Gängen. Das Ausgangsgestein für die durch Fe-reiche Fluide erfolgte metasomatische Vererzung waren die devonischen Kalke. Mikroskopisch sind in der Erzmineralabfolge zwei (drei ?) Generationen von Siderit und vier (sechs ?) Ankerit-Generationen zu erkennen. Meist herrscht eine Siderit/Ankerit-Paragenese der ersten Generationen vor. Bereichsweise wird Siderit (1) durch Ankerit (1) und Ankerit (1,2) durch Siderit (2) verdrängt. Ankerit (3) bildet vor der alpidischen Orogenese den Abschluß der Erzmineralabfolge, die von Clacitklüften nachgefolgt wird. Ankerit (4) tritt in Drusen und Klüften auf und ist prälpidisch entstanden.

Die feinklastische Matrix der Brekzien enthält vereinzelt Komponenten zonar gebauter Ankerite mit Relikten dunkler Kerne. Möglicherweise sind dies ehemalige Sideritkörner bei deren Pseudomorphose freigesetztes Fe für die Bildung der Anwachssäume Verwendung fand. Daraus folgt, dass möglicherweise für das Sediment auch vereinzelt „prä-konglomeratische“ Körner von Siderit/Ankerit angeliefert wurden. Ein post-permisches Alter der massiven metasomatischen Vererzung zeigen dagegen das Fehlen von Erzkomponenten im Geröllspektrum unvererzter Brekzien und Kalkkomponenten in vererzten Brekzien (die Vererzung betrifft hier sowohl die Matrix als auch die Komponenten) an, die klar von der metasomatischen Front geschnitten werden.

Die chemische Untersuchung der Minerale erfolgte mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde. Der Ankerit zeigt eine für ihn typische Zusammensetzung. Der Siderit plottet im Rhodochrosit-Magnesit-Siderit Diagramm beiderseits der Siderit-/Sideroplesitgrenze, wodurch im Mikrobereich einer Probe sowohl Siderit als auch Sideroplesitkristalle auftreten. Der Calcit ist bei äußerst geringen Mg-Gehalten relativ rein.

Abstract

The „Kalkstock“, a barren limestone domain in the siderite deposit of the Styrian „Erzberg“, was geologically mapped between the Levels "Etage I" and "Hell". Using "Surpac" software and based on field and borehole data a 3D-model was created. Thereby it is possible to identify areas with insufficient information for a commercial surface working and further the volume of the barren domains were calculated. Beside structural mapping the Lower Devonian limestones (flaser-limestone, calcareous schist, massive limestone) were defined macro- and microscopically. They originated from micritic limestones which were transformed to micosparite. Due to the low grade metamorphic overprint they are marbles in terms of petrography.

Carbonate hosted ore-limestone transitions are cloudy or concordant to the sedimentary bedding. Further iron mineralizations occur within the Permian Präbichl-Conglomerate and crosscutting veins. Devonian limestones were the precursor rock for the metasomatic ore formation by Fe-rich fluids. Under the microscope the succession of ore minerals consists of two (three ?) generations of siderite and four (six ?) of ankerite. Mostly the ore paragenesis consists of siderite and ankerite, both of the first generations. Partly siderite (1) is substituted by ankerite (1) and ankerite (1,2) is followed by siderite (2). Ankerite (3) was formed before the formation of calcite veins. After the alpine orogeny, ankerite (4) crystallized in cracks and druses.

Some components of zonal ankerite with relicts of dark cores occur within the fine clastic matrix of the breccias. Possibly they are former sedimentary grains of siderite at which Fe mobilized during pseudomorphism formed the growth rims. This implies a sedimentary input of "pre-conglomeratic" grains of siderite/ankerite. Nevertheless a post-Permian age is suggested for the massive metasomatic ore bodies. This is constrained by the lack of mineralized components in the barren limestone conglomerate and the existence of limestone components crossed by the metasomatic front in mineralized conglomerate.

The chemistry of the individual minerals was analyzed by an electron micro probe. The ankerite shows its typical chemistry. The siderite plots in the rhodocrosite-magnesite-siderite diagram close beside the border of the stability field of siderite and sideroplesite. Thus siderite and ankerite coexist in crystals of the same sample. The calcite is relatively clean and includes only less Mg.

1. Einleitung

In den Ostalpen treten in der östlichen Grauwackenzone von Liezen im Westen über Eisenerz bis nach Payerbach im Osten zahlreiche kleinere und größere Eisenspatlagerstätten auf. Die größte und bedeutendste ist die Lagerstätte am Steirischen Erzberg, welcher sich im Südosten über der Stadt Eisenerz erhebt.



Abb. 1: Übersichtskarte (www.gis.steiermark.at).



Abb. 2: Blick vom Erzberggipfel aus über Eisenerz in Richtung NNW.

Der Sage nach lebte zu Zeiten des Königs David (um 1000 v. Chr.) in einer Grotte beim Abfluss des Wassers vom Leopoldsteiner See ein Wassermann. Da die Menschen in der Umgebung ihm Hexerei nachsagten, beschlossen sie ihn gefangen zu nehmen und einzusperren, damit er keine Macht mehr über sie ausüben könne. Der Wassermann selbst sah keinen Grund für seine Gefangennahme und sagte zu den Leuten, dass er sie belohnen werde, wenn sie ihn wieder frei lassen würden. Er bot ihnen drei Möglichkeiten: entweder Gold für kurze Zeit, Silber für einige Jahre oder Eisen für immer. Die Menschen entschieden sich schließlich für das Eisen. Der Wassermann deutete auf den Berg, der vor ihnen lag und erklärte ihnen, wie sie das Erz abbauen sollten, damit auch die nachfolgenden Generationen noch Eisen gewinnen könnten.

Da die Leute dem Wassermann jedoch noch immer misstrauten, beschlossen sie, ihn vorerst trotzdem einzusperren. Erst als sie die ersten Brocken Erz abgebaut und sich von dessen reichlichem Vorkommen überzeugt hatten, ließen sie ihn frei und brachten ihn wieder zurück in seine Grotte (Benesch, 1985).

Seit der Römerzeit herrscht nun am Steirischen Erzberg mehr oder weniger durchgehende Abbautätigkeit. Damals wurde das limonitisierte Eisen aus der Oxidationszone genutzt, heute hingegen werden in erster Linie Siderit und sogenannter Sideroplesit, ein Mg-reicher Siderit, abgebaut (Redlich, 1923).

Die Entstehung der Lagerstätte beschäftigt schon seit über 150 Jahren viele österreichische Geologen. Inzwischen wurden diesbezüglich zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, doch noch immer spaltet die Genese bezüglich der Vererzung am Steirischen Erzberg und der anderen Eisenspatlagerstätten in der östlichen Grauwackenzone die Wissenschaftler in zwei Lager. Ursprünglich stand über Jahrzehnte lang die Annahme einer syngenetischen Bildung im Vordergrund (Schouppé, 1854; Vacek, 1900; Beck, 1903). Nach weiteren Forschungstätigkeiten folgte eine Ära, in der die Geologen von einer epigenetischen Entwicklung der Lagerstätte überzeugt waren (Redlich, 1903 und 1931; Petrascheck, 1932; Clar & Meixner, 1953). Diese Auffassung hielt bis in das Jahr 1977 an. Nachdem im Bereich Radmer gebänderte Eisenerzstrukturen gefunden wurden, die für eine sedimentäre Bildung sprächen, standen wieder die Syngenetiker im Vordergrund (Beran, 1979; Schulz, 1997). Seit einigen Jahren wird aufgrund der zahlreichen metasomatischen Strukturen wieder die epigenetische Entstehung der Lagerstätte favorisiert (Pohl & Petrascheck, 1992; Belocky, 1992; Pohl & Belocky, 1994; Prochaska, 1997). 2008 führte Holzweber im Zuge ihrer Masterarbeit Fluiduntersuchungen und SEE-Analysen unter anderem auch an den Sideriten vom Steirischen Erzberg durch. Auch ihr Interesse lag an der Klärung der Genese bezüglich der Siderit-Mineralisation. Die negativen Eu-Anomalien bei den Ergebnissen der SEE-Analyse sind ein Anzeichen für eine sedimentäre Herkunft des Eisens. Bei der Auswertung der Flüssigkeitseinschlüsse und der Mikroskopie, deutet jedoch alles auf eine hydrothermale

Bildung der Vererzung hin. Somit kann, laut diesen Ergebnissen, keines der beiden Genesemodelle ausgeschlossen werden.

Aufbauend auf diese Ergebnisse, wurden von Prochaska & Henjes-Kunst (2009) weitere Datierungen an Sideriten, Ankeriten und Sauberger Kalken durchgeführt. Dabei ergab die Sm-Nd-Isochronenmethode für die Sideritmineralisationen ein obertriadisches Alter von 208± 22 Ma.

Obwohl am Steirischen Erzberg nun schon seit vielen Generationen Forschungstätigkeit herrscht und die Wissenschaftler nach eindeutigen Indizien bezüglich der Genese suchen, ist die Entstehung der Vererzung bis heute nicht restlos geklärt. Dies legt nahe, dass auch in Zukunft der sagenumwobene "Eiserne Berg" noch zahlreiche Geologen anlocken und für rege Forschungstätigkeit sorgen wird.

2. Aufgabenstellung

Da im September 2007 von der Firma "MINE IT mining information technology" nach der Erstellung eines Blockmodells bereits ein Bericht (Oberndorfer, 2007) zu den Untersuchungen des Vertaubungsbereiches "Kalkstock" erstellt wurde, lag nun das Interesse der VA Erzberg GmbH daran, den Kalk auch geologisch zu erfassen.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde von März bis April 2008 auf den Etagen "Etage I", "Etage III", "Oberegger", "Palmer", "Liedemann", "Antoni", "Schiller" und "Elias", und von Juli bis August 2008 auf den Etagen "Polster", "Judas", "Wegstollen", "Vorauer", "Ignazi", "Dreikönig", "Schuchart", "Johann", "Hell", "Peter Tunner" und "Sybold" eine geologische Kartierung, mit besonderem Augenmerk auf den auftretenden Kalk, durchgeführt. Die Kartengrundlage dafür bildete vom Betrieb zur Verfügung gestelltes Kartenmaterial im Maßstab 1:1000.

Ursprünglich war nur die Kartierung des schon zuvor ausgewiesenen Vertaubungsbereiches "Kalkstock" vorgesehen, jedoch wurde nach einer Begehung des Tagbaus erkannt, dass sich dieser Taubbereich auch auf die darunter liegenden Etagen fortsetzt bzw. dort noch weitere Vertaubungsbereiche auftreten. Somit erwies es sich als relevant, auch diese Etagen geologisch aufzunehmen.

Für eine eventuelle zukünftige Verwendung des Kalkes lag seitens des Betriebs großes Interesse daran, die tatsächlichen Kalkbereiche geometrisch abzugrenzen und in Form von 3D-Körpern darzustellen. Folglich war auch eine Berechnung deren Brutto-Rauminhalt möglich.

Zusätzlich wurden auf zwei Etagen insgesamt drei Profile aufgenommen, anhand derer der Übergang vom Kalk bis hin zur Vererzung petrographisch untersucht werden sollte. Ziel war

es, eventuell unterschiedliche Vererzungstypen unterscheiden zu können. Bei einer Befahrung des Tagbaus, wurden für die Untersuchung die Etagen "Ignazi" und "Wegstollen" ausgewählt, da diese die geeigneten Aufschlussverhältnisse lieferten. Um eine noch intensivere Studie diesbezüglich vornehmen zu können, wurden auch Handstücke der anstehenden Kalk- bzw. Erzbrekzie entnommen. Diese stammen von der Etage "Vorauer" im nördlichen Bereich.

3. Geologischer Überblick

Der 1466 m hohe Steirische Erzberg befindet sich südöstlich der Stadt Eisenerz. Diese liegt in der östlichen Grauwackenzone, genauer betrachtet in der Norischen Decke. Die Grauwackenzone ist ein Teil des Oberostalpins, das den ostalpinen Einheiten (Ostalpin) angehört.

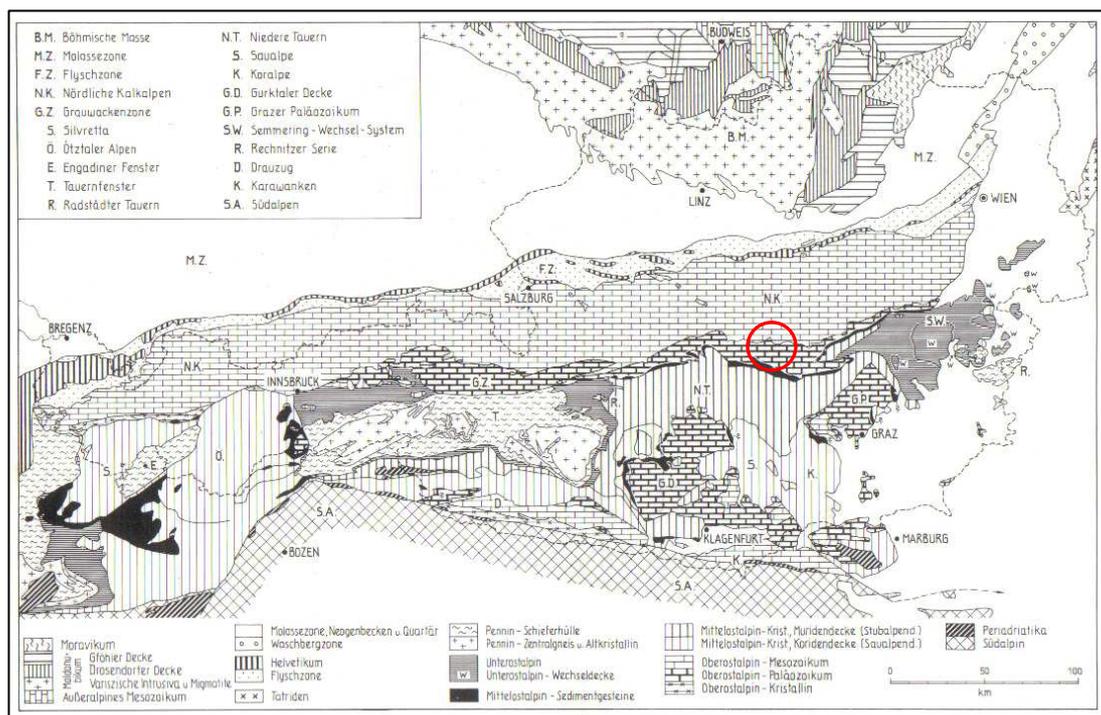


Abb. 3: Die Geologie Österreichs (roter Kreis: Markierung der näheren Umgebung des Arbeitsgebiets) (Tollmann, 1977).

3. 1. Die ostalpinen Einheiten Österreichs

Die traditionelle Einteilung der ostalpinen Einheiten nach Tollmann erfolgte in drei Großdeckensysteme: Ober-, Mittel- und Unterostalpin (Tollmann, 1977). Durch neue Untersuchungen entstand von Schmid et al. (2004) eine neue Einteilung. Ihm zufolge besteht

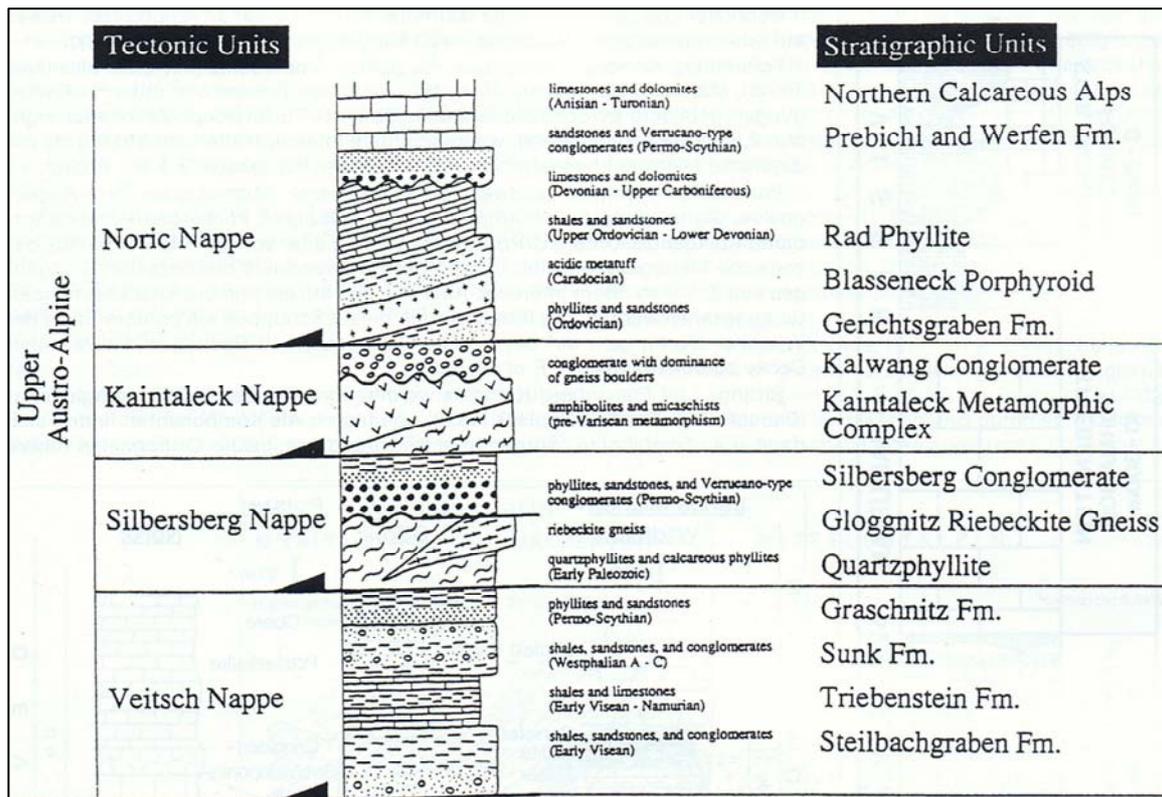


Abb. 5: Tektonostratigraphie der östlichen Grauwackenzone (Neubauer et al., 1994).

Die Eisenspatlagerstätte am Steirischen Erzberg befindet sich im sogenannten Eisen- (Kupfer-) Erzbezirk in der Norischen Decke (Weber, 1997). Die Schichtfolge dieser im Raum Eisenerz ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Basis dieser Decke bildet die Gerichtsgraben Formation. Darüber folgt der, auch im Bereich des Erzbergs bedeutende, Blasseneck-Porphyroid. Er ist das Produkt eines kurz andauernden, sauren Vulkanismus im tieferen Ashgill. Die Mächtigkeit dieser vulkanischen Abfolge reicht von über 1500 m bis zu wenigen Zehnermetern und gilt als ausgezeichneter Leithorizont (Flajs, 1964; Flajs & Schönlaub, 1976).

Im Hangenden des Porphyroids folgen im Bereich um den Erzberg die oberordovizischen Polster-Quarzite und Cystoideenkalke. Letztere sind nur lokal am Polster bei Eisenerz ausgebildet (Schönlaub & Flajs, 1976).

An der Grenze Oberordovizium-Silur tritt der Grauwackenschiefer auf, eine maximal 1 m mächtige Kalksandstein-Siltschieferzone, die von dolomitischem Kalk überlagert wird. (Flajs & Schönlaub, 1976).

Darüber folgen im Silur neben nochmaligem schwarzem Kieselschiefer sowohl Orthocerenkalk, als auch Eisenkalk und bunter Kalk (Schönlaub, 1982).

Das Devon ist in diesem Gebiet durch die Ablagerung verschiedenfarbiger pelagischer Kalke gekennzeichnet. Sie variieren von weiß, bläulich, braun bis bunt und sind meist gebankt.

Dabei treten sowohl massige als auch geflaserte Typen auf. Insgesamt erreichen sie eine Mächtigkeit von etwa 300 m. Mit Hilfe von Fossilfunden wurden Unter-, Mittel- und Oberdevonanteile erkannt. Die devonischen Kalke sind das Ausgangsgestein für die Ankerit- und Sideritvererzung und werden deshalb als "erzführende Kalke" bzw. "Sauburger Kalk" (Stur, 1866) bezeichnet (Schönlaub, 1982).

Diese Kalkfazies reicht bis ins tiefe Karbon. Ende des Unterkarbons folgte eine Verkarstungsphase, in der der Kalk stellenweise bis in den Bereich des höheren Devons wieder abgetragen wurde. Diese Verkarstungsphase führte zur Bildung einer wenigen Meter mächtigen Kalkbrekzie und darüber folgt im höheren Visé (bis tiefsten Namur ?) als jüngstes Schichtglied des Variszikums im Gebiet der Eisenerzer Alpen ein mariner Schiefer (Zwischenschiefer, Eisenerzer Schichten) (Jungwirth & Lackenschweiger, 1922; Schönlaub 1977; Schönlaub & Heinisch, 1993). Dieser ist überwiegend grau und teilweise graphitführend. Zusätzlich können grau-grüne und violette Schiefer, sandige Schiefer, Sandsteine, Lydite und Kieselschiefer eingelagert sein (Schönlaub et al., 1980).

Nach dem variszischen Falten- und Deckenbau wird in der östlichen Grauwackenzone die Schichtfolge des Perms hauptsächlich durch die Präbichlschichten repräsentiert. Sie liegen diskordant und transgressiv der meist stark gefalteten Norischen Decke auf, wobei die stratigraphische, winkeldiskordante Grenze sehr gut an einem Aufschluss am Polster nahe Eisenerz zu sehen ist. Im Allgemeinen wird die Abfolge der Präbichlschichten mit einem basalen Kalkkonglomerat oder einer Kalkbrekzie aus lokalem Schutt der Grauwackenzone eingeleitet.

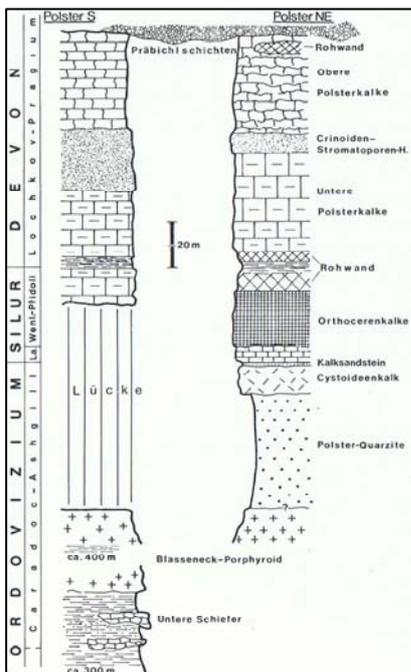


Abb. 6: Schichtfolge am Polster bei Eisenerz (Flajs & Schönlaub, 1976).

Darüber folgt ein Quarzkonglomerat, welches später mit rötlich-violetten Sandsteinen und Tonschiefern wechsellagert. In weiterer Folge geht diese Serie allmählich in die Werfener Schichten über (Tollmann, 1977).

Offen ist die Frage über die Existenz und den Umfang allfälliger Schichtlücken bzw. tektonischer Störungen im Grenzbereich der Präbichlschichten und den darüber folgenden Kalkalpen.

3. 3. Tektonische Entwicklung

Die Lagerstätte am Steirischen Erzberg wurde von verschiedenen orogenen Zyklen überprägt, wobei zwei Hauptgebirgsbildungsphasen unterschieden werden. Die ältere der beiden Orogenesen ist die Variszische, deren Hauptfaltungsphase in Mitteleuropa in der Zeit des Karbons stattfand. Die Jüngere ist die alpidische Orogenese. Diese hatte ihre Hauptfaltungsphase von der Kreidezeit bis ins Miozän (Schönlaub, 1979; Schönlaub et al., 1980).

Die erzführende Formation wird in zwei variszisch angelegte tektonische Einheiten gegliedert, nämlich in eine Liegend- und in eine Hangendscholle. Die Liegendscholle umfasst über dem Blasseneck Porphyroid erzführende Kalke, welche in der Zeit vom Devon bis ins Unterkarbon abgelagert wurden, und den Zwischenschiefer (Eisenerzer Schichten), dessen Gesteine aus dem Grenzbereich Unterkarbon/Oberkarbon stammen. Die Hangendscholle hingegen besteht ausschließlich aus den erzführenden Kalken.

Im Zuge der variszischen Gebirgsbildung kam es zur Stapelung dieser beiden, ursprünglich nebeneinander liegenden Schollen. Der Zwischenschiefer markiert heute das Top der Liegendscholle und diente aufgrund der Struktur und der Textur der Gesteine als Überschiebungsbahn. So kam er in seine heutige Position, in der er die Liegend- von der Hangendscholle trennt. Durch eine im Zuge dessen stattgefundene Ausquetschung, reicht die Mächtigkeit des Zwischenschiefers heute von einigen Dezimetern bis hin zu mehreren Metern. Aufgrund dieser tektonischen Vorgänge kam es sozusagen zu einer Verdoppelung der erzführenden Kalke.

Über dem Schollenbau wurden die Präbichlschichten diskordant abgelagert. Dies ist ein Beweis dafür, dass der Decken-/Schuppen- bzw. Schollenbau im Zuge der variszischen Orogenese angelegt wurde (Flajs & Schönlaub, 1976; Neubauer et al., 1994).

Bei der alpidischen Orogenese erfuhr der gesamte Schichtstapel eine derartige tektonische Überprägung, dass er heute in Form einer Synklinale mit einer relativ flach nach Norden einfallenden Achse vorliegt. Auch die permischen bzw. permoskytischen Präbichl- und Werfener Schichten wurden beim Muldenbau mitgefaltet.

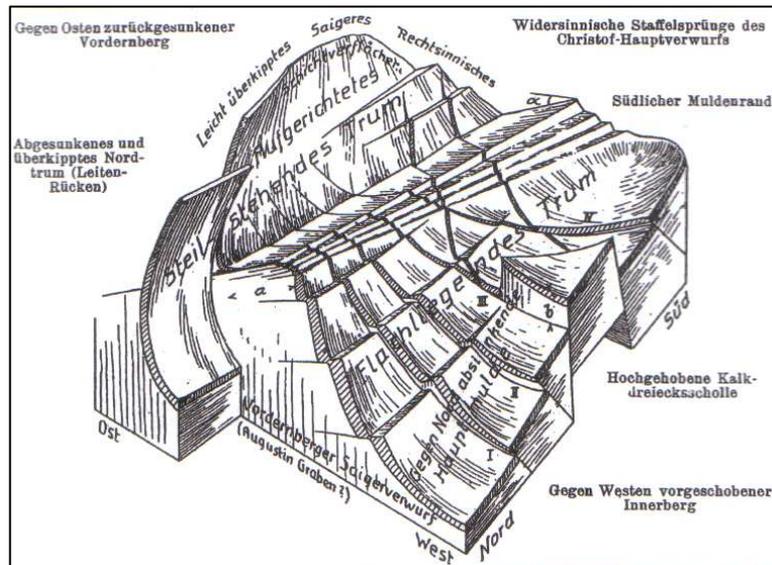


Abb. 7: Haupttektonik am Steirischen Erzberg (Kern, 1927).

Während der Verformung entstanden zahlreiche Störungen, wobei der Christof-Hauptverwurf die bedeutendste ist. Hier handelt es sich um eine Störung mit N-S Streichen und einem durchschnittlichen Einfallswinkel von 30° in Richtung Osten. Sie bewirkte eine Abschiebung des östlichen Muldenteils um ca. 300 m (siehe Abb. 7, 8 und 9). Untergeordnet treten nicht nur zum Christof-Hauptverwurf parallel angeordnete Störungen auf, sondern auch welche mit völlig davon abweichender Orientierung (Schulz et al., 1997).

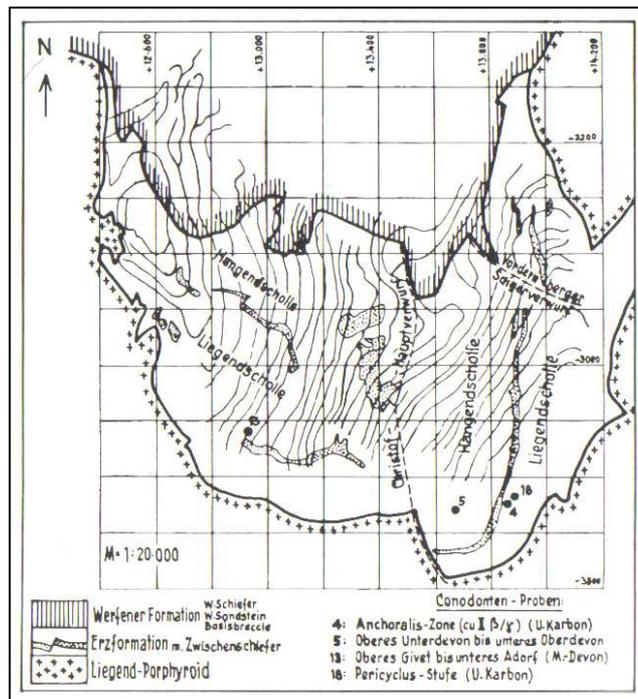


Abb. 8: Grundrisskarte des Steirischen Erzberges (Thalman, 1975).

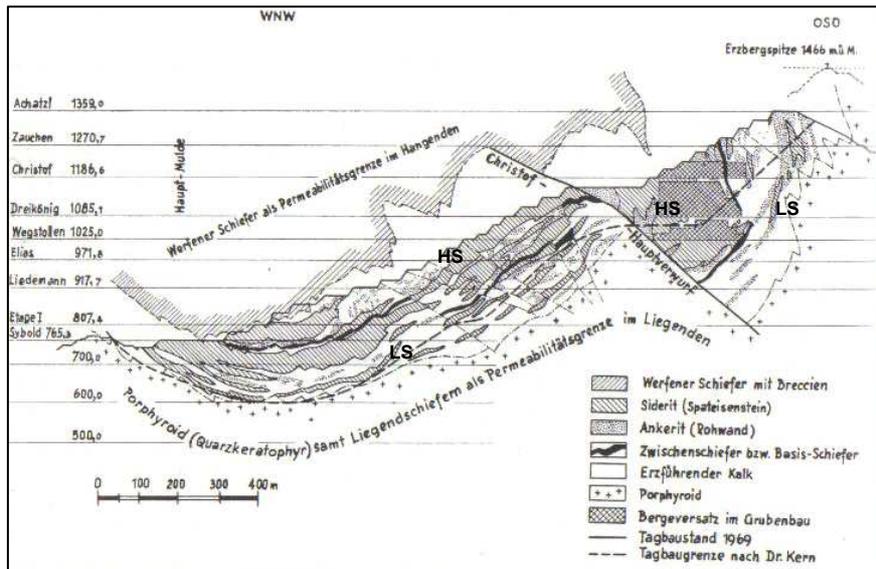


Abb. 9: Abgeändertes Profil durch den Steirischen Erzberg nach A. Kern (LS: Liegendescholle, HS: Hangendscholle) (Juvancic & Kirnbauer, 1971).

3. 4. Erzführung

Die Eisenspatlagerstätte am Steirischen Erzberg befindet sich im so genannten Eisen- (Kupfer-) Erzbezirk der Norischen Decke (Weber, 1997). Dieser ist durch eine Reihe von Siderit-Ankerit Vererzungen gekennzeichnet, die stellenweise auch Chalkopyrit führen. Die Vererzungen sind meist an devonische Karbonate gebunden, welche am Steirischen Erzberg durch den Sauberger Kalk repräsentiert werden. Dieser tritt hier, wie bereits erwähnt, innerhalb von zwei Schollen auf. Die vererzten Bereiche befinden sich sowohl in der Liegend- als auch in der Hangendscholle (siehe Abb. 9). Der Zwischenschiefer, welcher die beiden Schollen voneinander trennt, ist kein Erzträger. Als Haupterze treten Siderit und Ankerit bis Eisendolomit auf, wobei der reine Siderit von den Bergleuten als "Flinz" und die erzarmen Karbonate als "Rohwand" bezeichnet werden (Angel, 1939; Clar et al., 1965).

Daneben gibt es noch zahlreiche andere, auch teilweise nur werksinterne Bezeichnungen für Siderit-Ankerit Vererzungen, welche in dieser Lagerstätte in unterschiedlichster Form auftreten. Hierbei ist anzumerken, dass, mineralogisch betrachtet, am Steirischen Erzberg sowohl Siderit als auch Sideroplesit auftreten. Letzterer unterscheidet sich vom Siderit dadurch, dass er zwischen 10 % und 30 % Magnesiumkarbonat enthält.

4. Mineralogisch-petrologische Beschreibung der unterschiedlichen Kalktypen im Bereich "Kalkstock"

Im Zuge der Kartierung der einzelnen Etagen, die sich im Bereich des "Kalkstockes" befinden, war es möglich, verschiedene Typen des Kalkes zu unterscheiden. Diese wurden sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass der Kalk im kartierten Bereich grundsätzlich in drei Typen unterteilt werden kann:

* graue bis bunte Flaserkalke (Sauberner Kalk)

* Kalkschiefer-Flaserkalke

* graue, gut gebankte Kalke

Hierbei ist anzumerken, dass die bunten Flaserkalke in der Literatur auch als Sauberner Kalk bezeichnet werden (Schönlaub, 1979).

Für einen genauen Überblick, wurden alle Probenahmepunkte in der geologischen Karte eingezeichnet (siehe Kap. 9. 5.).

Die mikroskopische Untersuchung wurde mit dem Polarisationsmikroskop des Typs "Olympus BX40" durchgeführt und erfolgte im Durchlicht. Aufgrund der damit erzielten genauen Analyseergebnisse, wird im Folgenden jeder Dünnschliff einzeln beschrieben. Dazu muss erwähnt werden, dass deren Bezeichnung auf den Fundort bzw. auf die Etage zurückzuführen ist. Der Name der jeweiligen Etage wird mit den ersten vier Buchstaben abgekürzt. Die danach folgende Zahl steht für die genommene Handstücksnummer.

4. 1. Graue bis bunte Flaserkalke (Sauberner Kalk)

Die massigen Flaserkalke zeigen makroskopisch eine hellgraue bis mittelgraue Farbe, teilweise mit rosa Flecken, die typisch für den Sauberner Kalk sind. Sie sind durch eine nierige Ausbildung gekennzeichnet und von kleinen Klüften durchzogen, die Calcit und, anhand der Färbung erkennbar, Hämatit beinhalten. Das Hauptmineral dieser Gesteine ist Calcit, Nebenmineral ist Quarz und als Akzessorien treten Sericit bzw. Chlorit auf. Letztere zwei bilden dünne, grünliche Häutchen um die Kalknieren herum. Die Kristallgrößen der einzelnen Minerale sind mit dem freien Auge nicht feststellbar. Dies ist nur mikroskopisch möglich.

Im Folgenden werden alle Dünnschliffe aus dem Sauberner Kalk detailliert beschrieben.

ELIA1: Die Grundmasse des Dünnschliffes ELIA1 ist aus Calcit aufgebaut ist, welcher eine Kristallgröße von <0,02 mm aufweist. Fein verteilt sind auch kleine Quarzkörner zu erkennen. Dazwischen treten vereinzelt einige Bioklasten auf, wobei es sich hauptsächlich um Skelette von Crinoiden handelt. Diese Masse wird von kleinen Gängchen durchquert, die erst später entstanden und in denen ebenfalls Calcit und Quarz vorherrschen. Beide haben

hier eine Kristallgröße von ca. 0,2 mm bis 1 mm und sind hypidiomorph bis xenomorph auskristallisiert. Der Calcit zeigt die für ihn typische Verzwillingung. Diese Zwillinge werden auch als Gleitzwillinge bezeichnet. Der Quarz ist teilweise durch undulöse Auslöschung gekennzeichnet, was auf eine tektonische Beanspruchung hinweist. Um die Kalknieren herum, sind Häutchen aus Sericit und Chlorit ausgebildet, aber eine definitive Schieferung ist, zumindest in diesem Gesteinsbruchstück nicht zu erkennen.

POLS1: Der Schliff *POLS1* zeigt ebenfalls einen nieren Sauberger Kalk. Die Matrix dieses Dünnschliffes wird weitgehend von Calcitkristallen aufgebaut, welche Gleitzwillinge zeigen, und ist feinkörnig mit einer Kristallgröße $<0,1$ mm. Vereinzelt treten Quarzkörnchen in demselben Größenbereich auf. Allgemein ist zu erwähnen, dass die Kristalle eine hypidiomorphe bis xenomorphe Ausbildung zeigen. Die Grundmasse durchquerend, sind Klüfte zu erkennen, in denen nur Calcit auskristallisiert ist. Dieser ist in einer Kristallgröße von maximal 2 mm ausgebildet.

VORA5: Bei *VORA5* ist zu erwähnen, dass das dazugehörige Handstück eine intensive rote Färbung zeigt. Dabei handelt es sich um einen spätigen Sauberger Kalk. Die Grundmasse dessen ist hauptsächlich aus Calcit aufgebaut, daneben beinhaltet sie aber auch Quarzkristalle. Diese sind stark undulös auslöschend und meist zerbrochen (siehe Abb. 10). In weiterer Folge ist in den Klüften Calcit auskristallisiert. Im Allgemeinen beläuft sich die Kristallgröße auf maximal 5 mm und der gesamte Dünnschliff zeigt eine spätige Ausbildung der Minerale. Für die intensive rote Färbung ist der Hämatit verantwortlich, welcher feinst verteilt im gesamten Gesteinsbruchstück auftritt.

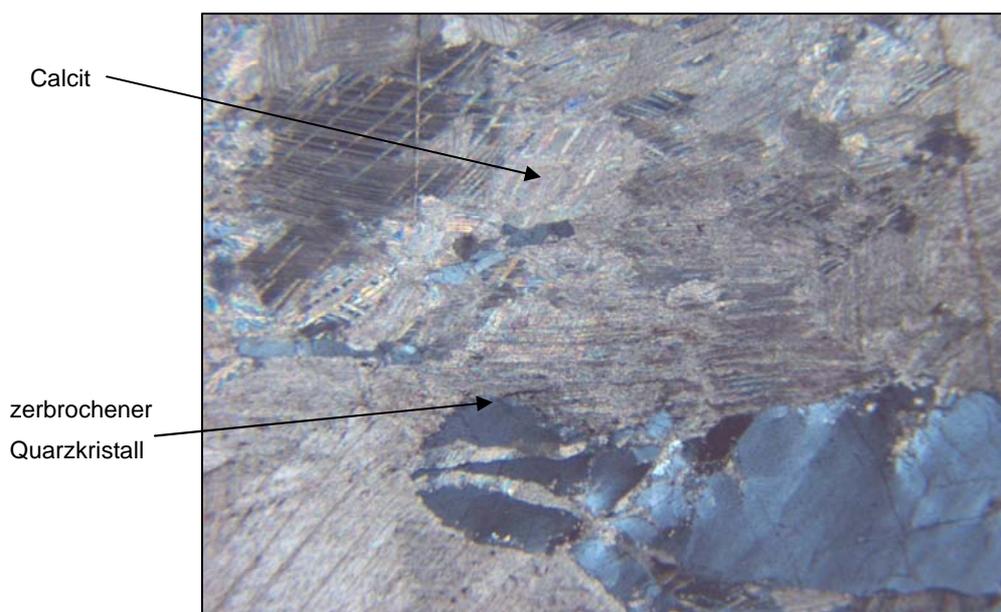


Abb. 10: Dünnschliff *VORA5*: Grauer Kalk mit den wichtigsten gesteinsaufbauenden Mineralen (+N, Bildbreite: 2,85 mm).

4. 2. Kalkschiefer-Flaserkalk

Die Kalkschiefer-Flaserkalke erscheinen optisch ebenfalls in einer hellgrauen bis mittelgrauen Farbe. Im Unterschied zu den massigeren Flaserkalcken zeigen diese eine ausgeprägte Schieferung und die Kalknieren, die hier schon eher als Kalklinsen bezeichnet werden können, sind von einem violetten Tonschiefer wellig durchflochten. Auch dieses Gestein besteht hauptsächlich aus Calcit. Als Nebenminerale treten neben Quarz noch Sericit und Chlorit auf, welche deutlich auf den Schieferungsflächen zu erkennen sind. Für die Farbgebung dieser Flächen sind das Auftreten von Hämatit und teilweise Graphit verantwortlich. Auch bei diesem Kalktypus ist die Kristallgröße makroskopisch nicht feststellbar.

Aus den Handstücken des Gesteins wurden ebenfalls mehrere Dünnschliffe angefertigt, welche wieder im Anschluss beschrieben werden.

ELIA2: Die Matrix von *ELIA2* wird hauptsächlich aus maximal 0,02 mm großem Calcit aufgebaut und beinhaltet einen geringen Anteil an Quarz. Bruchstücke von Crinoiden nehmen nur eine untergeordnete Stellung ein. Die feinen, gesteinsdurchquerenden Gängchen beinhalten ebenfalls Calcit und Quarz, die beide eine maximale Kristallgröße von 0,2 mm aufweisen und hypidiomorph bis xenomorph auskristallisiert sind. Auch hier ist der Calcit durch seine Gleitzwillinge gekennzeichnet und der Quarz zeigt häufig undulöse Auslöschung.

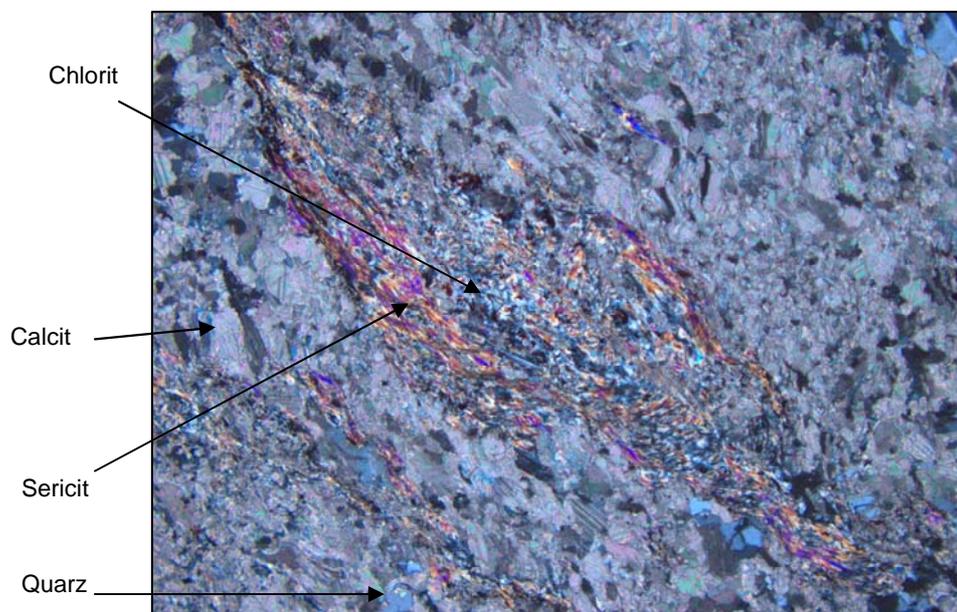


Abb. 11: Dünnschliff *ELIA2*: Ansammlung von Phyllosilikaten auf einer Schieferungsfläche im Kalkschiefer-Flaserkalk (+N, Bildbreite: 1,77 mm).

Des Weiteren sind im Dünnschliff in den Gängen vereinzelt Feldspäte der gleichen Kristallgröße zu erkennen. Anhand der deutlich ausgeprägten polysynthetischen Zwillinge wurde festgestellt, dass es sich dabei um Plagioklas handelt. Auf den Schieferungsflächen dominieren Sericit und Chlorit und bilden ein lepidoblastisches Gefüge (siehe Abb. 11). Für die violette Farbgebung im Handstück ist fein verteilter Hämatit verantwortlich, aber auch Graphitschüppchen sind im Mikroskop zu sehen. Teilweise ist an den Schieferungsflächen eine ausgeprägte Zerschering erkennbar, welche auf eine zusätzliche tektonische Beanspruchung hinweist.

LIED2: Auch beim Schliff LIED2 handelt es sich um einen Kalkschiefer-Flaserkalk. Die Grundmasse wird durch Calcit gebildet. Sie ist sehr feinkörnig und zeigt eine Vielzahl an Schalenfragmenten von Crinoiden. Der Quarz zeigt häufig undulöse Auslöschung, was auf tektonische Beanspruchung hindeutet. Auch der Calcit indiziert dies, indem seine Zwillingslamellen gebogen sind. Manche Klüfte, die das Gestein durchqueren, führen neben Calcit und Quarz auch Feldspat. Es handelt sich um Plagioklas, der seine typischen polysynthetischen Zwillinge zeigt. Die Kristallgröße aller drei Minerale ist <1,2 mm und sie zeigen hypidiomorphe bis xenomorphe Ausbildung. Die Schieferungsflächen sind anhand des lepidoblastischen Gefüges gut sichtbar und werden durch das Auftreten von Sericit und Chlorit beherrscht. Die zusätzlich farbgebenden Minerale sind Hämatit und Graphit, die beide in Form von kleinen Schüppchen vorhanden sind.

ETA12: Die Grundmasse im Dünnschliff ETA12 ist grobkristallin ausgebildet (siehe Abb. 12).

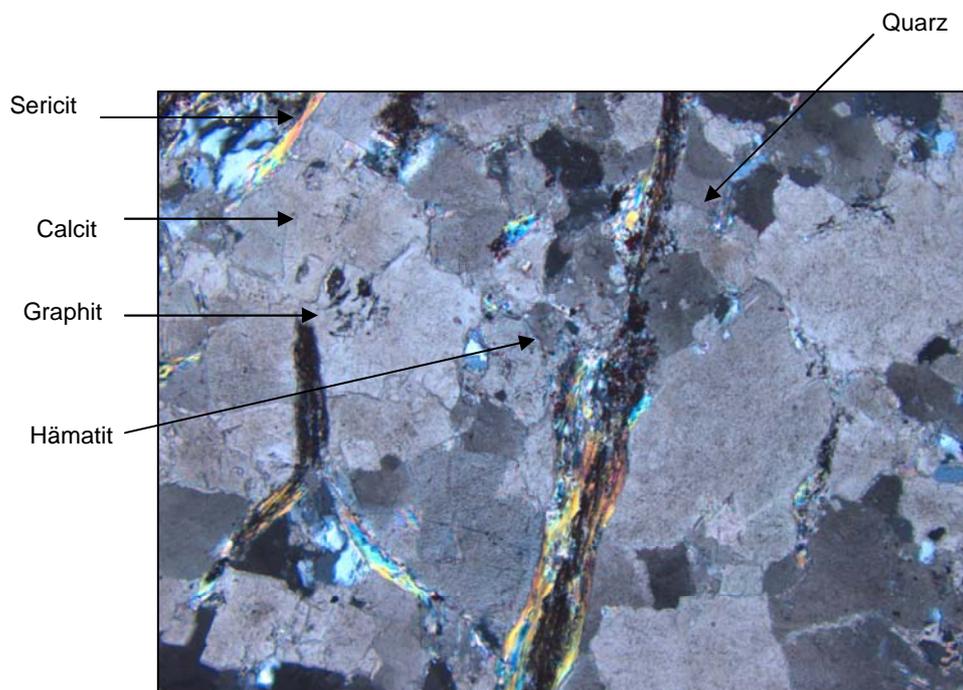


Abb. 12: Dünnschliff ETA12: Relikte von Schieferungsflächen mit Phyllosilikaten im Kalkschiefer-Flaserkalk (+N, Bildbreite: 1,77 mm).

Sie besteht hauptsächlich aus Calcit mit einem geringen Anteil an Quarz, wobei beide eine Kristallgröße bis zu 1 mm erreichen. Der Calcit zeigt nur wenige Gleitwillinge und wenn, dann sind diese gebogen und weisen somit auf eine Deformation hin. Fragmente von Fossilien fehlen zur Gänze. Gesteinsdurchquerende, mit Calcitkristallen gefüllte Klüfte sind nur wenige sichtbar, aber die Schieferung ist deutlich ausgeprägt. Diese Flächen zeigen abermals ein lepidoblastisches Gefüge mit viel Sericit und Graphit und dazwischen oftmals Anhäufungen, aber auch fein verteilte Schüppchen von Hämatit. Letztere zwei verursachen den grau-violetten Farbeindruck im Handstück.

POLS3: Die Grundmasse von *POLS3* wird hauptsächlich von Calcitkristallen aufgebaut. Dazwischen finden sich Quarzkörnchen, die jedoch vermehrt nahe an den Schieferungsflächen auftreten. Die Kristallgröße beider Minerale geht nicht über 0,1 mm hinaus. Auch dieser Dünnschliff zeigt gesteinsdurchquerende Klüfte, die hauptsächlich aus Calcit und wenig Quarz aufgebaut sind. Hier steigt die Kristallgröße auf bis zu 3 mm an. Weiters ist eine Schieferung des Gesteins zu erkennen, wobei diese besonders durch das typische lepidoblastische Gefüge geprägt ist. Auf den Schieferungsflächen sind Sericit, Chlorit und Graphit ausgebildet. Letzterer ist zusammen mit den kleinen Hämatitschüppchen für das Gestein farbgebend.

VORA3: Auch *VORA3* zeigt einen Kalkschiefer-Flaserkalk. Das matrixbildende Mineral ist hier ebenfalls Calcit, welcher durch deutliche polysynthetische Translationslamellen gekennzeichnet ist. Daneben tritt fein verteilter Quarz auf. Beide Minerale sind hypidiomorph bis xenomorph ausgebildet und zeigen eine Kristallgröße, die unter 0,1 mm bleibt. Das Gestein ist von kleinen, überwiegend mit Calcit gefüllten Klüften durchzogen. Vereinzelt sind darin Feldspäte auskristallisiert, die anhand der polysynthetischen Verzwilligung als Plagioklas identifiziert werden konnten. Hier beläuft sich die Kristallgröße auf maximal 3 mm. Eine Schieferung und Zerschering sind in diesem Gestein sehr deutlich zu sehen. Die Phyllosilikate bilden ein lepidoblastisches Gefüge und die farbgebenden Minerale sind sowohl Hämatit als auch Graphit.

DREI4: Die Grundmasse im Dünnschliff *DREI4* wird von Calcitkristallen aufgebaut und als Nebenmineral sind nur Quarzkörner zu erkennen. Beide erreichen eine maximale Kristallgröße von 0,1 mm. Erwähnenswert ist bei diesem Dünnschliff das vermehrte Auftreten von Bioklasten (siehe Abb. 13). Es sind meist Fragmente von Crinoiden, Brachiopoden und Tentakuliten. Gesteinsdurchquerend entstanden Klüfte aus Calcit, dessen Kristalle bis zu 0,5 mm groß sind. Durch die Schieferung ist ein lepidoblastisches Gefüge sichtbar und für den Farbeindruck des Gesteins sind feine Hämatit- und Graphitschüppchen verantwortlich.

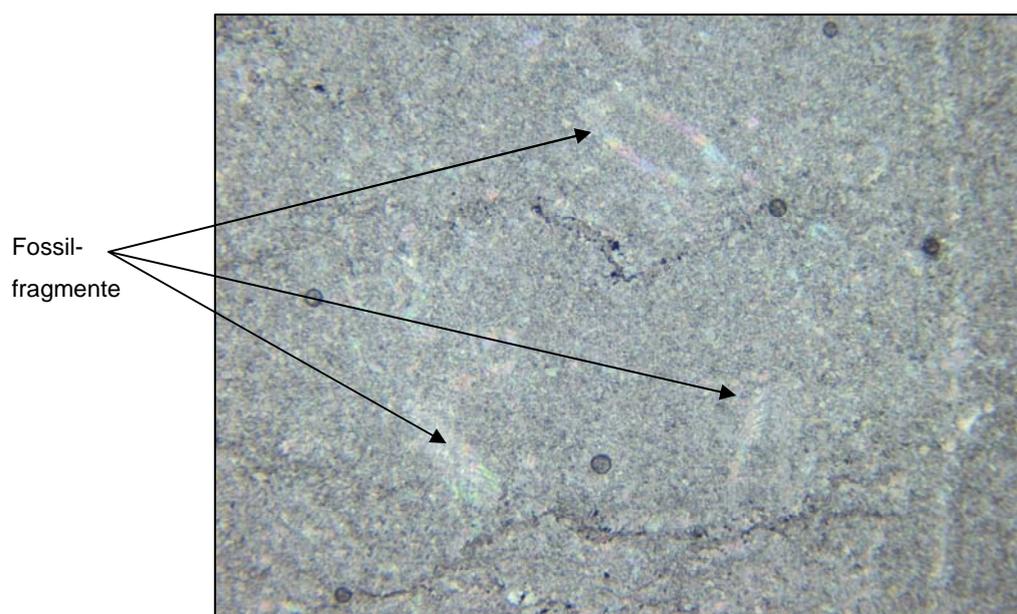


Abb. 13: Dünnschliff DRE14: Kalkschiefer-Flaserkalk mit Fossilfragmenten (+N, Bildbreite: 2,85 mm).

Manche Gesteinsproben stammen genau aus einem Übergang vom Sauberger Kalk zum Kalkschiefer-Flaserkalk. Dieses Phänomen ist zum Beispiel im Dünnschliff ETA11 zu sehen.

ETA11: Die Matrix besteht hauptsächlich aus Calcit, wobei dazwischen immer wieder Quarzkörnchen auftreten. Letztere sind vereinzelt in Form von zerbrochenen Körnern vorhanden. Die Risse liegen normal zur Schieferungsrichtung und wurden später mit Calcit wieder aufgefüllt. Dies, und auch die undulöse Auslöschung, bestätigen eine Einwirkung von tektonischem Stress auf das Gestein. Die Kristallgröße der Matrixminerale ist $<0,02$ mm und das Auftreten von Bioklasten nimmt nur eine untergeordnete Stellung ein. Die Klüfte, die das Gestein durchqueren, zeigen ebenfalls Calcit und Quarz und in geringem Maße Plagioklaskörner. Quarz und Plagioklas haben eine maximale Größe von 0,5 mm, der Calcit hingegen erreicht bis zu 1,5 mm. Auch hier liegt keine idiomorphe Ausbildung der Minerale vor. Auf den Schieferungsflächen bzw. um die Kalknieren herum dominieren wiederum Sericit und Chlorit.

LIED1: Auch dem Dünnschliff LIED1 liegt ein niedriger Sauberger Kalk, der einen Übergang zum Kalkschiefer-Flaserkalk zeigt, zu Grunde. Die Matrix wird vom Calcit gebildet und es treten vermehrt Fossilbruchstücke auf, welche hauptsächlich von Crinoiden stammen (siehe Abb. 14). Eventuell sind zusätzlich noch Fragmente von Brachiopoden und Tentakuliten vorhanden, aber deren eindeutige Identifizierung war nicht möglich. Auch in diesem Dünnschliff dominiert verzwilligter Calcit mit fein verteiltem Quarz, jedoch sind die Minerale im Vergleich etwas feinkörniger. Um die Kalknieren herum, sind Sericit und Chlorit vorherrschend. Auch hier geben Hämatit und stellenweise feinschuppig auftretender Graphit

dem Gestein seine Farbe. Die vereinzelt Gänge sind mit hypidiomorphem bis xenomorphem Calcit und Quarz gefüllt, die eine maximale Größe von 1,2 mm erreichen.



Abb. 14: Dünnschliff LIED1: Bioklasten im Bereich des Sauberger Kalkes (+N, Bildbreite: 1,77 mm).

HELL1: Auch beim Gestein des Schliffes *HELL1* handelt es sich um einen nieren Sauberger Kalk, der den Übergang zum Kalkschiefer-Flaserkalk beinhaltet. Das matrixbildende Mineral ist Calcit, welcher eine Kristallgröße von $<0,1$ mm zeigt. Bei genauer Betrachtung sind einige Bioklasten zu erkennen, die wieder nur in Form von Schalenfragmenten und grusigem Material vorhanden sind. Die auftretenden Klüfte bestehen aus Calcit, dessen Kristallausbildungen bis zu 0,5 mm Größe erreichen. In einem kleinen Bereich des Dünnschliffes sind Schieferungsflächen ausgeprägt, auf denen sich Sericitschüppchen befinden.

4. 3. Grauer Kalk

Die grauen Kalke sind durch ihr massiges und vorwiegend gebanktes Auftreten gekennzeichnet. Sie zeigen eine mittelgraue Farbe und bestehen überwiegend aus Calcit. Als Nebenmineral ist Quarz zu erwähnen. Vereinzelt sind hellere, erst zu einem späteren Zeitpunkt auskristallisierte Calcitklüfte zu beobachten. Bei genauer optischer Betrachtung sind sogar Fragmente von Fossilien mit dem freien Auge erkennbar. Um welche es sich dabei genau handelt, konnte makroskopisch jedoch nicht geklärt werden. Die Kristallgröße ist in diesem Gestein makroskopisch ebenfalls nicht ermittelbar.

Qualitativ ist dieser Typus der Beste von den drei untersuchten Kalken, jedoch tritt er im Gelände nur untergeordnet auf.

Mit Hilfe der mikroskopischen Untersuchung war es auch bei diesem Gestein möglich, eine genaue Analyse bezüglich der Mineralogie durchzuführen.

VORA2: Das dem Dünnschliff VORA2 zugrunde liegende Gestein ist ein grauer Kalk. Aufgebaut wird dieses eher homogen wirkende Gestein hauptsächlich aus Calcit mit einer Kristallgröße von $<0,1$ mm. Als Nebenmineral tritt Quarz auf (siehe Abb. 15). Im Dünnschliff sind zahlreiche Bioklasten zu erkennen, die meist von Crinoiden stammen. Daneben könnten zusätzlich noch Brachiopoden und Tentakuliten vorhanden sein, aber auch in diesem Fall ist keine genaue Identifikation möglich. In den Klüften ist neben dem Calcit noch Quarz auskristallisiert. Beide Minerale zeigen eine maximale Kristallgröße von 0,5 mm.

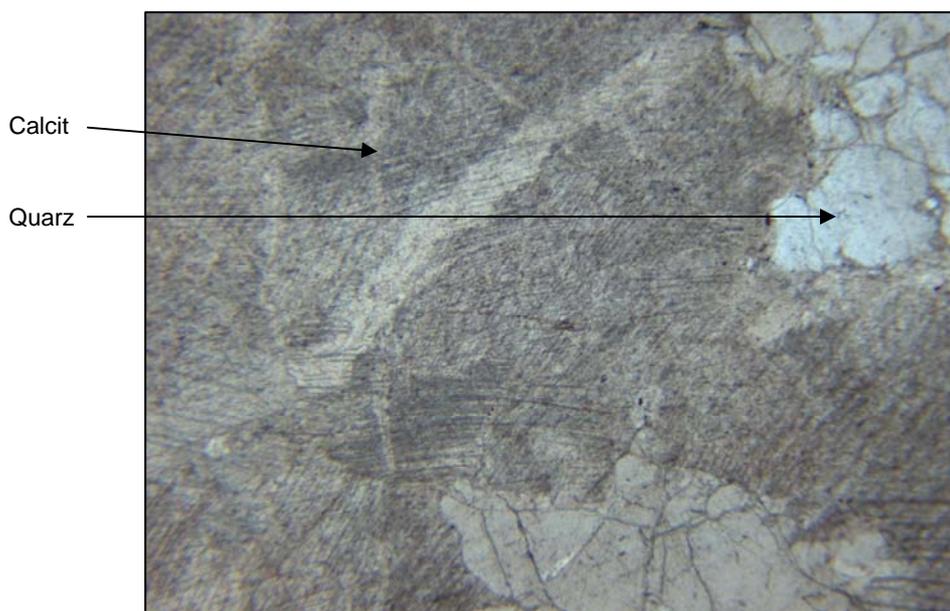


Abb. 15: Dünnschliff VORA2: Gesteinsbildende Minerale des grauen Kalkes (+N, Bildbreite: 1,77 mm).

DREI3: Allgemein ist der Dünnschliff DREI3 durch eine recht homogene Erscheinung gekennzeichnet. Das matrixbildende Mineral ist Calcit, welcher eine Kristallgröße $<0,5$ mm aufweist. Vereinzelt sind Bioklasten zu erkennen. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Stielfragmente von Crinoiden und anderen Grus. Nur wenige Klüfte durchziehen das Gestein. Sie sind meist durch Calcit auskristallisiert worden, aber daneben gibt es vereinzelt auch einige Feldspatkörner. Die polysynthetische Verzwilligung deutet darauf hin, dass es sich hierbei um Plagioklas handelt.

4. 4. Interpretation

Schon mittels der makroskopischen Untersuchung und der Färbung wurde eine Unterteilung des vorliegenden unterdevonischen Kalkes in den nieren grauen bis bunten Flaserkalk (Sauburger Kalk), den Kalkschiefer-Flaserkalk und den im Gelände gut geschichtet auftretenden massigen grauen Kalk ermöglicht. Eine genaue Zuordnung der Handstücke der

beiden Flaserkalke nach dieser Unterteilung erwies sich jedoch als nicht ganz einfach, da eine klare Abgrenzung der zwei Typen meist nur schwer möglich ist.

Im Allgemeinen ist das Hauptmineral in allen untersuchten Handstücken Calcit. Quarz tritt in der Grundmasse nur in einem geringen Anteil auf. Die ursprünglich dominierende primäre mikritische Matrix lässt auf eine Entstehung durch Ablagerung von Kalkschlamm in pelagischem Mileu schließen. Diese primäre Matrix wurde teilweise jedoch sekundär umkristallisiert, und zeigt heute mikrosparitischen Charakter (Schönlaub, 1979). Erwähnenswert ist das Auftreten von Bioklasten, bei denen es sich hauptsächlich um Schalenbruchstücke und Grus von Crinoiden handelt. Eventuell beinhalten manche Handstücke auch Brachiopoden und Tentakuliten, doch diese konnten wegen der geringen Größe der Fragmente nicht eindeutig identifiziert werden.

Unter anderem wegen der Alterseinstufung der Kalke, haben Schönlaub et al. (1980) conodontenstratigraphische Datierungen am Steirischen Erzberg durchgeführt. Anhand deren Ergebnisse, sind der Kalkschiefer-Flaserkalk, der Sauberger Kalk und der graue gebankte Kalk Vertreter des Unterdevons im Zeitraum vom Beginn der Prag-Stufe bis zur mittleren Daleje-Stufe. Da alle drei Karbonatgesteinstypen niedriggradig metamorph überprägt wurden, sind sie in diesem Sinne, petrographisch gesehen, in ihrer heutigen Form als Marmore zu bezeichnen. Epstein et al. (1977) führt bezüglich der metamorphen Überprägung zusätzlich einen "conodont color alteration index (CAI)" für die Karbonate am Steirischen Erzberg an. Die Untersuchungen ergaben einen CAI 5-6, was Temperaturen zwischen 300°C und 550°C entspricht (Kovacs & Arkai, 1987; Rejeban et al., 1987).

5. Geologische Kartierung und Modellierung

5. 1. Vorgangsweise

Für die geologische Kartierung wurde vom Betrieb das nötige Kartenmaterial zur Verfügung gestellt. Man einigte sich dabei auf einen Maßstab von 1:1000, wobei darüber hinaus eine detaillierte Aufnahme in Profilen mit einer Länge von 20 m erfolgte. Das heißt, die Kartierung vor Ort wurde im Maßstab 1:100 durchgeführt. Der Grund dafür war, ein möglichst detailliertes und für weiterführende Arbeiten gut geeignetes Ergebnis der vorherrschenden geologischen Verhältnisse zu erhalten. Basierend auf den kartierten Profilen entstand anschließend die geologische Karte im Maßstab 1:1000 (siehe Kapitel 9. 5.).

Begonnen wurde die Kartierung auf der Etage "Liedemann", da dort seitens des Betriebs kurz zuvor ein Aufbereitungsversuch mit einer mobilen Brech- und Siebanlage durchgeführt wurde. Das gebrochene Gestein hat anschließend die akkreditierte Prüf- und

Überwachungsstelle Arbeitsgemeinschaft ARP/ECV GesmbH in Leoben auf die Eignung als Wasserbaustein und für einen Einsatz im Verkehrswegebau untersucht (siehe Kap. 6). Von hier aus wurde die Arbeit zuerst in Richtung der nächst höheren Etagen (einschließlich Etage "Elias") und dann nach unten (einschließlich Etage "Etage I") fortgesetzt.

Bei der Kartierung des ursprünglich definierten "Kalkstocks" wurde die Arbeit von der Etage "Polster" ausgehend auf die nächst höheren Etagen bis einschließlich "Hell" durchgeführt. Anschließend wurden aus eigenem Interesse noch die Etagen "Peter Tunner" und "Sybold" im unteren Abbaubereich geologisch erfasst.

Bei der Aufnahme selbst erfolgte eine Unterscheidung in folgende drei Lithologien:

- Eisenerzer Schichten (Zwischenschiefer)
- Erz (Fertigerz, Zwischengut, Rohwand)
- Kalk (grauer bis bunter Flaserkalk, Kalkschiefer-Flaserkalk, grauer Kalk)

Diese Unterteilung erwies sich als ausreichend, da für die Untersuchung des Verbaubereiches eine detailliertere Aufgliederung des Erzes in seine einzelnen Qualitäten nicht nötig ist. Grundsätzlich wird dieses im Betrieb aber in Rohwand (7%-22% Fe-Gehalt: Ankeritgestein, eventuell mit Kalkgestein), Zwischengut (23%-29% Fe-Gehalt: Ankeritgestein, eventuell mit geringem Sideritgesteinsanteil) und Fertigerz (>30% Fe-Gehalt: Sideritgestein, eventuell mit geringem Ankeritgesteinsanteil) untergliedert.

Um die Ergebnisse der geologischen Kartierung auch in digitaler Form darzustellen, wurde hierzu das Lagerstättenmodellierungsprogramm "Surpac" verwendet. Damit wurden die einzelnen kartierten Kalkflächen in den aktuellen Tagbaustand (Stand Juni 2008) miteingebunden. Anschließend erfolgte eine Modellierung von den etagenübergreifenden Verbaubereichen. Dazu wurden zusätzlich die Ergebnisse horizontaler und vertikaler Oberflächenbohrungen herangezogen, welche die nötigen Informationen in die Tiefe lieferten.

5. 2. Tektonische Erkenntnisse

Während der geologischen Aufnahme lag das Interesse auch am tektonischen Gefüge der anstehenden Gesteine. Somit ergab sich eine Vielzahl an Messwerten bezüglich der Schichtung (Erz, Sauberge Kalk, grauer Kalk) und der Schieferung (Kalkschiefer-Flaserkalk, Zwischenschiefer), die mittels eines Clar-Kompasses ermittelt werden konnten. Die beiden genannten Gefügebilder sind im Gelände gut voneinander zu unterscheiden. Die Schichtung ist durch die sedimentäre Ablagerung bei den gleichen Sedimentationsbedingungen gekennzeichnet. Auf den Schichtflächen an der Grenze zur nächsten Schicht, sind des Öfteren dünne grünliche Silikatlagen sichtbar, die hauptsächlich aus Sericit und Chlorit bestehen. Manchmal sind die einzelnen Schichten hingegen auch anhand einer etwas

abgeänderten Farbe oder einfach an der guten Teilbarkeit entlang der Flächen erkennbar. Meist erreicht eine einzelne Schicht eine Mächtigkeit im Dezimeterbereich (siehe Abb. 16).

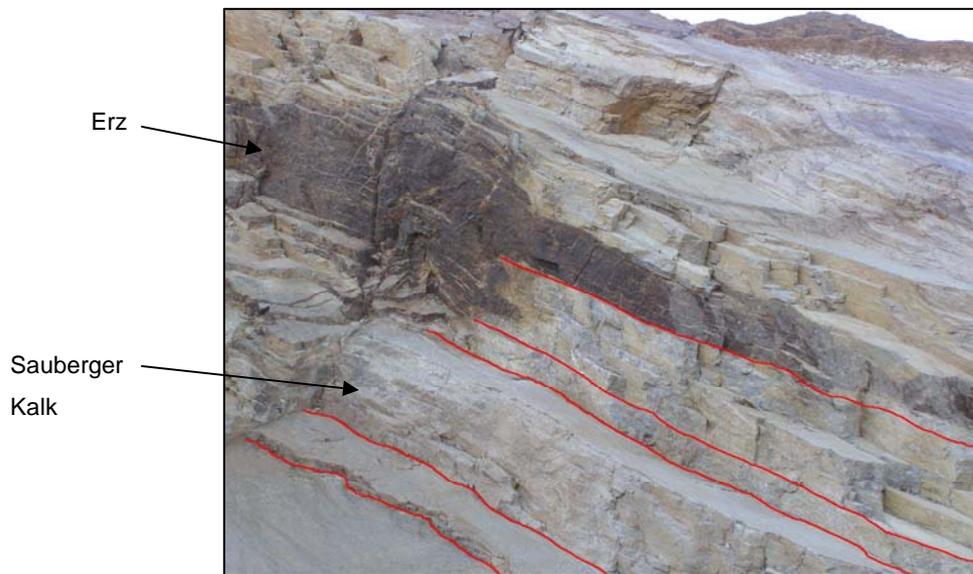


Abb. 16: Sauburger Kalk und Erz: die roten Linien markieren die Schichtflächen (Etagenhöhe ca. 20 m).

Das durch tektonische Beanspruchung entstandene Gefüge der Schieferung hingegen tritt im Kalkschiefer-Flaserkalk und im Zwischenschiefer auf. Beim Ersteren sind auf diesen Flächen zahlreiche Schichtsilikate erkennbar und die ursprünglich ausgebildeten Kalknieren sind nur mehr in Form von Linsen vorhanden. Beim Zwischenschiefer zeigen diese Flächen keinerlei Besonderheiten und sind ausschließlich anhand des Parallelgefüges des Gesteins erkennbar (siehe Abb. 17).



Abb. 17: Kalkschiefer-Flaserkalk: die roten Linien markieren die Schieferungsflächen.

Des Weiteren wurden auch Störungen im Gestein aufgenommen, die sodann bei der 3D-Modellierung des "Kalkstockes" hilfreich waren.

Bei der Analyse der Einfallrichtung und des Einfallswinkels der Schichtung bzw. der Schieferung ist in erster Linie zu erkennen, dass diese parallel zueinander sind. Da hierzu eine große Zahl an Messdaten vorliegt (Schichtung: 247 Messungen, Schieferung: 282 Messungen), ist diese Erkenntnis voll und ganz gerechtfertigt. Die Messwerte der Schichtung stammen vom grauen bis bunten Flaserkalk, vom gut gebankten grauen Kalk und vom Erz. Eine Schieferung ist aufgrund des Gefüges nur beim Kalkschiefer-Flaserkalk und bei den Eisenerzer Schichten vorhanden und somit auch messbar. Die Werte an sich, sind von den unteren bis hin zu den oberen Etagen relativ homogen. Es herrscht überwiegend ein mittelsteiles Einfallen in Richtung W bis NW. Nur einzelne kleinere Bereiche weichen von der Haupteinfallrichtung etwas ab (siehe Abb. 18 und 19).

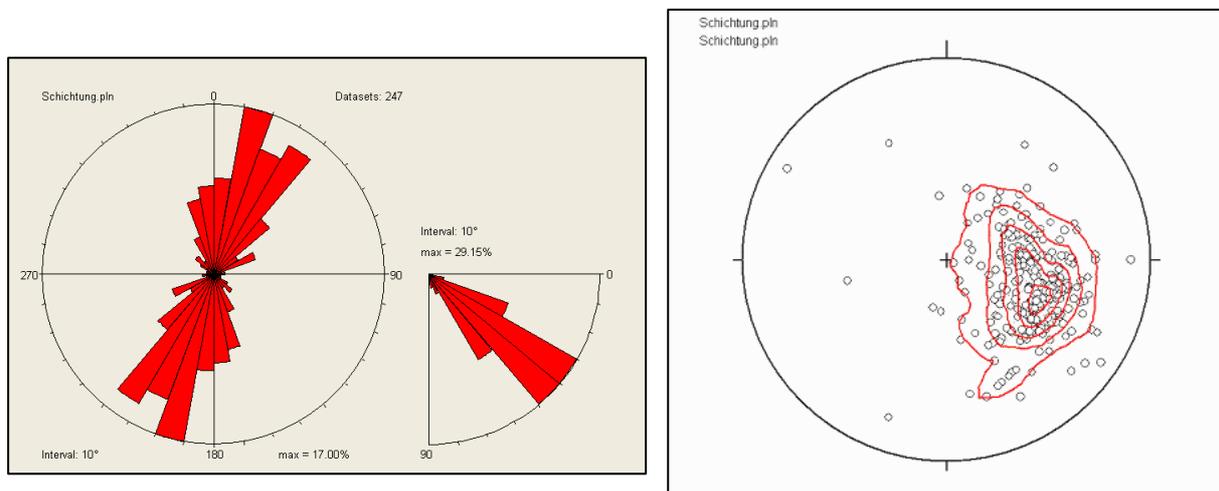


Abb. 18: Rosendiagramm (links) und Polpunktedichte (rechts) zur Darstellung der gesamten Schichtungsmessdaten.

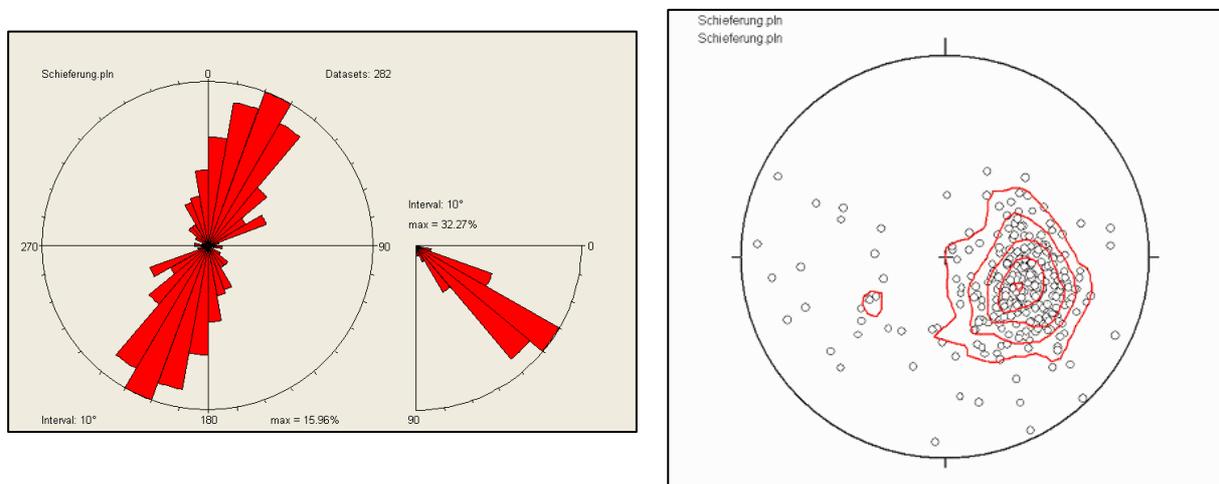


Abb. 19: Rosendiagramm (links) und Polpunktedichte (rechts) zur Darstellung der gesamten Schieferungsmessdaten.

Die markantesten Störungen verlaufen parallel zum Christof-Hauptverwurf. Diese zeigen ein N-S Streichen, fallen in Richtung Osten mit einem durchschnittlich mittleren Winkel ein und sind Abschiebungen. Daneben treten zahlreiche kleinräumige Störungen auf, die den Gesteinsverband zwar völlig durchdringen, jedoch keine bedeutende Auswirkung auf die Lagerungsverhältnisse haben.

5.3. Ergebnisse

In der Abbildung 20 ist ein Ausschnitt aus der Kartierung dargestellt. Die einzelnen Lithologien sind anhand der ihnen zugeordneten Farben ersichtlich. Eine detailliertere Information über die verschiedenen Farb- und Zeichenzuordnungen ist im Anhang aufgelistet. Bezüglich der Fallzeichen ist zu erwähnen, dass diese Mittelwerte eines größeren Bereiches sind und zur besseren Sichtbarkeit oberhalb der zugehörigen Etage eingezeichnet wurden.

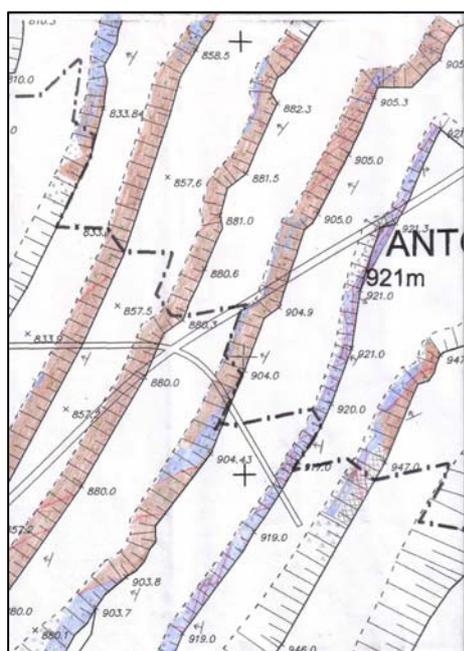


Abb. 20: Ausschnitt aus der geologischen Kartierung (braun: Erz blau: Kalk (eine detaillierte Farben- und Zeichenerläuterung zeigt die Legende im Kapitel 9. 5.), Karte genordet, Maßstab 1:3127).

Bereichsweise ist die Abgrenzung der Lithologien schwierig. Da der Zwischenschiefer aufgrund seines Gefüges sehr brüchig ist, sind die Grenzen zu den anderen Lithologien meist von dessen Schutt bedeckt. Bezüglich der Grenzen zwischen Erz und Kalk sind grundsätzlich zwei Arten des Überganges unterscheidbar. Bei der einen Art handelt es sich um eine Schichtgrenze zwischen den beiden Lithologien, zumindest sieht es optisch danach aus, da die Grenze gleichzeitig Schicht- bzw. Schieferungsfläche ist (siehe Abb. 21 oberhalb der Störung). Viel häufiger ist die Grenze jedoch in Form von wolkigen Grenzen ausgebildet und lässt auf metasomatische Stoffaustauschprozesse schließen (siehe Abb. 21 unterhalb der Störung und Abb. 22).

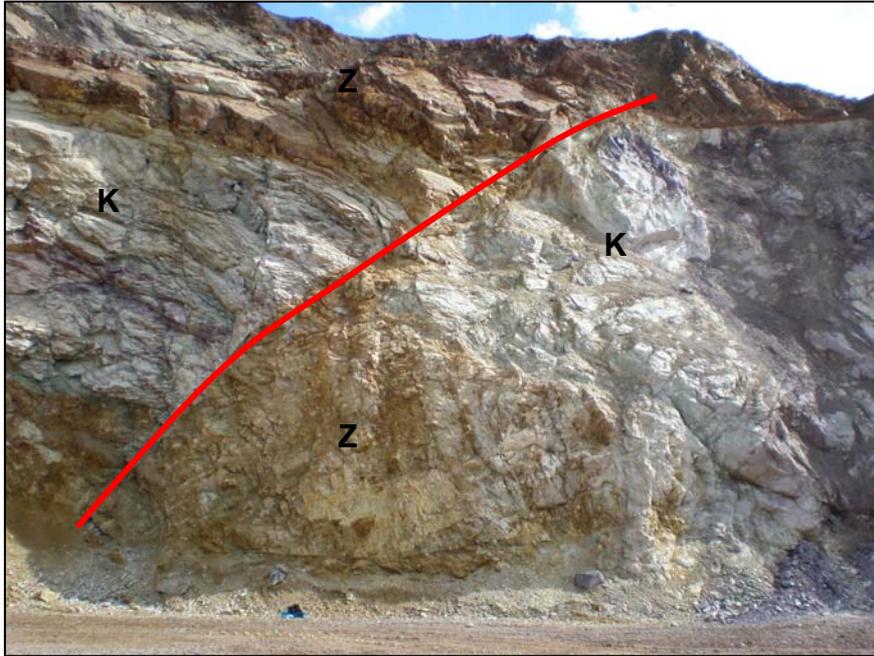


Abb. 21: Tektonische Grenze zwischen Kalk (K) und Zwischengut (Z). Abschiebung (rote Linie) mit einem Versatz um mehrere Meter (Etage "Schiller"; Etagenhöhe ca. 25 m).



Abb. 22: Metasomatische Grenze (rote Linie) zwischen Kalk (K) und Zwischengut (Z) (Etage "Schiller").

Auf Basis dieser Erkenntnisse, den tektonischen Daten und den Bohrergebnissen erfolgte die 3D-Modellierung der Kalkkörper. Dadurch wurde ersichtlich, dass die kartierten Kalkareale zu mehreren größeren Bereichen zusammengefasst werden können (siehe Ellipsen in Abb. 23). Für die Darstellung wurden folgende Farben verwendet:

kartierte Flächen: **blau**

modellierte Bereiche: **hellblau**

Etagenkanten: bunte Linien

Warum die Anzahl dieser nicht genau festgelegt werden kann, wird im Laufe des Kapitels noch genauer diskutiert.

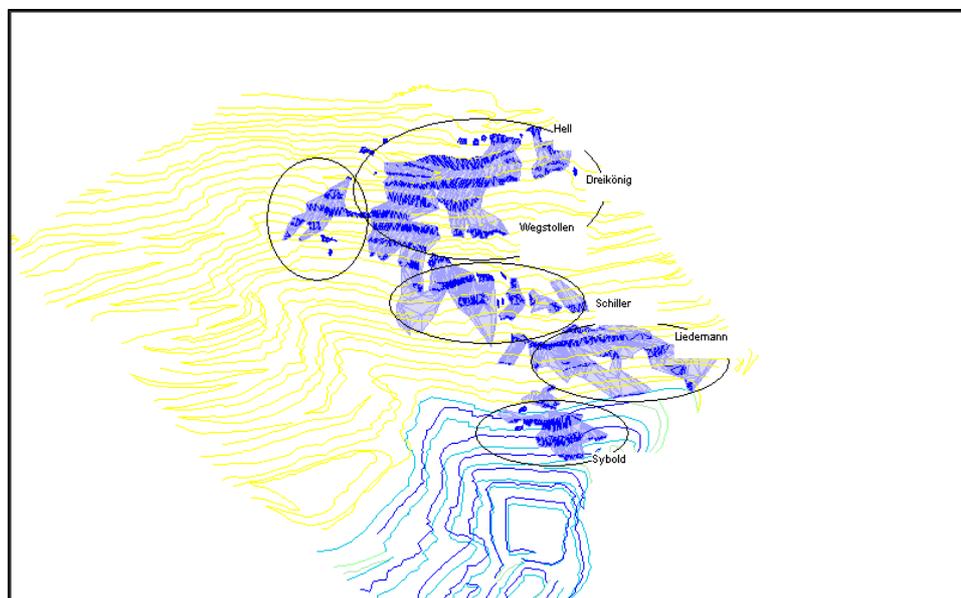


Abb. 23: Modellierte Vertaubungsbereiche durch Kalk (Etagenhöhe ca. 20 m bis 25 m; Blick Richtung E).

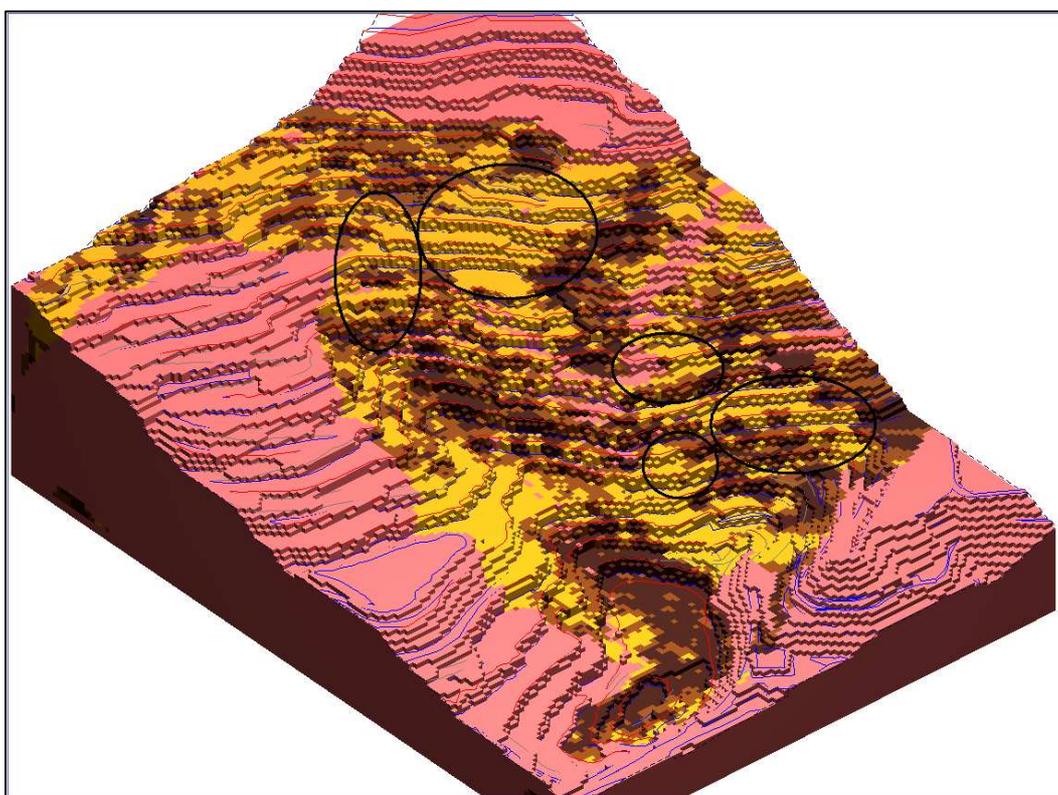


Abb. 24: Surpac-Blockmodell. Die Farbe dunkelbraun bedeutet Fertigerz, hellbraun ist dem Zwischengut zugeordnet, in gelb sind sowohl Rohwand als auch die Nebengesteine und in rosa die gesamten Gesteine außerhalb des bearbeiteten Bereichs dargestellt. (Blockgröße 10 m x 10 m x 10 m; Blick Richtung E) (Oberndorfer, 2007).

Diese Verbaubungsbereiche sind auch in dem von der Firma "MINE IT mining information technology" erstellten Blockmodell gut ersichtlich (siehe Ellipsen in Abb.24).

Da die meisten Bohrungen eine Länge von ca. 60 m haben, ist auch die Modellierung auf diese Teufe beschränkt. Viele Bohrungen enden jedoch mit der Lithologie Kalk, das heißt es liegt keine Information darüber vor, wie viele Meter Kalk noch folgen würden.

In der Umgebung des eigentlichen Kalkstocks waren die bisher abgeteuften Bohrungen nicht sonderlich hilfreich bei der Erstellung der 3D-Kalkkörper. Erstens wurden hier allgemein weniger Bohrungen abgeteuft und zweitens sind die meisten durchbohrten Bereiche inzwischen bereits abgebaut.

Bei der Darstellung der Bohrungen (siehe auch Abb. 25) erhielt jede Lithologie eine eigene Farbe. Die Farben wurden folgendermaßen vergeben:

Tonschiefer und Werfener Schichten: grün

Zwischenschiefer (Eisenerzer Schichten): schwarz

Rohwand: gelb

Zwischengut: hellbraun

Fertigerz: dunkelbraun

Kalk: türkis

Porphyroid: rot

kein Kern: hellgrau

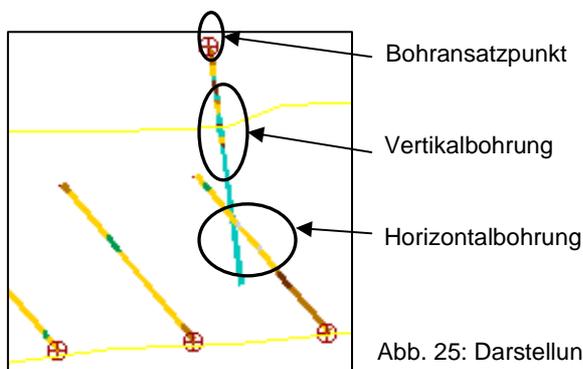


Abb. 25: Darstellungserklärung zu den Bohrungen.

Nicht nur zwischen den Kalkkörpern, sondern auch innerhalb dieser, treten immer wieder vererzte Bereiche auf. Je nach Verwendung des Kalkes, wird dies zukünftig in Bezug auf dessen Abbau bzw. Aufbereitung eine wichtige Rolle spielen.

Auf manchen Etagen ist die Bruchwand bereits so stark verwittert, dass in größeren Höhen die Identifikation des Gesteins nicht eindeutig möglich war. Solche Bereiche erhielten bei der Kartierung eine eigene Signatur, sie wurden bei der Modellierung jedoch weggelassen, da die Informationen unzureichend sind. Auf Etage "Antoni" zum Beispiel, konnte eine gesicherte Lithologie nur bis zu einer Höhe von ca. 17 m gezeichnet werden. Aufgrund

dessen erfolgte auch die Modellierung nur bis dort hin. Das Beispiel ist in Abbildung 26 ersichtlich.

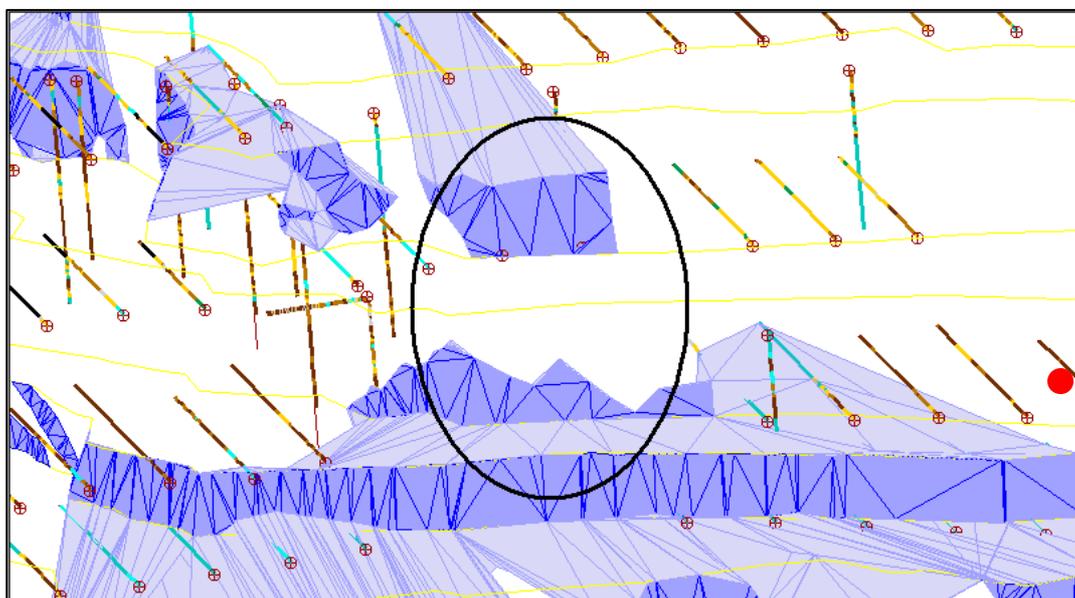


Abb. 26: Bereich mit unzureichender Information; Unten Etage "Antoni", oben Etage "Schiller" (Etagenhöhe ca. 20 m bis 25 m; Blick Richtung E).

Da in diesem Bereich auch keine Horizontalbohrungen abgeteuft wurden (siehe Ellipse in Abb. 26), ist zu wenig geologische Information vorhanden, um einen Zusammenschluss mit dem auf der nächst höheren Etage befindlichen Kalkkörper zu gewährleisten. Da der Kalk aber bis in eine Tiefe von ca. 50 m nachgewiesen ist und der obere Kalkkörper aufgrund der Einfallrichtung mit dem unteren zusammenpassen würde, wird empfohlen in diesem Bereich zumindest eine zusätzliche Horizontalbohrung abzuteufen.

Ca. 50 m nach der letzten kartierten Fläche auf der Etage "Antoni" in Richtung Süden (siehe Abb. 26 roter Punkt) gibt es eine aufgefahrene Strecke, welche die obertägige Etage mit dem untertägigen Abbaugebiet verbindet. Alten geologischen Kartierungen zufolge, wurde diese in Richtung Südosten von der heutigen Abbaugrenze noch mindestens 20m weit im Kalk aufgefahren. Weiter wurde nicht kartiert (Kern, 1938 a). Eine Etage tiefer, auf "Liedemann", gibt es in diesem Bereich ebenfalls eine untertägige Strecke in die selbe Richtung. Diese führt noch ca. 180m weit Kalk. Danach folgt Erz (Kern, 1938 b).

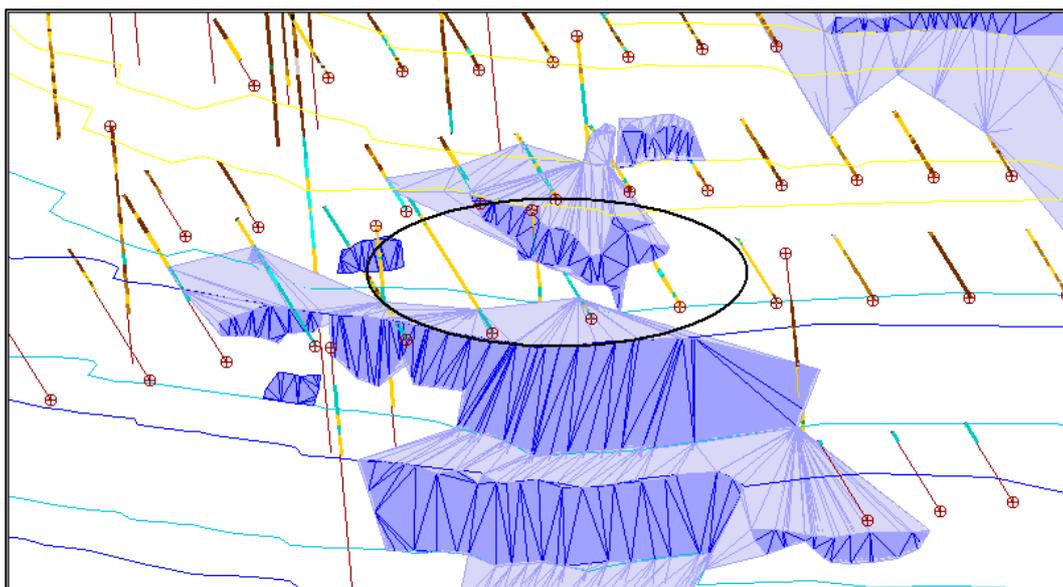


Abb. 27: Kalkbereiche auf den Etagen "Peter Tunner", "Etage I" und "Etage III" (von unten nach oben; Etagenhöhe ca. 20 m bis 25 m; Blick Richtung E).

In Abbildung 27 ist ein Beispiel dafür sichtbar, warum manche Kalkbereiche nicht vollständig miteinander verbunden wurden. Die eingezeichnete Ellipse umgibt einen Bereich von Bohrungen, der neben Kalk (türkis) auch vermehrt Rohwand (ocker) zeigt. Aufgrund dieser Bohrergebnisse wurden die Kalkkörper nicht vollständig zusammengefasst.

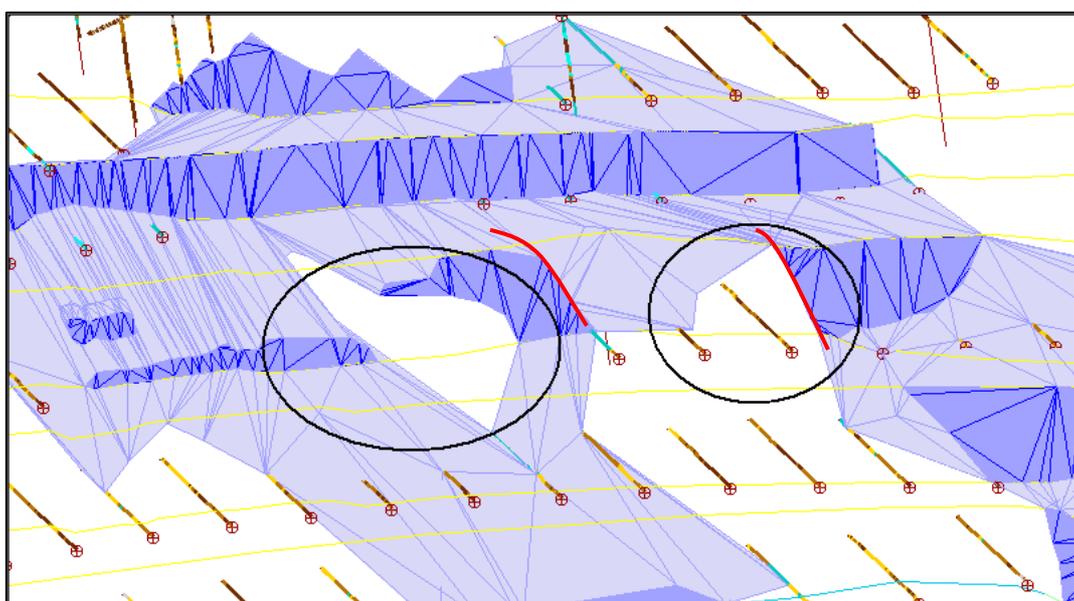


Abb. 28: Kalkbereiche auf den Etagen "Palmer", "Liedemann" und "Antoni" (von unten nach oben; Etagenhöhe ca. 20 m bis 25 m; Blick Richtung E).

Auch auf der Etage "Palmer" entstanden bei der Modellierung zwischen den Körpern Bereiche, in denen keine vollständige Schließung gewährleistet ist (siehe Abb. 28). Hier liegt

der Grund darin, dass bei der geologischen Kartierung an den betroffenen Stellen Erz vorgefunden wurde. Die rechte Ellipse umfasst einen Bereich, in dem dies auch durch eine Horizontalbohrung bestätigt wird.

Die Abgrenzung des Kalkes ist zusätzlich noch durch das Vorhandensein von Störungen (siehe rote Linien in Abb. 28) festgelegt.

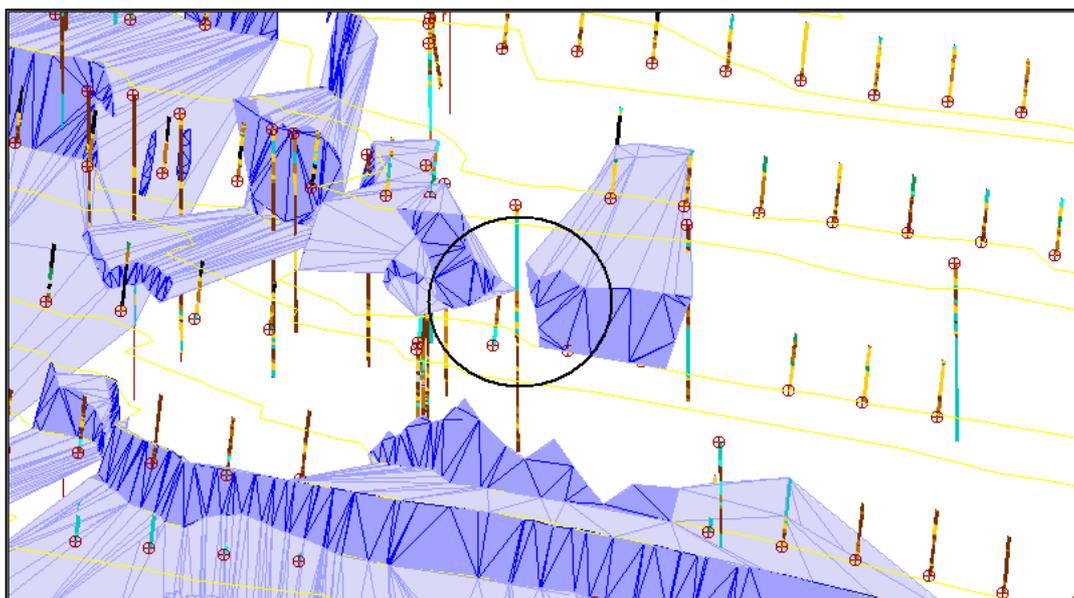


Abb. 29: Kalkbereiche auf Etage "Schiller" (Etagenhöhe ca. 26 m; Blick Richtung ENE).

Die in Abbildung 29 dargestellte Ellipse kennzeichnet zwei Bohrungen, die ein widersprüchliches Ergebnis lieferten. Jene in horizontaler Richtung zeigt nach wenigen Metern Kalk bereits Erz, welches beinahe bis zur Endteufe reicht. Jene in vertikaler Richtung erbohrte jedoch dort, wo bei der anderen Erz gefunden wurde, Kalk. Da hier bei der geologischen Aufnahme neben Erz auch der Zwischenschiefer und dessen Schutt kartiert wurden, fiel die Entscheidung dafür, die beiden Kalkbereiche getrennt voneinander zu modellieren.

Manche Teile wurden vollständig auf Basis von Bohrerergebnissen und des bei der Kartierung ermittelten Schichteinfallens modelliert (siehe Abb. 30). Die Abgrenzung der Körper ergab sich hier ebenfalls aus diesen Daten.

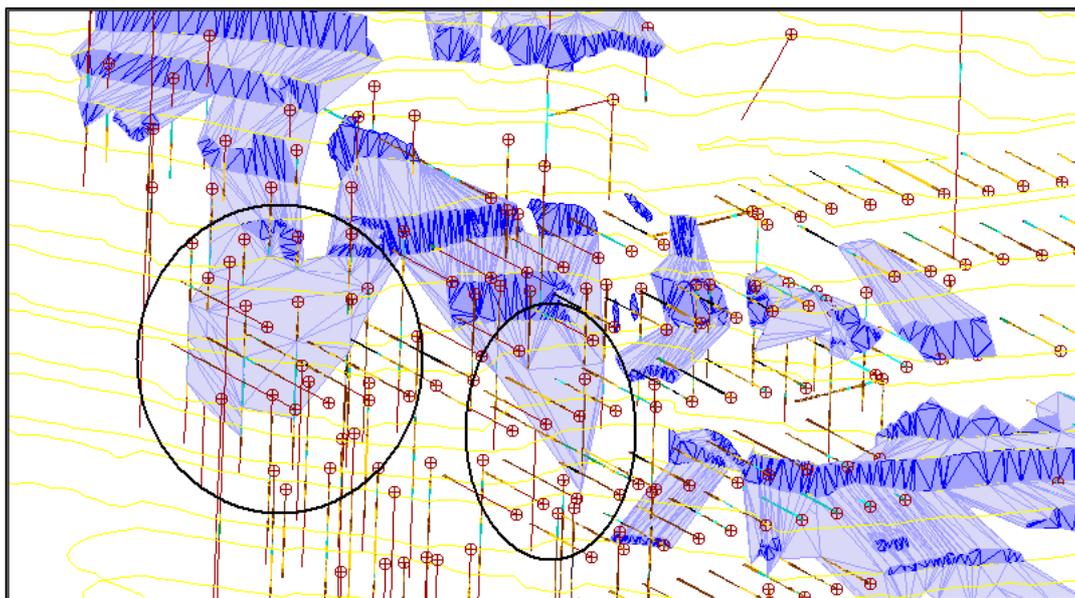


Abb. 30: Kalkkörper im mittleren Bereich des kartierten Gebiets (Etagenhöhe ca. 20 bis 25 m; Blick Richtung E).

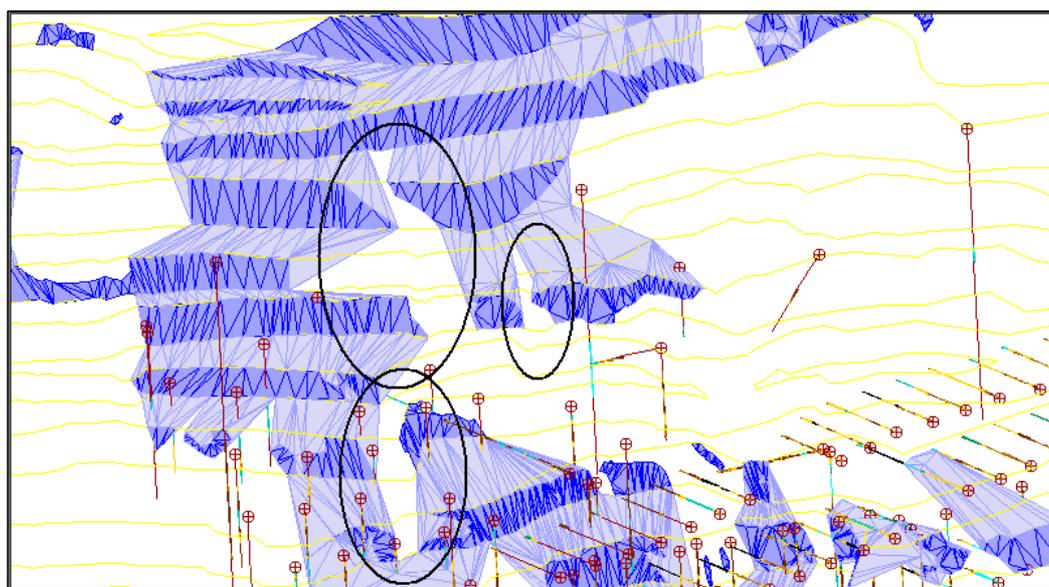


Abb. 31: Kalkbereiche auf den Etagen "Elias", "Polster", "Judas", "Wegstollen", "Vorauer", "Ignazi" und "Dreikönig" (von unten nach oben, Etagenhöhe ca. 20 m bis 25 m, Blick Richtung E).

Auch in Abbildung 31 sind Bereiche ersichtlich, die aufgrund der vorliegenden Kartierergebnisse auf diese Weise modelliert werden mussten. Wie die geologische Karte im Anhang zeigt, tritt hier zwischen dem Kalk Erz auf.

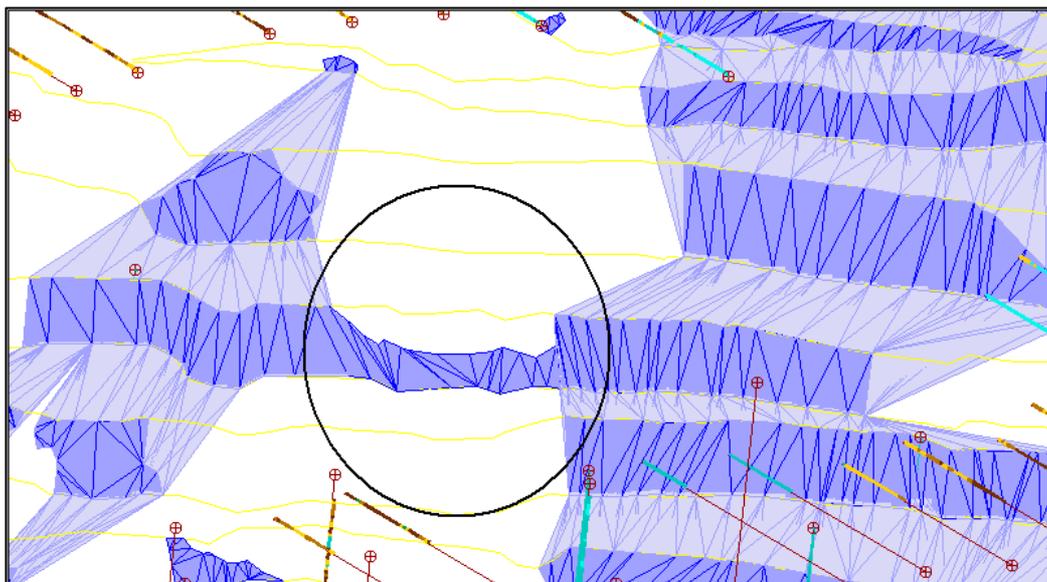


Abb. 32: Die Ellipse betrifft die Etage "Vorauer" (Etagenhöhe ca. 20 m; Blick Richtung E).

Auf der Etage "Vorauer" musste bei der Modellierung ein Kalkstreifen ausgenommen werden (siehe Ellipse in Abb. 32). Da die darüber- und darunterliegenden Etagen bei der geologischen Geländeaufnahme in der näheren Umgebung keinen Kalk ergaben und hier auch keine Bohrungen abgeteuft wurden, wurde diese Kalkfläche ohne weitere Verbindung offen stehengelassen. Für detailliertere Informationen werden von geologischer Seite her Bohrungen empfohlen.

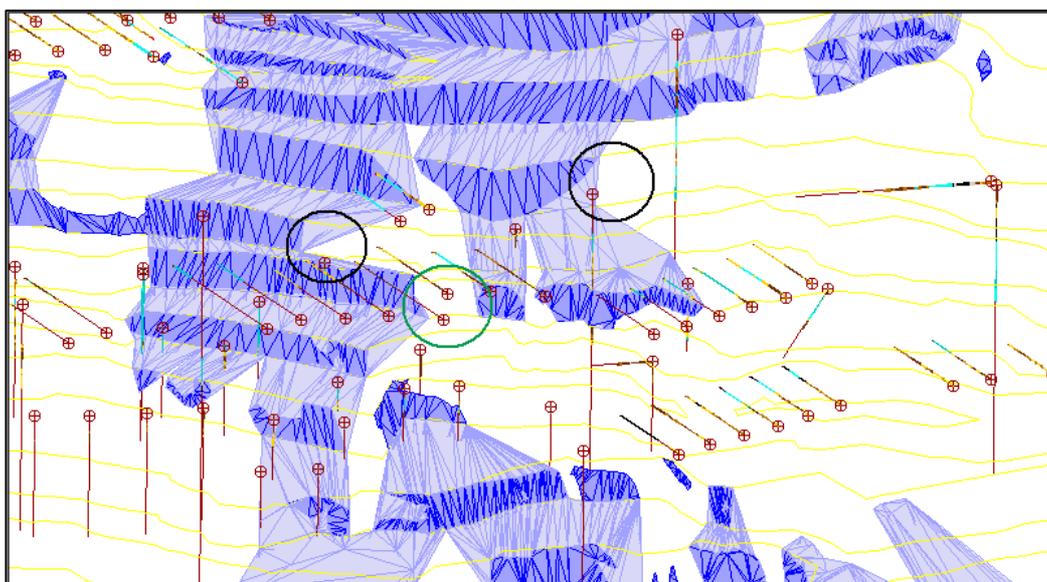


Abb. 33: Die Ellipsen betreffen die Etagen "Wegstollen", "Vorauer" und "Ignazi" (von unten nach oben, Etagenhöhe ca. 20 m bis 25 m; Blick Richtung E).

Allgemein ist zu erwähnen, dass die Abgrenzung der Vertaubungsbereiche zu den angrenzenden Formationen im Norden durch die geologische Aufnahme überall sehr gut möglich ist. In südlicher Richtung wurde die Kartierung auf den einzelnen Etagen ebenfalls meist wegen des Lithologiewechsels beendet. In einigen Fällen musste sie jedoch aufgrund von Hauwerk abgebrochen werden. Beispiele dazu sind in der Abbildung 33 ersichtlich. Auf allen drei Etagen steht bis hin zum Hauwerk Kalk an. Daraufhin wurde versucht, die Etagen von südlicher Richtung her zu befahren, was jedoch nur auf Etage "Wegstollen" möglich war. Hier erfolgte dann die Kartierung bis hin zum Hauwerk (siehe grüne Ellipse in Abb. 33). Im Bereich der rechten schwarzen Ellipse, in Abbildung 33 auf der Etage "Ignazi", wird durch eine alte geologische Kartierung vom untertägigen Abbaubereich der Zusammenschluss mit den Kalkarealen der oberen Etagen zusätzlich gerechtfertigt (Kern, 1938 c).

Das vorliegende Lagerstättenmodell dient auch als Grundlage für die Berechnung der Kubaturen der Vertaubungsbereiche. Diese wurden auf Basis von horizontalen Schnitten errechnet, welche auf die jeweilige Etagenhöhe und auf die Modellierungsergebnisse angepasst wurden. Insgesamt wurde somit ein Brutto-Rauminhalt an Kalk von 1521329 m³ errechnet, was bei einer Gesteinsdichte von 2,7 g/cm³ (Mittelwert) (Ausweger, 2008; Ausweger & Krischey, 2008) einer Tonnage von 4107589 t entspricht.

6. Qualitätenbeschreibung und Analyseergebnisse

Wie bereits erwähnt, wurde im Winter 2008 auf der Etage "Liedemann" ein Aufbereitungsversuch an einem Sauberger Kalk durchgeführt. Ein repräsentativer Teil des dabei entstandenen Brechguts kam anschließend in die akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle Arbeitsgemeinschaft ARP/ECV GesmbH in Leoben zur Untersuchung. Dabei wurde das Gestein einerseits auf die Eignung als Wasserbaustein und andererseits für den Einsatz im Verkehrswegebau geprüft.

Bei der Prüfung für Wasserbausteine wurden die Druckfestigkeit, die Wasseraufnahme und die Gesteinsdichte gemessen. Zur Bestimmung dieser Parameter wurden folgende Prüfverfahren herangezogen:

* Druckfestigkeit (Widerstand gegen Brechen): ÖNORM EN 1926

* Wasseraufnahme: ÖNORM EN 13383-2

* Gesteinsdichte: ÖNORM EN 13383-2

All diese Messungen wurden an 10 Probekörpern (Proben1) durchgeführt. Dabei kam es zu folgenden Ergebnissen (Angabe der Mittelwerte):

* Druckfestigkeit: 53,93 MPa

* Wasseraufnahme: 0,1 M-%

* Gesteinsdichte: 2,65 g/cm³

Da die Wasseraufnahme unter dem maximal zulässigen Wert von 0,5 M-% liegt, gilt das Gestein als frostbeständig. Somit ergab die Untersuchung, dass die Verwendung als Wasserbaustein gewährleistet ist (Ausweger, 2008).

Zur Überprüfung des Einsatzes im Verkehrswegebau untersuchte das genannte Labor die Kalksteinprobe (Probe2) auf

* Kornform: ÖNORM EN 933-4

* Wasseraufnahme und Rohdichte: ÖNORM EN 1097-6

* Anteil gebrochener Körner in groben Gesteinskörnungen: ÖNORM EN 933-5

* Widerstand gegen Zertrümmerung: ÖNORM EN 1097-2.

Weiters wurde ein modifizierter Proctorversuch durchgeführt und auf speziell notwendige Mineralkriterien eingegangen. Zur Durchführung dieser Verfahren wurden 450 kg Kalksteinprobe herangezogen. Die wichtigsten Ergebnisse dabei sind:

* Rohdichte: 2,73 g/cm³

* Wasseraufnahme: 0,36 M-%

Insgesamt stellte sich bei den genannten Prüfverfahren heraus, dass das Material für den Einbau in die unteren Tragschichten und, bei einem Aushalten des Feinkornanteils, auch für die oberen Tragschichten geeignet ist. Aufgrund der physikalischen Eigenschaften ist auch der Einsatz als Betonzuschlag möglich. Für die Verwendung als Asphaltzuschlag, wären weitere Untersuchungen notwendig (Ausweger & Krischey, 2008).

7. Kalk-Erz Grenzprofile

7. 1. Fragestellung

Im Zuge der Kartierung des Tagbaus konnten, abgesehen von den auftretenden Kalktypen, auch verschiedene Vererzungsbilder festgestellt werden. Da die Vererzung am Steirischen Erzberg stets ein Diskussionsthema unter den Geologen darstellt (siehe Kap. 1), werden beobachtete Kalk-Erz Übergänge dargestellt und im Hinblick ihrer Aussagekraft für genetische Fragestellungen diskutiert. Dafür wurden sowohl Profile vor Ort angelegt, als auch einzelne Handstücke von der Bruchwand entnommen. Das dadurch erhaltene Gesteinsmaterial wurde daraufhin mehreren mineralogisch-petrologischen Analysen unterzogen, um Aussagen über die Charakteristik der jeweiligen Vererzung treffen zu können.

7. 2. Allgemeine Grundlagen

Als Ausgangsgestein für die Vererzung diente der unterdevonische Sauburger Kalk, welcher somit auch den Namen "erzführender Kalk" erhielt (Schönlaub, 1982). Er wurde durch die Eisenkarbonate Siderit und Ankerit vererzt. Dies erfolgte nach Thalmann (1975) sowohl in der Hangend- als auch in der Liegendscholle wolkenartig in zwei Lagern.

Woher die erzhaltigen Lösungen stammen, ist genau so umstritten wie die eigentliche Entstehung der Lagerstätte. Bereits im Kapitel 1 wurden die verschiedenen Theorien diesbezüglich und die damit verbundenen Vertreter angeführt. So kam es dazu, dass die Epigenetiker (Redlich, 1903 und 1931; Petrascheck, 1932; Clar & Meixner, 1953; Pohl & Petrascheck, 1992; Belocky, 1992; Pohl & Belocky, 1994; Prochaska, 1997; Prochaska & Henjes-Kunst, 2009) sich für hydrothermal/metasomatische Lösungen aussprechen, die die Gesteine in mehreren Phasen durchdrangen und in weiterer Folge vererzten. Die Syngenetiker (Schouppé, 1854; Vacek, 1900; Beck, 1903; Beran, 1979; Schulz, 1997) hingegen favorisieren die sedimentär-vulkanogene Bildung, welche spätalpidisch und im Zusammenhang mit teilweiser Remobilisation erfolgte.

Neumeier (1999) und Holzweber (2008) kamen zu dem Ergebnis, dass der Chemismus der Fluide hochsalinaren, ölfeldwasserähnlichen Lösungen sehr ähnlich ist. Somit könnten sie mit den permischen bis untertriadischen Evaporiten im Zusammenhang stehen. Auch Prochaska & Henjes-Kunst (2009) bestätigen dies. Außerdem ergab ihre Datierung mittels der Sm-Nd-Isochronenmethode für die Sideritmineralisationen ein obertriadisches Alter von 208+/- 22 Ma.

Fest steht, dass die grünschieferfaziellen Metamorphosevorgänge während der alpidischen Orogenese an den Gesteinen deutliche Spuren hinterlassen haben und auch die primären Strukturen verwischten (Schönlaub, 1980). Nicht nur die ursprünglich vorhandenen Fossilien

sind dadurch nur mehr in Form von Bruchstücken, Grus oder deformiert vorhanden, sondern auch Rekristallisationsvorgänge und die Entstehung von geschiefertem Gefüge mancher Lithologien führte zu einem anderen Charakter der Gesteine.

Sicher ist auch, dass die Erzführung durch Siderit und Ankerit gegeben ist. Diese sind in den unterschiedlichsten Intensitäten miteinander verwachsen, wodurch die bereits im Kapitel 5. 1. erwähnten werksinternen Bezeichnungen Rohwand und Zwischengut entstanden sind.

1979 beschäftigte sich Beran in seiner Habilitationsschrift unter anderem mit der Mineralogie der Ankerit- und Sideritgesteine am Steirischen Erzberg. Seinen Untersuchungsergebnissen zufolge, werden die Ankeritgesteine in drei Typen unterteilt:

Das Ankeritgestein 1 ist feinkörnig und zeigt eine mittlere Größe der Kristalle von ca. 0,2 mm mit xenomorpher Ausbildung. Der Eisengehalt erreicht im Allgemeinen nicht mehr als 10 % und die Zusammensetzung des Gesteins ist sehr inhomogen, da sogar innerhalb der Ankeritkörner eine unterschiedliche Zusammensetzung herrscht. Ein Kontakt zum Sideritgestein bzw. zum Kalk ist bei diesem Typus nicht gegeben.

Das Ankeritgestein 2 ist ebenfalls durch seine feinkörnige Ausbildung gekennzeichnet und die Kristallgröße beläuft sich durchschnittlich auch hier auf 0,2 mm. Es ist homogen aufgebaut und der Eisengehalt erreicht bis zu 18 %.

Das Ankeritgestein 3 unterscheidet sich von den beiden anderen hauptsächlich durch die Kristallgröße, welche bis zu 2 mm erreicht, und die Kristallausbildung. Letztere zeigt hier eine spätige, meist idiomorphe Form. Der Gehalt an Eisen reicht bis zu 18 % und das gesamte Gestein zeigt eine homogene Ausbildung. Gesteine dieses Typs treten meist an der Grenze zwischen Kalk und dem Sideritgestein auf, wobei die Mächtigkeit von einigen Millimetern bis hin zu Metern schwanken kann.

Die Siderite hingegen zeigen eine relativ gleich bleibende Elementverteilung.

Seit vielen Jahren wurden immer wieder Isotopenmessungen an den Erzgesteinen vom Steirischen Erzberg durchgeführt. Bei der Zusammenführung der Ergebnisse kam es zur Entstehung eines größeren Verteilungsfeldes bezüglich der $\delta^{13}\text{C}$ (VPDB)- und $\delta^{18}\text{O}$ (VSMOW)-Werte (siehe Abb. 34) (Schroll et al., 1986; Spindler, 1991; Laube et al., 1995; Prochaska et al., 1996; Schroll, 1997). Dies wird mit einer mehrstufigen Siderit- bzw. Ankeritmineralisation interpretiert (Schroll, 1997).

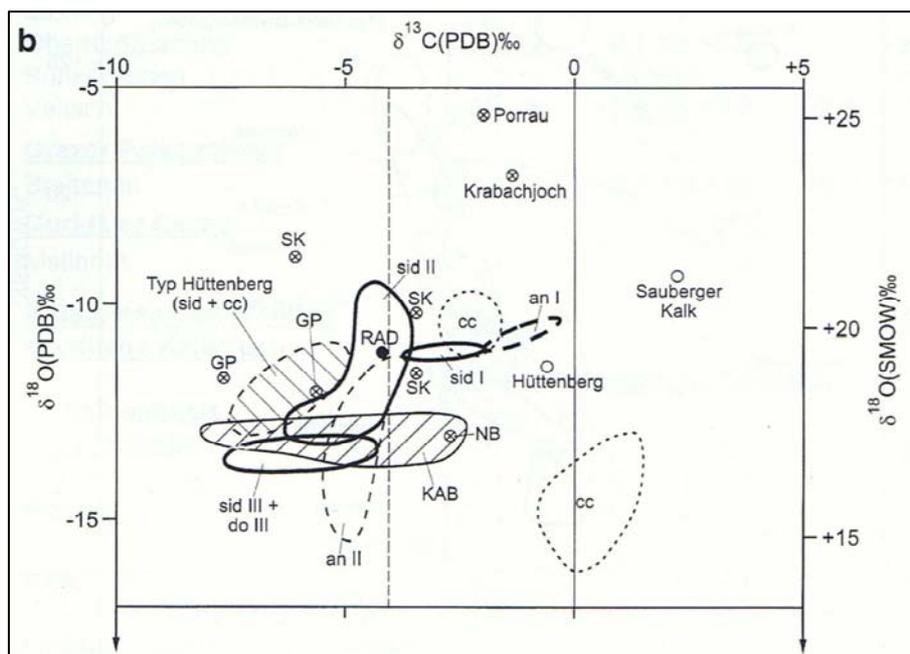


Abb. 34: $\delta^{13}\text{C}$ - vs. $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm mit den Feldern vom Steirischen Erzberg und anderen Sideritvorkommen (sid I, II und III = Sideritabfolge; an I, II und III = Ankeritabfolge; cc = Calcit; do = Dolomit; RAD = Radmer; GP = Grazer Paläozoikum; SK = Schendleck; NB = Neuberg; KAB = Kalkalpenbasis) (Schroll, 1997).

7. 3. Analytik

Für eine genaue Studie der Kalk-Erz Grenzen wurden die Handstücke der aufgenommenen Grenzprofile mehreren Analysemethoden unterzogen.

Makroskopische Beschreibung:

Zuerst wurde jede Probe makroskopisch untersucht und beschrieben um einen groben Überblick sowohl über die Mineralogie, als auch über die Petrologie der Gesteine zu erhalten.

Mikroskopie:

Nach einer Rekonstruktion der im Gelände angelegten Profile, wurden einzelne Handstücke ausselektiert, welche optisch für die Grenze zwischen dem Siderit- und dem Ankeritgestein bzw. dem Kalk am aussagekräftigsten erschienen. Aus diesen wurde sodann mindestens ein Dünnschliff pro Handstück angefertigt.

Diese Methode diente zur Überprüfung und zur Vertiefung der makroskopischen Ergebnisse. Es wurde jedoch nicht aus jedem Handstück ein Dünnschliff gefertigt, sondern nur aus aussagekräftigen Bereichen. Um Unklarheiten zu vermeiden sei erwähnt, dass alle erstellten Dünnschliffe die gleiche Bezeichnung wie die Handstücke tragen, jedoch noch einen Kleinbuchstaben in alphabetischer Reihenfolge als Zusatzbezeichnung erhielten, damit keine Verwechslungen möglich sind.

Raman-Spektroskopie:

Zur Überprüfung der erhaltenen Ergebnisse der Polarisationsmikroskopie bezüglich der Mineralogie der Handstücke, wurde die Methode der Raman-Spektroskopie herangezogen. Die Messungen erfolgten am Institut für Mineralogie und Petrologie an der Montanuniversität Leoben mit dem Instrument LABRAM (ISA Jobin Yvon).

Da im Normalfall die beiden Eisenkarbonate Siderit und Ankerit im Dünnschliff nur schwer zu unterscheiden sind, ist diese Methode auch für deren Identifikation gut geeignet. Da sie bei den zugrunde liegenden Gesteinsproben anhand mikroskopischer Merkmale wie Lichtbrechung und Spaltbarkeit jedoch relativ leicht voneinander unterschieden werden können, dient die Raman-Spektroskopie in diesem Fall zur Überprüfung der Ergebnisse aus der Mikroskopie. Daneben lag das Augenmerk in mehreren Dünnschliffen auch auf der Bestätigung des Calcits.

Bei der Analyse wurde jeder einzelne Dünnschliff herangezogen und auf seine Haupt- und gegebenenfalls auch auf seine Nebenminerale untersucht.

Bevor mit den Messungen der Minerale im Dünnschliff begonnen werden konnte, wurde das Raman-Spektrometer auf Calcit kalibriert (siehe Abb. 35). Dabei stellte sich heraus, dass aufgrund der Umgebungsbedingungen bei allen Messungen das Spektrum um ca. 2 Wellenzahlen nach rechts verschoben ist. Dieses Erkenntnis muss daher bei jedem einzelnen Spektrum der Minerale berücksichtigt werden.

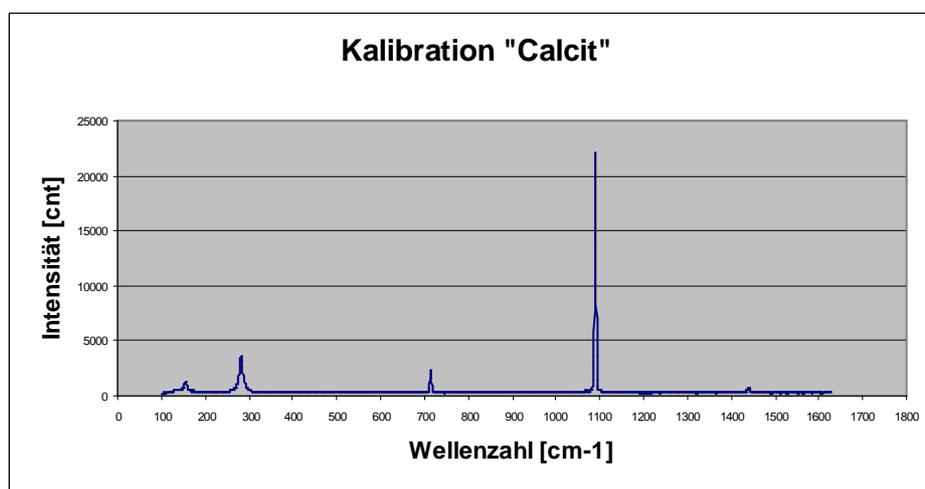


Abb. 35: Kalibrationsmessung auf Calcit.

Im Kapitel 9. 2. sind alle Spektren der gemessenen Minerale in den verschiedenen Dünnschliffen abgebildet.

Färbemethode:

Zur Unterscheidung des Calcits von Dolomit bzw. Ankerit und Siderit kann man sich auch Färbemethoden bedienen. Die am häufigsten angewandte ist die Färbung mittels Alizarin-Rot S. Dies ist ein Anthrachinonfarbstoff und trägt die chemische Summenformel $C_{14}H_{17}NaO_7S$ (www.omikron-online.de). Die Lösung kann direkt auf das zu untersuchende Gestein auf dessen geschliffene Oberfläche oder auf den Dünnschliff aufgebracht werden. Unmittelbar nach dem Kontakt der Lösung mit dem Gestein, zeigt sich die Reaktion. Dabei färbt sich der Calcit in eine rote bis pinke Farbe und die anderen Minerale behalten ihre Eigenfarbe.

Analyseergebnisse (beziehen sich auf alle untersuchten Proben):

Diese Färbemethode wurde in erster Linie deswegen angewandt, um noch einmal zu versichern, dass bei den vorliegenden Gesteinsproben um die Calcitkristalle keine Dolomitsäume ausgebildet sind und auch vereinzelt keine Dolomitkristalle auftreten. Daneben konnte das Augenmerk auch auf den Übergang zwischen der Rohwand und dem Sauburger Kalk gelegt werden.

Bei der Anfärbung selber, wurden die Rückstandsklötze von den hergestellten Dünnschliffen verwendet. Wie es die Theorie vorhersagt, trat unmittelbar nach dem Besprühen der Proben mit der Alizarin-Rot S Lösung die Reaktion ein. Der gesamte im Gestein befindliche Calcit färbte sich in eine rote bis pinke Farbe und die anderen enthaltenen Minerale behielten ihre Eigenfarbe. Um die Calcitkristalle herum konnten keine Dolomitsäume identifiziert werden und auch an der Grenze zum Ankerit ist kein Dolomit ausgebildet. Dies bestätigt die Ergebnisse sowohl der Mikroskopie als auch der Raman-Spektrometrie.

Elektronenstrahl-Mikrosonde:

Für die chemische Analyse der wichtigsten gesteinsbildenden Minerale wurde eine Elektronenstrahl-Mikrosonde (EDS) des Typs JEOL JXA-8200 verwendet.

Bei der Messung wird ein hochenergetischer Elektronenstrahl (hier Beschleunigungsspannung: 15 kV, Stromstärke: 10 μ A) mit Hilfe von magnetischen Linsen auf eine Fläche von 10 μ m fokussiert.

Mit dem genannten Instrument, das im Besitz des UZAGs (Universitätszentrum Angewandte Geowissenschaften Steiermark) ist und am Institut für Mineralogie und Petrologie an der Montanuniversität Leoben zur Verfügung steht, erfolgte die Detektion mittels fünf Kanälen. Für diese Messung wurden folgende Kristalle gewählt:

Mg: TAP-Kristall

Ca, Mn: PETJ-Kristall

Fe: LIFH-Kristall

Sr: PETH-Kristall (Sr wurde aufgrund seines geringen Gehaltes in diesen Gesteinen nicht bei allen Proben gemessen)

Bei allen Elementen wurde die jeweilige $K\alpha$ -Linie für die Analyse benutzt. Die Messung erfolgte im Zuge einer Umdrehung und dauerte bei den ausgewählten Dünnschliffen 40 Sekunden. Davon wurden 20 Sekunden für den eigentlichen Peak investiert und jeweils 10 Sekunden für den Untergrund links und rechts davon.

Für eine Analyse mittels dieser Methode wurden nur die repräsentativen Dünnschliffe herangezogen.

Um das entstehende "backscattered electrons (BSE)"-Bild bei der Messung interpretieren zu können, bedarf es des Wissens, dass Minerale, die aus leichten Elementen aufgebaut sind, in dunkler grauer Farbe erscheinen und jene, die aus schwereren Elementen bestehen, heller grau sind.

Bezüglich der Messeinstellungen des Instruments ist zu erwähnen, dass diese auf die Analyse von Karbonaten abgestimmt wurden. Deshalb wurde bei jedem Mineral der Gehalt an MgO, CaO, MnO und FeO gemessen. Zusätzlich wurde in manchen Schliffen auf den SrO-Gehalt eingegangen. Es stellte sich jedoch rasch heraus, dass dieser in den vorliegenden Dünnschliffen keine Auffälligkeiten zeigt und durchwegs Werte nahe Null hat.

7. 4. Vererzungstypen

Vorweg wird angegeben, dass anhand der Kartierung des Bereichs "Kalkstock" folgende Kalk-Erz Grenzen bzw. Vererzungsstrukturen unterschieden werden konnten:

- * wolkig
- * schichtkonkordant
- * in der Basisbrekzie
- * Gänge

7. 4. 1. Wolkige Vererzung:

Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, wurden im Gelände des Tagbaus direkt an der Bruchwand insgesamt drei Profile (Ignazi 1, Ignazi 2 und Wegstollen) angelegt, um den Übergang vom Kalk zur Vererzung genauer untersuchen zu können (siehe Abb. 36 und 37). Dafür wurden vor Ort mittels Hammer und Meißel die Probenhandstücke entlang der zuvor festgelegten Profillinien entnommen.

Schon im Aufschluss ist erkennbar, dass der Übergang vom Kalk zu den vererzten Gesteinen in wolkiger Form vorliegt. Dabei ist die Abfolge der Gesteine folgendermaßen: Sideritgestein-Ankeritgestein-Kalk.



Abb. 36: wolkige Vererzung; rote Linien: Profile "Ignazi 1" (in zwei Linien geteilt) und "Ignazi 2" auf der Etage "Ignazi" (Profilrichtung immer von rechts unten nach links oben) (schwarze Linien: Schichtflächen).

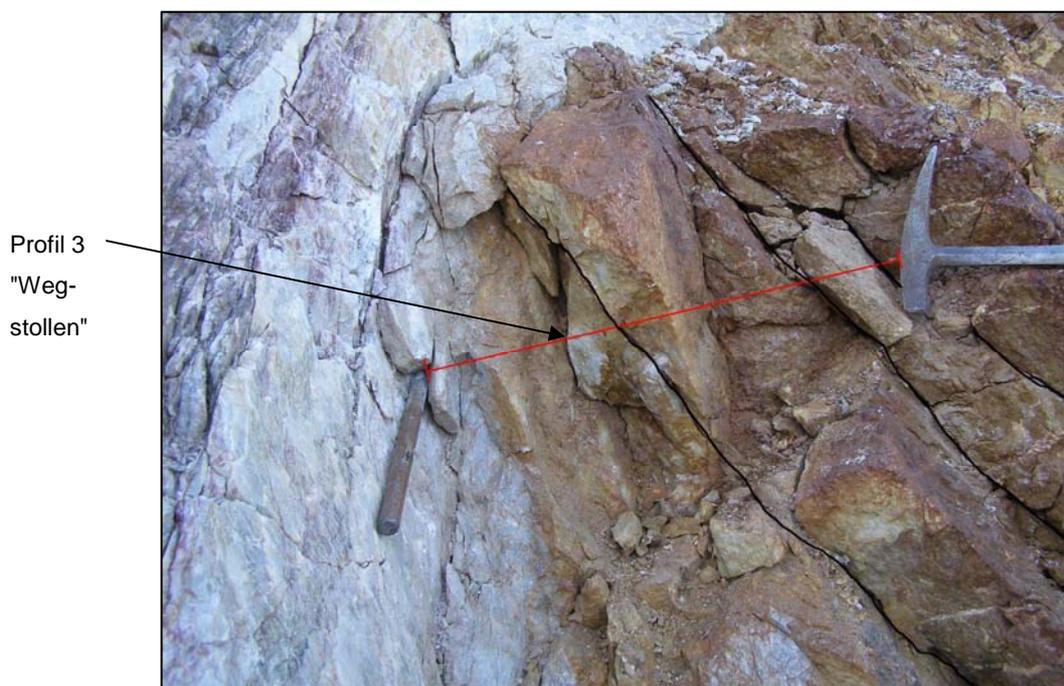


Abb. 37: wolkige Vererzung; rote Linie: Profil "Wegstollen" auf der gleichnamigen Etage (Profilrichtung von rechts nach links) (schwarze Linien: Schichtflächen).

Insgesamt wurden zur Studie dieses Vererzungstyps im Gelände 3 Profillinien angelegt. Dabei stammen das Profil 1 und 2 von der Etage "Ignazi" und das Profil 3 von der Etage

"Wegstollen". Mittels der makroskopischen Beschreibung wurde ein grober Überblick über die einzelnen Handstücke aus den Profilen geschaffen.

Profil "Ignazi 1" :

Das Profil 1 besteht aus insgesamt 7 Handstücken (IGNA1 bis IGNA7), welche allesamt leicht angewittert sind (siehe Abb. 38).

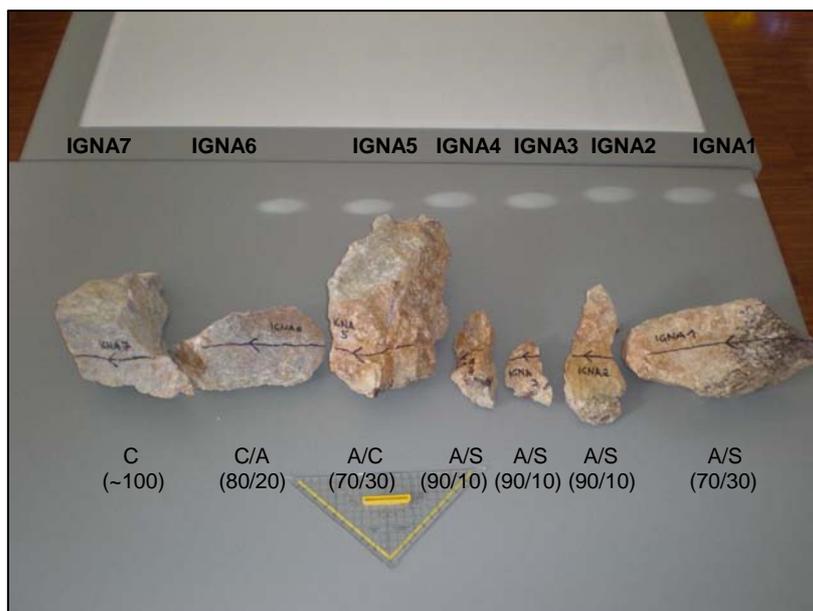


Abb. 38: Handstücke des Profils 1 (Grobmineralogie und deren prozentuelle Abschätzung: S: Siderit, A: Ankerit, C: Calcit)

IGNA1 ist hauptsächlich aus Siderit und Ankerit aufgebaut. Anhand der Farbe der beiden Hauptminerale (hier Siderit: dunkelbraun und Ankerit: hellbraun), sind sie bereits makroskopisch leicht voneinander zu unterscheiden. Daneben tritt noch Quarz auf und Sericit, Chlorit und Pyrit nehmen eine untergeordnete Stellung ein. Die beiden Phyllosilikate wurden überwiegend auf den Schichtflächen ausgebildet und führen dort zu einem grünlichen schmierigen Überzug. Die Struktur des Gesteins zeigt eine spätige Ausbildung der Hauptminerale. Der Übergang zwischen den beiden Eisenkarbonaten ist nicht scharf abgegrenzt, sondern zeigt sich allmählich. Dabei reichen vom massigen Sideritgestein vereinzelte Sideritkristalle in das Ankeritgestein hinein, treten dabei mit zunehmender Distanz immer seltener auf, bis nur mehr Ankeritkristalle vorherrschen (siehe Abb. 39).

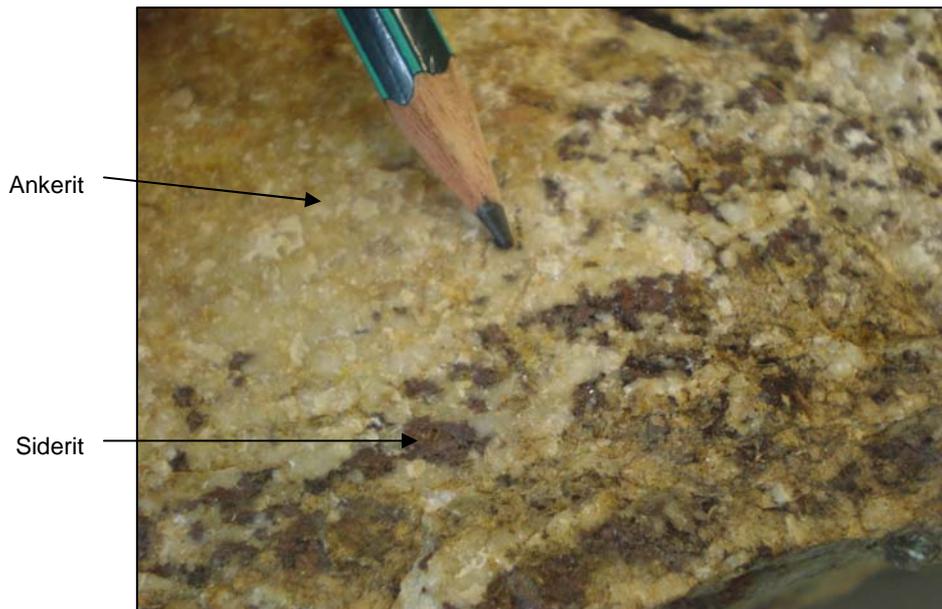


Abb. 39: Handstück IGNA1: Übergang Siderit-Ankerit.

Die Handstücke IGNA2 und IGNA3 sind hauptsächlich aus Ankerit aufgebaut. Im unteren Bereich ist noch ein Teil des Übergangs zum Siderit sichtbar, welcher gleich verläuft wie bei IGNA1. Als Nebenminerale sind auf den Schichtflächen Chlorit und Sericit zu erkennen. Ansonsten ist der Gesteinsaufbau wie beim Handstück IGNA1.

IGNA4 zeigt im Großen und Ganzen den selben Gesteinsaufbau wie die vorigen drei Handstücke. Den einzigen Unterschied bildet ein rötlich-violett gefärbter Calcitgang im oberen Bereich der Probe (siehe Abb. 40).



Abb. 40: Handstück IGNA4: rötlich-violetter Calcitgang im Ankeritgestein.

Auch IGNA5 besteht größtenteils aus Ankerit. Nur vereinzelt treten Sideritkristalle auf. Auf der Schichtfläche sind wieder deutlich Chlorit und Sericit zu erkennen. Im oberen Bereich des Handstücks erkennt man den Übergang zum Sauberger Kalk (siehe Abb. 41). Dieser zeigt sich massig und ist durch seine graue Farbe und mikrosparitische Kristallausbildung deutlich vom Ankerit unterscheidbar. Der Übergang zwischen diesen beiden Gesteinen zeigt sich wolzig und diffus und ist weder an eine Schichtfläche noch an eine Störung gebunden.

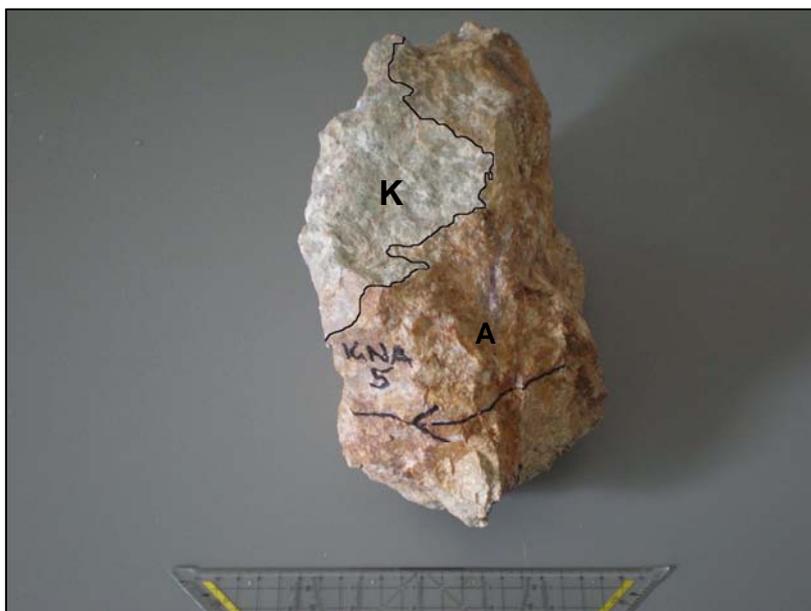


Abb. 41: Handstück IGNA5: Übergang Ankeritgestein (A)-Sauberger Kalk (K) (schwarze Linie: ungefähre Grenze zwischen den beiden Gesteinen).

Die Handstücke IGNA6 und IGNA7 sind als Sauberger Kalke zu bezeichnen und zeigen eine flaserige Textur. Sie bestehen hauptsächlich aus einem mikrosparitisch ausgebildeten Calcit und in Form von winzigen dunkelgrauen Pünktchen sind mit dem freien Auge Fossilien zu erkennen. Vereinzelt befinden sich noch Bereiche mit Ankeritkristallen im Gestein. Auf den Schieferungsflächen sind auch hier Chlorit und Sericit ausgebildet.

In weiterer Folge wird nun jeder einzelne Dünnschliff beschrieben, um auf spezielle Merkmale einzugehen.

Aus den Handstücken des Profils "Ignazi 1" wurden insgesamt 6 Dünnschliffe angefertigt. Dünnschliff IGNA1a (siehe Abb. 42) stammt von einem Handstück, das den Übergang zwischen Sideritgestein und Ankeritgestein zeigt. Anhand der Polarisationsmikroskopie wurde rasch festgestellt, dass bei allen vorliegenden Proben die beiden Eisenkarbonate relativ einfach zu unterscheiden sind, was normalerweise nicht so leicht möglich ist. Der Siderit zeigt nämlich ein höheres Relief als der Ankerit, was auf eine höhere Lichtbrechung

zurückzuführen ist. Auch die Spaltbarkeit ist beim Erstgenannten viel deutlicher zu sehen und zusätzlich zeigt er meist einen höheren Verwitterungsgrad.

Auch beim genannten Dünnschliff zeigt der Siderit (1) relativ starke Anwitterung. Er ist spätig auskristallisiert und zeigt eine Kristallgröße von mehreren Millimetern. Dazu tritt noch ein jüngerer Siderit (2) auf, der sehr feinkörnig ist. Auch bei den Ankeritkristallen sind zwei unterschiedliche Generationen erkennbar. Der ältere grobspätige, bis zu 3 mm große Ankerit (1) und der jüngere, meist idiomorph ausgebildete, bis zu 0,2 mm große Ankerit (2). Weiters ist erwähnenswert, dass die Ankeritkristalle (1, 2) teilweise verzwilligt sind und undulös auslöschten. Letzteres wird in der Mikroskopie als Beweis für eine tektonische Beanspruchung des Gesteins gedeutet. Zusätzlich sind im Bereich des Ankerits Scherflächen sichtbar. Diese wurden parallel zur Profilrichtung ausgebildet und stehen somit nicht im Zusammenhang mit dem Übergang zwischen den Eisenkarbonaten und zeigen Chlorit und Sericit. Auch die auftretenden Pyritkristalle beschränken sich eher auf die Umgebung dieser Flächen. In den kleinen Rissen und Spalten des Gesteins ist hypidiomorpher bis xenomorpher Quarz auskristallisiert, welcher jünger ist als die Erzminerale.

Der überwiegende Teil des Dünnschliffes zeigt eine Siderit (1)/Ankerit (1) Paragenese. Die Kristallgrenzen der beiden sind meist scharf ausgebildet. Der Rand einiger Sideritkristalle wird von sehr feinkörnigen Silikaten aufgelöst, wobei hier eine zusätzliche Generation Siderit (2) beobachtbar ist. Diese Kristalle sind sehr klein und scheinen schwammig über die aufgelösten Bereiche und auch über den Ankerit zu wachsen.

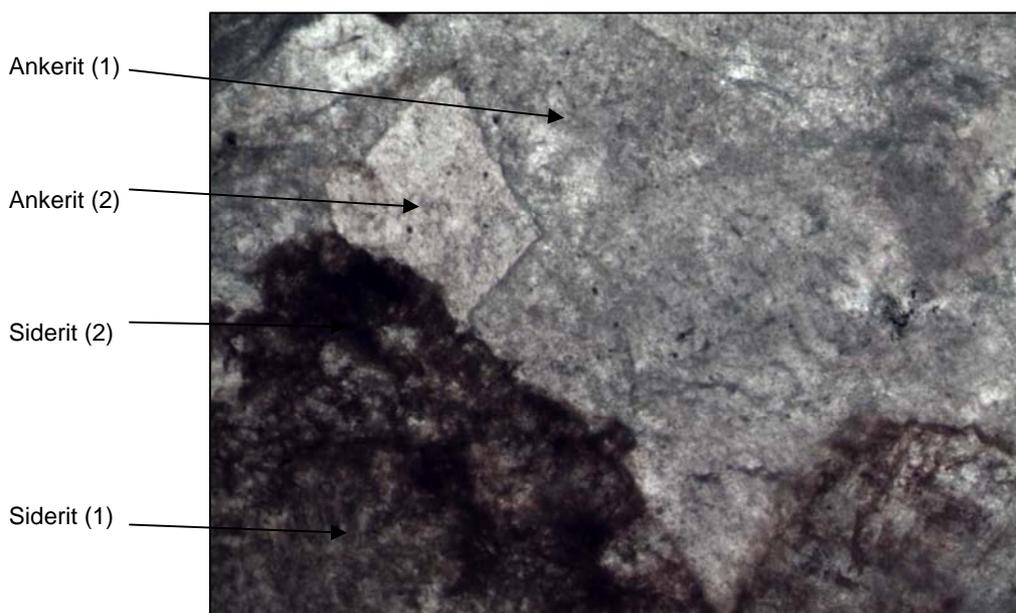


Abb. 42: Dünnschliff IGNA1a: Die verschiedenen Siderit- und Ankeritgenerationen (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Der junge Ankerit tritt sowohl innerhalb vom Siderit (1) als auch vom älteren Ankerit auf. Da diese idiomorphen Kristalle oft entlang von Rissen beobachtet wurden, könnte es sein, dass die Bildung auf migrierende Fluide entlang dieser zurückzuführen ist. Wie in Abbildung 42 zu sehen ist wächst die jüngere Generation des Siderits über diesen Ankerit. Das heißt der idiomorphe Ankerit (2) ist älter als die junge feinkörnige Bildung des Siderits.

Das Probenstück für den Dünnschliff IGNA1b wurde gleich anschließend zum Vorigen in Richtung des Profils entnommen. Hier sind bereits weniger Sideritbereiche zu sehen, da immer mehr die Ankeritkristalle die Vorherrschaft einnehmen. Auch in diesem Schliff sind zwei Siderit-, jedoch drei Ankeritgenerationen zu erkennen. Die älteren Sideritkristalle haben eine Größe von bis zu 5 mm und die jüngeren sind sehr klein und nur schwer messbar. Die erste Generation von Ankeritkristallen ist maximal 3 mm groß. Die zweite, welche durch die idiomorphen Kristalle repräsentiert ist, beläuft sich auf ca. 0,2 mm und die dritte Generation ist so feinkörnig, dass deren Größe nur ein Bruchteil eines Millimeters ist.

Zwischen den ältesten Generationen der beiden Erzminerale sind meist scharfe Kristallgrenzen ausgebildet, was wiederum für eine Paragenese spricht. Darüber hinaus bildeten sich später die idiomorphen Ankerite (2) wahrscheinlich wieder in der Nähe von Mikrorissen. Manche Kristalle des Siderits (1) werden von kleinen Silikatkrällchen am Rand angelöst und somit verdrängt (siehe Abb. 43). Darüber, und auch über die angrenzenden Ankerite (1, 2), wachsen jüngere kleine Siderite (2). Des Weiteren wächst in den groben, älteren Ankeriten noch eine dritte Generation von Ankerit. Diese sind sehr klein, hypidiomorph bis xenomorph und treten nicht in allen Kristallen auf.

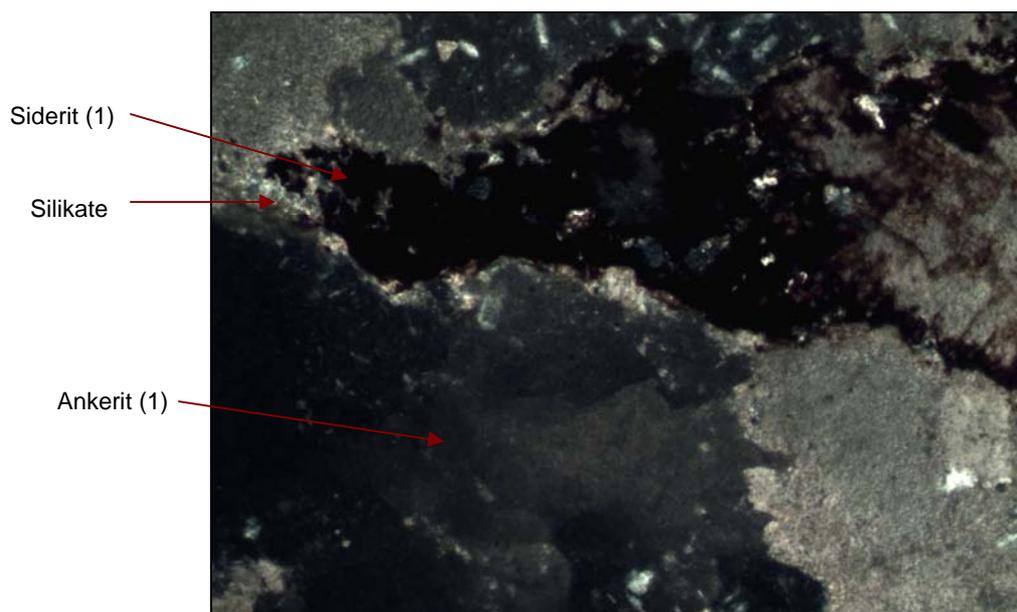


Abb. 43: Dünnschliff IGNA1b: Randliche Auflösung des Siderits (1) durch Silikate (+N, Bildbreite: 2,67mm).

Anschließend zu IGNA1a und IGNA1b folgt in Profilrichtung IGNA1c. Dieser Dünnschliff beinhaltet an Eisenträgern nur mehr Ankerit. Dieser ist hier in Form von vier unterschiedlichen Generationen vorhanden. Die erste Generation erreicht eine Größe von mehreren Millimetern, die zweite maximal 0,5 mm und die dritte ist sehr feinkörnig. Quer durch den Schliff befindet sich eine Kluft, welche hauptsächlich durch Quarz- und untergeordnet Ankeritkristallen (4) aufgefüllt wurde. Hier wuchsen ursprünglich die Ankeritkristalle, die keine undulöse Auslöschung zeigen. Erst danach wurde die Kluft durch Quarz aufgefüllt, doch auch die Ankerite wuchsen etwas weiter. Im Nachhinein lösten die Quarze den Ankerit randlich etwas auf.

IGNA5a stammt aus einem Bereich, der im Handstück den Übergang zwischen der Rohwand und dem Sauberger Kalk zeigt. Folglichweise ist eines der Hauptminerale Ankerit. Dieser ist in Form von folgenden Generationen vorhanden: den groben älteren, mehrere Millimeter großen Ankerit (1), den idiomorphen kleineren (2) und den meist xenomorphen sehr kleinen (3), der in einigen Kristallen der ersten Generation wahrscheinlich durch spätere Mobilisate entstanden ist.

Der Übergang zum Kalk verläuft allmählich, denn es gibt keine genaue Grenze zwischen den Beiden. Innerhalb dieses Calcitbereichs (1) sind zahlreiche Bioklasten sichtbar, bei denen es sich hauptsächlich um Bruchstücke von Crinoiden handelt. Auch in den feinen Gängchen, die das zugrunde liegende Gestein durchziehen, ist Calcit (2) auskristallisiert. Daneben befindet sich innerhalb dieser zusätzlich noch Quarz.

Die Textur betreffend, ist zu erwähnen, dass zahlreiche Schieferungsflächen parallel zur Profilrichtung angeordnet sind. Auch in diesem Fall zeigen sie jedoch keinen direkten Zusammenhang zum Übergang zwischen den beiden Gesteinen. Die Flächen selbst sind durch die Ausbildung von Chlorit und Sericit gekennzeichnet und führen somit zu einem lepidoplastischen Gefüge. In ihrer Umgebung zeigen sich vermehrt auch kleine Pyrite. Die Ausbildung der Schieferungsflächen häuft sich in Richtung des Kalkes. Dort ist das Gestein bereits so stark tektonisiert, dass diese gebogen sind.

Gleich anschließend an diesen Dünnschliff folgt IGNA5b. Dieser zeigt im Allgemeinen die gleichen Merkmale wie der vorangegangene Schliff. Er ist jedoch stärker tektonisiert und zusätzlich sind normal auf die Profilrichtung Stylolithe zu erkennen, die durch Drucklösung entstanden. Die groben Ankerite der ersten Generation sind teilweise verzwilligt.

Auch der Calcit zeigt zwei unterschiedliche Generationen: einen sehr feinkörnigen primären und einen gröberen, bis zu mehreren Millimetern großen sekundären Calcit.

Da im feinkörnigen Calcit (1) Ankeritgänge der ersten Generation zu beobachten sind, steht fest, dass diese erst nach der Kalkbildung entstanden sind. Der grobkörnige Calcit (2) jedoch

durchquert die Ankeritgänge und wurde somit erst zu einem späteren Zeitpunkt gebildet (siehe Abb. 44).

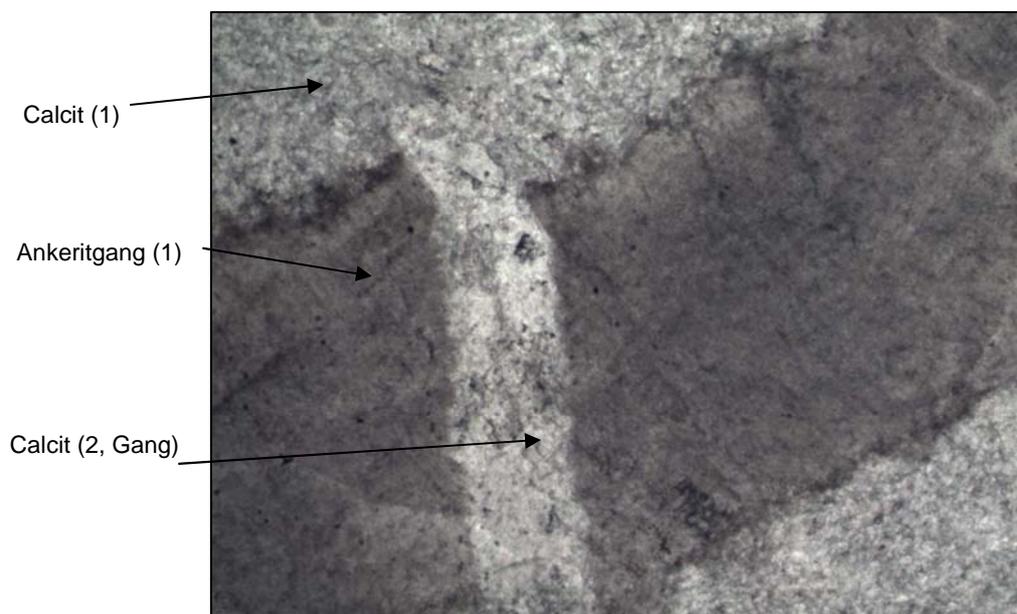


Abb. 44: Dünnschliff IGNA5b: Ankeritgang (1) im feinkörnigen Kalk (1) und Durchquerung dessen von einem jüngeren grobkörnigen Calcitgang (2) (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Der Dünnschliff IGNA6a stammt aus einem Abschnitt, in dem massiger bis flaseriger Sauberger Kalk vorherrscht. Er beinhaltet viele Fragmente von Crinoiden (siehe Abb. 45) und das Hauptmineral des Gesteins sind wiederum die beiden Generationen des Calcits.

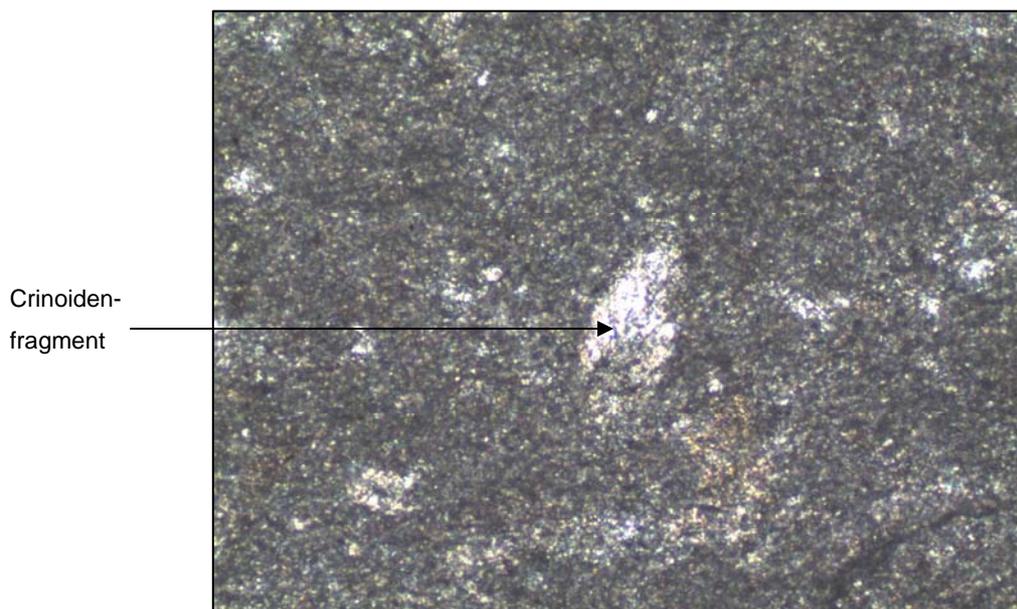


Abb. 45: Dünnschliff IGNA6a: Fragment eines Crinoiden und andere Fossilbruchstücke (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Auch in diesem Dünnschliff durchqueren Ankeritgänge (1) den feinkörnigen Calcit (1). Dies tritt sowohl entlang von Schieferungs- oder Styloflächen, als auch diskordant dazu auf. Diese Gänge wurden im Nachhinein von Gängen des groben Calcits (2) durchquert (siehe Abb. 46).

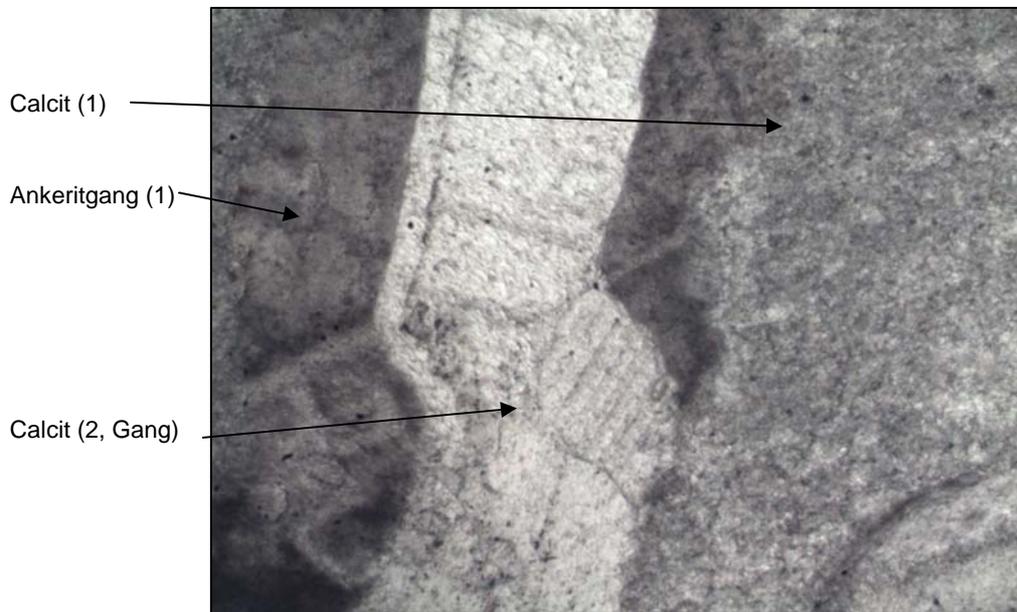


Abb. 46: Dünnschliff IGNA6a: Ankeritgang (1) im feinkörnigen Kalk (1) und Durchquerung dessen von einem jüngeren grobkörnigen Calcitgang (2) (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Als weitere Minerale sind an den Schieferungsflächen Chlorit und Sericit zu erkennen, die zu einem lepidoblastischen Gefüge führen. Der Pyrit beschränkt sich hier nicht nur auf diese Flächen, sondern liegt auch fein verteilt im restlichen Schliff vor.

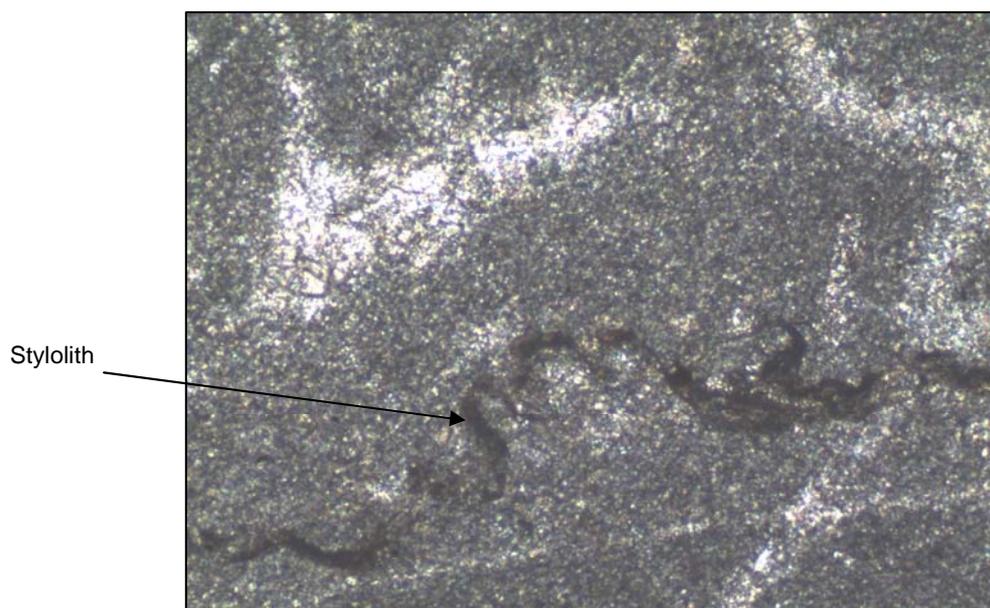


Abb. 47: Dünnschliff IGNA6a: Stylolith im Sauberger Kalk (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Daneben tritt noch xenomorph ausgebildeter Quarz auf.

Die tektonische Beanspruchung ist, wie schon erwähnt, anhand der Schieferungsflächen sichtbar. Zusätzlich ist auch der Versatz eines Gängchens ein Indiz für ein penetratives Gefüge wie die Schieferung. Des Weiteren fanden Drucklösungsprozesse statt, welche durch die Ausbildung von Stylolithen sichtbar sind (siehe Abb. 47).

In weiterer Folge wurden die Dünnschliffe einer Raman-Spektroskopie unterzogen. Schon bei den ersten Messungen von vermuteten Sideritkristallen, wurde die Theorie bestätigt, dass sie sich in allen vorliegenden Dünnschliffen im Mikroskop anhand der genannten Merkmale tatsächlich vom Ankerit unterscheiden lassen. Sie haben im Vergleich zum Ankerit höhere Lichtbrechung, bessere Spaltbarkeit und weisen einen höheren Verwitterungsgrad auf. Durch eine Analyse der Messergebnisse wurde des Weiteren festgestellt, dass der Siderit meist Magnesium eingebaut hat. Aus diesem Grund zeigt sein Spektrum etwas niedrigere Wellenzahlen. Dies bedeutet, dass es sich teilweise um einen Sideroplesit handeln könnte.

Aufgrund der genannten Merkmale des Siderits, konnte somit schon durch die Mikroskopie der Ankerit gut identifiziert werden. Sein Raman-Spektrum zeigt keine Besonderheiten und es handelt sich um einen typischen Ankerit. Weiters wurde auch der Calcit untersucht. Auch dessen Spektrum zeigt keinerlei Auffälligkeiten.

Profil "Ignazi 2" :

Ca. 40 cm unterhalb des Endes von Profil "Ignazi 1" wurde das Profil "Ignazi 2" angelegt. Dieses besteht aus insgesamt 9 Handstücken, welche von IGNA10 bis zu IGNA18 fortlaufend nummeriert wurden und alle, besonders jene, welche Siderit enthalten, angewittert sind (siehe Abb. 48, 49 und 50).

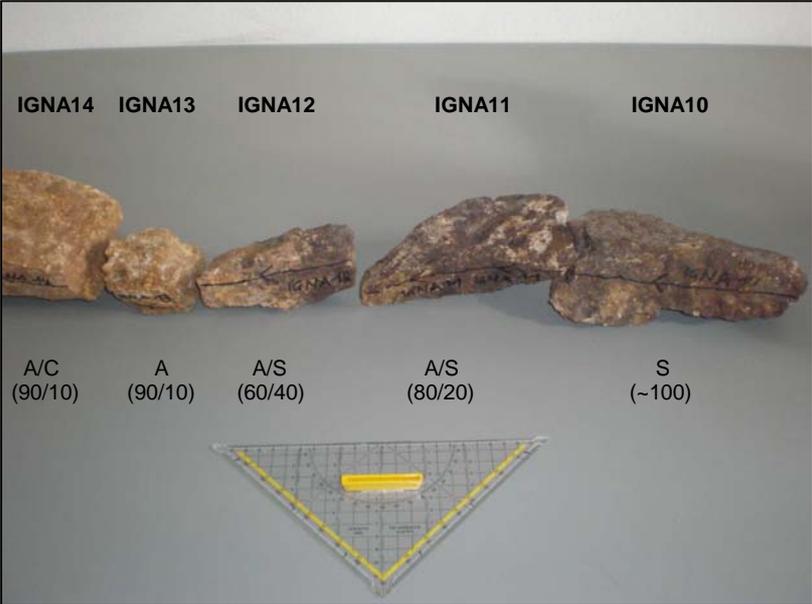


Abb. 48: Handstücke des Profils 2 (Grobmineralogie und deren prozentuelle Abschätzung: S: Siderit, A: Ankerit, C: Calcit).

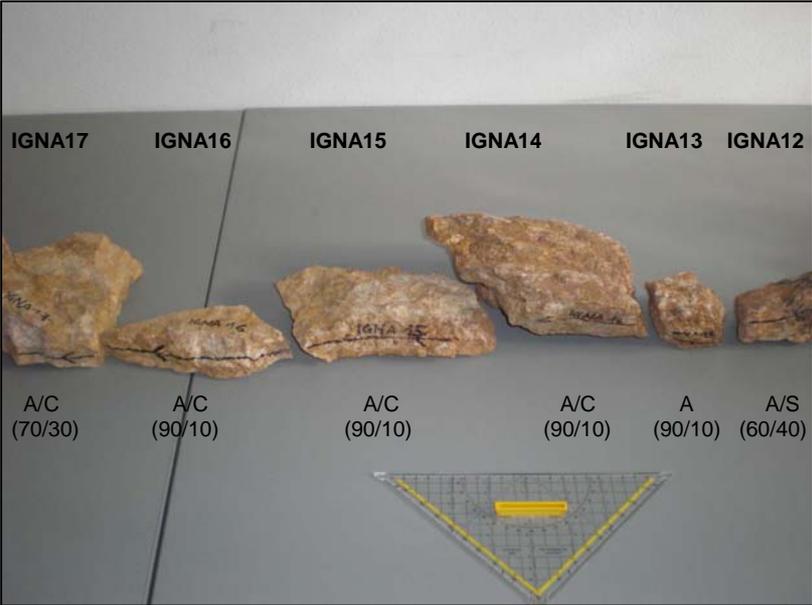


Abb. 49: Handstücke des Profils 2 (Grobmineralogie und deren prozentuelle Abschätzung: S: Siderit, A: Ankerit, C: Calcit).

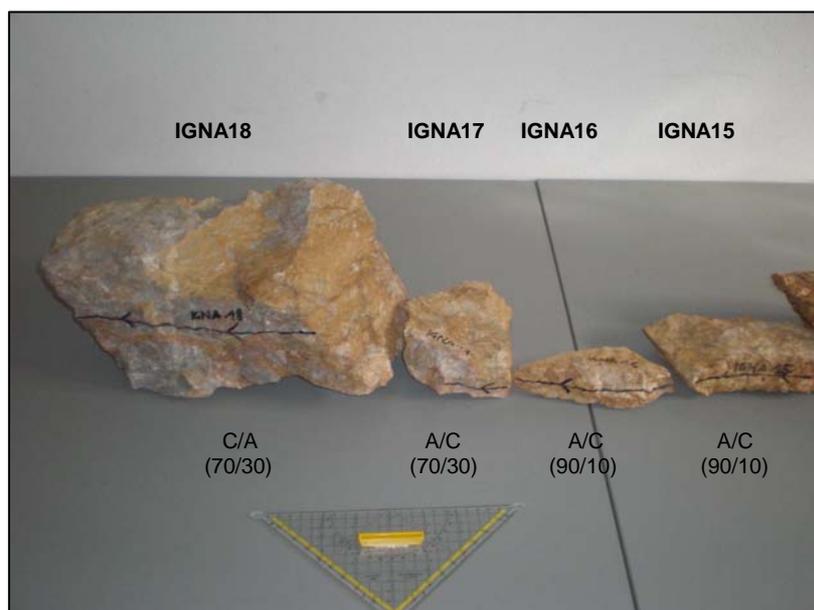


Abb. 50: Handstücke des Profils 2 (Grobmineralogie und deren prozentuelle Abschätzung: S: Siderit, A: Ankerit, C: Calcit).

IGNA10 und IGNA11 fallen besonders durch ihre dunkelbraune Färbung auf, welche auf den Siderit zurückzuführen ist. Da dieser relativ stark angewittert ist, erscheint er oberflächlich in so einer dunklen Farbe. Dazwischen treten vereinzelt hellere, mehrere Millimeter große Nester auf, die aus Ankeritkristallen bestehen. Beide Eisenkarbonate liegen in ihrer typischen spätigen Form vor. Als weiteres Mineral sind auf den Klufflächen des Gesteins idiomorph auskristallisierte Calcite zu erkennen.

Das Handstück IGNA12 ist durch einen Übergang von dunkel- in mittelbraune Farbe gekennzeichnet. Grund dafür ist der Wechsel vom Sideritgestein zum Ankeritgestein in Richtung der angelegten Profillinie. Makroskopisch zeigt sich die Grenze zwischen den beiden Eisenkarbonaten als ein allmählicher Übergang, da auch im eigentlichen Ankeritbereich noch Siderite ausgebildet sind (siehe Abb. 51). Als Nebenminerale sind vereinzelt Bereiche aus Calcit, aber auch kleine Chlorit-Nester zu sehen, welche wahrscheinlich auch Sericit beinhalten. Dieser konnte jedoch makroskopisch nicht eindeutig nachgewiesen werden. Calcit ist auch auf den Klufflächen ausgebildet und zeigt sich in idiomorpher Form.

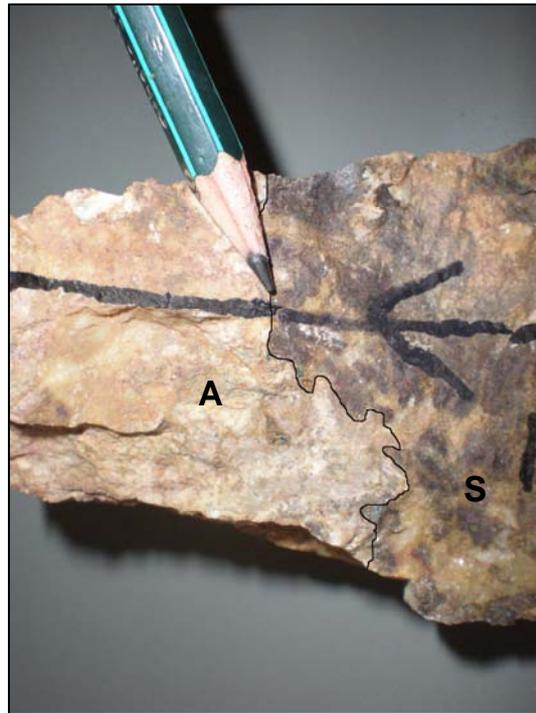


Abb. 51: Handstück IGNA12: Grenze Sideritgestein (S)-Ankeritgestein (A) (schwarze Linie: ungefähre Grenze zwischen den beiden Gesteinen).

Die Nummern IGNA13 bis IGNA16 sind allesamt Ankeritgesteine, die als Nebenminerale Calcit, Chlorit und Sericit enthalten. Der Calcit beschränkt sich wieder nur auf die Klufflächen und die beiden Phyllosilikate bilden auf den Schichtflächen grünliche schmierige Silikathäutchen.

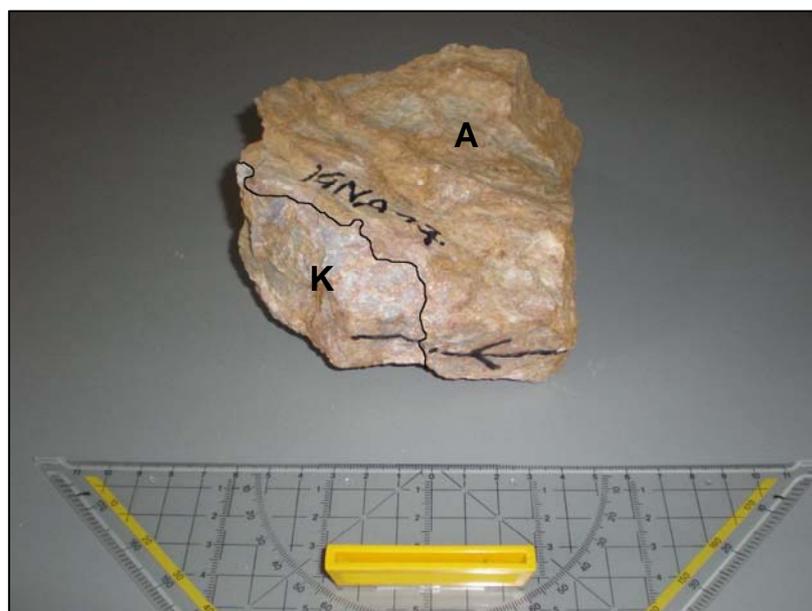


Abb. 52: Handstück IGNA17: Grenze Ankeritgestein (A)-Sauberger Kalk (K) (schwarze Linie: ungefähre Grenze zwischen den beiden Gesteinen).

Das Handstück IGNA17 zeigt in Richtung der Profillinie die Grenze von der Rohwand zum massigen Sauberger Kalk (siehe Abb. 52).

Dieser zeigt sich als eher wolkig und diffus und es ist keine klare Grenzlinie zwischen den beiden Gesteinen vorhanden. Auffallend ist, dass selbst im massigen Kalk noch Ankeritgängchen zu sehen sind. Optisch scheint es, als seien diese sekundär durch Lösungen in kleinen Klüften entstanden. An der Grenze zum Kalk zeigt der Ankerit eine hell- bis mittelbraune Farbe und seine typische spätige Ausbildung. Schon anhand dieser zwei Eigenschaften lässt sich der Sauberger Kalk klar vom Ankeritgestein unterscheiden. Ersterer ist nämlich durch eine mittel- bis hellgraue Farbe gekennzeichnet und zeigt eine mikrosparitische Struktur. Als Nebenminerale treten auch hier Chlorit und Sericit auf, welche für die grünlichen Silikathäutchen auf den Schichtflächen verantwortlich sind.

IGNA18 ist ein Handstück, das hauptsächlich aus Sauberger Kalk besteht, der eine leichte Flaserung aufweist. In Abbildung 53 ist auch hier die wolkige Grenze zum Ankeritgestein gut zu sehen. Als Nebenminerale weist das vorliegende Handstück wiederum Chlorit und Sericit auf, die auf der Schichtfläche ausgebildet sind (in der Abbildung 53 nicht sichtbar).

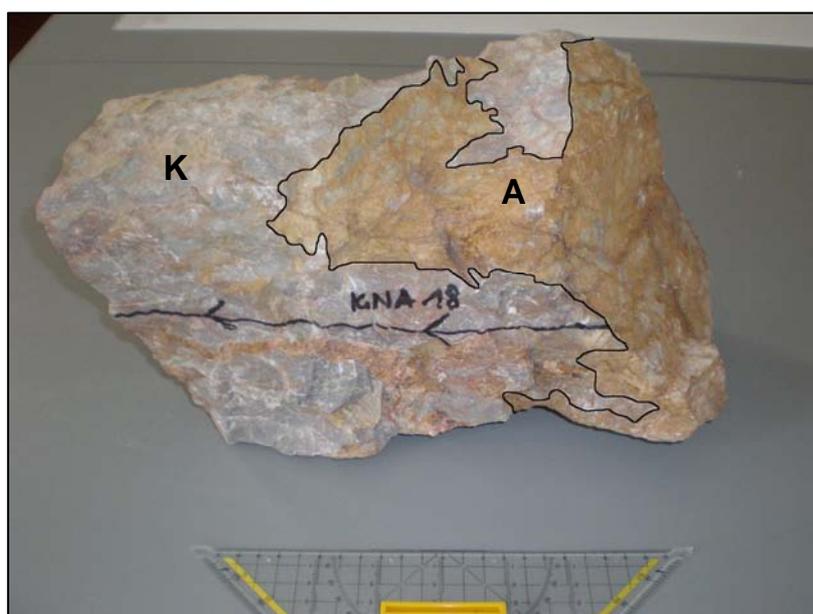


Abb. 53: Handstück IGNA18: Sauberger Kalk (K) mit Bereichen aus Ankeritgestein (A) (schwarze Linie: ungefähre Grenze zwischen den beiden Gesteinen).

Aus den Gesteinen des Profils 2 wurden 6 Dünnschliffe angefertigt.

IGNA11a liegt ein Sideritgestein zugrunde, das relativ stark angewittert ist. Die Sideritkristalle (1) zeigen eine spätige Ausbildung im Millimeterbereich und bei manchen ist innerhalb noch die Struktur der Bioklasten vom ursprünglichen Kalk sichtbar. Dies ist ein eindeutiger Beweis für eine epigenetische Entstehung der Vererzung.

Ankeritkristalle sind nur in sehr kleinen Bereichen sichtbar und erreichen eine maximale Größe von 3 mm. Sie gehören zur ersten Generation der Ankeritbildung. Zusätzlich sind zahlreiche einzeln verteilte Chloritschüppchen im Gestein vorhanden, welche ebenfalls mehrere Millimeter groß sind. Anhand ihres deutlich ausgeprägten Pleochroismus, wurde der Chlorit als Fe-Chlorit identifiziert. Als Akzessorien treten Quarz, Calcit und Pyrit auf. Der Kontakt zwischen den beiden Erzmineralen ist durch relativ scharfe Kristallgrenzen gegeben. Dies ist Indiz für eine Paragenese.

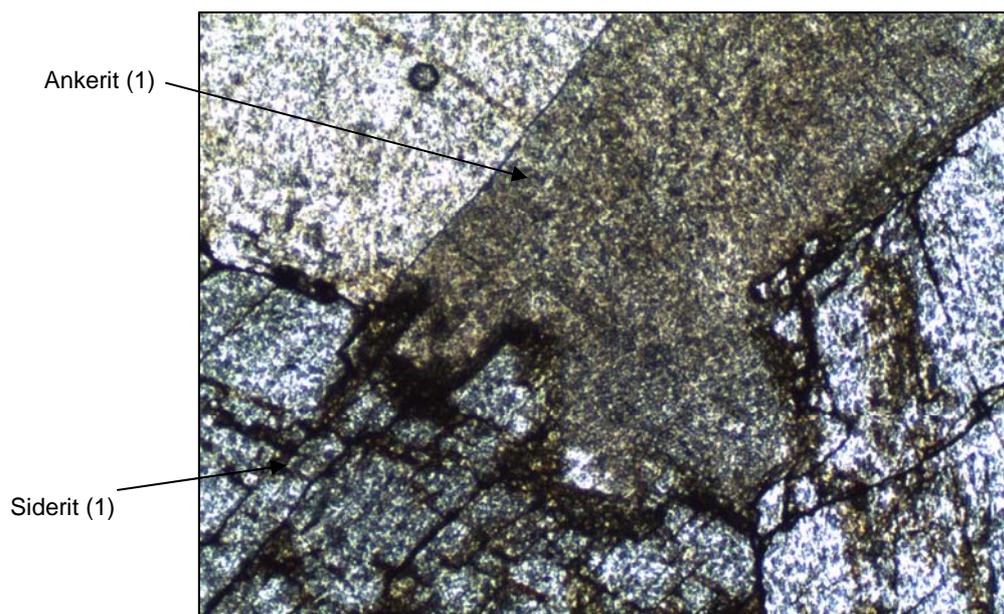


Abb. 54: Dünnschliff IGNA11a: Verdrängung des Siderits (1) durch den Ankerit (1) (/N, Bildbreite: 2,67mm).

Anschließend folgt in Richtung des Profils der Dünnschliff IGNA11b. Er ist vom mineralogischen Aufbau her betrachtet dem Vorangegangenen recht ähnlich. Auch hier sind in einigen Sideritkristallen (1) noch Relikte der Bioklasten vom Kalk vorhanden. Der Ankerit liegt in Form von zwei Typen vor. Die grobspätigen, maximal 5 mm großen Kristalle der älteren Generation zeigen eine undulöse Auslöschung und teilweise Verzwilligung (1). Dieser Ankerit kommt in Form von Nestern vor (siehe Abb. 55). Dieses Phänomen ist erst nach der Sideritbildung entstanden. Die Kristalle der jüngeren Generation (2) sind kleiner und erreichen eine maximale Größe von 0,2 mm. Sie zeigen eine idiomorphe Ausbildung und ebenfalls teilweise undulöse Auslöschung. Daneben tritt in den Klüften noch junger Quarz auf.

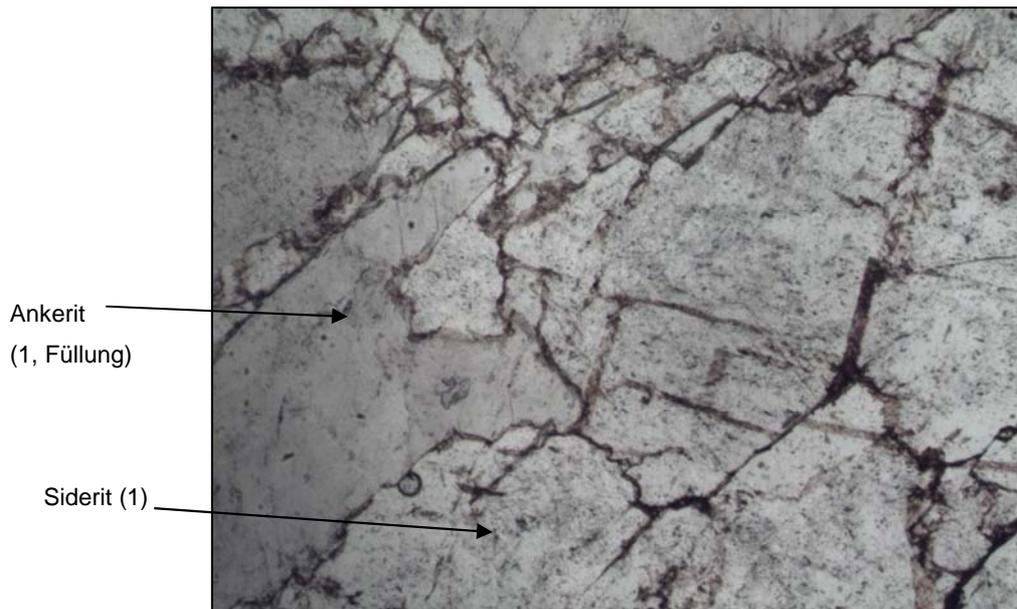


Abb. 55: Dünnschliff IGNA11b: Sideritgestein mit Ankeritnestern (1) (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Im Dünnschliff IGNA12a sieht man den eigentlichen Übergang zwischen dem Siderit- und dem Ankeritgestein. Die Mineralogie ist ansonsten gleich wie beim vorherigen Dünnschliff. Das Verhältnis zwischen den beiden Erzmineralen ist durch eine Verdrängung des Siderits (1) durch den Ankerit (1) gegeben (siehe Abb. 56).

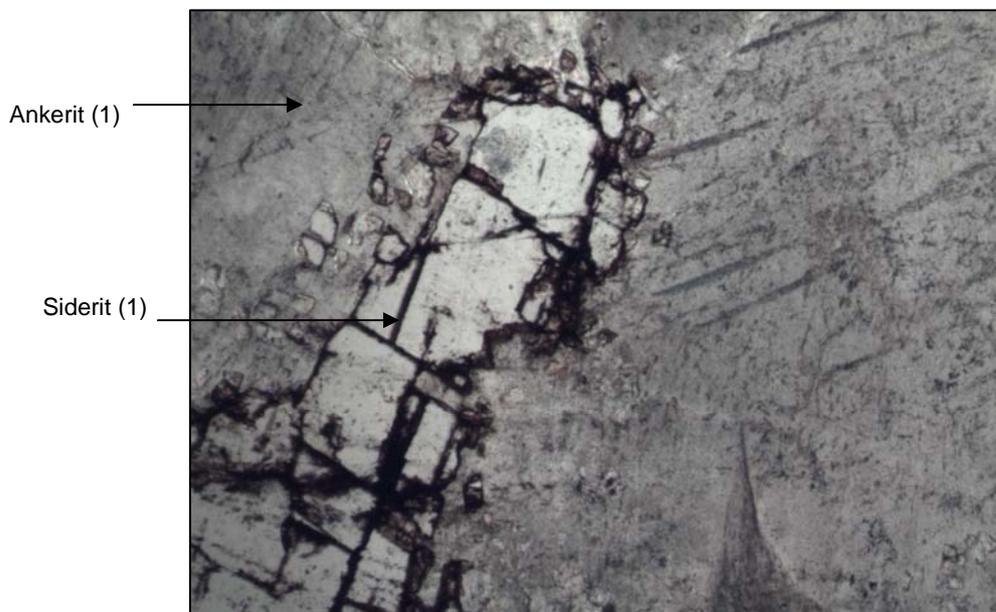


Abb. 56: Dünnschliff IGNA12a: Siderit (1) wird vom Ankerit (1) verdrängt (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Dabei wird der Siderit randlich aufgelöst und es bleiben Relikte innerhalb des Ankerits zurück, die aber noch die ursprüngliche Kristallorientierung zeigen. In zahlreichen Ankeritkristallen treten kleine Kriställchen auf, die beim ersten Blick aussehen wie die der

dritten Ankeritgeneration. Auch sie zeigen aber bei gekreuzten Polarisatoren die gleiche Orientierung. Dies wird damit interpretiert, dass der ursprünglich vorhandene Siderit (1) durch den Ankerit (1) verdrängt wurde, Relikte des Siderits übrig geblieben sind und diese in weiterer Folge zu Ankerit umgewandelt wurden. Das heißt, es handelt sich um eine Pseudomorphose von Siderit (1) zu Ankerit (5), welche in Abbildung 57 zu sehen ist. Des Weiteren treten vereinzelt Quarz, Chlorit und Pyrit als Akzessorien auf.

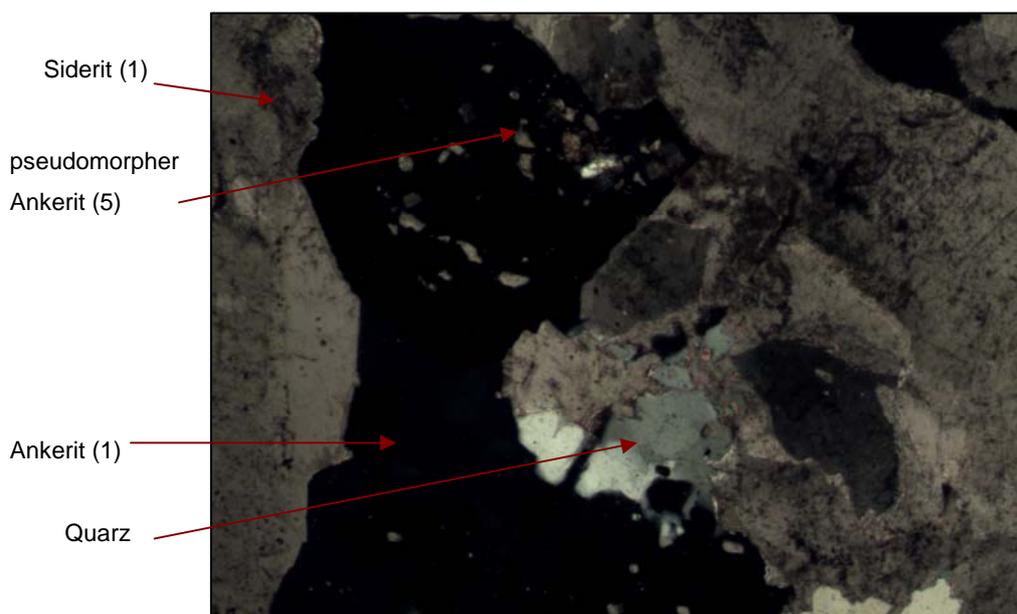


Abb. 57: Dünnschliff IGNA12a: Pseudomorphose Siderit (1) zu Ankerit (5) (+N, Bildbreite: 2,67mm).

IGNA13a stammt aus einem Bereich, der als Rohwand zu bezeichnen ist. Demzufolge ist das Hauptmineral Ankerit. Dieser liegt hier in drei Generationen vor: die erste grobspätige mehrere Millimeter große, die zweite idiomorphe, bis zu 0,2 mm große und die dritte mit den kleinen Kriställchen innerhalb des ältesten Ankerits (siehe Abb. 58).

Als Nebenmineral tritt Quarz auf. Dieser ist sowohl innerhalb von Drusen als auch von Klüften auskristallisiert. In letzteren zeigt er sich hier auch als Faserquarz verwachsen mit Ankerit (4). Calcit und Pyrit sind auch in diesem Schliff nur als Akzessorien vorhanden.

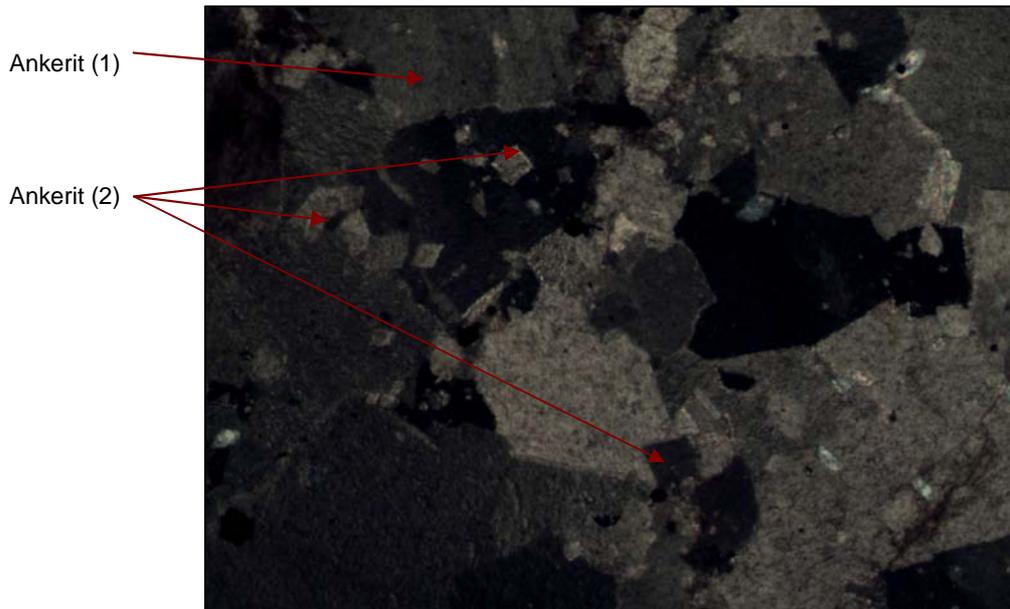


Abb. 58: Dünnschliff IGNA13a: Zwei Generationen von Ankerit (+N, Bildbreite: 2,67mm).

Der Dünnschliff IGNA17a repräsentiert den Übergang zwischen dem Ankeritgestein und dem Kalk in diesem Profil. Eine genau definierte Grenze kann zwischen den beiden Gesteinen nicht gezogen werden, da der Übergang allmählich verläuft (siehe Abb. 59). Innerhalb des Bereichs der spätigen primären Ankerite sind wiederum die feinkörnigen Ankerite der dritten Generation sichtbar. Auch die zweite Generation der Ankeritbildung ist zu sehen. Deren Auftreten ist an Schwachstellen wie Rissen des Gesteins zu beobachten. Sie sind jüngere Mobilisate.

Der Bereich des Kalkes wird von sehr feinkörnigem Calcit (1) dominiert. Nur vereinzelt liegen einige größere Calcitkristalle (2) einer jüngeren Bildung und Fossilfragmente vor.

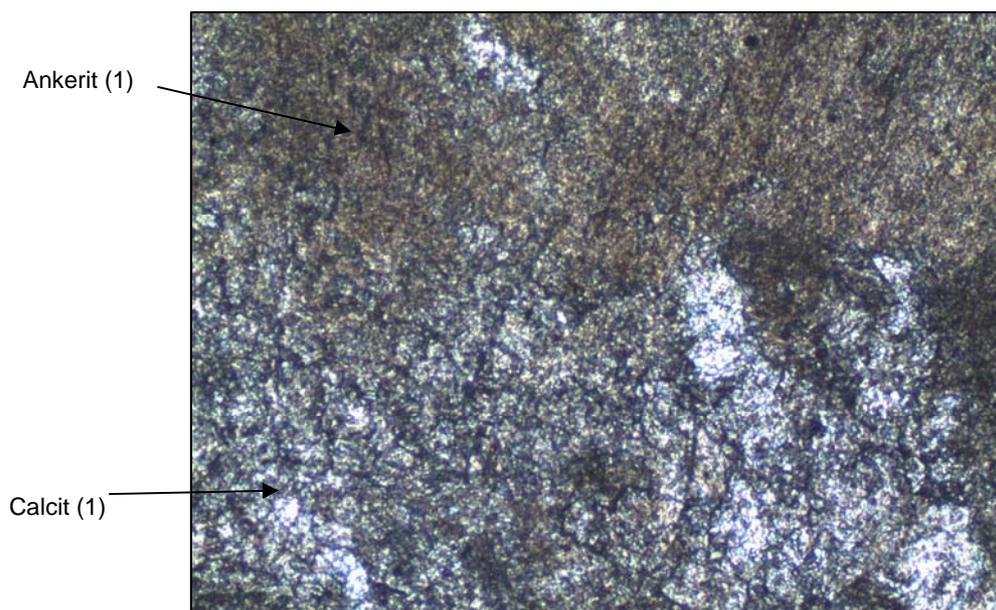


Abb. 59: Dünnschliff IGNA17a: Verdrängung des Ankerits (1) durch Calcit (1) (//N, Bildbreite: 2,67mm).

IGNA18a besteht überwiegend aus Calcit. Der primäre Calcit ist sehr feinkörnig und baut das Meiste des zugrunde liegenden Gesteins auf. Der sekundäre Calcit ist jünger und in Form mehrerer Millimeter großer Kristalle vorhanden. Zusätzlich liegen zahlreiche Bioklasten von Crinoiden und Grus diverser, nicht genauer definierbarer Fossilien vor. Ankerit ist in diesem Dünnschliff nur untergeordnet zu sehen. Überwiegend ist er als die erste Generation in Form von Gängen vorhanden und. Auch die beiden jüngeren Ankeritbildungen 2 und 3 sind vorhanden.

Aufgrund der Flaserung des Gesteins treten ansonsten noch Chlorit und Sericit auf. Vereinzelt sind auch kleine Pyritkristalle sichtbar.

Da die Ankeritgänge den ursprünglichen Kalk durchqueren, sind sie jünger als dieser (siehe Abb. 60). Im Nachhinein wurden die Gänge zusätzlich von welchen aus grobem Calcit (2) durchquert, der somit erst später entstanden ist.

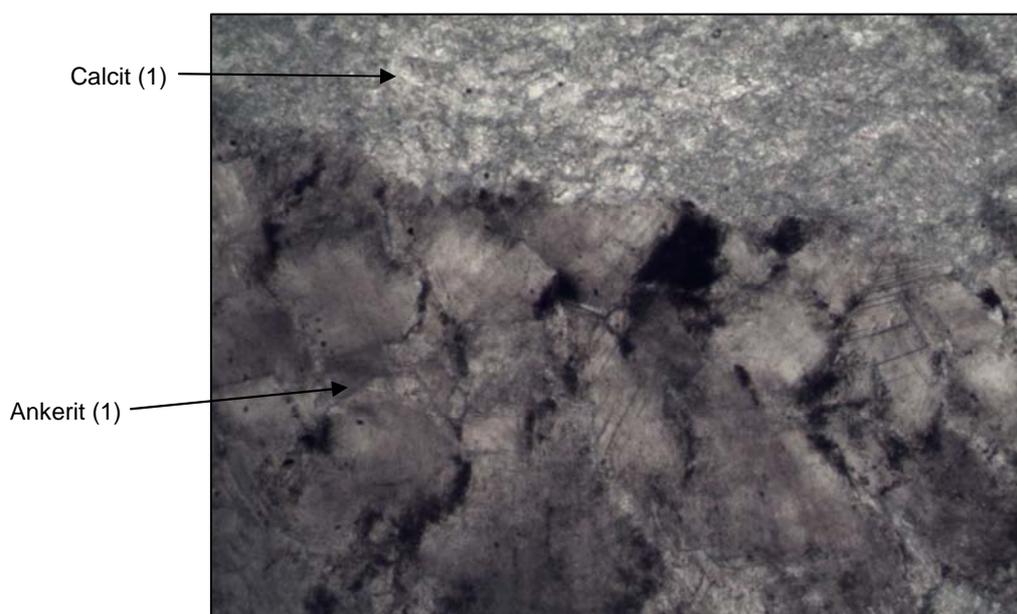


Abb. 60: Dünnschliff IGNA18a: Ankeritgang im primären Kalk (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Zur Überprüfung der Mikroskopieergebnisse wurde wiederum die Methode der Raman-Spektroskopie herangezogen. Die Ergebnisse der Messungen sind gut mit denen des Profils "Ignazi 1" vergleichbar. Das Spektrum des Siderits zeigt die typischen Peaks für dieses Mineral. Das Spektrum des Ankerits zeigt ebenfalls keinerlei Besonderheiten bezüglich wechselnder Chemie. Das Spektrum des Calcits zeigt die Positionen der Peaks dort, wo sie auch in den Referenzspektren zu finden sind.

Für die Analyse mittels der Elektronenstrahl-Mikrosonde wurden die Dünnschliffe IGNA11a, IGNA11b, IGNA12a und IGNA17a ausgewählt. Sie zeigen den Übergang Kalk-Ankeritgestein-Sideritgestein ohne jeglichen tektonischen Einfluss. Dabei repräsentiert der

Schliff IGNA11a das massive Sideritgestein, IGNA11b die Grenze zwischen dem Sideritgestein und dem Ankeritgestein, der Schliff IGNA12a ebenso und zusätzlich noch die Grenze zwischen Ankeritgestein und Kalk und der Schliff IGNA17a die Grenze zwischen Ankeritgestein und Kalk.

Bei den vorliegenden Dünnschliffen ist es bereits optisch relativ einfach anhand des BSE-Bildes die Minerale Siderit, Ankerit, Calcit und Quarz voneinander zu unterscheiden (siehe Abb. 60, 61 und 62). Dadurch konnte für die Messung genau jener Bereich im Dünnschliff ausgewählt werden, über den man qualitative Informationen erhalten wollte. Um auf die Verwachsungsverhältnisse in den drei Dünnschliffen nochmals einzugehen, ist zu erwähnen, dass im Dünnschliff IGNA11b der Ankerit innerhalb des massigen Sideritgesteins in Form von Nestern auftritt und somit später entstanden ist (siehe Abb. 60).

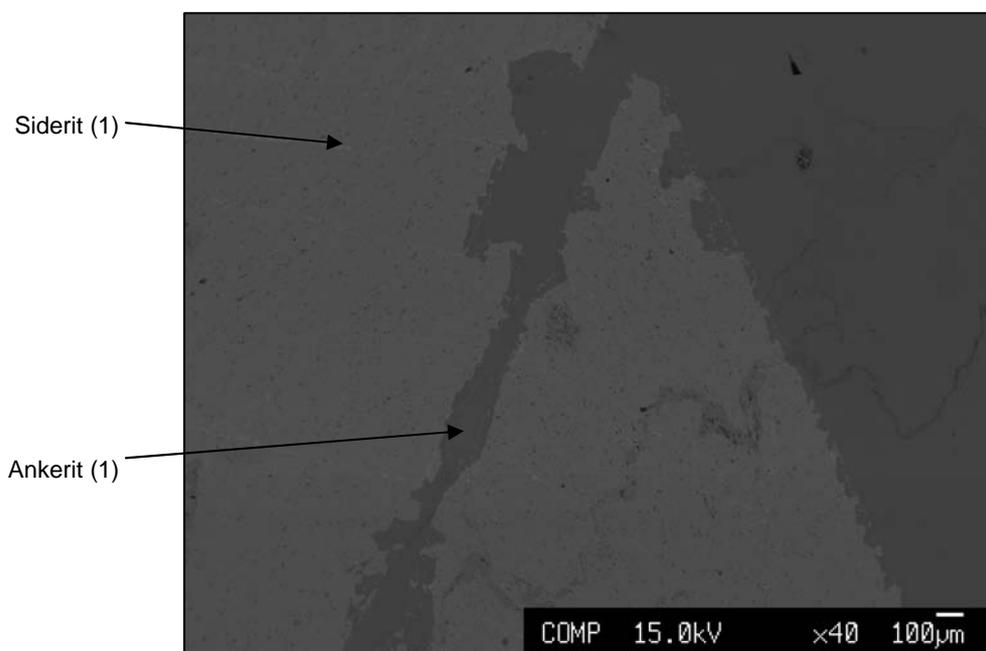


Abb. 60: Dünnschliff IGNA11b: BSE-Bild von Siderit (1) und Ankerit (1).

Beim Dünnschliff IGNA12a herrscht eine Verdrängung des Siderits (1) durch Ankerit (1) vor. Als zusätzliche Füllung tritt Quarz auf (siehe Abb. 61).

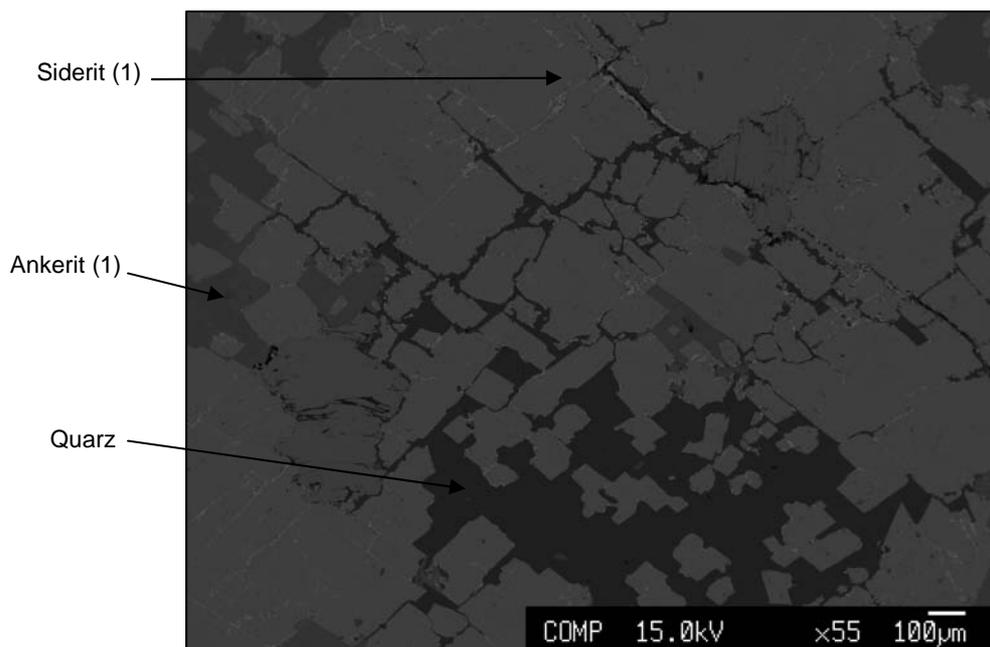


Abb. 61: Dünnschliff IGNA12a: BSE-Bild von Siderit (1), Ankerit (1) und Quarz.

In Abbildung 62 ist die Verwachsung zwischen Ankerit (1), Quarz und den vereinzelt auftretenden Pyriten sichtbar. Da alle drei Minerale relativ gut auskristallisiert sind, deutet dies auf eine gleichzeitige Entstehung hin.

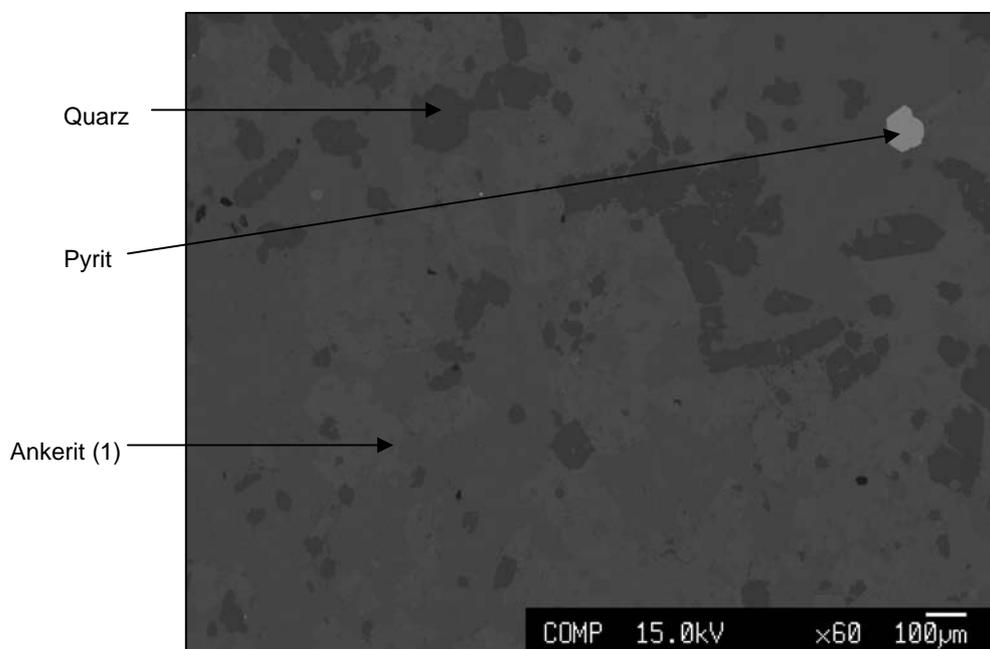


Abb. 62: Dünnschliff IGNA17a: BSE-Bild von Ankerit (1), Quarz und Pyrit.

Insgesamt wurden an jedem der Dünnschliffe 100 Analysen durchgeführt, deren Messpunkte über die gesamte Fläche verteilt sind. So ergab sich ein repräsentativer Überblick bezüglich der vorhandenen Minerale. Im Anschluss wurden die gesamten durch die Messung

erhaltenen Daten bearbeitet und in einem aussagekräftigen Dreiecksdiagramm dargestellt. Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wird in diesem Kapitel nur ein Auszug der erstellten Dreiecksdiagramme gezeigt. Im Kapitel 9. 3. sind die übrigen Dreiecksdiagramme zu finden. Für die Ergebnisse des Ankerits bediente man sich dem System Kutnahorit ($\text{CaMn}[\text{CO}_3]_2$)-Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$)-Ankerit ($\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$). Anhand der in das Diagramm geplotteten Ergebnisse, ist eindeutig erkennbar, dass es sich in bei dem vermuteten Ankerit tatsächlich um diesen handelt (siehe Abb. 63). Er zeigt bezüglich seiner chemischen Zusammensetzung keine besonderen Auffälligkeiten und die Elementverteilung ist in jedem Dünnschliff sehr ähnlich. Trotz eines etwas erhöhten Mg-Gehalts plottet er noch im Feld des "normalen" Ankerits und geht weder in einen Fe-Dolomit noch in einen Dolomit über. Dies beweist die schon mittels der Mikroskopie, Färbemethode und Raman-Spektroskopie erhaltenen Erkenntnisse.

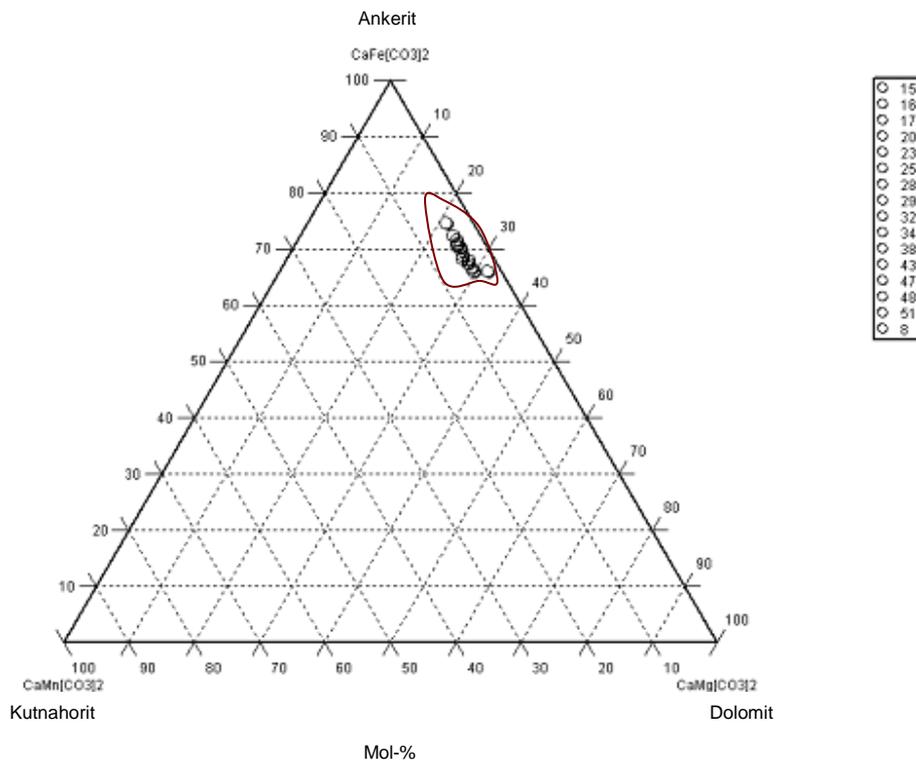


Abb. 63: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs IGNA11a: Kutnahorit ($\text{CaMn}[\text{CO}_3]_2$)-Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$)-Ankerit ($\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$) Dreiecksdiagramm.

Für die Darstellung der Messergebnisse des Siderits wurde das System Rhodochrosit (MnCO_3)-Magnesit (MgCO_3)-Siderit (FeCO_3) gewählt (siehe Abb. 64). Der Grund dafür besteht darin, dass der in den analysierten Mineralen enthaltene Mg-Gehalt besser sichtbar ist. Da, wie im Kapitel 1 erwähnt, am Erzberg eigentlich ein Gestein mit dem darin enthaltenen Mineral Sideroplesit (MgCO_3 -Gehalt zwischen 10% und 30%) abgebaut wird, lag

das Interesse daran dies zusätzlich zu überprüfen. Anhand der Dreiecksdiagramme im Kapitel 9. 3. ist ersichtlich, dass die analysierten Minerale knapp an der Grenze Siderit-Sideroplesit plotten. Einige haben noch den geeigneten $MgCO_3$ -Gehalt um als Siderit bezeichnet zu werden ($MgCO_3$ -Gehalt $<10\%$) und einige plotten bereits in das Sideroplesit-Feld. Dies bedeutet, dass die beim Abbau gewonnen Gesteine sowohl Siderit als auch Sideroplesit enthalten

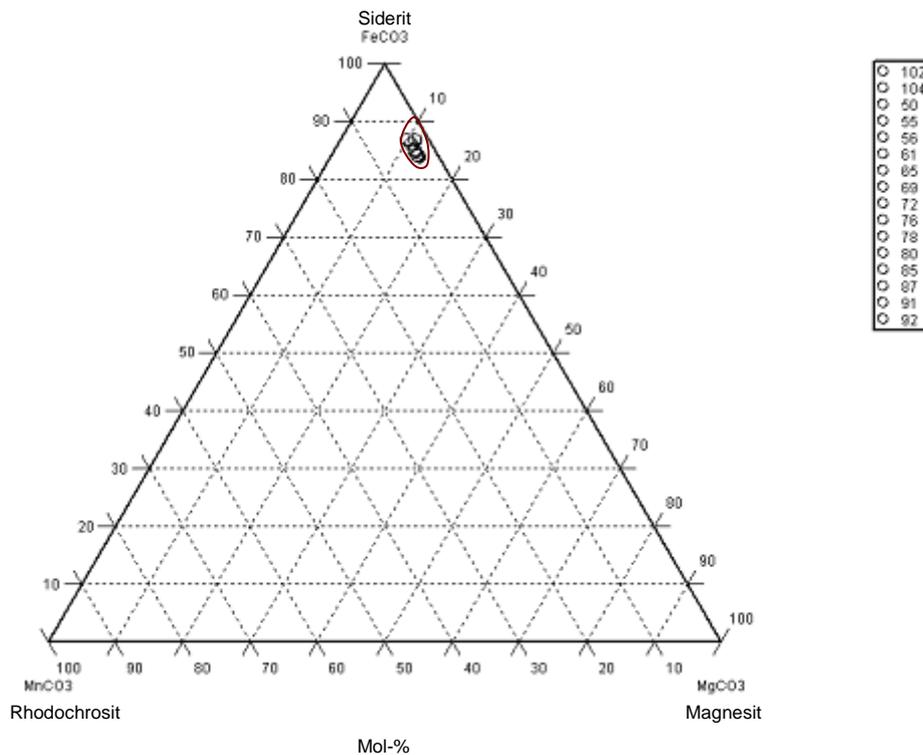


Abb. 64: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs IGNA11b: Rhodochrosit ($MnCO_3$)-Magnesit ($MgCO_3$)-Siderit ($FeCO_3$) Dreiecksdiagramm.

Bei den Dünnschliffen IGNA12a und IGNA17a war aufgrund der Gesteinszusammensetzung auch eine Analyse des Calcits möglich. Zur Darstellung der erhaltenen Ergebnisse wurde das System Magnesit ($MgCO_3$)-Siderit ($FeCO_3$)-Calcit ($CaCO_3$) gewählt (siehe Abb. 65).

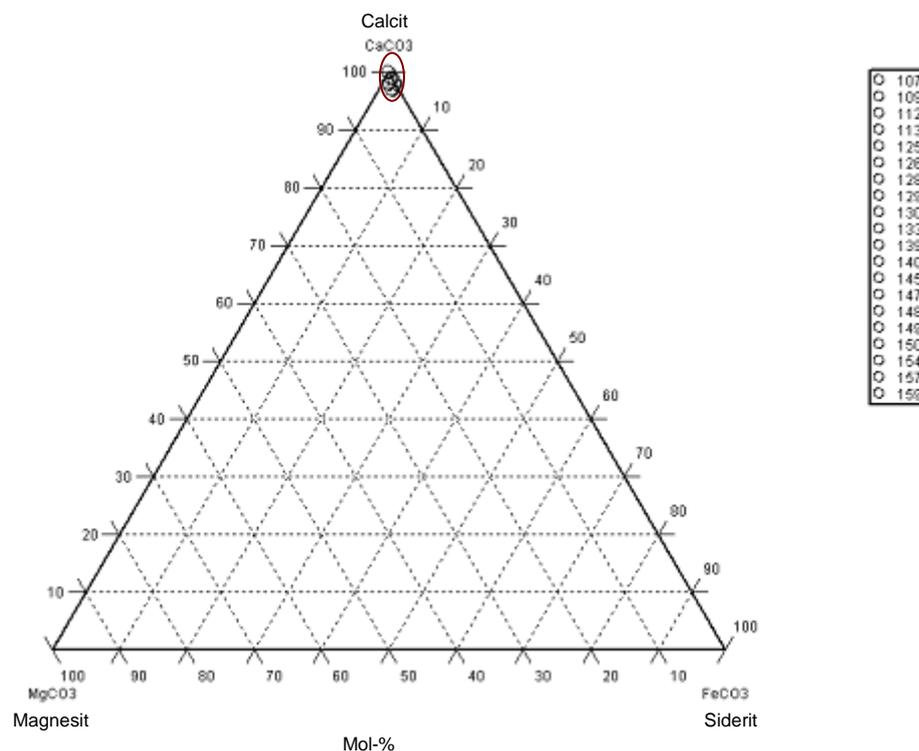


Abb. 65: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs IGNA17a: Magnesit ($MgCO_3$)-Siderit ($FeCO_3$)-Calcit ($CaCO_3$) Dreiecksdiagramm.

Bei allen Mineralen besteht aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung kein Zweifel, dass es sich tatsächlich um Calcit handelt. Da die $CaCO_3$ -Gehalte durchwegs sehr hoch sind, unterscheiden sich die geplotteten Punkte fast nicht voneinander. Folge dessen wird nochmals das Vorhandensein von Dolomit dementiert.

Des Weiteren wurden zusätzlich noch Quarz und ein paar Pyrite analysiert. Nur bei sehr wenigen Messungen konnte das analysierte Mineral nicht identifiziert werden, da, wie bereits erwähnt, die Einstellungen des Instruments auf Karbonate ausgelegt wurden. Die Werte dieser wurden in den Tabellen im Kapitel 9. 3. zwar angeführt, aber keinem Mineral zugeordnet. Der Quarz ist aber aufgrund der Werte nahe Null bei den für die Messung ausgewählten Oxiden erkennbar und der Pyrit zeigt sich durch bestehende FeO-Gehalte und Werten nahe Null bei den restlichen Oxiden. Zur genaueren Ansicht sind die gesamten Messergebnisse im Kapitel 9. 3. aufgelistet.

Profil "Wegstollen" :

Dieses Profil stammt von der Etage "Wegstollen". Es wurde nicht wie die beiden anderen Profile parallel zur Schichtung angelegt, sondern die Profillinie steht normal auf die Schichtflächen. Insgesamt beinhaltet es 5 Handstücke, die von WEGS1 bis WEGS4o bzw.

WEGS4u durchnummeriert wurden (siehe Abb. 66). Hierzu muss erläutert werden, dass die Zusätze "o" und "u" bei den WEGS4-Handstücken die Abkürzung für "oben" und "unten" sind, da die beiden Gesteinsproben in der Bruchwand unmittelbar übereinander waren.

Weiters ist für die genaue makroskopische Beschreibung erwähnenswert, dass alle Handstücke leicht angewittert sind.

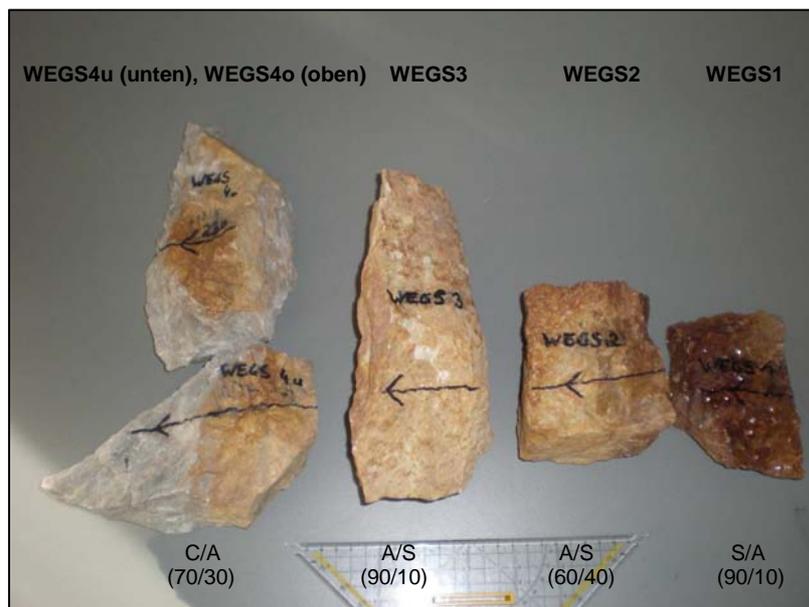


Abb. 66: Handstücke des Profils 3 (Grobmineralogie und deren prozentuelle Abschätzung: S: Siderit, A: Ankerit, C: Calcit).

WEGS1 ist ein typisches dunkelbraun verwittertes Sideritgestein. Stellenweise sind Ankeritnester zu erkennen, welche eine Größe von mehreren Millimetern erreichen. Auch in diesem Handstück sind die beiden Eisenkarbonate spätig auskristallisiert.

Das Gesteinsbruchstück WEGS2 zeigt den Übergang zwischen dem Sideritgestein und dem Ankeritgestein. In diesem Profil ist ebenfalls keine eindeutige Grenze zwischen den beiden definierbar, denn auch WEGS3 beinhaltet noch Sideritbereiche. Dieses ist ein Ankeritgestein, welches Siderit enthält und noch dazu Kalkbereiche beinhaltet. Dabei handelt es sich wieder um den grauen Sauberger Kalk, der auch hier im Gegensatz zu den groben Mineralen der Eisenkarbonate eine mikrosparitische Struktur zeigt.

Die Handstücke WEGS4o und WEGS4u bestehen zum Großteil aus einem massigen bis flaserigen Sauberger Kalk. Des Weiteren zeigen beide sehr gut die schon mehrfach erwähnte wolkige Grenze zum Ankeritgestein (siehe Abb. 67 und 68). Zusätzlich beinhaltet sowohl WEGS4o als auch WEGS4u als Nebenminerale Chlorit und Sericit, die sich bei ihrem Auftreten auf die Flaserung des Kalkes beschränken.

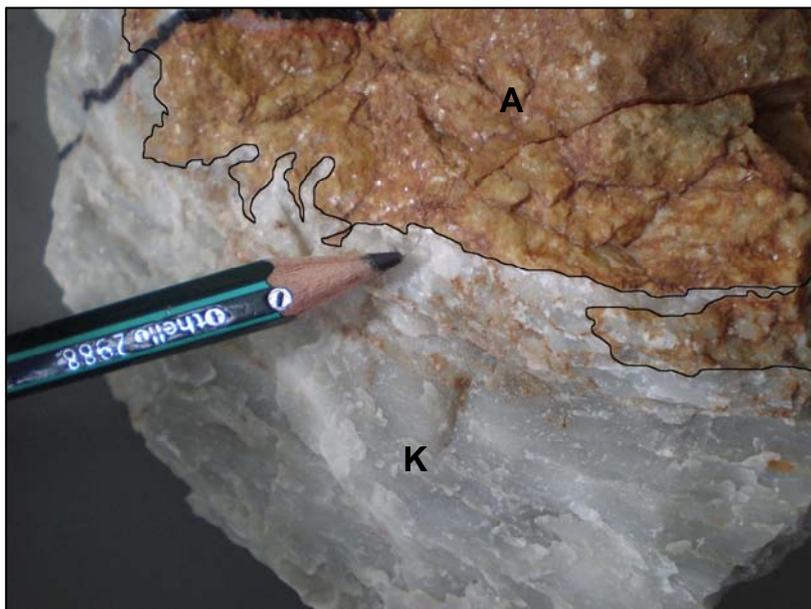


Abb. 67: Handstück WEGS4o: Übergang Ankeritgestein (A)-Sauberger Kalk (K) (schwarze Linie: ungefähre Grenze zwischen den beiden Gesteinen).

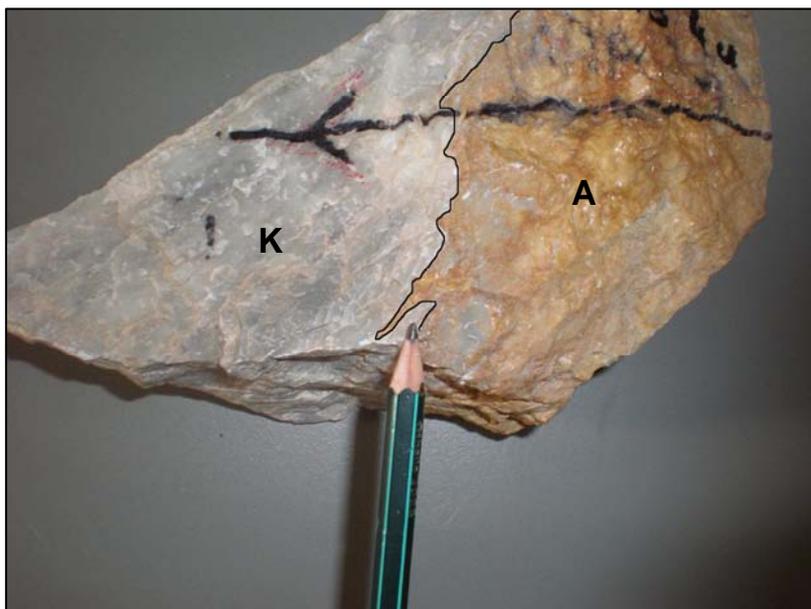


Abb. 68: Handstück WEGS4u: Übergang Ankeritgestein (A)-Sauberger Kalk (K) (schwarze Linie: ungefähre Grenze zwischen den beiden Gesteinen).

Aus den Handstücken des Profils 3, welches auf der Etage "Wegstollen" angelegt wurde, wurden 5 Dünnschliffe angefertigt.

Der Schliff WEGS1a zeigt ein relativ homogenes Sideritgestein, das aus spätigen Kristallen aufgebaut ist (1), welche eine maximale Größe von 5 mm erreichen. Ankerit tritt als Nebenmineral auf. Er ist in Form von drei Generationen vorhanden. Die Kristalle der ersten und Generation zeigen zusätzlich Verzwilligung und undulöse Auslöschung. Die der

zweiten Generation nur undulöse Auslöschung. Daneben beinhaltet das Gestein noch Quarz, welcher aber nur in geringen Mengen vorliegt. Zum Großteil beschränkt sich sein Auftreten auf Gänge.

WEGS2a ist bei diesem Profil der repräsentative Schliff für den Übergang zwischen dem Sideritgestein und dem Ankeritgestein. Die grobspätigen Sideritkristalle (1) erreichen eine Größe von maximal 5 mm. Der ältere Ankerit (1) erreicht ebenso mehrere Millimeter und die idomorphen jüngeren Kristalle (2) sind bis zu 0,2 mm groß.

Die Beziehung zwischen den beiden Erzmineralen wird durch eine Verdrängung der Sideritkristalle (1) durch jene aus Ankerit (1) repräsentiert. Dabei wird der Siderit randlich aufgelöst (siehe Abb. 69). In den groben ältesten Ankeriten sind noch kleine Relikte des ursprünglichen Siderits (1) vorhanden. Diese wurden inzwischen jedoch zu Ankerit (5) umgewandelt. Somit handelt es sich um eine Pseudomorphose von Siderit (1) zu Ankerit (5) (siehe Abb. 70).

Neben diesen beiden Hauptmineralen, beinhaltet das Gestein Quarz und vereinzelt Pyrit.



Abb. 69: Dünnschliff WEGS2a: Verdrängung des Siderits (1) durch Ankerit (1) (+N, Bildbreite: 2,67mm).

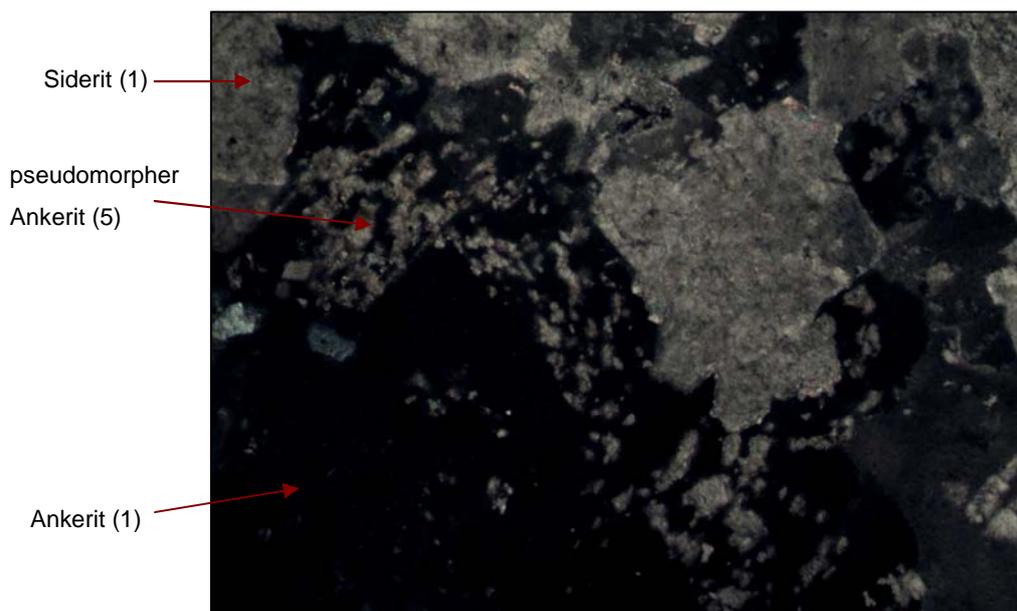


Abb. 70: Dünnschliff WEGS2a: Pseudomorphose Siderit (1) zu Ankerit (5) (+N, Bildbreite: 2,67 mm).

Der Dünnschliff WEGS3a zeigt ein Ankeritgestein. Er beinhaltet drei Ankeritgenerationen, die auch hier die typischen Merkmale zeigen. Zusätzlich treten Kristalle von sehr kleiner Größe auf, die ein erhöhtes Relief zeigen, was typisch für Siderit wäre (siehe Abb. 71). Hier handelt es sich jedoch wieder um eine Pseudomorphose von Siderit (1) zu Ankerit (5).

Als Nebenmineral sind Calcit und Quarz anzumerken und das Auftreten von Pyritkristallen nimmt nur eine untergeordnete Stellung ein.

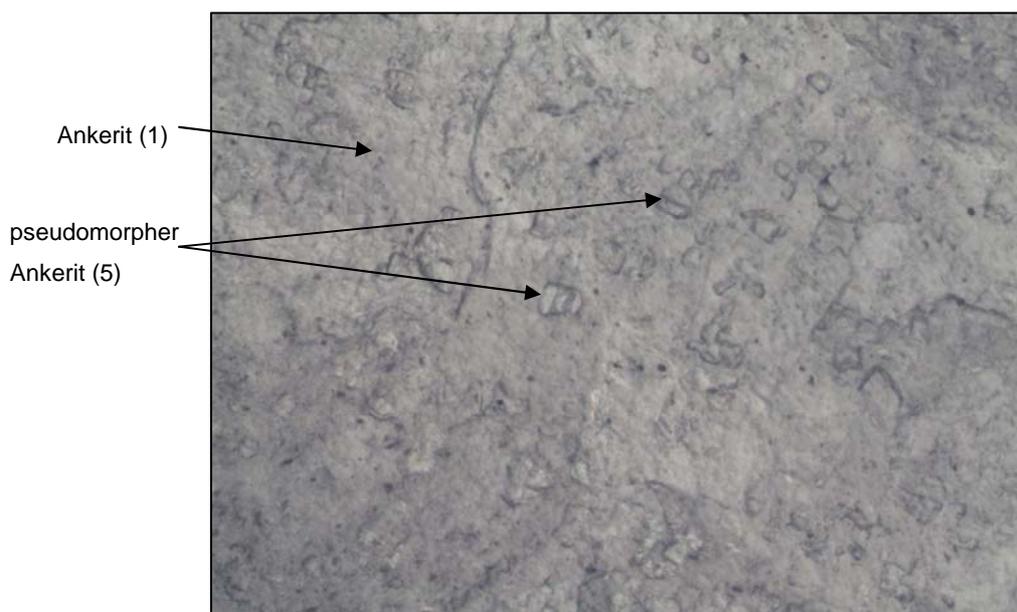


Abb. 71: Dünnschliff WEGS3a: Pseudomorphose Siderit (1) zu Ankerit (5) (/N, Bildbreite: 2,67 mm).

Im Schliff WEGS4ua ist der Übergang zwischen der Rohwand und dem Sauburger Kalk zu sehen. Letzterer wird durch kleine Calcitkristalle (1) aufgebaut, deren Größe nicht messbar

ist. Nur vereinzelt und in Gängen sind gröbere Kristalle (2) zu sehen, die auf eine spätere Bildung zurückzuführen sind. Der Ankerit tritt in Form der ersten, grobspätigen, mehrere Millimeter großen, der idiomorphen maximal 0,2 mm großen und der dritten sehr kleinen Generation auf, die innerhalb des ältesten Ankerits zu sehen sind. Beim Übergang zum Sauburger Kalk greifen einige Ankeritgänge noch in den Bereich des Kalkes hinein. Auch innerhalb des eigentlichen Kalkbereiches sind Ankeritgänge ausgebildet. Dies bedeutet, dass die Entstehung des Ankerits erst nach der des Kalkes stattfand. Später wurden diese Ankeritgänge von Gängen aus grobkörnigem Calcit (2) durchquert.

Mit zunehmender Entfernung vom Ankeritbereich geht der Kalk immer mehr in einen flaserigen Sauburger Kalk über. Dadurch treten auch vermehrt Schichtsilikate wie Chlorit und Sericit auf, die zu einem lepidoblastischen Gefüge führen und auf die Flaserung beschränkt sind. Zusätzlich ist noch Pyrit vorhanden.

WEGS4ub beinhaltet als Hauptmineral Calcit und ist als flaseriger Sauburger Kalk anzusprechen. Die primären Calcitkristalle, welche die Gesteinsbildner sind, sind extrem feinkörnig, sodass keine eindeutige Kristallgröße messbar ist. Die sekundären Calcite erreichen eine Größe von maximal 2 mm. Zusätzlich beinhaltet der Dünnschliff zahlreiche Fragmente von Fossilien, bei denen es sich in erster Linie um Crinoiden handelt. Ankerit ist nur als Nebenmineral in Form des grobspätigen Typs (1) vorhanden. Meist ist er zwischen den Schieferungsflächen in Form von zerbrochenen Körnern zu sehen. Dieses Auftreten beweist, dass die Ankeritvererzung bereits vor der tektonischen Beanspruchung entstanden sein muss. Auch in diesem Schliff sind durch Drucklösung entstandene Styloolithen zu sehen, welche normal auf die Schieferungsrichtung ausgebildet sind (siehe Abb. 72).

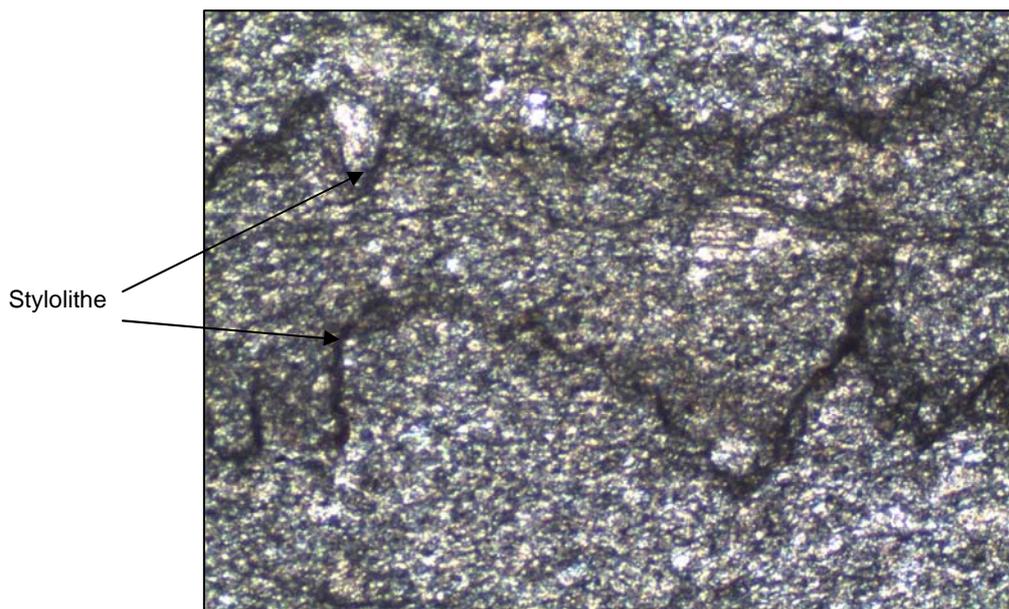


Abb. 72: Dünnschliff WEWS4ub: Styloolithen im flaserigen Sauburger Kalk (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Als Akzessorien treten Chlorit und Sericit im Bereich der Flaserung auf und Quarz ist fein verteilt im gesamten Gestein zu finden.

Bei der Raman-Messung dieser Dünnschliffe traten keine Besonderheiten auf. Der Siderit zeigt das für diese Gesteine deutlich ausgeprägte Spektrum. Die Ankerit- und Calcitmessungen sind durchaus mit denen der Profile "Ignazi 1" und "Ignazi 2" vergleichbar. Es bestehen keinerlei Auffälligkeiten.

7. 4. 2. Schichtkonkordante Vererzung

Eine schichtkonkordante Vererzung konnte nur auf wenigen Etagen beobachtet werden. Ein repräsentatives Beispiel dazu, stellt die Etage "Dreikönig" dar. In den Abbildungen 73 und 74 ist dieser Typus zu sehen. Es scheint, als wären die Schichten des Erzes und des Taubgesteins ungestört übereinander abgelagert worden. Bei genauer Betrachtung der Abbildungen ist jedoch zu sehen, dass bei Abbildung 73 im rechten und bei Abbildung 74 sowohl im linken, als auch im rechten Bildbereich wiederum wolkige Anzeichen zu sehen sind (siehe rote Kreise).



Abb. 73: schichtkonkordante Vererzung auf der Etage "Dreikönig" (Etagenhöhe ca. 25m); Roter Kreis: Anzeichen für wolkige Vererzung.



Abb. 74: schichtkonkordante Vererzung auf der Etage "Dreikönig" (Etagenhöhe ca. 25m); Rote Kreise: Anzeichen für wolkige Vererzung.

Bezüglich des schichtkonkordanten Vererzungstyps wurden im Gelände keinerlei Proben genommen, da, wie bereits im Kapitel 7. 2. beschrieben, nicht genau feststellbar ist, ob nicht doch eine metasomatische Entstehung vorliegt. Somit könnte es sich auch hier um eine wolkige Vererzung handeln.

7. 4. 3. Vererzungsübergänge in der Basisbrekzie

Dieser Vererzungstyp tritt innerhalb der Basisbrekzie der permischen Präbichlschichten auf. Zwar befindet sich dieser Bereich bereits außerhalb des eigentlichen "Kalkstocks", wurde aber trotzdem zur Diskussion der Kalk-Erz Grenzen mitbearbeitet.

Zur Veranschaulichung dieses Typs dient die Abbildung 75. Hier ist zu erkennen, dass die Grenze der Vererzung mitten durch die Brekzienkomponenten verläuft. Ein Teil der Komponenten ist als Sauberger Kalk zu bezeichnen und der andere Teil als Erzgestein. Dieses Phänomen deutet auf ein abruptes Abbrechen der Fluidmigration hin. Grund dafür könnte der vollständige Verbrauch dieser sein.

Auf jeden Fall beweist dieser Typus eine Vererzung der Komponenten erst nach der Entstehung der Brekzie, das heißt sie ist zumindest jünger als das permisch eingestufte Präbichl-Konglomerat.



Abb. 75: Vererzung innerhalb von Brekzienkomponenten auf der Etage "Vorauer" (rote Linien: Abgrenzung der Komponenten).

Zur Erläuterung dieses Vererzungstyps sind auf der Etage "Vorauer" zwei Probenhandstücke genommen worden. Es handelt sich dabei um die Nummern VORA6 und VORA10, die anschließend mit Hilfe der verschiedenen Analysemethoden untersucht wurden.

Bei der makroskopischen Untersuchung zeigte sich das Handstück VORA6 etwas angewittert (siehe Abb. 76). Es handelt sich um ein Grenzgestein aus dem Bereich des Überganges zwischen Ankeritgestein und der Erzbrekzie. Deshalb besteht es im Grunde genommen aus zwei Teilen. Der eine Teil, das Ankeritgestein, beinhaltet an Mineralen Ankerit und etwas Calcit. Beide zeigen eine spätige Ausbildung.

Die Erzbrekzie besteht aus Komponenten mit einer maximalen Größe von 4 cm x 4 cm und hat eine bräunliche Matrix. Diese zeigt einen sandigen, schiefrigen Aufbau. Auch innerhalb der Brekzie sind vereinzelt noch Ankerit und Calcit zu erkennen.



Abb. 76: Handstück VORA6: Übergang zwischen Ankeritgestein (A) und Erzbrekzie (E) (schwarze Linie: ungefähre Grenze zwischen den beiden Gesteinen).

Das Handstück VORA10 ist ebenfalls leicht angewittert. Es zeigt die Grenze von einer Kalkbrekzie zu einer Erzbrekzie und dies sogar innerhalb der Brekzienkomponenten (siehe Abb. 77 und 78). Die Hauptminerale der Komponenten sind, je nach Brekzientyp, Siderit, Ankerit und Calcit. Die Erzminerale zeigen eine spätige Ausbildung und der Kalk ist mikrosparitisch, wobei die Kristallgröße makroskopisch nicht festgestellt werden konnte.



Abb. 77: Handstück VORA10: Grenze zwischen Kalk (K)- und Erzbrekzie (E) innerhalb der Komponenten (schwarze Linie: ungefähre Grenze zwischen den beiden Gesteinen).

Die Komponenten haben eine maximale Größe von 4 cm x 6 cm und sind von grünlichen Häutchen aus Chlorit überzogen. Die Matrix ist auch hier bräunlich und sandig und zeigt teilweise eine schiefrige Ausbildung. Die Hauptminerale sind Quarz und feinschuppige Schichtminerale und für die bräunliche Farbe sind die Erzminerale verantwortlich.

Kennzeichnend ist in diesem Handstück, dass die Vererzungsgrenze mitten durch die Komponenten verläuft (siehe Abb. 78).

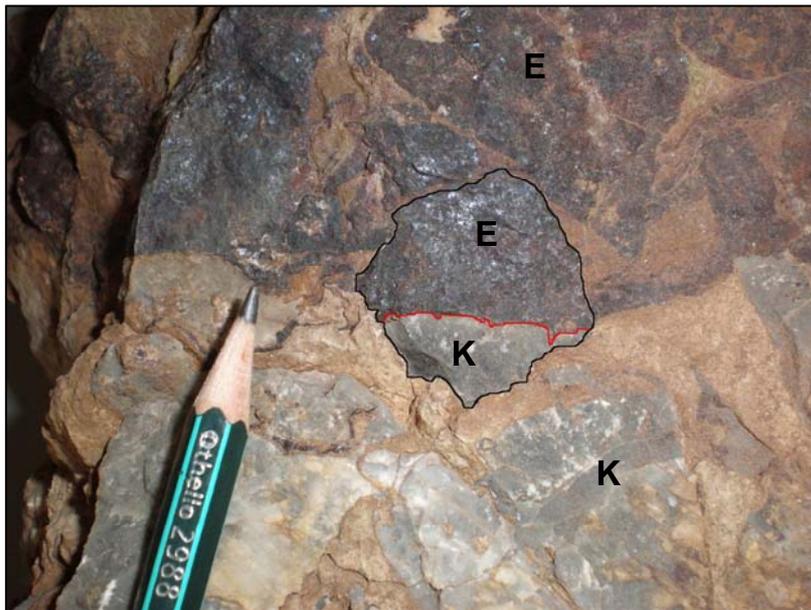


Abb. 78: Handstück VORA10: Grenze zwischen Kalk (K)- und Erzbrekzie (E) innerhalb der Komponenten (schwarze Linie: ungefähre Umrandung einer Komponente, rote Linie: Grenze zwischen Kalk- und Erzteil innerhalb einer Komponente).

Bei der Mikroskopie wurden die Erkenntnisse der makroskopischen Untersuchung bestätigt. Das Hauptmineral der Probe VORA6 ist im Ankeritgestein Ankerit, daneben treten Calcit (1, 2) und Quarz auf, wobei letzterer der Matrixbildner ist. Der Ankerit liegt in Form von zwei verschiedenen alten Generationen vor. Die ältere Generation (1) ist grobspätig ausgebildet und die Kristalle haben eine Größe von maximal 5 mm. Die jüngere Generation zeigt gut ausgebildete idiomorphe Kristalle (2), die bis zu 0,2 mm groß sind. Diese junge Generation wurde meist entlang von Schwachstellen des Gesteins, zum Beispiel in der Nähe von Rissen, ausgebildet.

Weiters sind in diesem Gestein Kluffüllungen aus Quarz zu erkennen. Dieser hat eine maximale Kristallgröße von 2 mm.

Im Bereich der Erzbrekzie herrscht in den Komponenten Siderit (1) vor. Zusätzlich sind vereinzelt Ankeritkristalle (1) vorhanden. Beide haben eine Größe <0,5 mm.

Die Matrix der Brekzie ist sehr feinkörnig und besteht zum Großteil aus Quarz. Dazwischen sind hin und wieder Ankerit, Pyrit, Sericit und Chlorit zu sehen. Hierbei nimmt der Ankerit

eine besondere Stellung ein. Er liegt in Form von <1 mm großen Kristallen vor, die willkürlich verteilt sind. Sie zeigen einen zonierten Aufbau, wobei der innere Teil einem Sideritkristall mit hohem Relief ähnelt. Anhand der Raman-Messung wurde jedoch festgestellt, dass es Ankerit ist. Um diesen Kern herum scheinen die Kristalle weitergewachsen zu sein und haben deshalb eine hypidiomorphe bis idiomorphe Ausbildung. Interpretiert wird dieses Phänomen damit, dass es sich ursprünglich um Sideritkristalle gehandelt hat, die später zu Ankeriten umgewandelt wurden. Da es dadurch zu einem Überschuss an Eisen gekommen ist, wuchsen die Kristalle weiter und zeigen somit diesen Anwachsraum (siehe Abb. 79). Diese Ankerite sind auch für die rötlich-braune Farbe der Matrix verantwortlich.

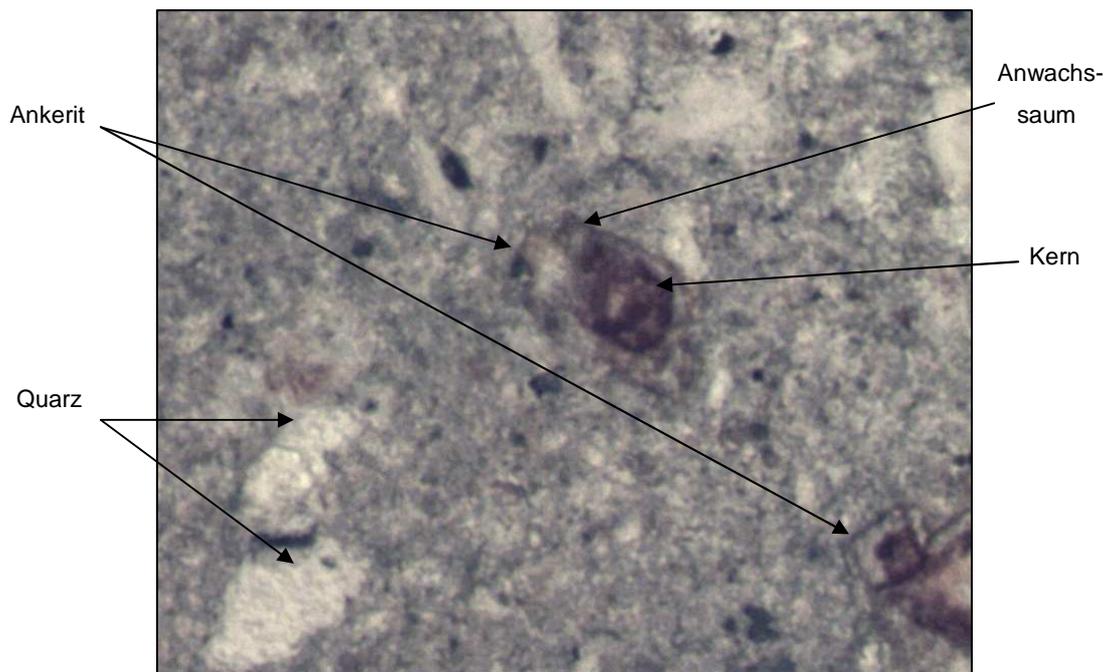


Abb. 79: Dünnschliff VORA6: Hauptmatrixkomponenten der Erzbrekzie (//N, Bildbreite: 1,04 mm).

Auch der Schliff VORA10a wurde unter dem Mikroskop untersucht. Dabei konnte im Teil des Kalkes als Hauptmineral feinkörniger Calcit (1) identifiziert werden. Grober Calcit (2) tritt nur innerhalb von Klüften auf, ist maximal 2 mm groß und wurde erst später gebildet. Als Nebenmineral ist Quarz vorhanden.

Im Bereich der Erzbrekzie dominiert der Siderit (1) mit einer Kristallgröße <5 mm. Hier sind auch Ankeritkristalle ausgebildet, die der ersten Generation angehören und paragenetisch mit dem Siderit gebildet wurden. Daneben sind auch Ankerite der zweiten Generation ausgebildet. Als Nebenmineral ist Quarz anzumerken. Dieser tritt innerhalb einer Kluft in Form von Faserquarz auf. Zusätzlich wurde hierzu Ankerit (4) ebenfalls in faseriger Form auskristallisiert auf (siehe Abb. 80).



Abb. 80: Dünnschliff VORA10a: Kluft innerhalb einer Erzbrekzienkomponente mit Faserquarz und fasrigem Ankerit (4) (+N, Bildbreite: 2,67mm).

Zwischen der Kalk- und Erzbrekzie sind im vorliegenden Dünnschliff zwei Grenzen zu erkennen. Eine davon ist jedoch tektonisch bedingt. Die andere zeigt deutlich den Übergang zwischen dem Kalk und dem Erz innerhalb einer Komponente. In Abbildung 81 ist zu erkennen, dass die Vererzung erst nach der Brekzienbildung stattfand. Dies ist auf die kleinen Sideritgänge zurückzuführen, die in den Kalk hineingreifen und bei gekreuzten Polarisatoren in der gleichen Richtung auslöschen wie das massive Erz.

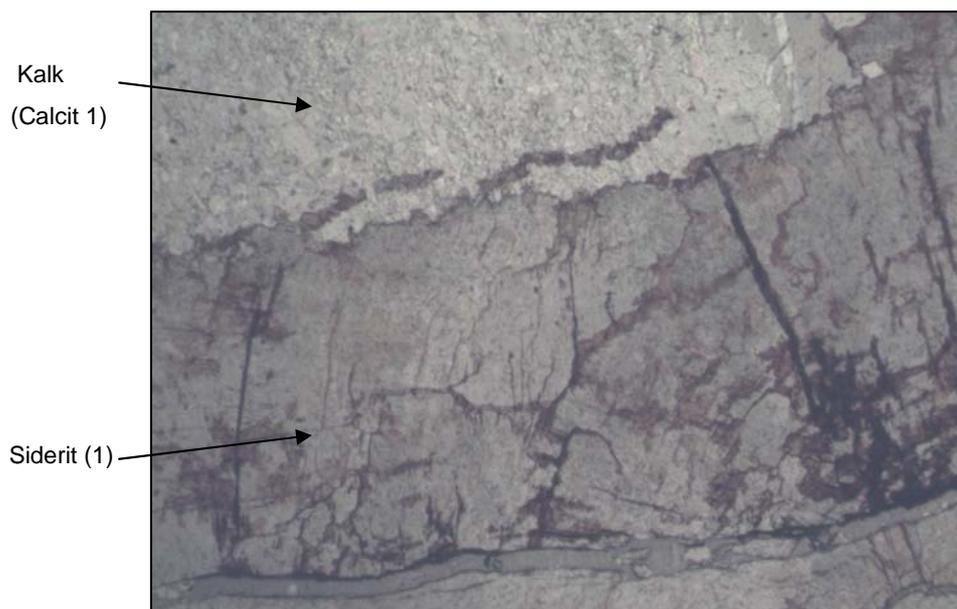


Abb. 81: Dünnschliff VORA10a: Grenze zwischen Kalk und Erz innerhalb einer Komponente (// N, Bildbreite: 2,67mm).

Die Matrix besteht zum Großteil, sowohl im Kalk-, als auch im Erzbereich, aus kleinen Quarzkörnern und daneben sind andere kleine Silikate und die gleichen zonierten Ankerite wie im Gestein VORA6 ausgebildet. Diese geben der Matrix die rötlich-braune Farbe.

Die Raman-Spektroskopie ergab, dass der Siderit durch sein charakteristisches Spektrum erkennbar ist und er zeigt keinerlei Auffälligkeiten. Auch die Peaks des Ankerit- und Calcit-Spektrums zeigen keinerlei Auffälligkeiten und beide konnten somit eindeutig nachgewiesen werden.

Zur Überprüfung der chemischen Zusammensetzung der wichtigsten gesteinsbildenden Minerale wurde abermals die Elektronenstrahl-Mikrosonde verwendet. Dazu dienten die Dünnschliffe VORA6 und VORA10a.

Im BSE-Bild der Mikrosondenmessung (siehe Abb. 82) sind einige Minerale des Schliffes VORA6 sichtbar. Sie sind durch die dunklere Farbe der Minerale aus leichten Elementen von denen mit den schwereren Elementen gut zu unterscheiden. Das Bild stammt aus einem Bereich einer Erzbrekzienkomponente. Siderit und Ankerit sind fein verwachsen und zeigen eine Paragenese. Die sehr kleinen Quarze liegen fein verteilt vor und der Pyrit ist idiomorph auskristallisiert.

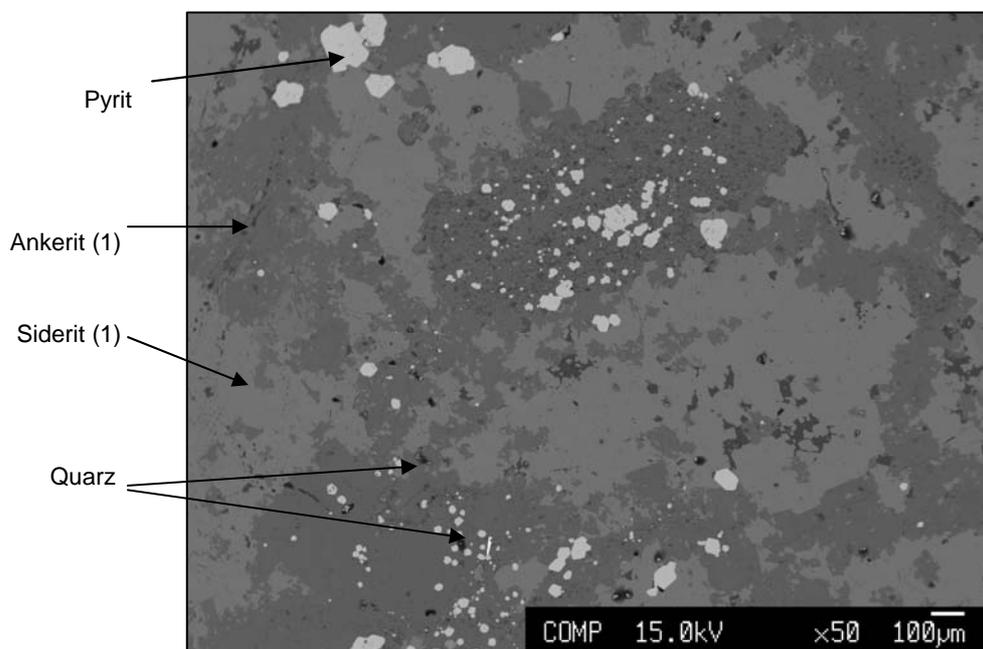


Abb. 82: Dünnschliff VORA6: BSE-Bild von Siderit (1), Ankerit (1), Pyrit und Quarz.

Bei der Messung selber wurde wieder auf die Oxide MgO, CaO, FeO und MnO eingegangen. Diese dienten zur korrekten Darstellung der Dreiecksdiagramme. Weil der Gehalt an SrO so gering ist, wurde hier gänzlich auf dessen Messung verzichtet.

Da die Dünnschliffe so gewählt wurden, dass sie genau den Bereich des Übergreifens der Vererzung beinhalten, betrifft auch die Analyse genau diesen Bereich. Wie die Abbildung 83 zeigt, sind zwischen den Ankeriten aus dem Taubgestein und dem vererzten Gestein keine groben Unterschiede. Auch wenn manche einen etwas erhöhten Mg-Gehalt zeigen, plotten alle in das Feld des Ankerits.

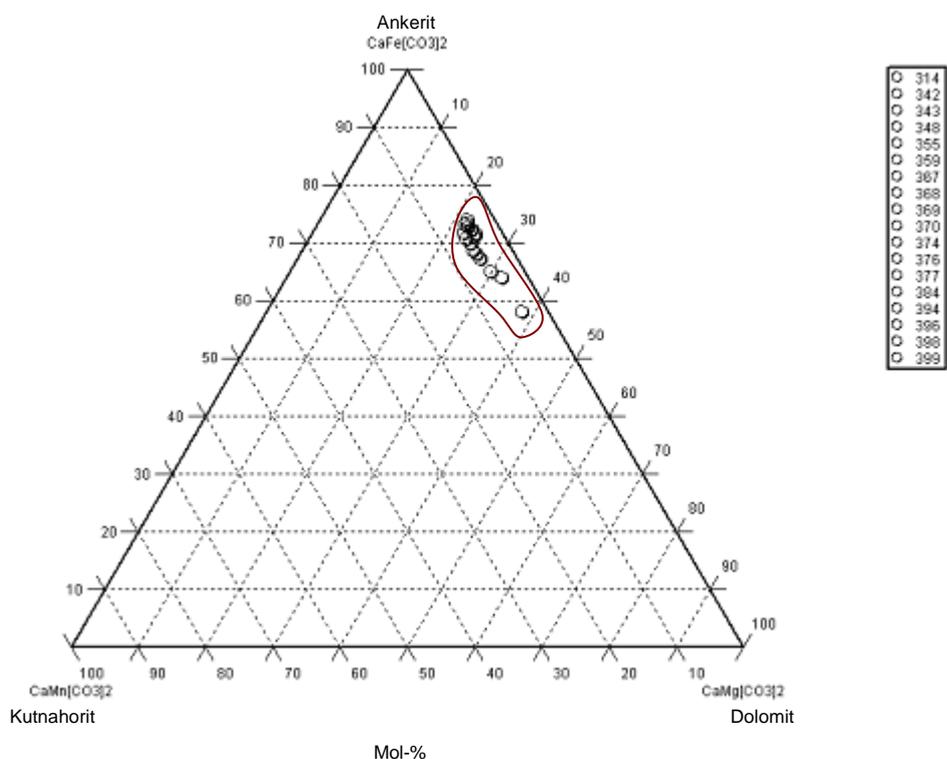


Abb. 83: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs VORA6: Kutnahorit ($\text{CaMn}[\text{CO}_3]_2$)-Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$)-Ankerit ($\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$) Dreiecksdiagramm.

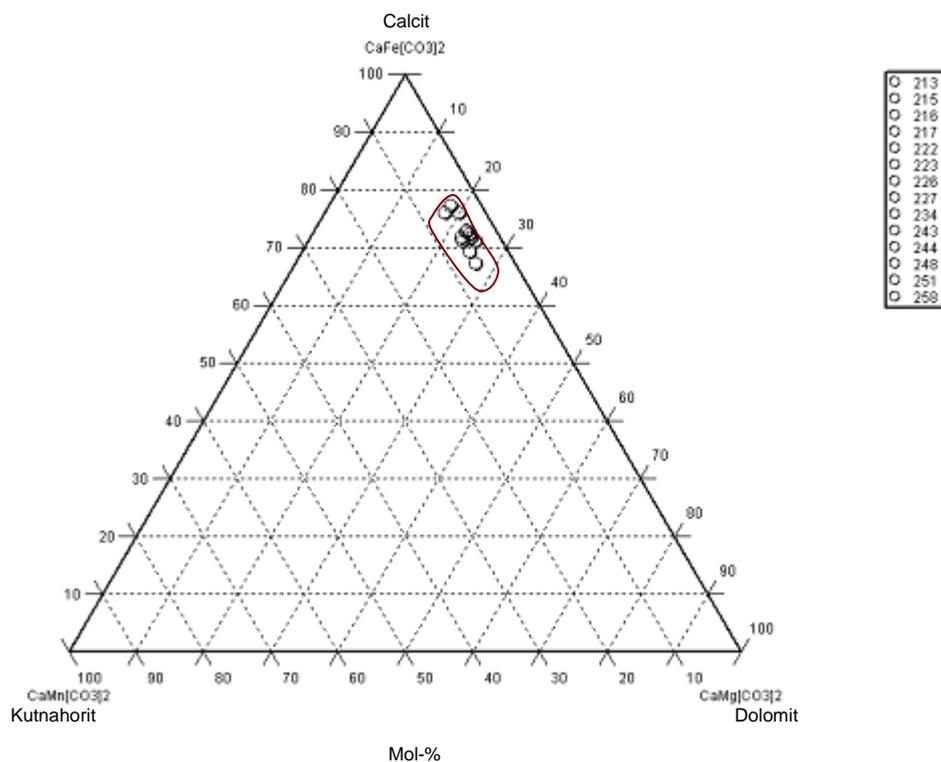


Abb. 84: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs VORA10a: Kutnahorit ($\text{CaMn}[\text{CO}_3]_2$)-Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$)-Ankerit ($\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$) Dreiecksdiagramm.

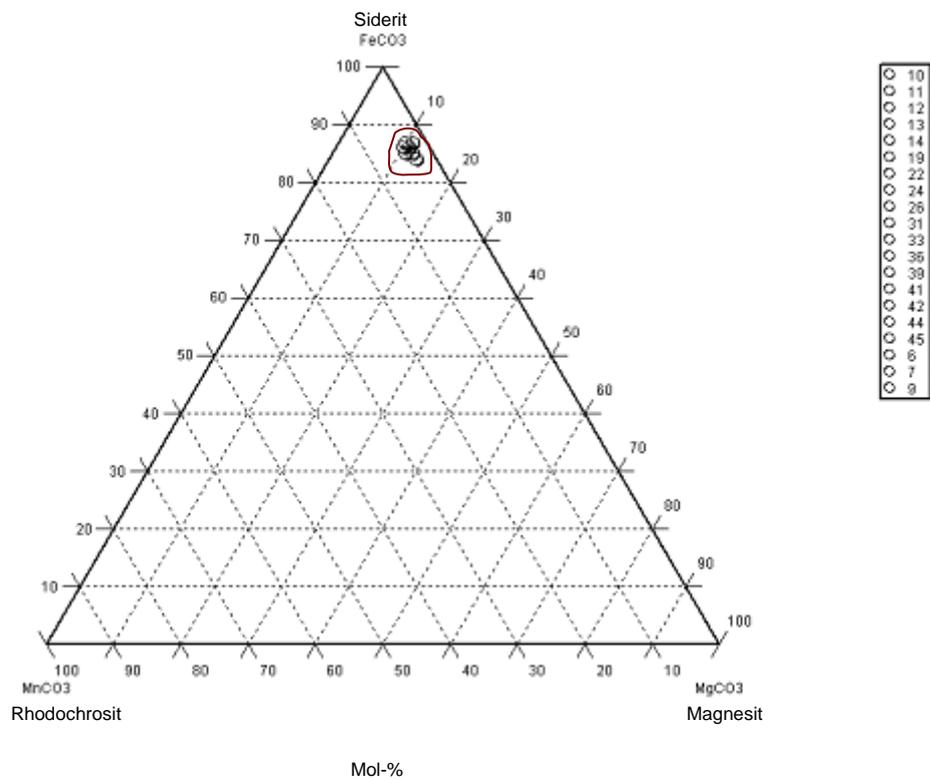


Abb. 85: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs VORA6: Rhodochrosit (MnCO_3)-Magnesit (MgCO_3)-Siderit (FeCO_3) Dreiecksdiagramm.

Anhand der Messung des Siderits konnte festgestellt werden, dass er sich wie bei den Sideriten der Etage Ignazi genau an der Grenze zum Sideroplesit befindet (siehe Abb. 85 und 86). Manche Kristalle fallen noch in das Sideritfeld und manche sind schon als Sideroplesit zu bezeichnen (siehe auch Kap. 9. 3.).

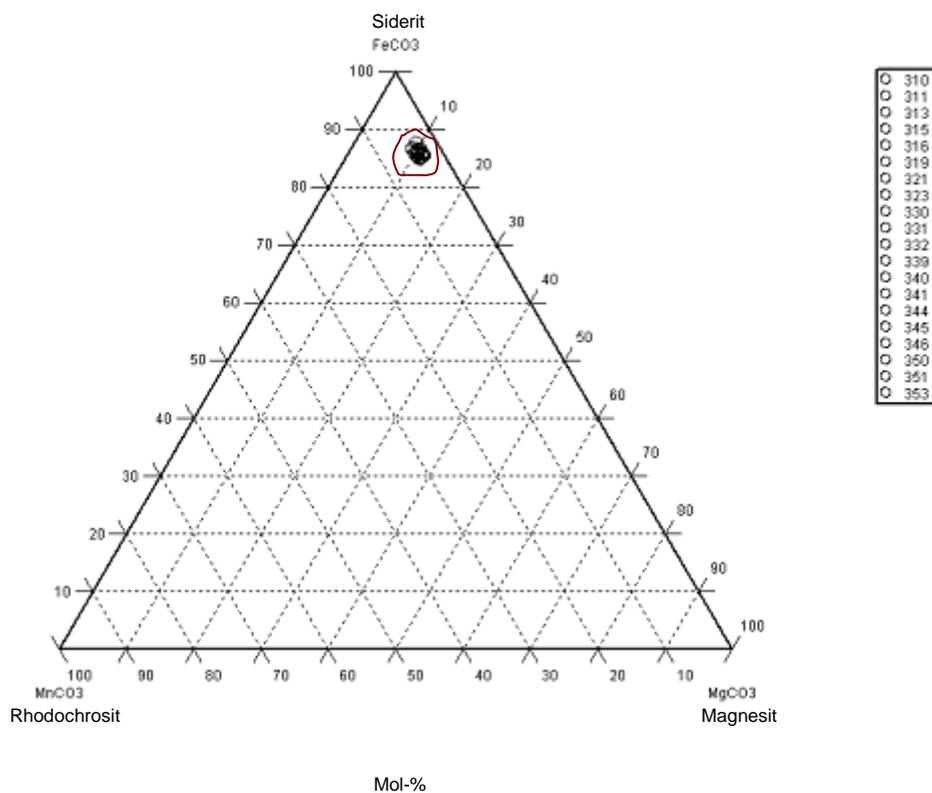


Abb. 86: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs VORA10a: Rhodochrosit ($MnCO_3$)-Magnesit ($MgCO_3$)-Siderit ($FeCO_3$)Dreiecksdiagramm.

Die Chemie des Calcits ist sehr homogen (siehe Abb. 87 und 88).

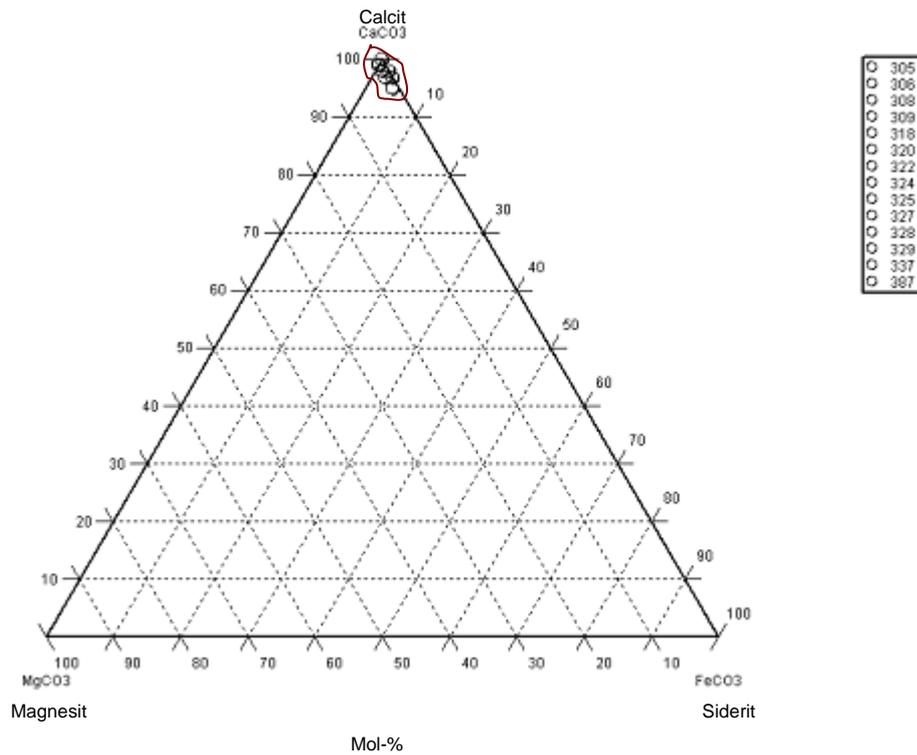


Abb. 87: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs VORA6: Magnesit ($MgCO_3$)-Siderit ($FeCO_3$)-Calcit ($CaCO_3$) Dreiecksdiagramm.

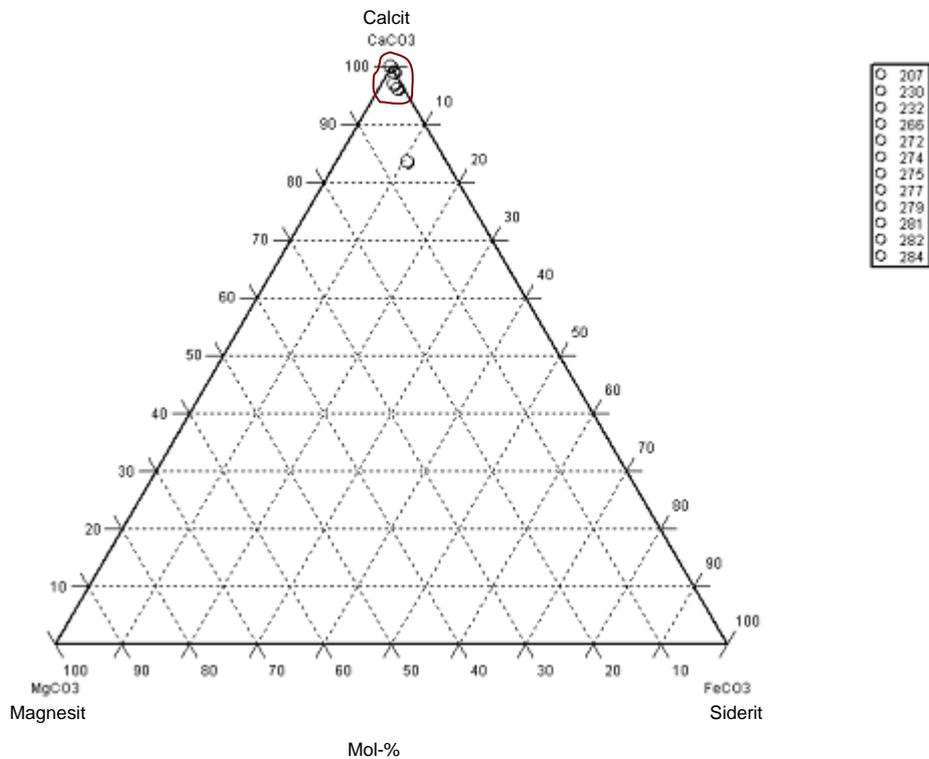


Abb. 88: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs VORA10a: Magnesit ($MgCO_3$)-Siderit ($FeCO_3$)-Calcit ($CaCO_3$) Dreiecksdiagramm.

7. 4. 4. Gangvererzung

Mit diesem Typus ist gemeint, dass auch innerhalb der Basisbrekzie vererzte Gänge auftreten (siehe Abb. 89 und 90). Diese durchziehen das Gestein und scheinen unabhängig von der Vererzung, die die einzelnen Komponenten erfuhren, entstanden zu sein.



Abb. 89: Vererzungsgänge innerhalb der Brekzie auf der Etage "Vorauer".



Abb. 90: Vererzungsgänge innerhalb der Brekzie auf der Etage "Vorauer" (Bildhöhe ca. 4m).

Da die Gänge im Gelände mehr oder weniger parallel ausgebildet sind, könnten ihr Ursprung Zerrklüfte sein, entlang dieser die eisenhaltigen Fluide migrierten und der Ankerit auskristallisierte. Da diese Vererzung teilweise auch auf die Bruchstücke des Gesteins übergreift (siehe Abb. 89), legt dies nahe, dass die Gänge erst nach der Bildung der Brekzie gebildet wurden.

Um das Phänomen dieses Vererzungstyps zu untersuchen, wurde auf der Etage Vorauer ein Handstück genommen. Es trägt die Bezeichnung VORA8 und ist eine Kalkbrekzie durch die ein vererzter Gang tritt.

Zur genauen Studie wurde auch in diesem Fall jede der bereits genannten Analysemethoden herangezogen.

Bei der makroskopischen Untersuchung des leicht angewitterten Gesteins (siehe Abb. 91) ist als Hauptmineral Calcit sichtbar, welcher eine mikrosparitische Struktur zeigt. Ob der vererzte Gang aus Siderit oder Ankerit ist, konnte nicht festgestellt werden. Auf jeden Fall sind die Kristalle spätig. Als Nebenminerale treten Chlorit und Sericit auf. Besonders der Chlorit befindet sich hauptsächlich um die einzelnen Saubereger Kalk Komponenten herum, welche eine Größe von maximal 3 cm x 4 cm erreichen. Die Matrix wirkt sandig, hat eine bräunliche Farbe aufgrund der darin enthaltenen Erzminerale und besteht zum Großteil aus Quarzkristallen und untergeordnet Chlorit und Sericit.

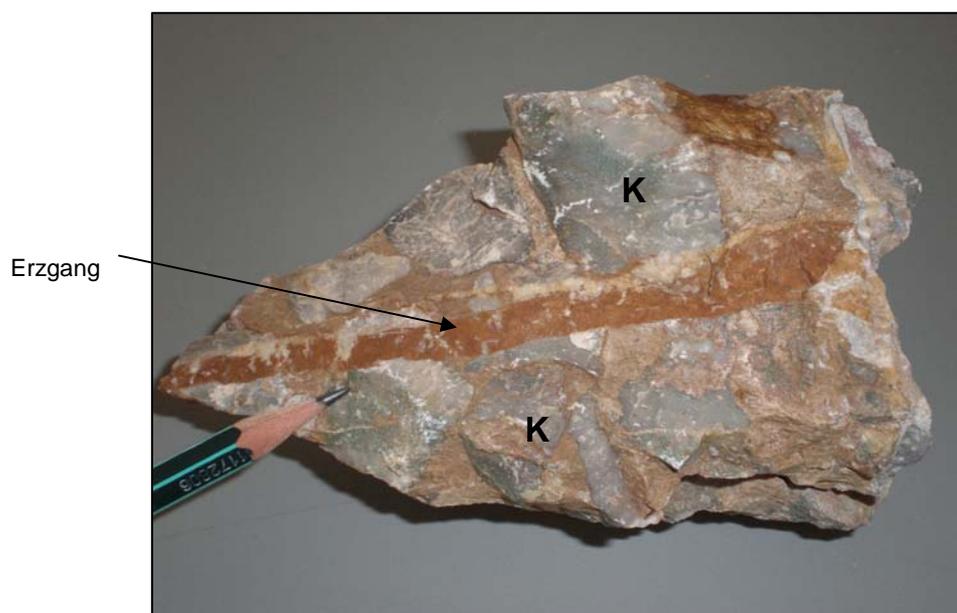


Abb. 91: Handstück VORA8: Kalkbrekzie (K) mit vererztem Gang.

Zur genaueren mineralogischen und petrologischen Beschreibung des Handstückes diente die Mikroskopie. In den Komponenten ist das Hauptmineral Calcit, der sehr feinkörnig ist. Daneben sind auffällige authigene, mehrere Millimeter große idiomorphe Quarze zu

erkennen, die in ihrem Inneren kleine Calcite zeigen. Als Akzessorien treten vereinzelt Fossilbruchstücke (Reste von Crinoiden, Brachiopoden und eventuell Tentakuliten), Pyrit, Chlorit und Sericit auf, wobei sich die letzten beiden auf die Umrandung der Brekzienkomponenten beschränken.

Die Matrix besteht hauptsächlich aus kleinen Quarzkörnern. Daneben zeigen sich kleine Schüppchen von Schichtsilikaten und abermals die zonierten Ankerite, welche die rötlich-braune Farbe der Matrix hervorrufen (siehe Abb. 92).

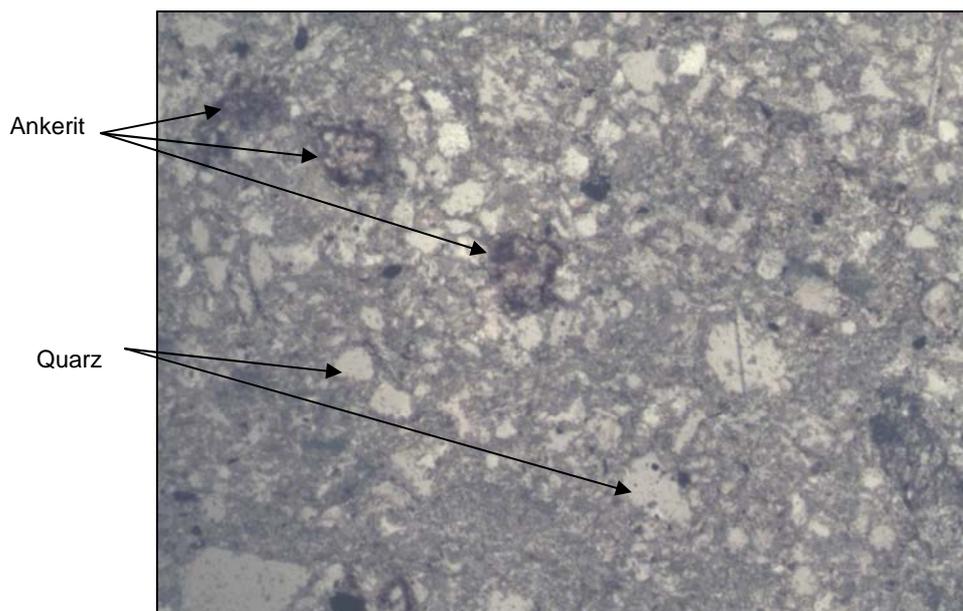


Abb. 92: Dünnschliff VORA8: Hauptmatrixkomponenten der Kalkbrekzie (//N, Bildbreite: 2,67mm).

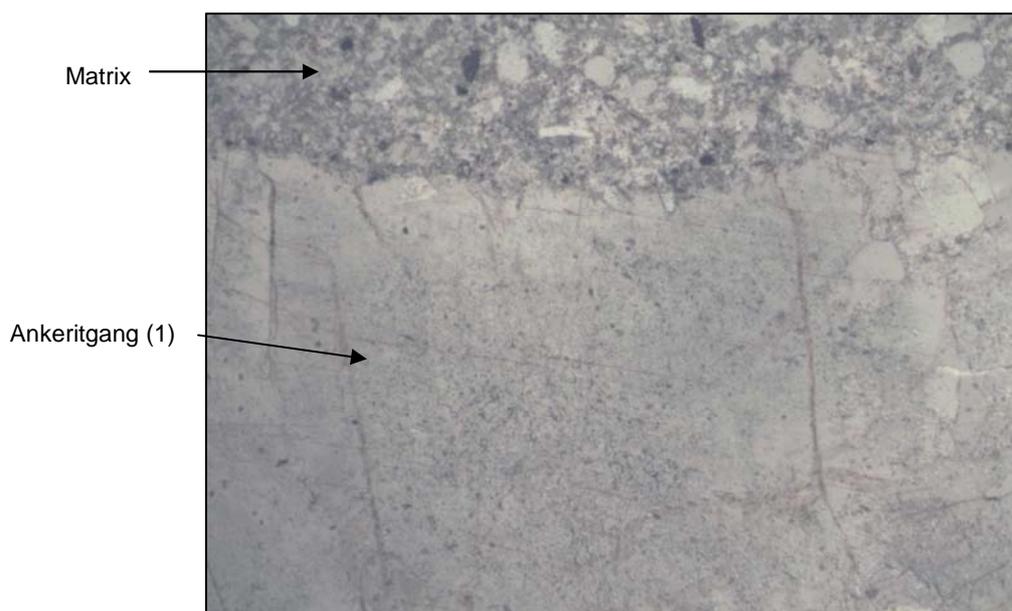


Abb. 93: Dünnschliff VORA8: Gangvererzung in einer Kalkbrekzie (//N, Bildbreite: 2,67mm).

Der Erzgang besteht aus grobspätigen Ankeritkristallen (1), die eine maximale Größe von 5 mm haben. Da er sowohl die Komponenten als auch die Matrix durchquert, ist er erst nach der Brekzienbildung entstanden. Die Grenze zu den Kalkkomponenten und zur Matrix ist relativ scharf ausgebildet (siehe Abb. 93). Durch den Ankeritgang schlagen vereinzelt Gänge aus grobem Calcit (2) durch. Dies ist Beweis dafür, dass die Calcitgänge erst später entstanden sind.

Bei der Raman-Spektroskopie wurde schon nach den ersten Messungen festgestellt, dass der Erzgang tatsächlich aus Ankerit besteht. Auch nach weiteren Analysen konnte kein Siderit gefunden werden. Des Weiteren wurde in den Kalkkomponenten der Calcit bestätigt.

Um die Chemie der Minerale zu bekommen wurde die Methode der Elektronenstrahl-Mikrosonde verwendet. Wie die Raman-Spektroskopie, zeigte auch die Mikrosonde weder im Erzgang noch sonst wo im Gestein Siderit. Das einzig vorkommende Erzmineral ist Ankerit und der tritt hauptsächlich im Gang auf, welcher sowohl die einzelnen Komponenten, als auch die Matrix durchquert. Daneben liegt Ankerit als farbgebendes Mineral in der Matrix vor. Die Kalkkomponenten beinhalten keinerlei Erzminerale. Die Chemie des Ankerits zeigt sich normal und die Messpunkte plotten mitten in das Stabilitätsfeld vom "normalen" Ankerit. Dies ist in der Abbildung 94 deutlich zu erkennen.

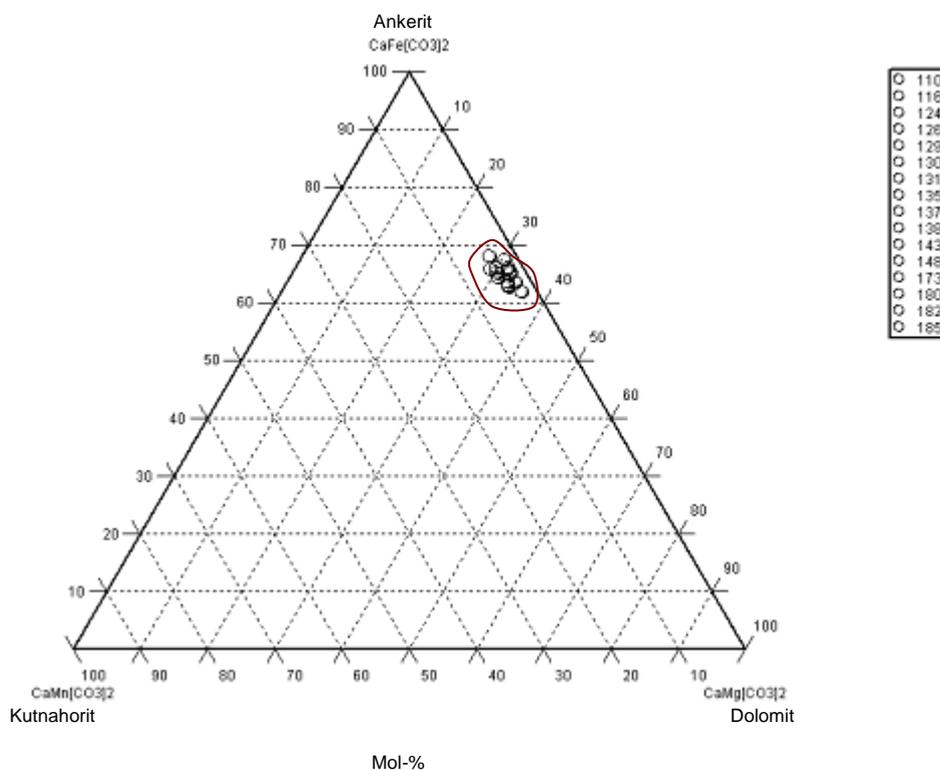


Abb. 94: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs VORA8: Rhodochrosit (MnCO_3)-Magnesit (MgCO_3)-Siderit (FeCO_3)Dreiecksdiagramm.

Das Hauptmineral der Brekzie ist Calcit. Auch dies konnte einwandfrei bestätigt werden, denn die Messpunkte befinden sich im Dreiecksdiagramm genau um den Eckpunkt von CaCO_3 (siehe Abb. 95).

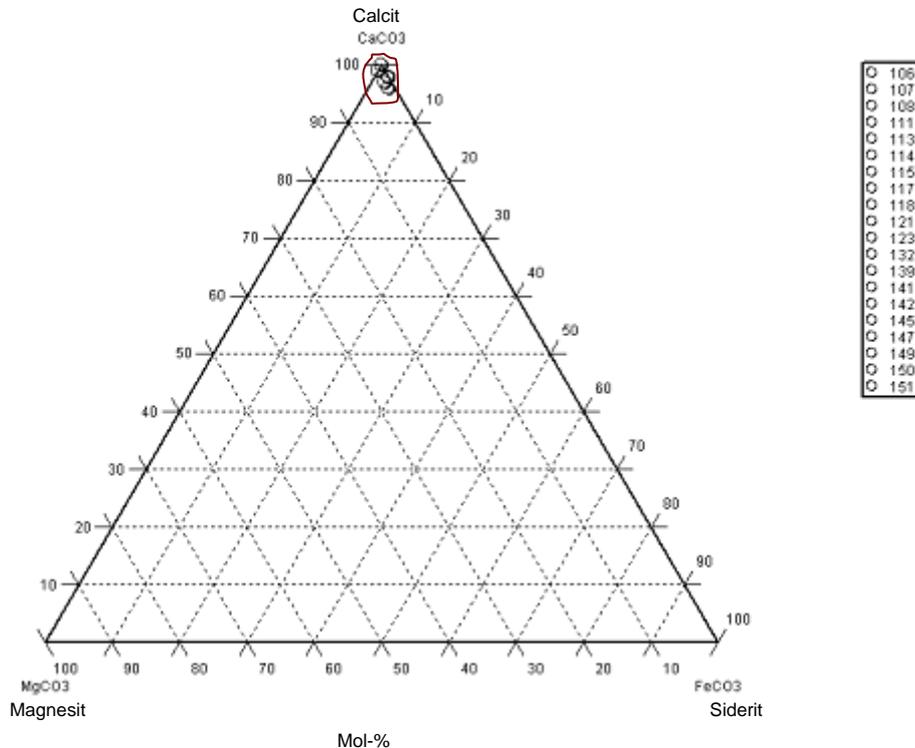


Abb. 95: Auswertung der EMS-Analysen des Dünnschliffs VORA8: Magnesit (MgCO_3)-Siderit (FeCO_3)-Calcit (CaCO_3) Dreiecksdiagramm.

7. 5. Interpretation und Diskussion

Um einen weiteren Fortschritt bei der Lösung der langjährigen Diskussionsfrage bezüglich der Vererzung am Steirischen Erzberg zu erreichen, wurden Proben aus den vier verschiedenen Bereichen der Übergänge zwischen der Vererzung und dem Taubgestein entnommen.

Schon durch die makroskopische Untersuchung der Proben war es möglich, die genauen Grenzbereiche zwischen den einzelnen Gesteinstypen festzulegen. Dies erleichterte die Auswahl für die Handstücke, aus denen anschließend Dünnschliffe präpariert wurden, immens. Bei der Analyse mit dem Polarisationsmikroskop war es bereits möglich, den Siderit vom Ankerit zu unterscheiden, da der Siderit in den vorliegenden Proben eine höhere Lichtbrechung und deutlich ausgeprägtere Spaltbarkeit zeigt. Zusätzlich ist er verwitterungsanfälliger als der Ankerit.

Im Allgemeinen konnten in den Dünnschliffen zwei (drei ?) unterschiedliche Siderit-, vier (sechs ?) Ankerit- und zwei Calcitgenerationen festgestellt werden. Die älteste Sideritgeneration wird durch grobspätige, mehrere Millimeter große Kristalle repräsentiert.

Die zweite hingegen zeigt sehr kleine Kristalle, die in schwammiger Form über andere Minerale wachsen. Sie sind nur in vereinzelt Bereichen ausgebildet, was auf eine Bildung durch Mobilisate hindeutet. Die eventuelle dritte Generation tritt in der Matrix der Basisbrekzie in Form von fein und unorientiert verteilten kleinen Körnern auf. Die mikroanalytischen Messungen ergaben zwar Ankerit, doch es ist in den zonierten Körnern als Kern ein Relikt eines Erzminerals mit dunklerer Farbe und erhöhtem Relief sichtbar. Dies deutet auf einen ursprünglich vorhandenen Siderit hin, der durch Pseudomorphose zu Ankerit umgewandelt wurde. Um den Kern herum bildete sich bei diesem Vorgang aufgrund des überschüssigen Eisens durch die Umwandlung ein Saum aus Ankerit. Da jedoch nicht eindeutig geklärt werden kann, ob das Matrixmaterial vom Erzberg stammt, oder das Liefergebiet wo anders liegt, ist es nach den Untersuchungen nicht möglich diese Vererzungsgeneration eindeutig mit dem Erzberg in Zusammenhang zu bringen. Als realistischer Quarzlieferant käme in der Lagerstätte jedoch der Blasseneck-Porphyr in Frage. Würden somit die Erzkörner tatsächlich vom Erzberg stammen, hätten bereits vorpermische Vererzungsvorgänge stattgefunden.

Nach Schulz et al. (1997) entspricht die gesamte Zusammensetzung der Matrix in etwa jener der Tonschieferabfolge der Werfener Schiefer, die nach den grobklastischen Sedimenten abgelagert wurden.

Die erste und älteste Ankeritgeneration besteht aus grobspätigen, bis zu mehrere Millimeter großen Kristallen. Die zweite ist in Form von idiomorph ausgebildeten, bis zu 0,2 mm großen oft undulös auslöschenden Kristallen vorhanden und meist nahe von kleinen Rissen und Brüchen zu finden. Sie bildeten sich durch Mobilisate. Die dritte Generation besteht aus sehr kleinen, hypidiomorphen bis xenomorphen Kristallen und tritt innerhalb der Kristalle der ältesten Ankeritgeneration auf. Vermutlich entstand diese Generation ebenfalls aufgrund von neueren Mobilisaten und heilte kleine Kristalllücken, die im Laufe der Zeit in den ältesten Ankeriten entstanden sind. Die vierte Generation wird von idiomorphen, nicht undulös auslöschenden Kristallen in Drusen und Klüften repräsentiert und die fünfte stammt von pseudomorphen Vorgängen von Siderit (1) zu Ankerit, das heißt sie stellen genau genommen eigentlich keine richtige Ankeritgeneration dar. Hier sind in den Ankeriten Relikte vom ursprünglichen Siderit vorhanden, die auch noch die gleiche Auslöschung zeigen wie die ursprünglichen Kristalle. Da diese Kristalle in keinem der Dünnschliffe direkt im Kontakt mit der zweiten Generation des Calcits steht, kann nicht festgelegt werden, welche der beiden Mineralgenerationen zuerst auskristallisiert ist (Zusammenhang siehe Abb. 96). Als sechste Generation wären die pseudomorphen Ankerite in der Matrix der Basisbrekzie zu nennen. Da, wie bereits erwähnt, das genaue Liefergebiet nicht festgelegt werden konnte, kann man sie zu diesem Zeitpunkt nicht sicher dem Erzberg zusprechen.

Auch Beran beschäftigte sich 1979 in seiner Habilitationsschrift mit den verschiedenen Ankeriten und fand drei Generationen (siehe Kap. 7. 2.). Beim Ankerittyp 3 schreibt er von einer Kristallgröße, die unter 2 mm bleibt. Dies muss hiermit widerlegt werden, da in diesen Dünnschliffen eine Kristallgröße bis zu 5 mm beobachtet wurde. Der von Beran beschriebene Ankerittyp 2 wird hier durch die zweite Ankeritgeneration definiert. Sein Ankerittyp 3 kann in diesen Gesteinsproben mit keiner der auftretenden Ankeritgenerationen verglichen werden.

Die Kristalle der ersten und zweiten Ankeritgeneration zeigen im Mikroskop meist undulöse Auslöschung, die erste zusätzlich auch häufig Zwillinglamellen. Dies spricht eindeutig für eine Druckbeeinflussung auf das Gestein. Da die jüngeren Ankeritgenerationen diese Phänomene nicht zeigen, ist dies ein zusätzlicher Beweis dafür, dass die beiden Generationen (1 und 2) vor der alpidischen Orogenese entstanden sein mussten. Diese Eigenschaften wurden auch von Malekgasemi (1979) erkannt.

Die beiden Calcitgenerationen sind ebenfalls leicht voneinander zu unterscheiden. Die Masse der untersuchten Kalke in den Profilen ist aus sehr kleinen Calcitkristallen aufgebaut. Dies ist die erste Generation des Kalkes, welche aber nach Rekristallisationsvorgängen nun eine Kornvergrößerung der ursprünglichen mikritischen Matrix zeigt. Zusätzlich treten jüngere Calcitgänge (2) innerhalb des Kalkes auf. Sie bestehen aus Kristallen mit einer maximalen Größe von 3 mm. Diese Gänge durchqueren auch Ankeritbereiche nahe des Übergangs zwischen dem Ankeritgestein und dem Kalk. Somit ist diese Calcitgeneration nach der Ankeritvererzung (1, 2 und 3) entstanden (siehe Abb. 96).

Mittels der Raman-Spektroskopie wurde auf die Mineralidentifikation eingegangen. Damit bestätigte sich das Auftreten der schon durch die vorangegangenen Methoden erkannten Minerale. Die Analyse von Siderit, Ankerit, Calcit und Quarz ergab, dass keiner dieser vier Minerale in seinem Spektrum etwaige Besonderheiten zeigt.

Zum zusätzlichen Überprüfen auf ein Vorhandensein von Dolomit wurde die Färbemethode mittels Alizarin-Rot S angewandt. Dabei stellte sich jedoch abermals heraus, dass in den Proben keine Dolomitkristalle auftreten.

Die Elektronenstrahl-Mikrosonden Analyse diente zur Messung der chemischen Zusammensetzung der Minerale. Durch das Plotten der Ergebnisse in geeignete Dreiecksdiagramme, konnten die Minerale klassifiziert werden. Der Ankerit fällt genau in das eigentliche Ankeritfeld im System Kutnahorit ($\text{CaMn}[\text{CO}_3]_2$)-Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$)-Ankerit ($\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$). Nur nahe der Grenze zu Kalk zeigt er etwas erhöhte Mg-Gehalte. Beim Siderit wurde festgestellt, dass die analysierten Kristalle sich im Rhodochrosit (MnCO_3)-Magnesit (MgCO_3)-Siderit (FeCO_3) System genau im Bereich der Grenze Siderit/Sideroplesit befinden. Manche Kristalle fallen noch in den Sideritbereich hinein und andere wiederum sind bereits

in dem des Sideroplesits. Auch Beran (1979) kam zu der Erkenntnis, dass sämtliche Sideritkristalle eine relativ einheitliche Elementverteilung aufweisen.

Die Ergebnisse des Calcits wurden im System Magnesit ($MgCO_3$)-Siderit ($FeCO_3$)-Calcit ($CaCO_3$) dargestellt. Somit war es möglich, den in den Mineralen enthaltenen Mg-Gehalt zu berücksichtigen. Dieser ist jedoch nur sehr gering und es handelt sich durchwegs um relativ reine Calcit-Kristalle. Des Weiteren wurde noch Quarz identifiziert.

Ein obertriadisches Alter für die primäre Vererzung (Prochaska & Henjes-Kunst, 2009) ist durchaus realistisch. Sie muss, auch nach den hiesigen Beobachtungen, nach der Brekzienbildungen (Perm), aber deutlich vor der alpidischen Orogenese stattgefunden haben, da die Calcitgänge (2), welche früher gebildete Ankeritbereiche durchkreuzen, durch alpidisch angelegte Scherflächen durchtrennt wurden. Zusätzlich kam es nach der primären Vererzung in dem dazwischen liegenden Zeitraum zu den Ausbildungen von einer weiteren Siderit- (2) und zwei weiteren Ankeritgenerationen (2 und 3), welche auf Mobilisate zurückzuführen sind. Dafür muss ebenfalls Zeit eingerechnet werden. Bei dieser Interpretation werden aber die paragenetisch entstandenen, zonierten Ankerite in der Matrix der Brekzie aufgrund der Liefergebietsfrage nicht miteinbezogen (siehe Abb. 96).

Wolkige Vererzung:

Der Grund für das Anlegen dieser Profile war, den Übergang vom Kalk über das Ankeritgestein bis hin zum Sideritgestein zu untersuchen. Dabei wurde in erster Linie auf die Ausbildung der Übergänge, auf die damit verbundenen Minerale und deren elementare Zusammensetzung geachtet. Die Profile wurden auf den Etagen "Ignazi" und "Wegstollen" angelegt.

Der Übergang zwischen dem Siderit- und dem Ankeritgestein verläuft stets ohne eine scharfe Grenze. Es handelt sich viel mehr um ein allmähliches Auslaufen der gesteinsbezeichnenden Minerale. Die Entstehung dieser Vererzung ist aufgrund seiner Form auf metasomatische Vorgänge rückzuführen. Da sie nicht nur in einer Schicht des Gesteins vorhanden ist, sondern über große Bereiche unabhängig von der Schichtung auftritt, muss diese Art der Vererzung epigenetisch entstanden sein. Auch die Relikte von Fossilien (Crinoiden, Brachiopoden, Tentakuliten, ...) im massiven Erzgestein sind zusätzlich Beweis dafür. Dieses Phänomen wurde auch von Schönlaub et al. (1980) beobachtet.

Bei der Mikroskopie konnten die Grenzen zwischen den Siderit- und den Ankeritkristallen studiert werden. In den meisten Dünnschliffen herrscht eine Siderit (1)/Ankerit (1) Paragenese beobachtet. Indiz dafür sind die deutlich und scharf ausgebildeten Kristallgrenzen zueinander. In einigen Bereichen treten um die Siderite herum kleine Silikatschüppchen auf, die den Siderit verdrängen. Diese Silikatbildung könnte durch

metamorphogene Fluide hervorgerufen worden sein. An solchen Stellen neigt der Siderit dazu, eine neue, jüngere Generation (2) auszubilden, die sich in Form von sehr kleinen Kristallen etwas schwammig über die eigentlichen Kristallgrenzen hinaus bilden. So werden die umgebenden Kristalle, vorzugsweise Ankerit überwachsen.

In manchen Dünnschliffen (z. B. Dünnschliffe IGNA12a, WEGS2a) wird der Siderit randlich durch den Ankerit (1) verdrängt. Als Relikte bleiben Sideritkristallbruchstücke innerhalb des Ankerits, die aber in der selben Richtung auslöschen wie ihr Sideritstammkristall. In diesen Bereichen sind innerhalb der grobspätigen Ankerite sehr kleine Kristalle vorhanden, die vom ursprünglichen Siderit (1) stammen, da sie die gleiche Auslöschung zeigen. Sie wurden aber bereits zu Ankerit umgewandelt. Somit handelt es sich um eine Pseudomorphose von Siderit (1) zu Ankerit (5). Den entstandenen Ankerit bestätigte auch die Raman-Spektroskopie.

Ein grobspätiger Ankerit (4) tritt zusätzlich als Füllung in Hohlräumen (Drusen, Klüfte) innerhalb des massiven Sideritgesteins auf. Dieser erfuhr keine tektonische Überprägung, ist somit präalpidisch entstanden und zeigt deshalb keine undulöse Auslöschung. Er konnte aufgrund späterer Mobilisate auskristallisieren, die erst nach den eigentlichen Vererzungsvorgängen entstanden. Die Generationen 2 und 3 des Ankerits treten in der Form wie eingänglich erwähnt auf.

Die Beziehung zwischen dem Ankeritgestein und dem Kalk ist ebenfalls durch keine scharfe Grenze gegeben. Der Ankerit reicht in diesen Bereichen in Form sowohl konkordanter als auch diskordanter Gänge in den Kalk hinein. Stellenweise wurden sie nachträglich von jüngeren aus gröberem Calcit bestehenden Gängen (2) durchquert.

In einigen Dünnschliffen sind noch Bioklasten von Crinoiden, Brachiopoden und Tentakuliten zu erkennen. Im Dünnschliff IGNA11a zum Beispiel, dem ein Sideritgestein zugrunde liegt, ist in manchen Sideritkristallen noch die Struktur der Bioklasten vom ursprünglichen Kalk sichtbar. Dies ist ein eindeutiger Beweis für eine epigenetische Entstehung der Vererzung.

Der Quarz tritt hauptsächlich in Klüften als Füllung auf. Meist ist er hypidiomorph bis idiomorph ausgebildet. Auch in Form von Faserquarz ist er zu sehen (zum Beispiel Dünnschliff IGNA13a). Hier ist er mit fasrigem Ankerit (4) verwachsen. Zwischen den Erzmineralen nimmt der Quarz nur eine untergeordnete Stellung ein.

Schichtkonkordante Vererzung:

Es gibt seit vielen Jahren Geologen, die sich am Steirischen Erzberg für diesen Vererzungstyp aussprechen (siehe Kap. 1). Aufgrund von schichtkonkordanten Vererzungsbildern, welche jedoch nur untergeordnet zu sehen sind, wird daher von ihnen eine syngenetische Bildung der Lagerstätte bevorzugt. Thalmann (1979) schreibt von feinschichtig gebänderten Eisenspatstrukturen in der Lagerstätte, die aber ursprünglich nur im Raum Radmer/Bucheck beobachtet wurden. Diese wurden als Hinweis für Relikte einer

primären, schichtgebundenen Siderit-Ankerit Vererzung herangezogen. Erst durch die nachfolgenden Orogenesen sollen metasomatische Prozesse, aber nur in kleinen Bereichen, stattgefunden haben. Auch Schulz et al. (1997) schließt sich diesem Vererzungsbild an. Ihm zufolge soll die primäre Erzenstehung ebenfalls sedimentär sein. Dazu beschreibt er auch Zentimeter-mächtige Erzsichten, die im Streichen und Fallen über die ganzen Erzbergaufschlüsse verfolgbar sind. Solche konnten während dieser Arbeit jedoch nicht derartig großräumig beobachtet werden.

Im Laufe der Kartierung wurden auf manchen Etagen, zum Beispiel Etage "Dreikönig", ebenfalls schichtkonkordante Vererzungen erkannt. Wenn man jedoch den Umkreis dieser genauer betrachtet, ist zu sehen, dass in deren Umgebung die Vererzung in eine wolkige übergeht. Grund für ein solches Erscheinen könnte sein, dass die für die Vererzung verantwortlichen Fluide teilweise nur entlang bevorzugter Schichten des Kalkes migrierten. Erst wo eine weitere Ausbreitung möglich war, wurde wieder der Großteil des Gesteins vererzt. Dadurch könnte das trügerische Bild einer schichtkonkordanten Vererzung entstanden sein.

Vererzungsübergänge in der Basisbrekzie:

Wie die Bezeichnung schon sagt, tritt dieser Vererzungstyp in der Basisbrekzie der Präbichlschichten, auf. Diese befinden sich bereits außerhalb des Bereichs des kartierten "Kalkstocks".

Die Handstücke wurden auf der Etage "Vorauer" genommen und zuerst einer makroskopischen Untersuchung unterzogen. Dabei wurde deutlich, dass besonders bei dem Typ in dem die Vererzungsgrenze mitten durch die Brekzienkomponenten (Probe VORA10a) verläuft, der Kalk-Erz Übergang sehr scharf und deutlich ist. Ein solches Auftreten dieser Grenze weist auf einen Vererzungsvorgang nach dem Perm hin.

Die Komponenten in der Brekzie stammen ursprünglich von den unterlagernden Sauberger Kalken, welche aufgearbeitet wurden. Da die Brekzie nach Beran (1979) bereichsweise auch Komponenten aus Erz- und Rohwandgerölle beinhaltet, wird angenommen, dass die Vererzung bereits vor der Entstehung dieser Brekzie erfolgte, das heißt vorpermisches Alter hat. Im Zuge dieser Arbeit konnten jedoch keinerlei Bereiche beobachtet werden, die Komponenten beinhalten, welche bereits vor der Brekzienbildung vererzt wurden.

Wie in den Dünnschliffen der Profile der wolkigen Vererzung, sind auch hier die Komponenten aus den gleichen Mineralen aufgebaut. Die Erzkomponenten bestehen überwiegend aus Siderit (1 und 2) und Ankerit (1, 2 und 4), daneben noch jünger ausgebildeten Quarzkristallen. Quarz ist auch in den Klüften zu finden. Im Dünnschliff VORA10a zum Beispiel ist in einer Kluft Faserquarz zusammen mit fasrigem Ankerit (4) ausgebildet. Im genannten Dünnschliff ist der Übergang zwischen Kalk- und Erzbrekzie

innerhalb einer Komponente zu sehen. Im Mikroskop wurde erkannt, dass die Grenze nicht so scharf ist, wie im Handstück, da die Erzminerale in Form von kleinen Gängen in den Bereich des Kalkes hinein reichen. Anhand dieser Beobachtungen ist sicher, dass hier die Vererzung erst nach der Bildung der Brekzie erfolgte.

Die Matrix sieht sowohl im vererzten als auch im unvererzten Bereich gleich aus. Sie besteht hauptsächlich aus kleinen Quarzkörnern. Zusätzlich beinhaltet sie kleine Silikatschüppchen und Erzminerale. Letztere treten in Form der bereits beschriebenen zonierten, pseudomorphen Ankerite auf, die willkürlich verteilt sind und zur rötlich-braunen Farbe der Matrix führen. Auch Schulz et al. (1997) erkannte die Anlagerung von Eisenkarbonaten in der Brekzienmatrix. Er deutet ihr Auftreten als Ausfällung von Verwitterungslösungen. Dies würde eine Ausbildung der Ankeritkristalle in bevorzugten Lagen und/oder Bereichen bedeuten und auch, dass sie in Form von Nestern auftreten. Keine dieser Phänomene konnte bei den Untersuchungen jedoch beobachtet werden. Die Kristalle treten vereinzelt, ohne jegliche Anordnung in der Matrix auf.

Gangvererzung:

Dieser Vererzungstyp beschränkt sich auf den Bereich der Kalkbrekzie. Das Handstück dessen wurde ebenfalls auf der Etage "Vorauer" genommen.

Makroskopisch zeigt das Gestein quer durch die Basisbrekzie (hier ausschließlich aus Kalkkomponenten bestehend) einen vererzten Gang, der sehr deutlich ausgebildet ist.

Durch die Mikroskopie wurde erkannt, dass die Grenze vom Gang zu den Kalkkomponenten und die zwischen Gang und Matrix relativ scharf sind. Dies, und auch dass der Erzgang die Kalkkomponenten durchquert, spricht für eine Gangentstehung erst nach der Brekzienbildung. Da die Gänge im Gelände mehr oder weniger parallel ausgebildet sind, könnten ihr Ursprung Zerrklüfte sein, entlang dieser die eisenhaltigen Fluide migrierten und der Ankerit (1) auskristallisierte. Nach der Entstehung der Ankeritgänge wurden diese von jüngeren Calcitgängen (2) durchquert, die aus gröberen Kristallen bestehen. Zusätzlich werden die Ankeritkristalle von diesen jungen Calciten randlich aufgelöst.

Die Matrix besteht auch hier hauptsächlich aus kleinen Quarzen und untergeordnet Silikatschüppchen und Ankeritkristallen. Letztere zeigen das gleiche Auftreten mit dem Ursprungskern und dem Anwachssaum wie die anderen untersuchten Brekzien. Es ist ebenfalls keine Anordnung oder Anhäufung dieser erkennbar.

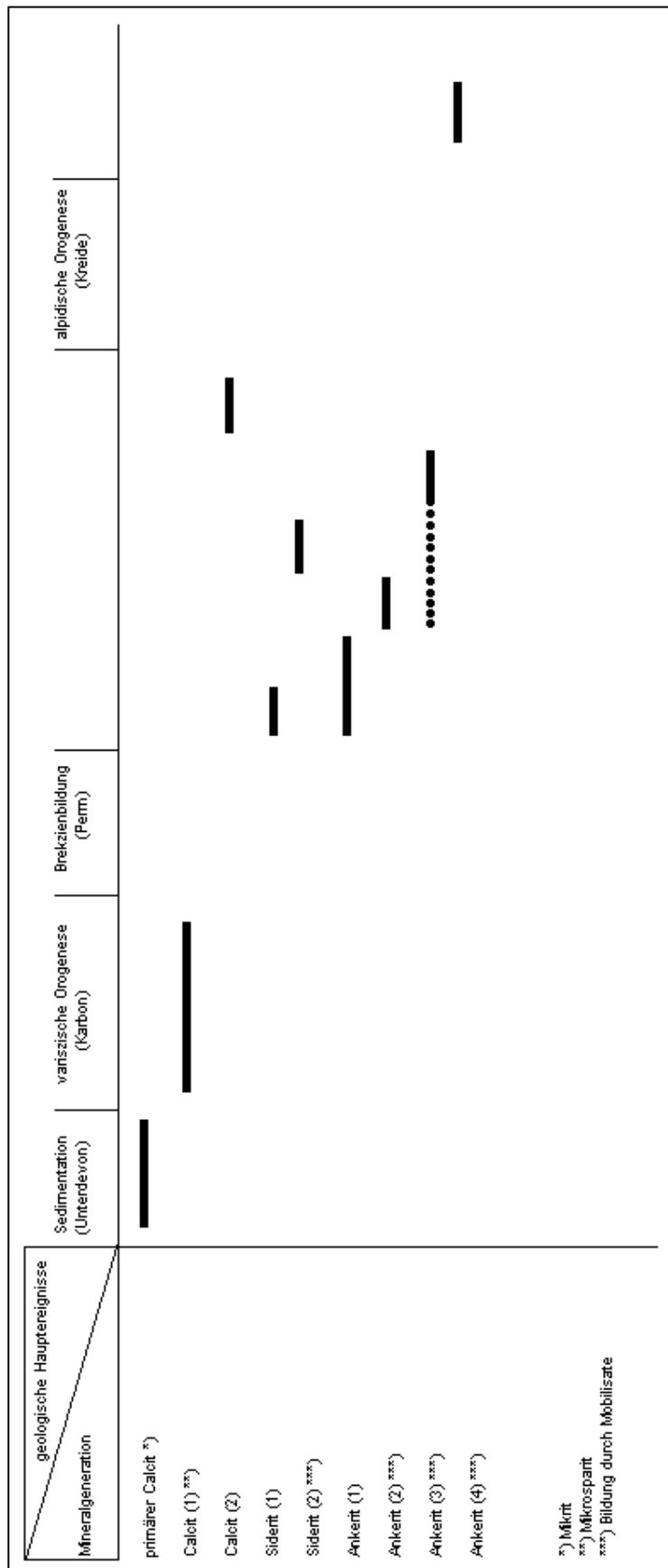


Abb. 96: Grafische Darstellung der Mineralgenerationen vs. den geologischen Hauptereignissen am Steirischen Erzberg.

Abschließend ist zu erwähnen, dass mit dieser Arbeit wieder einmal belegt wurde, dass die Vererzung am Steirischen Erzberg äußerst komplex ist. Es treten verschiedene Vererzungsgenerationen bzw. Vererzungen durch jüngere Mobilisate auf und die Beziehung zwischen den Siderit (1)- und Ankeritkristallen (1) geht von einer Paragenese, einer Verdrängung des Ankerits durch Siderit über eine Verdrängung des Siderits durch Ankerit. Um die schon so lange umstrittenen Genese eventuell klären zu können, wird in erster Linie eine detaillierte Kartierung sämtlicher Übergänge vom Erz- zum Taubgestein empfohlen. Zusätzlich sollten möglichst repräsentative Handstücke genommen und diese sowohl mineralogisch als auch petrologisch mit Hilfe von entsprechender Mikroanalytik untersucht werden.

Vielleicht ist es aber auch die Absicht des sagenumwobenen "eisernen Berges" die Erzgenese nie eindeutig klären zu können und wir müssen weiterhin an die Sage mit dem Wassermann glauben...

8. Literaturverzeichnis

- Angel, F. (1939). Lehrfahrt auf den steirischen Erzberg. *Fortschreitende Mineralogie*, 23, LIV-LXXVI.
- Ausweger, H. (2008). *Prüfbericht Nr. P088/4900/08*. Leoben: Akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle Arbeitsgemeinschaft ARP/ECV GesmbH.
- Ausweger, H. & Krischey, E. (2008). *Prüfbericht Nr. P092/4905/08*. Leoben: Akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle Arbeitsgemeinschaft ARP/ECV GesmbH.
- Beck, R. (1903). *Lehre von den Erzlagerstätten*. Berlin: Borntraeger.
- Belocky, R. (1992). *Regional vergleichende Untersuchung lagerstättenbildender Fluide in den Ostalpen als Hinweis einer möglichen metamorphen Ableitung*. Diss., Braunschweig: Techn. Univ..
- Benesch, K. (1985). *Sagen aus Österreich. Oberösterreich-Steiermark-Kärnten*. Wien: Kremayer & Scheriau.
- Beran, A. (1979). Die Stellung der Ankeritgesteine im Rahmen der Genese von Sideritlagerstätten der östlichen Grauwackenzone. *Tschermaks Min. Petro. Mitt.*, 26, 217-233.
- Clar, E. & Meixner, H. (1953). Die Eisenspatlagerstätten von Hüttenberg und ihre Umgebung. *Carinthia II*, 143, 67-92.
- Clar, E., Friedrich, O. & Meixner, H. (1965). Steirische Lagerstätten. *Fortschr. Min.*, 42, 173-183.
- Cornelius, H. P. (1952). Gesteine und Tektonik der nordalpinen Grauwackenzone, vom Alpenostrand bis zu Aflenzer Becken. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 42/43, 1-234.
- CyberChem (WWW Dokument). Verfügbar unter: www.omikron-online.de [Datum des Zugriffs: 23.02.2009].
- Dippel, B. (2008). www.raman.de [WWW Dokument]. Verfügbar unter: www.raman.de [Datum des Zugriffs: 14.01.2009].
- Epstein, A. G., Epstein, J. B. & Harris, L. D. (1977). Conodont color alteration-an index to organic metamorphism. *U. S. Geological Survey, Professional Paper*, 995, 1-27.
- Flajs, G. (1964). Zum Alter des Blasseneck-Porphyröids bei Eisenerz (Steiermark, Österreich). *N. Jb. Geol. Paläont.*, 1964, 368-378.
- Flajs, G. & Schönlaub, H. P. (1976). Die biostratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums am Polster bei Eisenerz (Nördliche Grauwackenzone, Steiermark). *Verh. Geol. B.-A.*, 1976, 257-303.
- GIS-Steiermark (WWW Dokument). Verfügbar unter: www.gis.steiermark.at [Datum des Zugriffs: 29.07.2009].
- Halas, S. (2009). $\delta^{34}\text{S}$ Werte Zinner Erzberg. Mass Spectrometry Laboratory, Institute of Physics, UMCS, Lublin. Unveröffentlichte Analysedaten.

- Holzweber, B. I. (2008). Fluiduntersuchungen und SEE-Analysen an Sideriten vom Steirischen Erzberg und Grillenberg. Masterarb., Leoben: Montanuniversität.
- Holzweber, B. I. (2008). Fluiduntersuchungen und SEE-Analysen an Sideriten vom Steirischen Erzberg und Grillenberg. *Journal of Alpine Geology, Pangeo 2008*, 49, 45.
- Jones, M. P. (1997). *Methoden der Mineralogie*. Stuttgart: Enke.
- Jungwirth, J. & Lackenschweiger, H. (1922). Das derzeitige geologische Bild des steirischen Erzberges. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 15, 262-266.
- Juvancic, H. & Kirnbauer, F. (1971). Wert und Wesen des Steirischen Erzberges. *Montan.-Rdsch.*, 1971, 25-46.
- Kern, A. (1927). Zur geologischen Neuaufnahme des Steirischen Erzberges, 1925 bis 1926. *Berg- und hüttenm. Mh.*, 75, 49-55.
- Kern, A. (1938 a). *Geologische Karte Nr. 364, 20*. Eisenerz: Bergdirektion der VA Erzberg GmbH.
- Kern, A. (1938 b). *Geologische Karte Nr. 365, 21*. Eisenerz: Bergdirektion der VA Erzberg GmbH.
- Kern, A. (1938 c). *Geologische Karte Nr. 356, 17*. Eisenerz: Bergdirektion der VA Erzberg GmbH.
- Kovacs, S. & Arkai, P. (1987). Conodont alteration in metamorphosed limestone from northern Hungary, and relationship to carbonate texture, illite-crystallinity, and vitrinite reflectance-In: Austin, R. L. (ed.). Conodont investigation techniques and application. *Brit. Micropal. Soc. Ser.*, 209-230.
- Laube, N., Frimmel, H. E. & Hoernes, S. (1995). Oxygen and Carbon isotopic study on the genesis of the Steirische Erzberg siderite deposit (Austria). *Mineralium Deposita*, 30, 285-290.
- Malekgasemi, F. (1979). *Sulfiderzparagenese in Eisenkarbonaten der Nördlichen Ostalpen*. Diss., Leoben: Montanuniversität.
- Neubauer, F. (1994). Kontinentalkollision in den Ostalpen. *Die Geowissenschaften*, 12, 136-140.
- Neubauer, F., Handler, R., Hermann, S. & Paulus, G. (1994). Revised lithostratigraphy and structure of the eastern Greywacke Zone (Eastern Alps). *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 86, 61-74.
- Neumeier, G. (1999). *Genese der Sideritvererzungen der östlichen Grauwackenzone*. Dipl.-Arb., Leoben: Montanuniversität.
- Oberndorfer, T. (2007). *Untersuchungen zum Vertauungsbereich "Kalkstock"*. Leoben: MINE IT mining information technology.

- Petrascheck, W. (1932). Die Magnesite und Siderite der Alpen. *Sitz.-Ber. Akad. Wiss., mathem.-naturwiss. Kl. Abt. 1*, 14, 195-242.
- Pohl, W. & Belocky, R. (1994). Alpidic metamorphic fluids and metallogenesis in the Eastern Alps. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 86, 141-152.
- Prochaska, W., Frank, W. & Bechtel, A. (1996). Pre-Tertiary siderite mineralization in the Greywacke Zone of the Eastern Alps. In: Grečula, P. & Nemeth, Z. (eds.) (1996). Variscan metallogeny in the Alpine orogenic belt. *Mineralia Slovaca. Coop. Bratislava*, 165-174.
- Prochaska, W. (1997). Flüssigkeitseinschlüsse. In: Weber, L. (Hrsg.) (1997). Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. *Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 19, 446-447.
- Prochaska, W. & Henjes-Kunst, F. (2009). Genese der Siderit-Vererzungen der östlichen Grauwackenzone-aktueller Stand der Forschung. *Arbeitstagung 2009 der Geologische Bundesanstalt Blatt 101 Eisenerz*, 153-169.
- Pohl, W. & Petrascheck, W. (2005). *W. & W. E. Petrascheck's Lagerstättenlehre*. Stuttgart: Schweizerbart.
- Ratschbacher, L. (1984). Beitrag zur Neugliederung der Veitscher Decke (Grauwackenzone) in ihrem Westabschnitt (Obersteiermark, Österreich). *Jb. Geol. B.-A.*, 127, 423-453.
- Ratschbacher, L. (1987). Stratigraphy, tectonics and paleogeography of the Veitsch nappe (Greywacke Zone, Eastern Alps, Austria): A rearrangement. *Pre-Variscan Events in the Alpine-Mediterranean Mountain Belts*, 407-414.
- Ratschbacher, L. & Klima, K. (1985). Übersicht über Geologie und Mineralgehalt in einem Querprofil vom Altkristallin zur Kalkalpenbasis (Obersteiermark-Österreich). *Jb. Geol. B.-A.*, 128, 151-172.
- Redlich, K. A. (1903). Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten in den steirischen Alpen. *Jb. Geol. R.-A.*, 53, 286-294.
- Redlich, K. A. (1923). Der Erzzug Vordernberg-Johnsbachtal. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 15, 207-262, 267-312.
- Redlich, K. A. (1931). *Die Geologie der innerösterreichischen Erzlagerstätten*. Wien: Springer.
- Rejeban, V. A., Harris, A. G. & Huebner, J. S. (1987). Conodont color and textural alteration: an index to regional metamorphism, contact metamorphism, and hydrothermal alteration. *Geological Society of America Bulletin*, 99, 471-479.

- Schmid, S., Fügenschuh, B., Kissling, E. & Schuster, R. (2004). Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. *Swiss Journal of Geosciences*, 7, 1, 93-117.
- Schönlaub, H. P. (1977). Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen und im Palten-Liesingtal. *Exkursionsführer Nördliche Grauwackenzone (Eisenerzer Alpen)*, 13-24.
- Schönlaub, H. P. (1979). Die nördliche Grauwackenzone. In: Das Paläozoikum in Österreich. *Abh. Geol. B.-A.*, 33, 76-97.
- Schönlaub, H. P. (1980). Die Grauwackenzone. In: Oberhauser, R. (ed.) (1980). *Der geologische Aufbau Österreichs*. 265-289, Wien: Springer.
- Schönlaub, H. P. (1982). Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen (Österreich). *Jb. Geol. B.-A.*, 124, 361-423.
- Schönlaub, H. P. & Flajs, G. (1976). Geologische Aufnahme Blatt 101, Eisenerz. *Verh. Geol. B.-A.*, 1975, A 75-A 76.
- Schönlaub, H. P. & Heinisch, H. (1993). The Classic Fossiliferous Units of the Eastern and Southern Alps. In: Raumer, J. F., v. & Neubauer, F. (eds.) (1993). *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*, 395-422, Berlin: Springer.
- Schönlaub, H. P., Flajs, G. & Thalmann, F. (1980). Conodontenstratigraphie am Steirischen Erzberg (Nördliche Grauwackenzone). *Jb. Geol. B.-A.*, 123, 169-229.
- Schouppé, A. v. (1854). Geognostische Bemerkungen über den Erzberg bei Eisenerz und dessen Umgebung. *Jb. Geol. R.-A.*, 5, 396-406.
- Schroll, E. (1997). Geochemische und geochronologische Daten und Erläuterungen. In: Weber, L. (Hrsg.) (1997). *Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs*. *Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 19, 395-538.
- Schroll, E., Siegl, W. & Papesch, W. (1986). Kohlenstoff- und Sauerstoffverteilung in einigen Magnesiten. *Anz. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturwiss. Kl.*, 1986, 1-4.
- Schulz, O., Vavtar, F., Dieber, K. (1997). Die Siderit-Erzlagerstätte Steirischer Erzberg: Eine geowissenschaftliche Studie, mit wirtschaftlicher und geschichtlicher Betrachtung. *Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 20, 65-178.
- Spindler, P. (1991/1992). Neue Untersuchungen zur Mineralogie und Geochemie der Basisbreccie des Steirischen Erzberges, Österreich. *Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I.*, 199, 1-26.
- Stur, D. (1866). Neue Funde von Petrefacten am Erzberg von Eisenerz. *Jb. Geol. R.-A.*, 16, 137-138.
- Thalmann, F. (1975). Probleme der Abbauplanung und Qualitätssteuerung am Steirischen Erzberg in Abhängigkeit von den geologisch-mineralogischen Verhältnissen. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 66-67, 245-263.

- Thalmann, F. (1979). Zur Eisenspatvererzung in der nördlichen Grauwackenzone am Beispiel des Erzberges bei Eisenerz und Radmer/Buckeck. *Verh. Geol. B.-A.*, 1979, 479-489.
- Tollmann, A. (1977). *Geologie von Österreich, Die Zentralalpen, 1*. Wien: Franz Deuticke.
- Vacek, M. (1900). Skizze eines geologischen Profils durch den steirischen Erzberg. *Jb. Geol. R.-A.*, 50, 23-32.
- Weber, L. (Hrsg.) (1997). Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, 19, 1-607.

Anhang

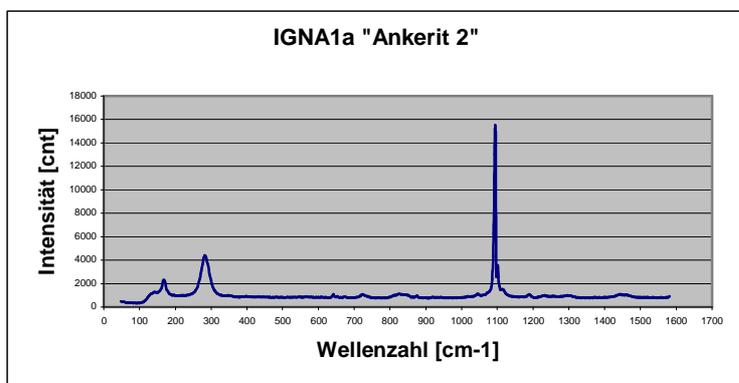
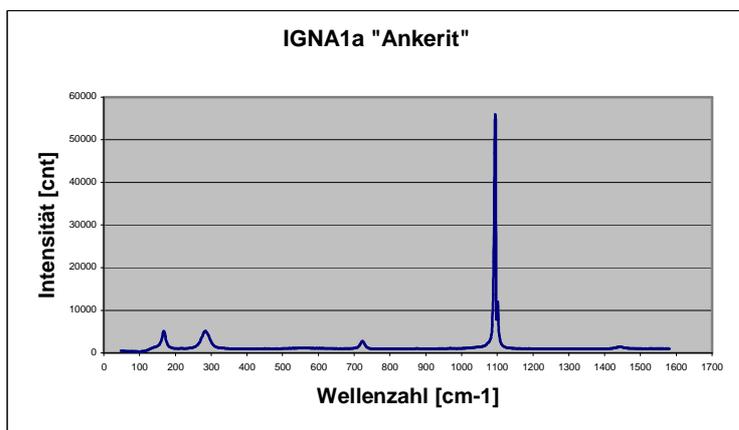
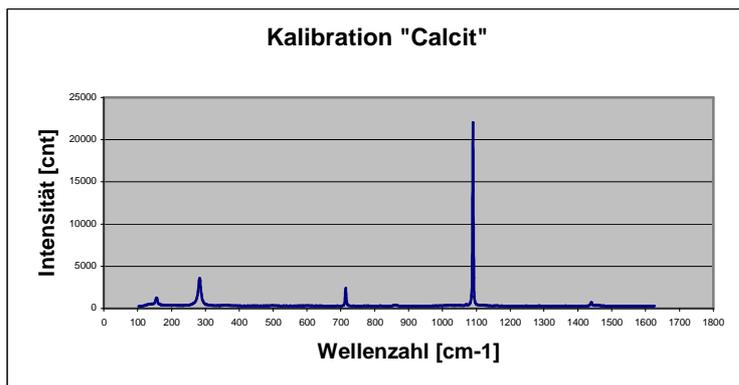
9. Anhang

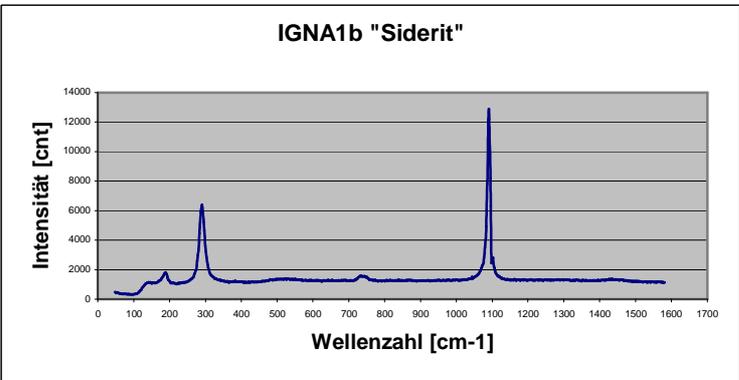
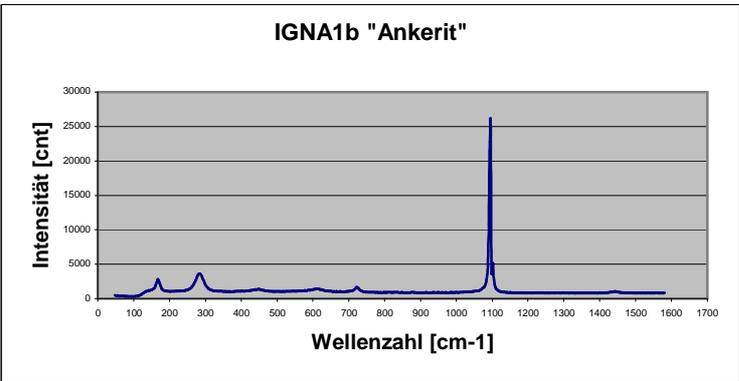
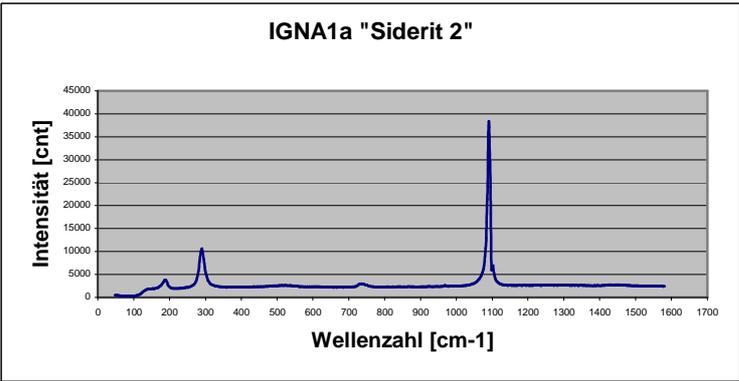
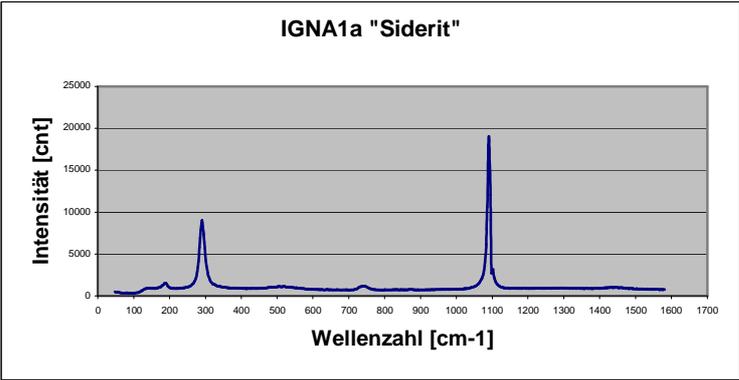
9. 1. Probenverzeichnis

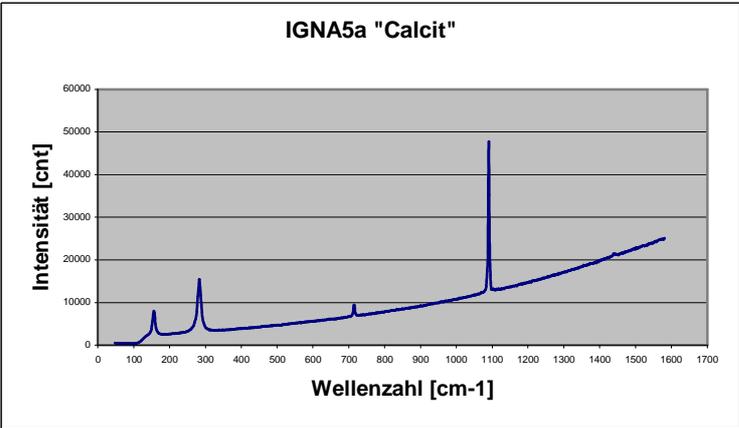
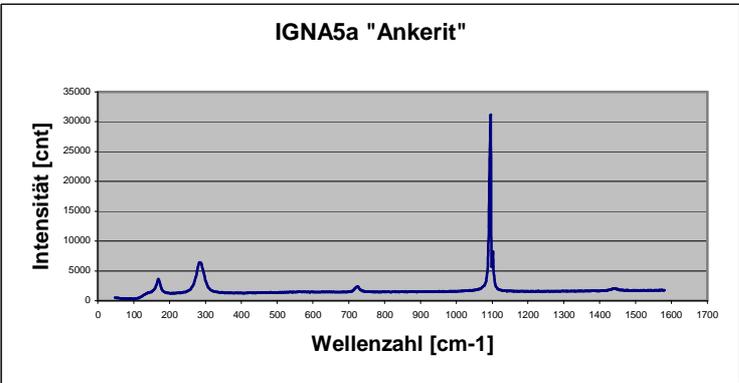
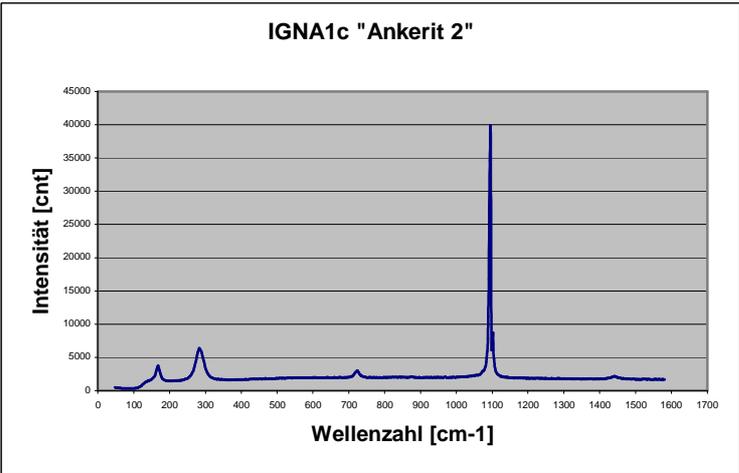
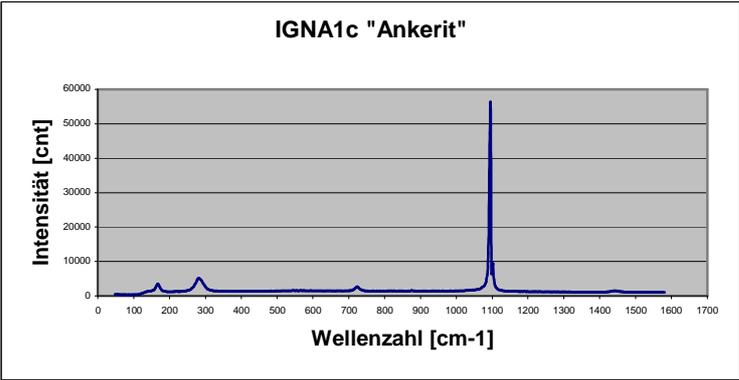
Probennummer	Lokalität (Etage)	Lithologie
DREI3	Dreikönig	grauer Kalk
DREI4	Dreikönig	Kalkschiefer-Flaserkalk
ELIA1	Elias	nieriger Sauberger Kalk
ELIA2	Elias	Kalkschiefer-Flaserkalk
ETAI1	Etage I	nieriger Sauberger Kalk mit Übergang zum Kalkschiefer-Flaserkalk
ETAI2	Etage I	Kalkschiefer-Flaserkalk
HELL1	Hell	nieriger Sauberger Kalk
IGNA1	Ignazi	Sideritgestein mit Übergang zum Ankeritgestein
IGNA2	Ignazi	Ankeritgestein mit Übergang zum Sideritgestein
IGNA3	Ignazi	Ankeritgestein mit Übergang zum Sideritgestein
IGNA4	Ignazi	Ankeritgestein mit Übergang zum Sideritgestein
IGNA5	Ignazi	Ankeritgestein mit Übergang zum Sauberger Kalk
IGNA6	Ignazi	Sauberger Kalk
IGNA7	Ignazi	Sauberger Kalk
IGNA10	Ignazi	Sideritgestein
IGNA11	Ignazi	Sideritgestein
IGNA12	Ignazi	Sideritgestein mit Übergang zum Ankeritgestein
IGNA13	Ignazi	Ankeritgestein
IGNA14	Ignazi	Ankeritgestein
IGNA15	Ignazi	Ankeritgestein
IGNA16	Ignazi	Ankeritgestein
IGNA17	Ignazi	Ankeritgestein mit Übergang zum Sauberger Kalk
IGNA18	Ignazi	Sauberger Kalk mit Übergang zum Ankeritgestein
LIED1	Liedemann	nieriger Sauberger Kalk mit Übergang zum Kalkschiefer-Flaserkalk
LIED2	Liedemann	Kalkschiefer-Flaserkalk
POLS1	Polster	nieriger Sauberger Kalk
POLS3	Polster	Kalkschiefer-Flaserkalk
VORA2	Vorauer	grauer Kalk
VORA3	Vorauer	Kalkschiefer-Flaserkalk
VORA5	Vorauer	spätiger Sauberger Kalk
VORA6	Vorauer	Ankeritgestein mit Übergang zur Erzbrekzie
VORA8	Vorauer	Kalkbrekzie mit Ankeritgang
VORA10	Vorauer	Kalkbrekzie mit Übergang zur Erzbrekzie
WEGS1	Wegstollen	Sideritgestein
WEGS2	Wegstollen	Sideritgestein mit Übergang zum Ankerit-

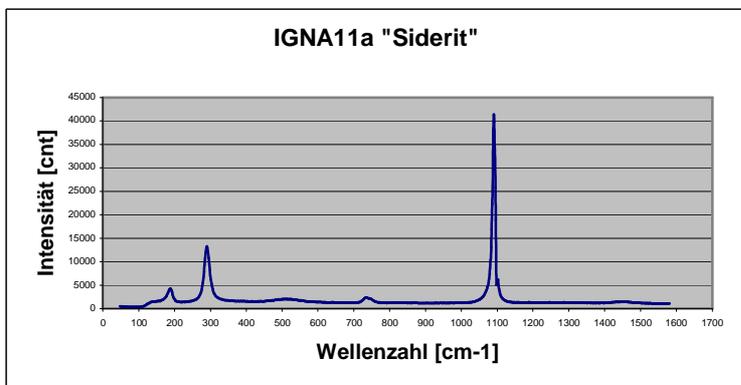
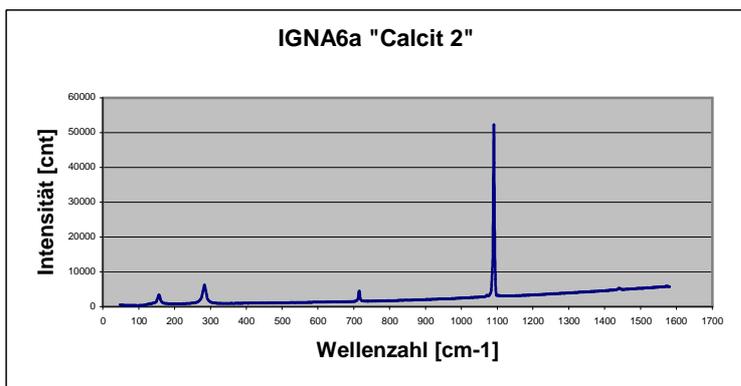
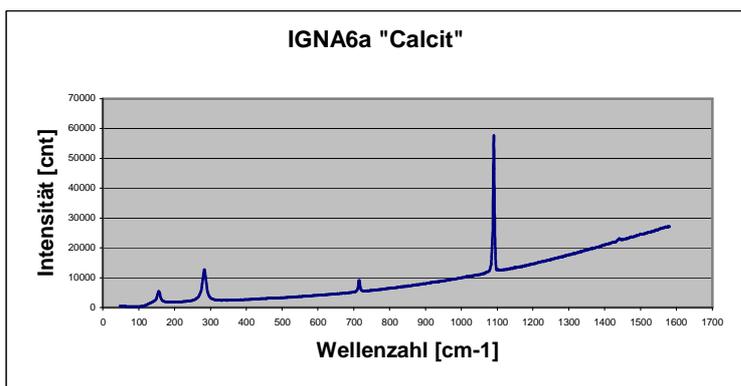
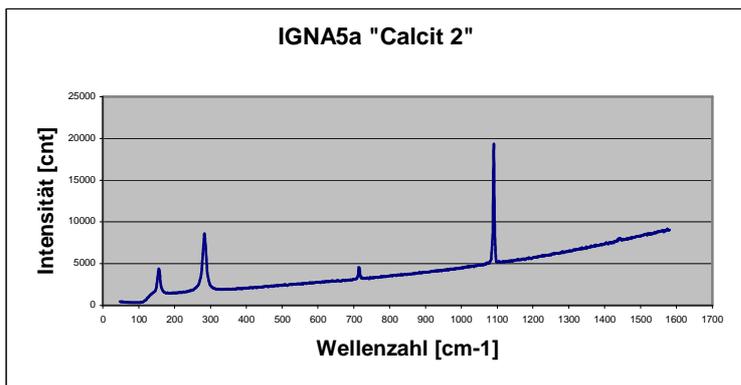
		gestein
WEGS3	Wegstollen	Ankeritgestein mit Übergang zum Sideritgestein
WEGS4o	Wegstollen	Sauberger Kalk mit Übergang zum Ankeritgestein
WEGS4u	Wegstollen	Sauberger Kalk mit Übergang zum Ankeritgestein

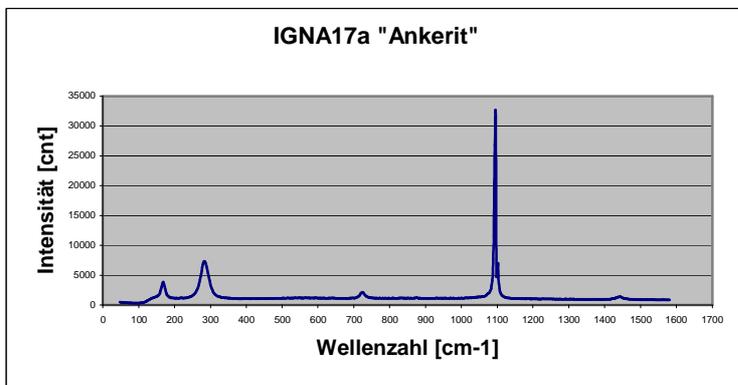
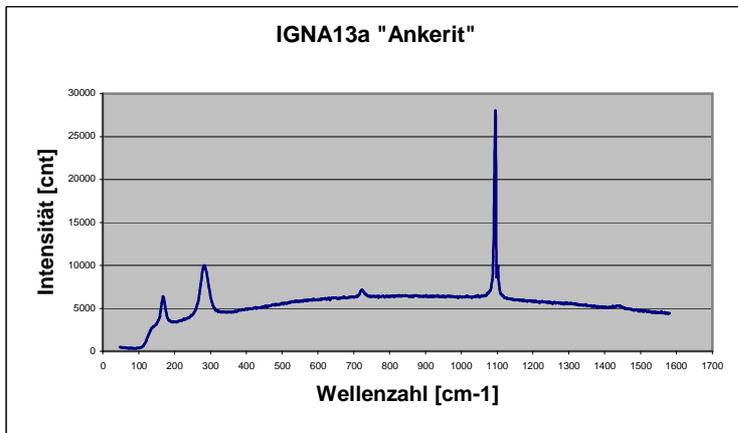
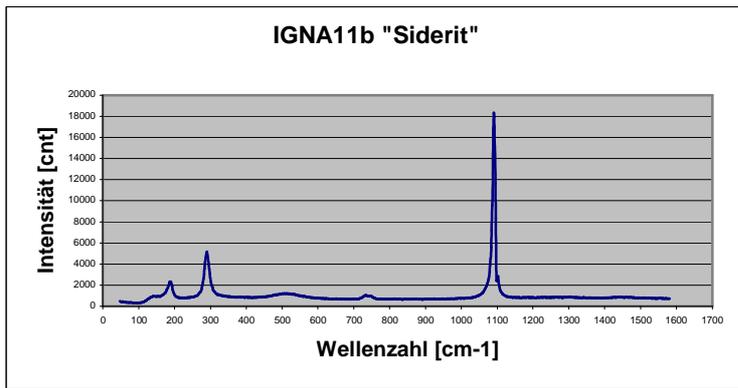
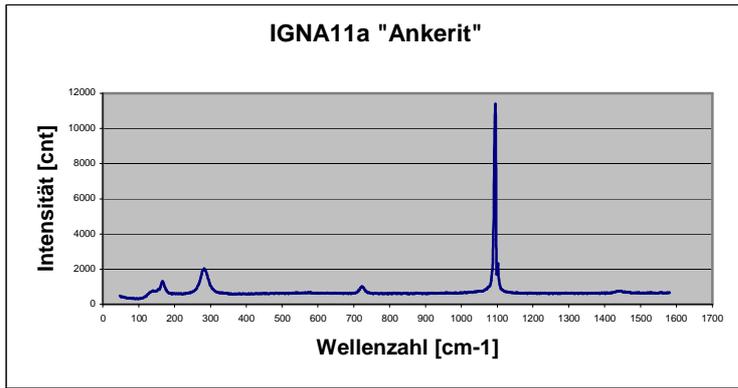
9. 2. Analyseergebnisse der Raman-Spektroskopie

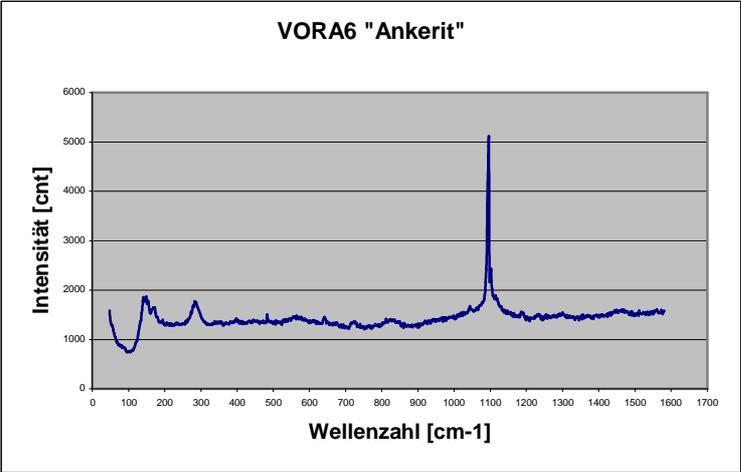
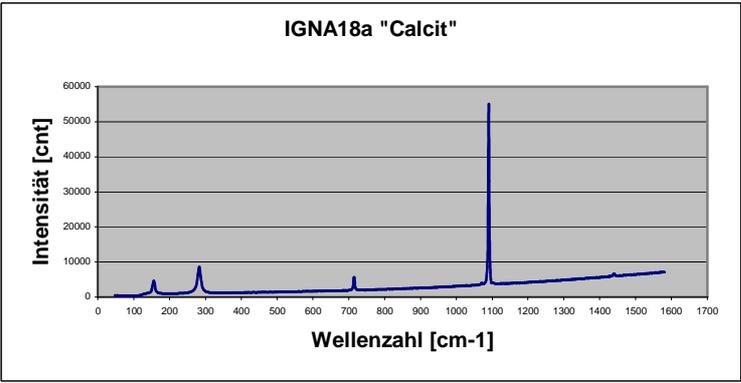
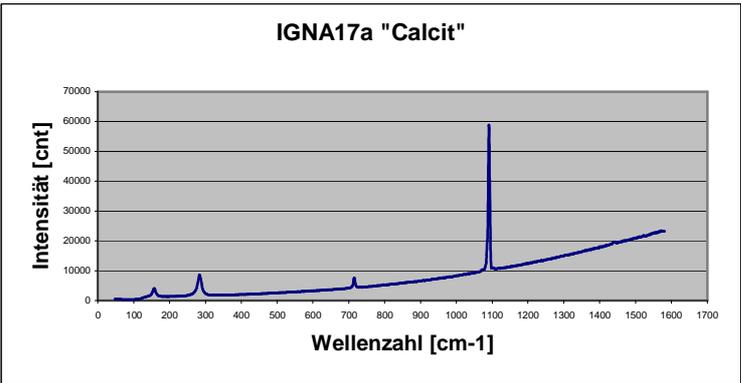
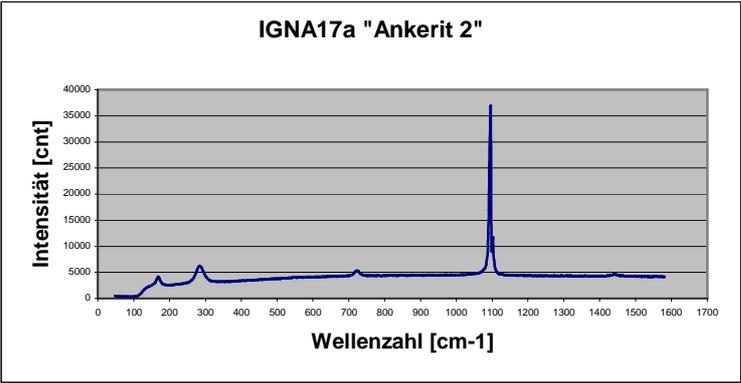


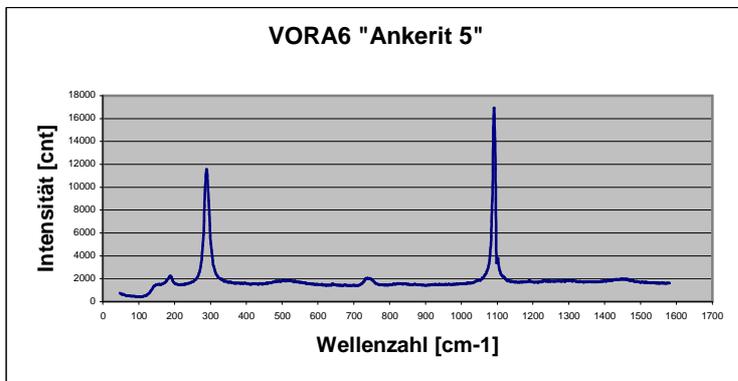
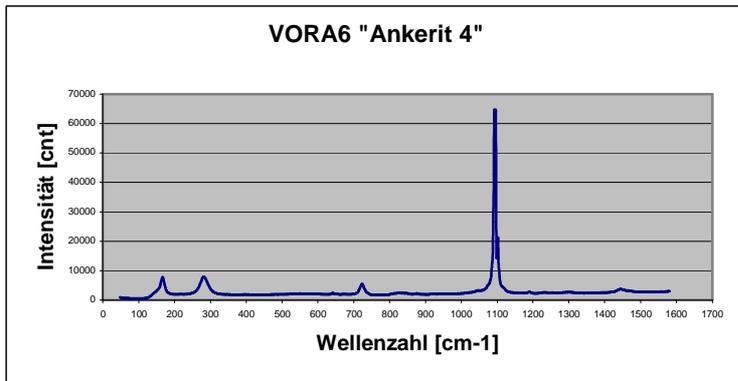
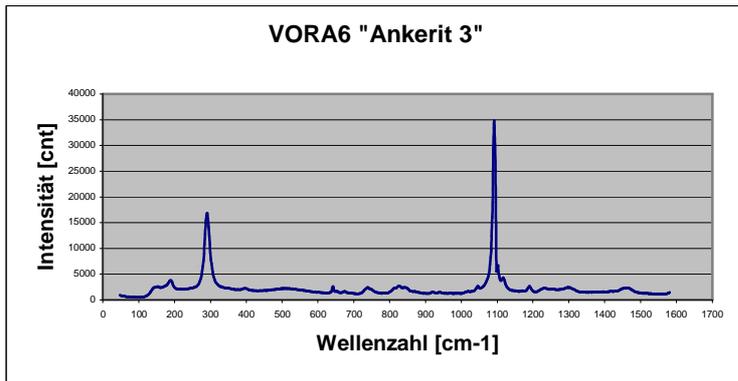
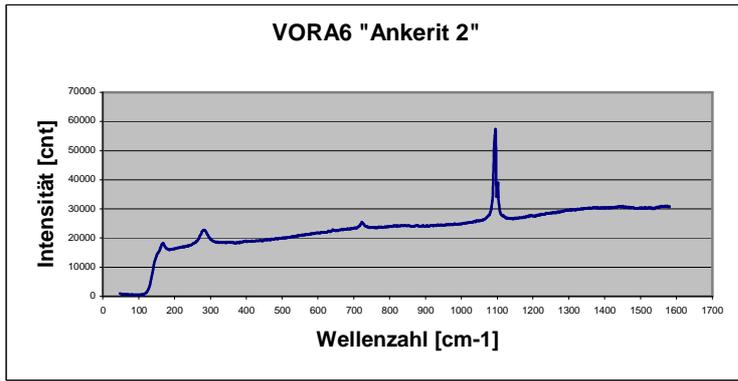


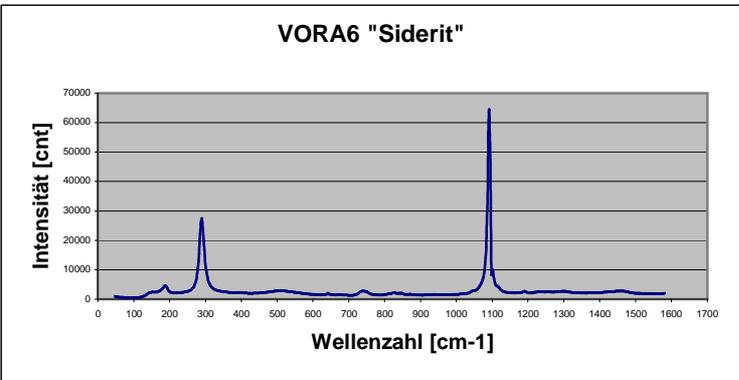
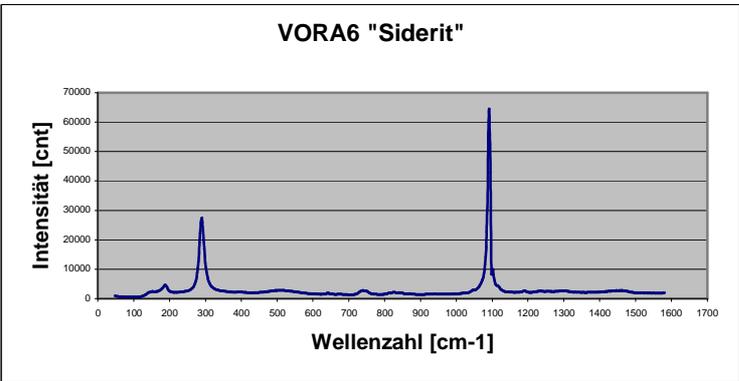
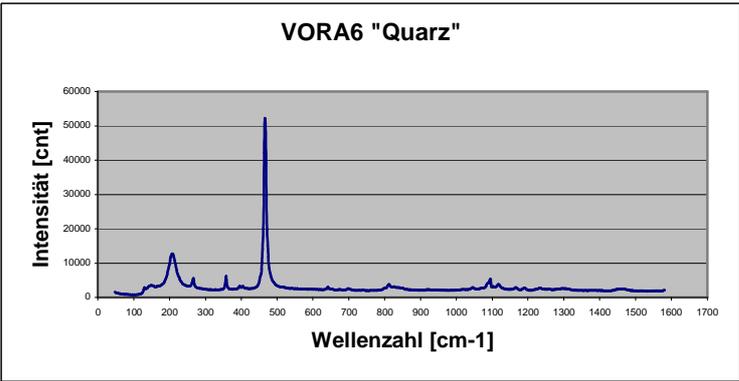
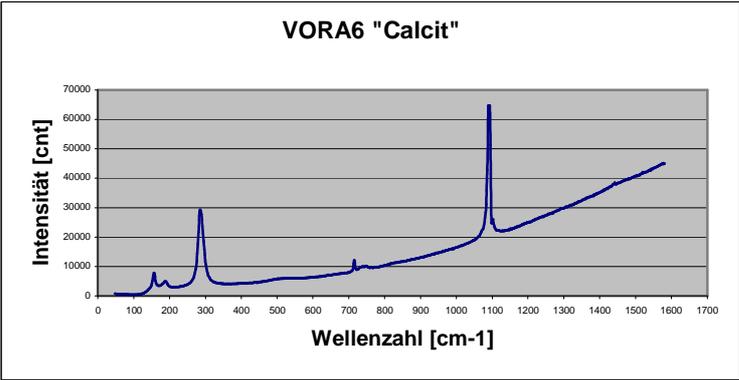


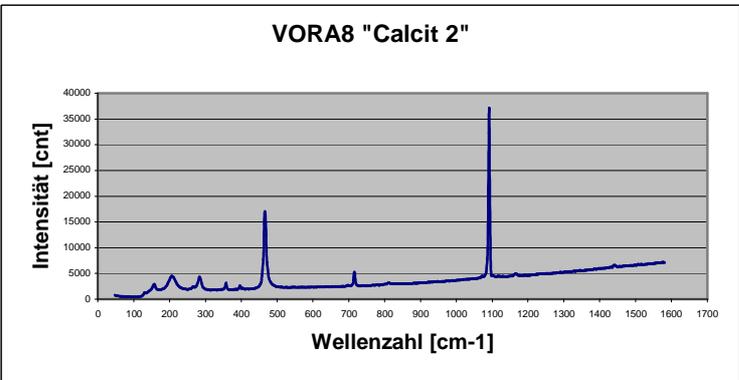
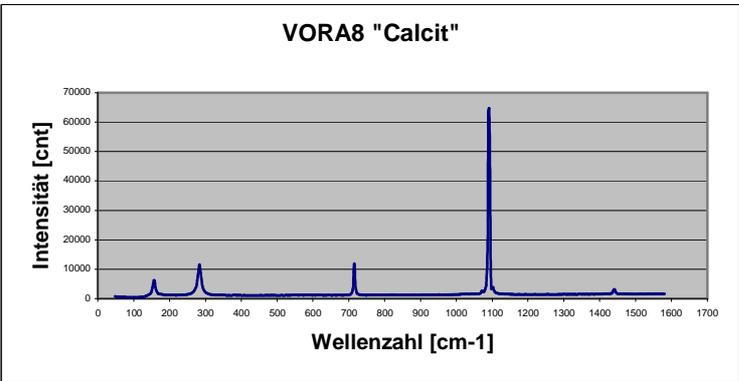
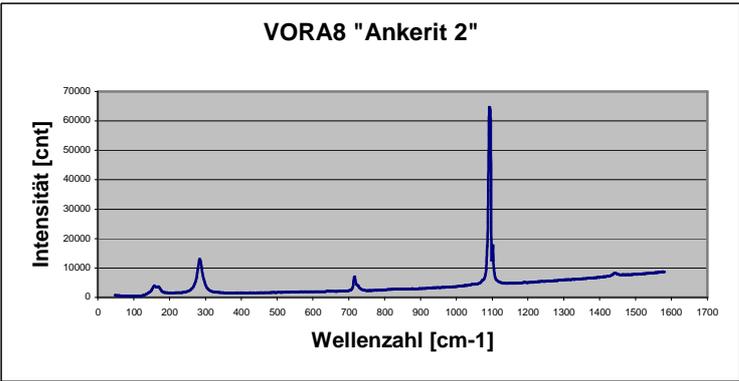
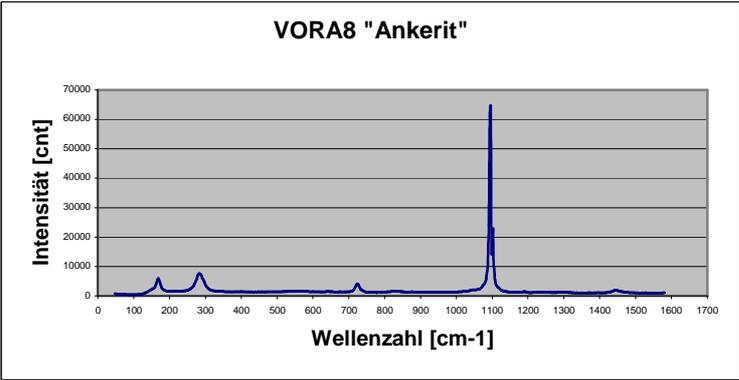


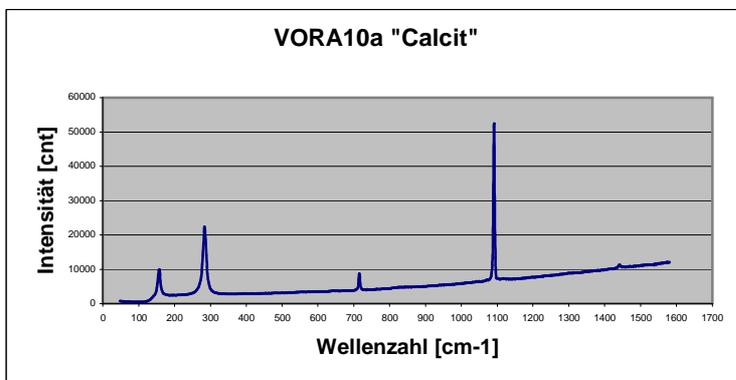
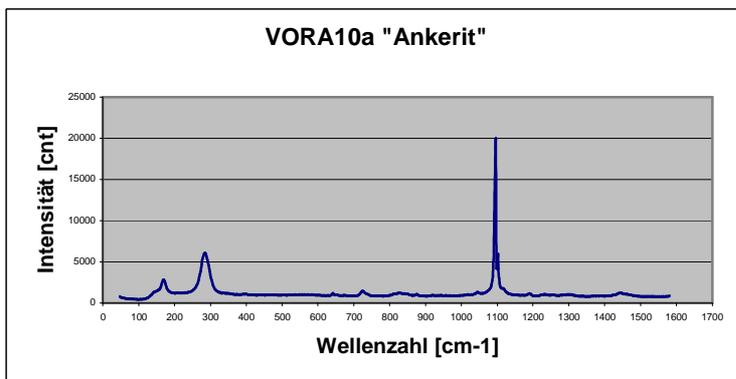
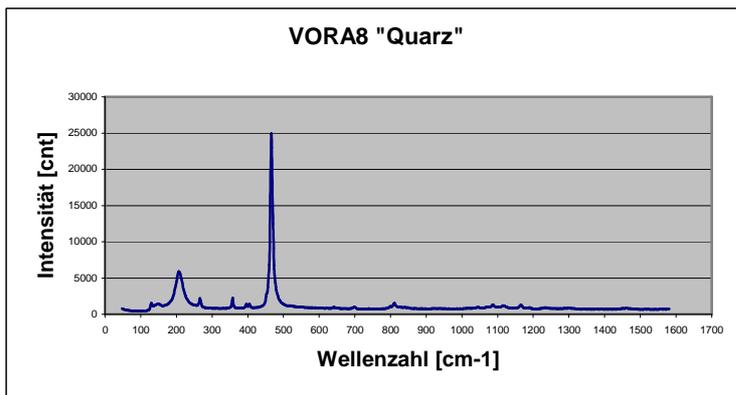
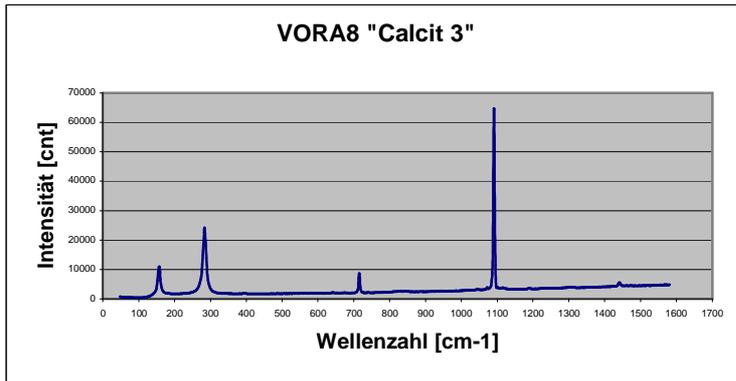


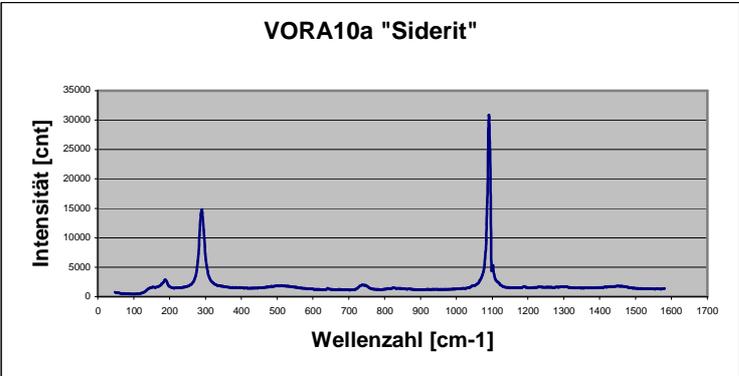
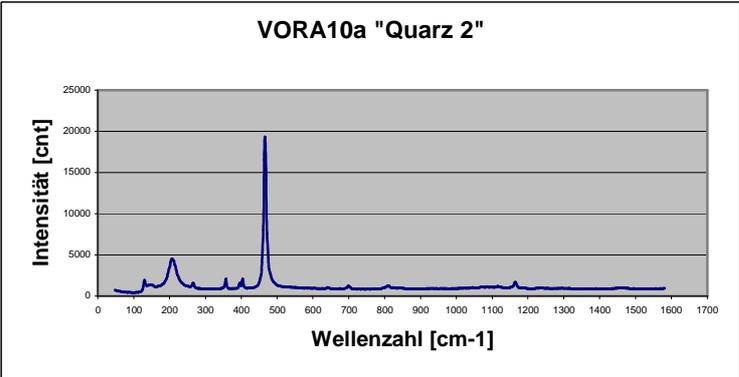
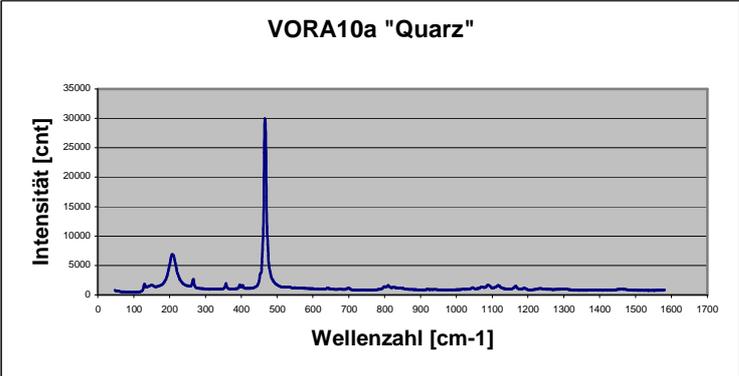
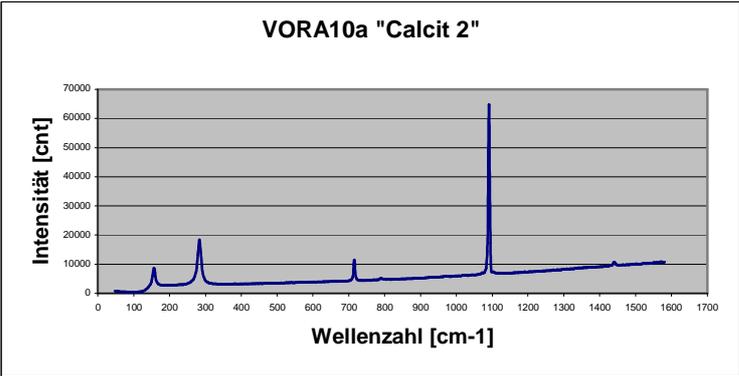


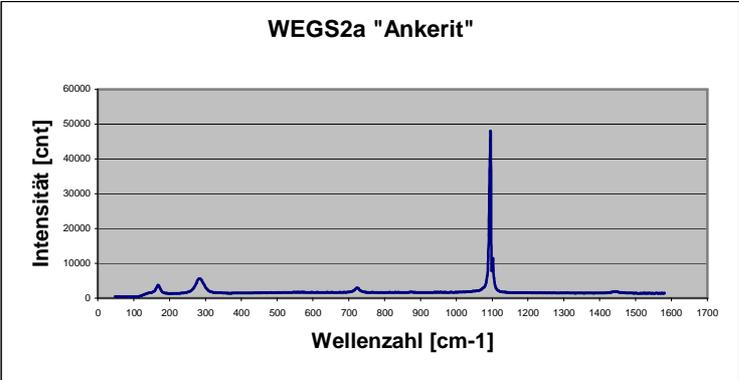
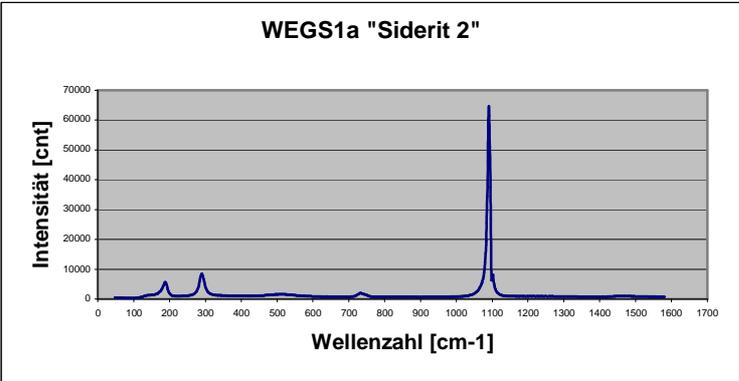
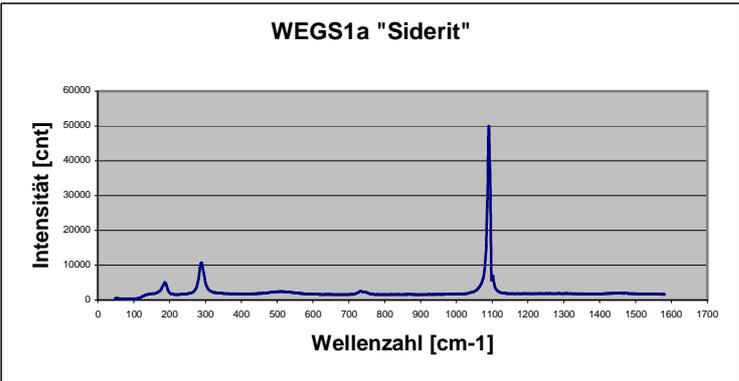
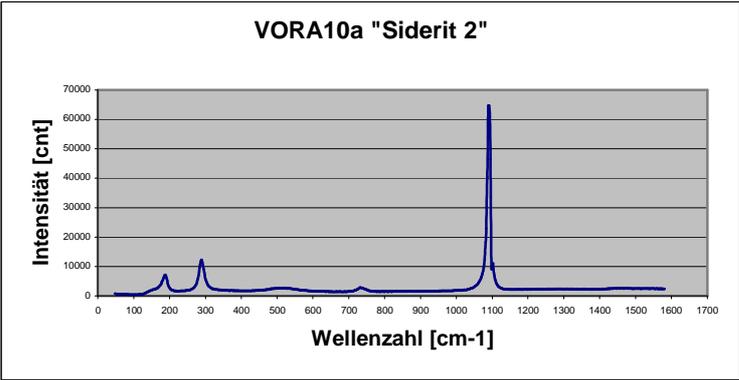


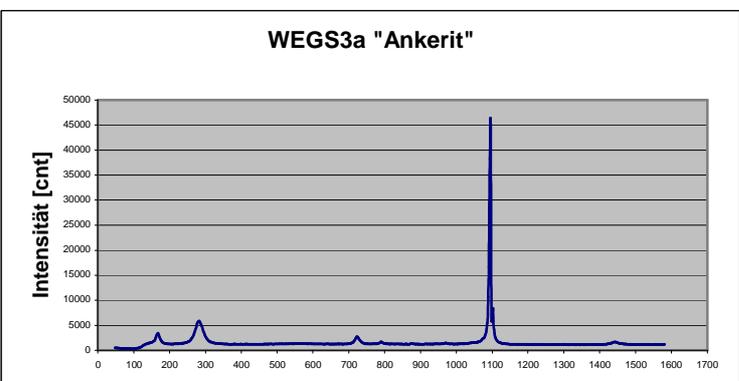
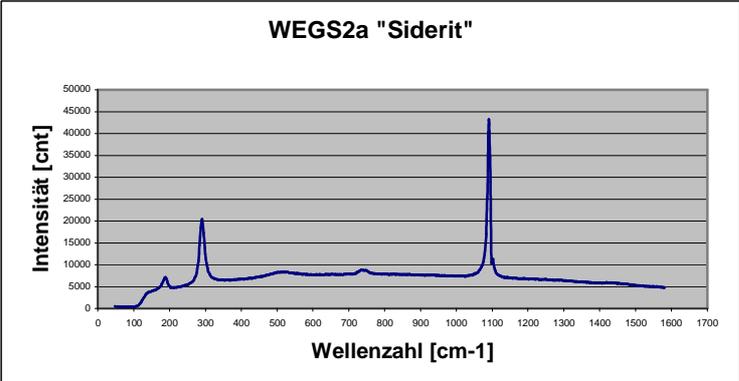
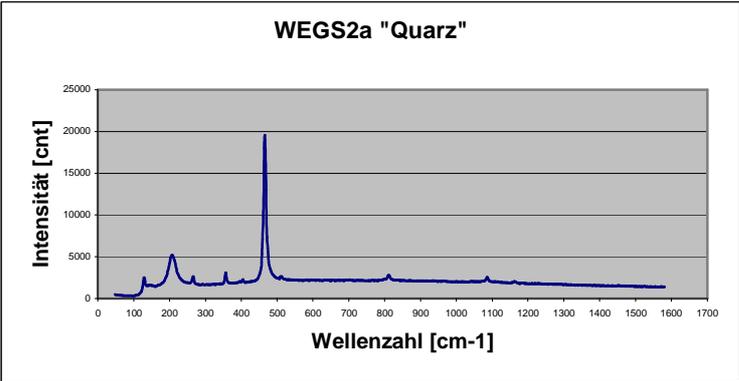
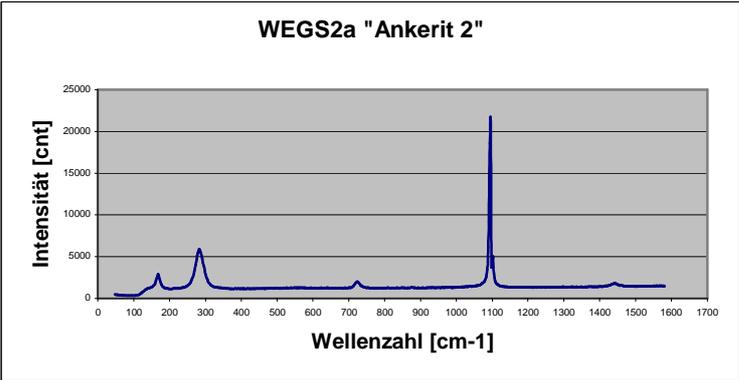


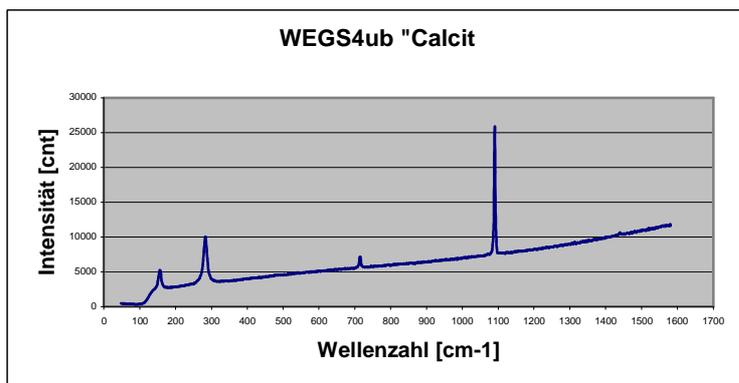
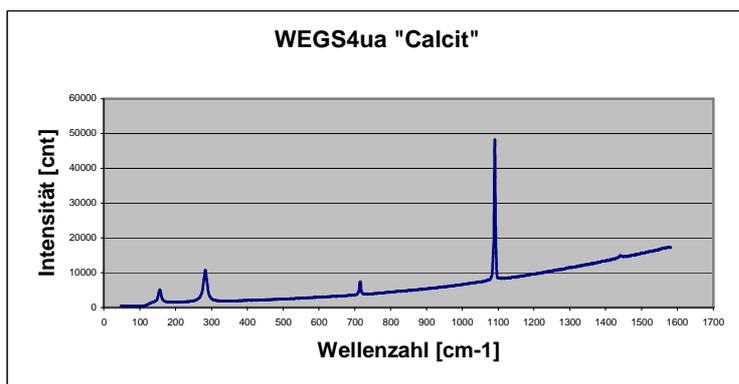
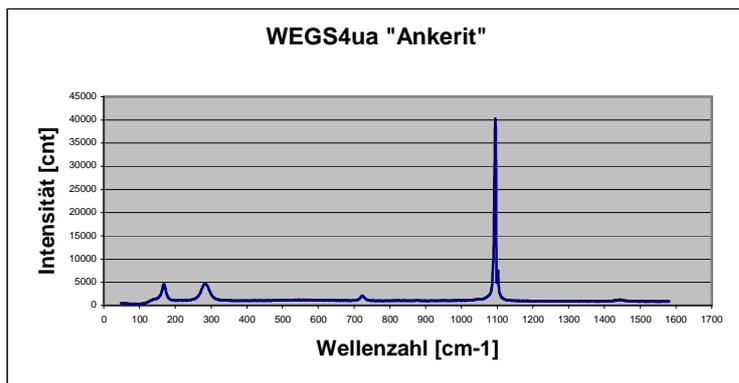












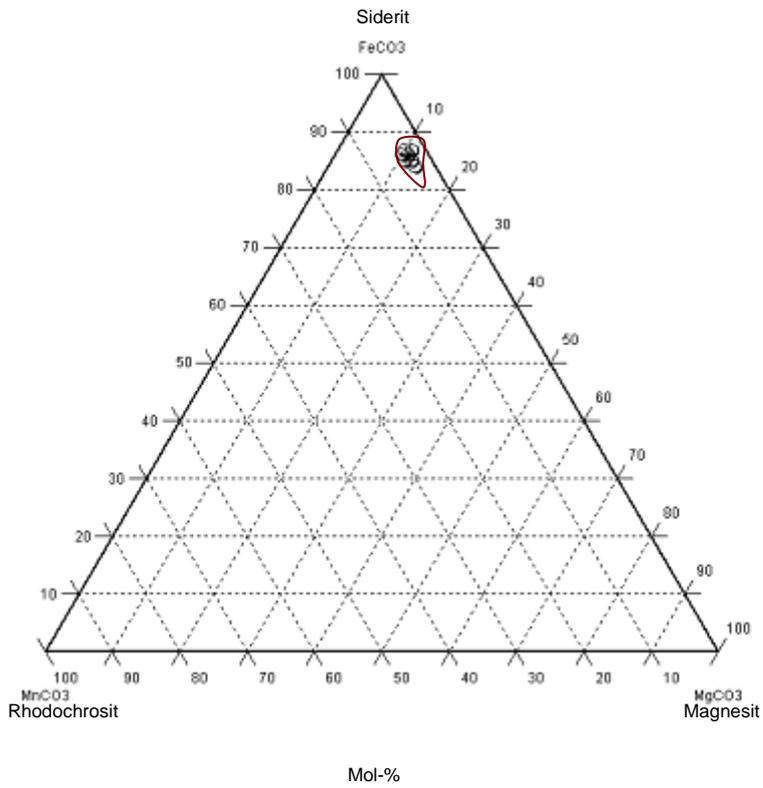
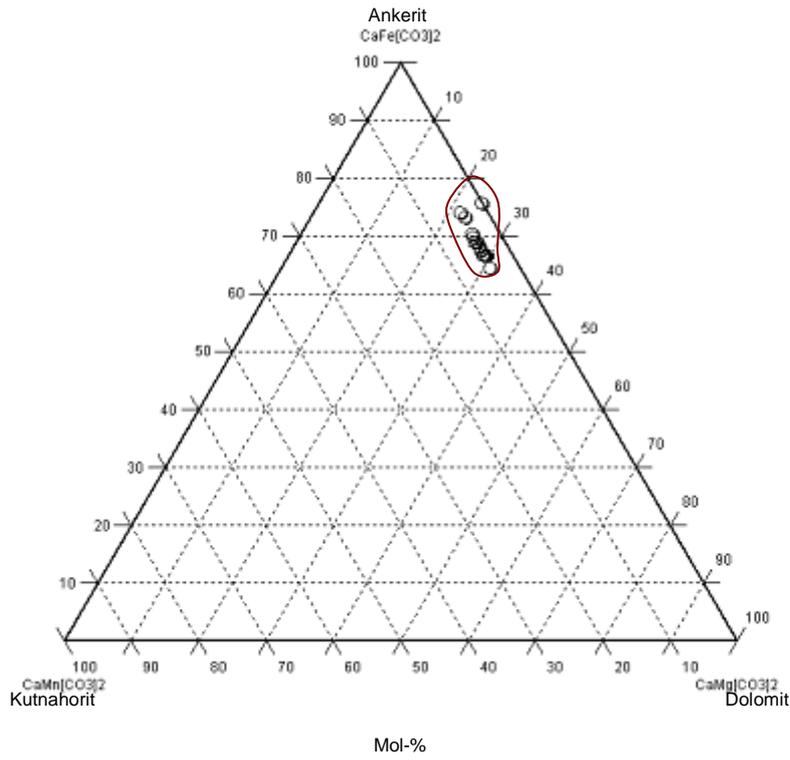
9.3. Analyseergebnisse der Elektronenstrahl-Mikrosonde

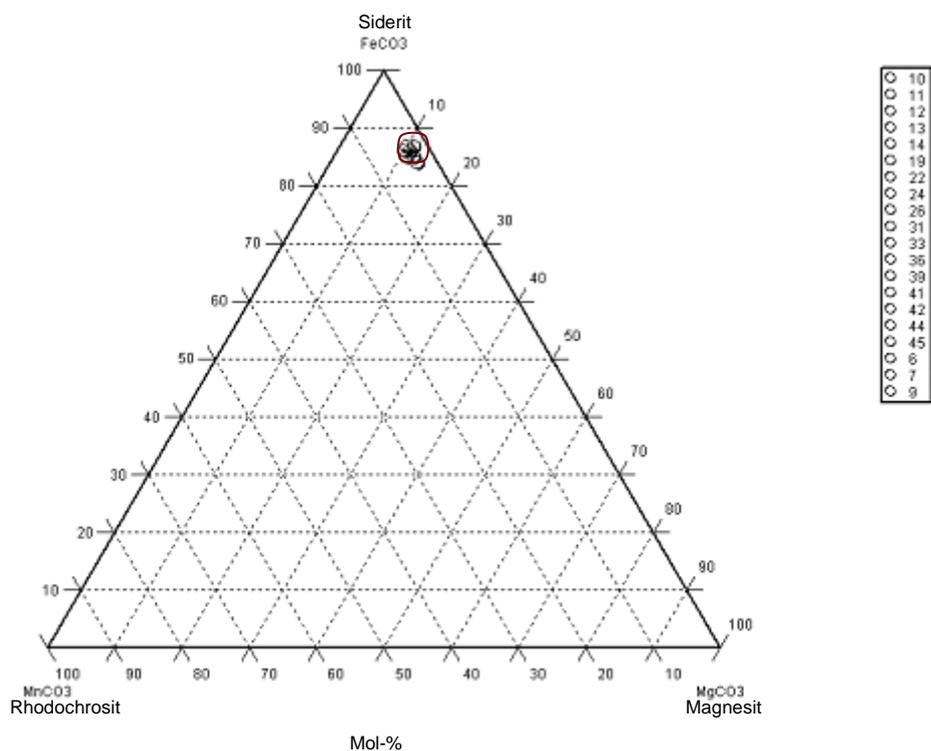
Dünnschliff IGNA11a

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
8	6.11	30.75	1.51	21.16	59.53	Ankerit
15	6.51	27.94	1.28	20.99	56.72	Ankerit
16	5.61	28.85	1.18	21.49	57.12	Ankerit
17	7.34	29.29	0.98	20.28	57.89	Ankerit
20	5.93	31.71	1.46	19.59	58.69	Ankerit
23	5.84	30.82	1.12	21.19	58.97	Ankerit
25	6.44	29.43	1.39	20.28	57.55	Ankerit
28	5.98	28.31	1.14	21.38	56.81	Ankerit
29	6.62	30.11	1.05	20.48	58.26	Ankerit
32	5.88	29.93	1.11	21.95	58.88	Ankerit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
34	6.69	29.5	1.07	20.51	57.78	Ankerit
38	5.1	29.01	1.23	22.24	57.59	Ankerit
43	6.43	30.6	1.25	21.57	59.85	Ankerit
47	6.98	28.95	1.01	20.02	56.96	Ankerit
48	6.86	28.82	1.16	20.64	57.48	Ankerit
51	6.12	28.68	1.13	22.3	58.22	Ankerit
53	5.58	31.44	1.23	21.58	59.82	Ankerit
54	6.14	29.24	1	21	57.37	Ankerit
57	5.46	28.05	1.16	22.74	57.4	Ankerit
63	6.92	29.43	1.07	20.8	58.22	Ankerit
64	5.52	27.84	1.24	23.44	58.04	Ankerit
70	6.75	29.59	1.15	20.7	58.19	Ankerit
74	6.4	29.16	1.36	20.28	57.2	Ankerit
77	6.22	28.84	1.08	21.03	57.16	Ankerit
79	6.28	29.57	1.17	20.67	57.69	Ankerit
82	6.28	30.2	1.15	20.53	58.16	Ankerit
84	6.02	29.97	1.27	21.71	58.97	Ankerit
89	6.14	29.07	1.1	21.33	57.64	Ankerit
90	7.13	30.09	1.08	19.32	57.61	Ankerit
94	6.76	29.83	1.29	20.58	58.45	Ankerit
96	7.08	29.6	1.28	21.22	59.18	Ankerit
97	6.91	30.14	1.15	20.26	58.46	Ankerit
99	7.06	28.46	1.3	21.19	58.01	Ankerit
27	0.04	0.025	0	0.21	0.271	Quarz
37	0	0	0	0.298	0.298	Quarz
40	0.01	0.007	0	0.412	0.429	Quarz
46	0.03	0.005	0.05	0.518	0.597	Quarz
49	0	0.014	0.01	0.59	0.615	Quarz
52	0.02	0.002	0.06	0.726	0.815	Quarz
58	0.03	0.013	0	0.76	0.803	Quarz
59	0.02	0.018	0	0.443	0.48	Quarz
60	0	0	0	0.164	0.164	Quarz
66	0.01	0	0.07	0.6	0.684	Quarz
67	0	0	0	0.204	0.206	Quarz
71	0.01	0.031	0	0.458	0.494	Quarz
73	0.04	0.037	0.01	0.419	0.51	Quarz
75	0.01	0.074	0.02	0.173	0.271	Quarz
81	0.02	0.015	0.02	0.15	0.201	Quarz
86	0	0.018	0	0.597	0.617	Quarz
88	0	0.048	0	0.446	0.494	Quarz
95	0	0.051	0	0.206	0.257	Quarz
98	0.01	0.102	0	0.238	0.348	Quarz
100	0	0.041	0.06	0.263	0.363	Quarz
101	0	0.021	0.05	0.079	0.147	Quarz
103	0	0.017	0.01	0.128	0.157	Quarz
105	0	0.072	0.01	0.196	0.274	Quarz
6	5.24	0.289	2.05	52.82	60.4	Siderit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
7	5.19	0.233	2.12	52.92	60.46	Siderit
9	5.29	0.228	1.87	53.14	60.53	Siderit
10	5.18	0.227	2.19	52.91	60.5	Siderit
11	5.21	0.316	2.13	53.15	60.8	Siderit
12	4.97	0.366	2.27	53.06	60.66	Siderit
13	5.12	0.214	2.23	53.02	60.58	Siderit
14	5.46	0.305	1.91	53.26	60.93	Siderit
19	5.75	0.188	1.77	53.05	60.75	Siderit
22	5.19	0.288	1.98	52.87	60.33	Siderit
24	5.21	0.269	1.44	53.16	60.08	Siderit
26	5.32	0.277	1.77	52.57	59.94	Siderit
31	4.81	0.224	1.68	53.6	60.32	Siderit
33	5.85	0.239	1.67	52.61	60.36	Siderit
36	6.34	0.219	2.15	51.97	60.68	Siderit
39	4.88	0.318	1.66	53.47	60.32	Siderit
41	5.2	0.342	2.13	52.91	60.59	Siderit
42	5.56	0.195	1.7	51.98	59.43	Siderit
44	5.09	0.362	2.29	52.87	60.61	Siderit
45	5.65	0.377	2.11	51.96	60.1	Siderit
50	5.38	0.38	1.87	53.01	60.64	Siderit
55	5.63	0.294	1.89	52.74	60.55	Siderit
56	4.81	0.234	1.72	53.69	60.46	Siderit
61	6.13	0.345	1.79	51.37	59.64	Siderit
65	5.48	0.238	1.75	52.64	60.1	Siderit
69	5.1	0.205	1.54	53.28	60.12	Siderit
72	6.02	0.24	1.61	52.41	60.28	Siderit
76	5.31	0.163	1.88	52.82	60.17	Siderit
78	5.33	0.241	1.65	53.24	60.46	Siderit
80	5.55	0.289	1.86	52.76	60.45	Siderit
85	5.4	0.286	1.82	53.01	60.52	Siderit
87	6.05	0.256	1.81	52.65	60.76	Siderit
91	5.44	0.327	1.78	52.49	60.03	Siderit
92	4.99	0.307	1.84	53.29	60.43	Siderit
102	5.96	0.482	1.62	51.51	59.57	Siderit
104	5.98	0.499	1.62	51.29	59.39	Siderit
18	5.21	0	0.05	40.54	45.8	-
21	5.37	0.005	0.04	39.63	45.04	-
30	5.22	0	0.07	40.32	45.61	-
35	6.75	34.54	1.32	20.35	62.95	-
62	5.89	26.09	1.21	19.15	52.34	-
68	6.57	26.27	0.98	19.29	53.1	-
83	5.23	0.062	0.09	39.83	45.21	-
93	6.78	31.36	1.22	20.8	60.15	-



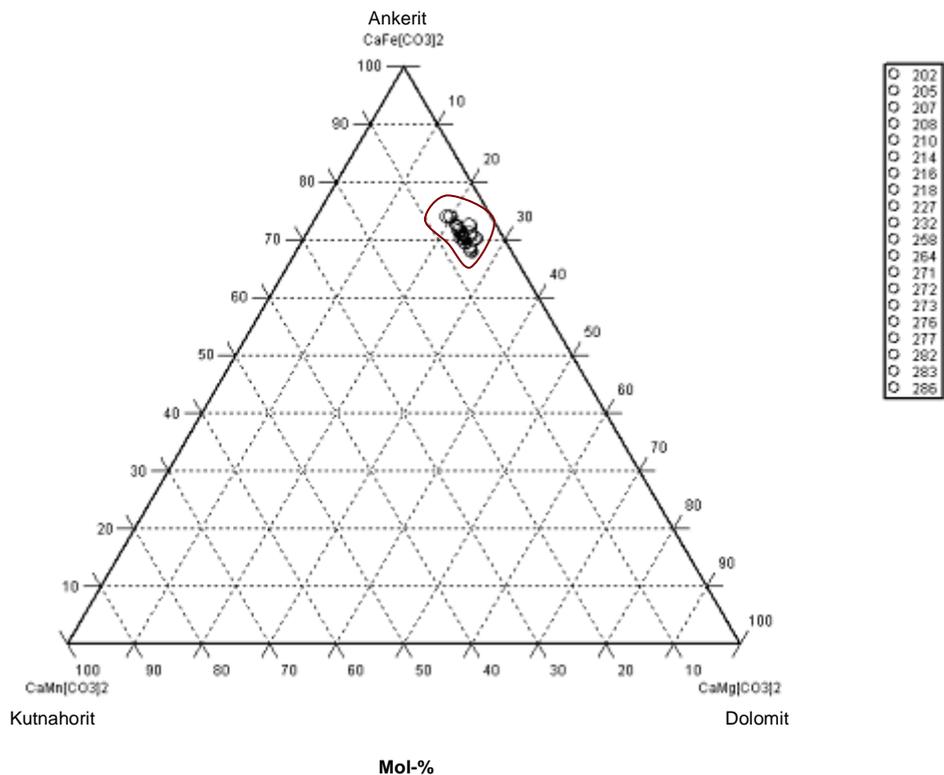


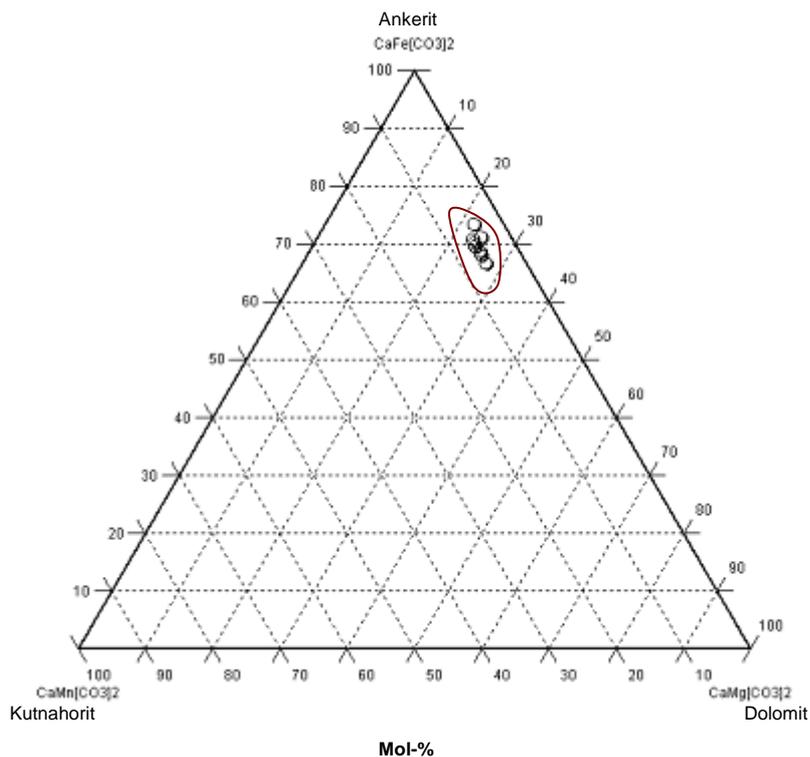
Dünnschliff IGNA11b

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
202	5.38	27.78	1.73	22.3	0	57.19	Ankerit
205	6.27	28.54	1.7	21.84	0	58.36	Ankerit
207	5.33	28.51	1.88	22.38	0	58.09	Ankerit
208	5.04	29.03	1.7	23.62	0.05	59.43	Ankerit
210	4.37	29.47	1.71	22.37	0	57.92	Ankerit
214	5.98	28.07	1.76	21.81	0.04	57.66	Ankerit
216	6.2	28.2	1.63	22.03	0.01	58.08	Ankerit
218	5.3	29.44	1.89	21.57	0	58.21	Ankerit
227	5.46	27.65	1.82	22.71	0.03	57.68	Ankerit
232	6.37	28.35	1.62	21.46	0	57.79	Ankerit
258	5.92	28.58	1.68	21.6	0	57.78	Ankerit
264	5.87	29	1.82	21.91	0	58.59	Ankerit
271	5.77	29.97	1.62	20.99	0	58.35	Ankerit
272	5.54	28.12	1.68	22.63	0	57.97	Ankerit
273	5.47	28.13	1.71	22.85	0	58.16	Ankerit
276	5.4	28.13	1.9	23.15	0	58.57	Ankerit
277	5.68	28.14	1.54	20.41	0	55.78	Ankerit
282	5.73	27.96	1.79	22.11	0	57.59	Ankerit
283	5.65	27.95	1.52	23.13	0	58.25	Ankerit
286	5.48	27.87	1.71	23.27	0	58.34	Ankerit
287	6.4	27.82	1.65	21.29	0.02	57.18	Ankerit
288	6.01	28.43	1.69	22.39	0	58.52	Ankerit
291	6.33	28.7	1.74	21.83	0	58.59	Ankerit

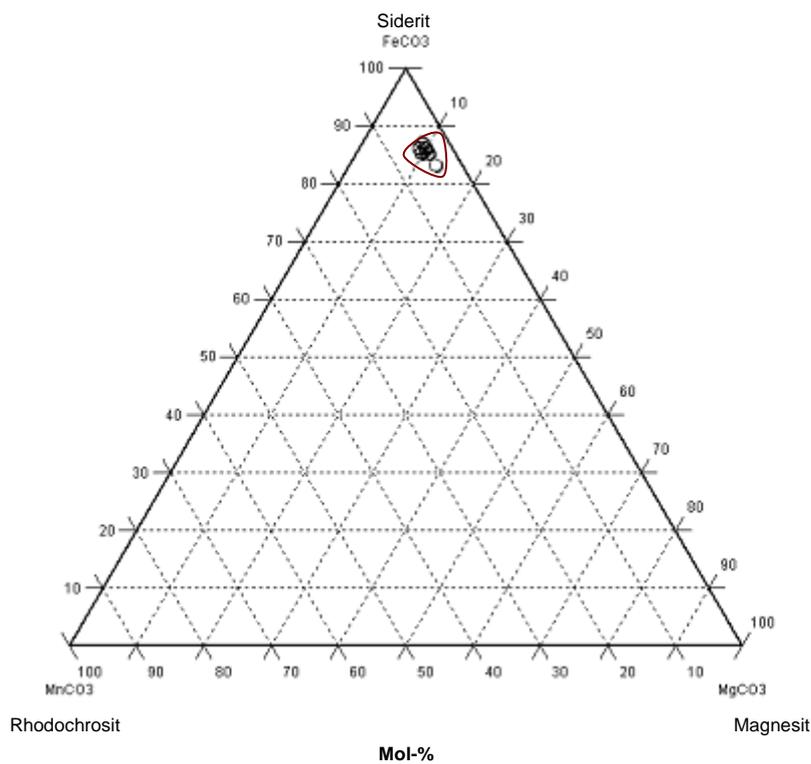
Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
293	5.51	29.12	1.57	20.94	0	57.13	Ankerit
294	5.2	29.92	1.53	21.82	0	58.47	Ankerit
295	6.75	28.7	1.63	21.6	0.01	58.68	Ankerit
296	6	28.44	1.77	21.58	0	57.79	Ankerit
298	6.05	28.49	1.68	22.16	0.01	58.38	Ankerit
221	0.01	0.013	0	0.173	0	0.198	Quarz
242	0	0.013	0.05	0.237	0	0.304	Quarz
201	4.52	0.276	2.98	53.94	0.01	61.72	Siderit
204	4.49	0.204	2.97	53.72	0.01	61.39	Siderit
206	4.64	0.407	2.56	53.33	0.03	60.97	Siderit
211	4.35	0.321	2.96	52.98	0	60.62	Siderit
213	4.67	0.289	2.51	52.78	0.03	60.27	Siderit
217	4.37	0.395	2.43	53.33	0	60.52	Siderit
220	4.4	0.292	2.99	53.92	0	61.6	Siderit
222	4.28	0.252	2.96	53.13	0	60.62	Siderit
223	4.42	0.226	3.06	52.96	0.03	60.69	Siderit
226	4.56	0.22	2.77	53.86	0	61.41	Siderit
228	4.64	0.301	2.82	53.78	0.02	61.56	Siderit
231	4.58	0.167	2.57	54.09	0.04	61.44	Siderit
233	4.62	0.23	2.48	53.64	0	60.97	Siderit
234	4.37	0.363	2.72	53.92	0.02	61.39	Siderit
235	4.6	0.295	2.95	53.59	0.07	61.51	Siderit
236	4.46	0.272	2.53	54.92	0.04	62.21	Siderit
239	4.7	0.74	2.8	52.84	0.02	61.1	Siderit
241	4.62	0.218	2.93	53.48	0.06	61.31	Siderit
243	4.38	0.191	2.54	54.1	0	61.22	Siderit
245	4.7	0.273	2.89	53.64	0	61.5	Siderit
246	4.47	0.266	2.93	53.68	0.03	61.38	Siderit
247	4.51	0.301	3.07	53.24	0.02	61.14	Siderit
249	4.46	1.747	2.5	53	0	61.71	Siderit
250	4.75	0.237	2.54	53.89	0	61.42	Siderit
251	4.53	0.241	2.46	51.52	0.04	58.8	Siderit
252	4.57	0.192	2.7	54.33	0.01	61.8	Siderit
253	4.45	0.254	2.86	53.88	0	61.44	Siderit
255	4.53	0.568	2.89	52.85	0	60.83	Siderit
257	4.52	0.21	2.69	53.9	0.02	61.33	Siderit
259	4.45	0.195	2.88	53.77	0.01	61.3	Siderit
260	4.46	0.757	2.67	52.6	0	60.49	Siderit
262	4.64	0.169	2.43	53.59	0.01	60.83	Siderit
263	4.78	0.257	2.58	53.31	0.03	60.96	Siderit
265	4.64	0.313	2.76	54.11	0.05	61.87	Siderit
267	4.67	0.213	3	54.18	0	62.06	Siderit
268	4.51	0.345	3.01	53.6	0	61.46	Siderit
269	4.47	0.268	3.16	53.45	0	61.34	Siderit
270	3.95	0.151	2.61	54.47	0	61.18	Siderit
274	4.7	0.227	2.83	53.32	0	61.08	Siderit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
278	4.51	0.214	2.81	54.19	0	61.72	Siderit
281	4.63	0.277	2.68	53.73	0	61.32	Siderit
289	4.56	0.243	2.5	53.8	0.01	61.11	Siderit
300	4.66	0.2	2.72	53.89	0.03	61.51	Siderit
203	5.17	0.196	2.49	53.3	0.04	61.2	Siderit
215	4.93	0.203	2.92	53.22	0	61.28	Siderit
219	4.81	0.347	2.42	53.5	0	61.07	Siderit
229	6.03	0.222	2.44	52.28	0	60.97	Siderit
230	4.98	0.22	2.47	53.74	0.01	61.42	Siderit
240	5.05	0.268	2.45	53.21	0	60.98	Siderit
254	5.19	29.15	1.73	22.76	0.03	58.85	Siderit
256	4.81	0.277	2.53	53.58	0	61.19	Siderit
266	4.87	0.251	2.54	53.9	0	61.56	Siderit
275	4.83	0.273	2.62	53.54	0	61.25	Siderit
279	4.92	0.227	2.48	53.97	0.02	61.62	Siderit
284	4.93	0.208	2.55	53.7	0.01	61.4	Siderit
290	4.96	0.253	2.52	54.24	0.02	61.98	Siderit
292	4.92	0.2	2.9	53	0	61.02	Siderit
297	5.2	0.237	2.41	53.72	0	61.57	Siderit
299	4.81	0.233	2.93	53.85	0.05	61.87	Siderit
209	4.4	0.032	0.07	40.5	0	45.01	-
212	4.25	0.022	0.12	40.98	0	45.37	-
224	4.31	0.798	3.04	55.48	0.03	63.66	-
225	4.41	0.714	2.8	56.84	0	64.77	-
237	3.8	0.367	2.77	59.45	0	66.39	-

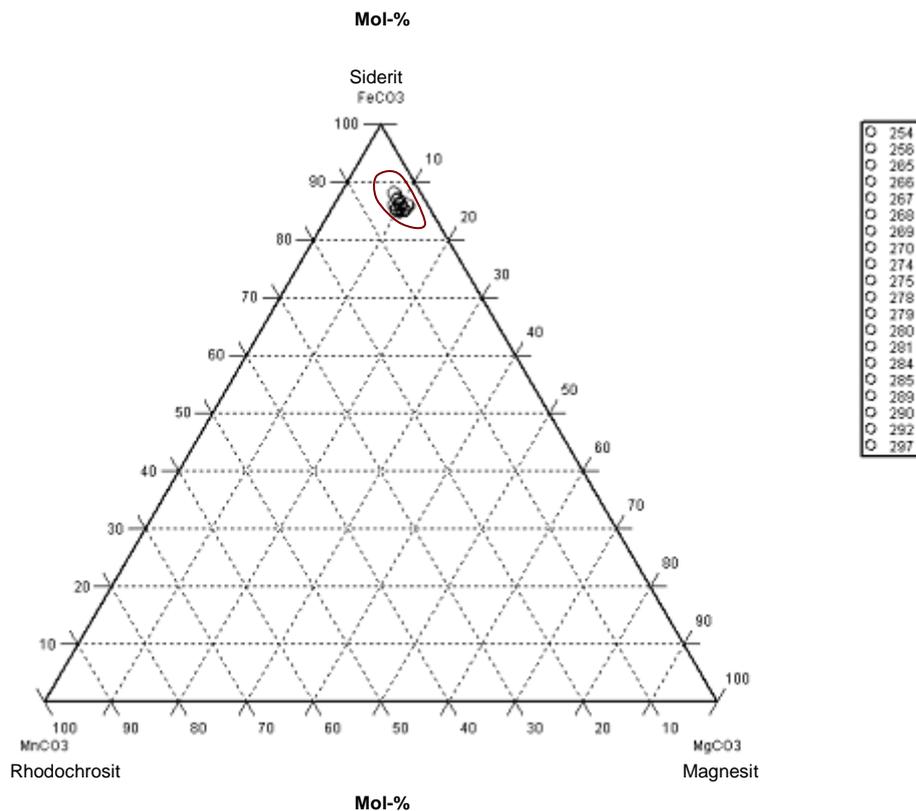
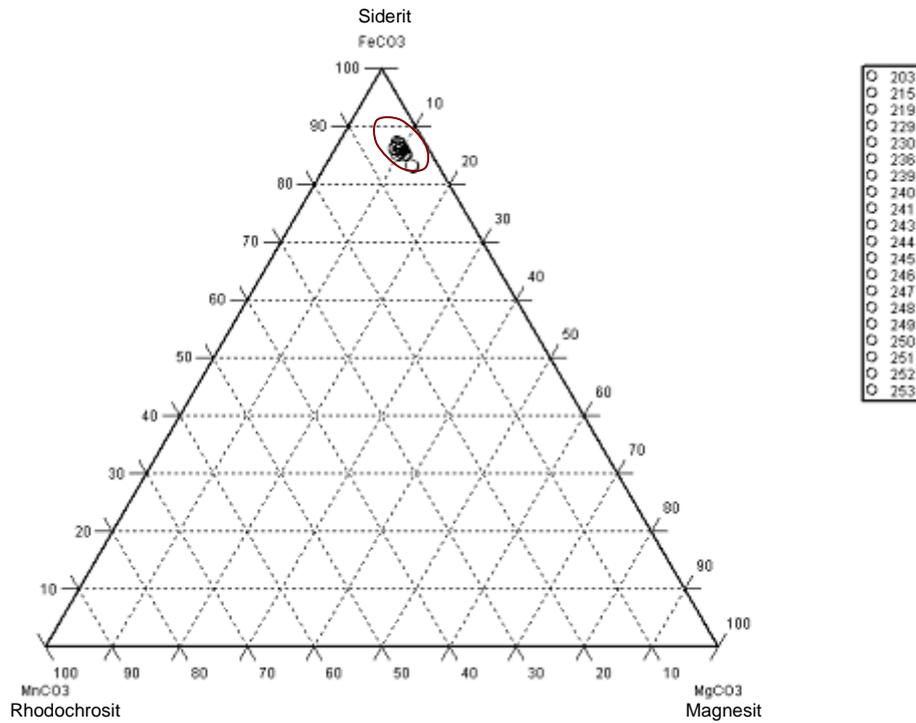




- 287
- 288
- 291
- 293
- 294
- 295
- 296
- 298



- 201
- 203
- 204
- 206
- 211
- 213
- 215
- 217
- 219
- 220
- 222
- 223
- 226
- 228
- 229
- 230
- 231
- 233
- 234
- 235



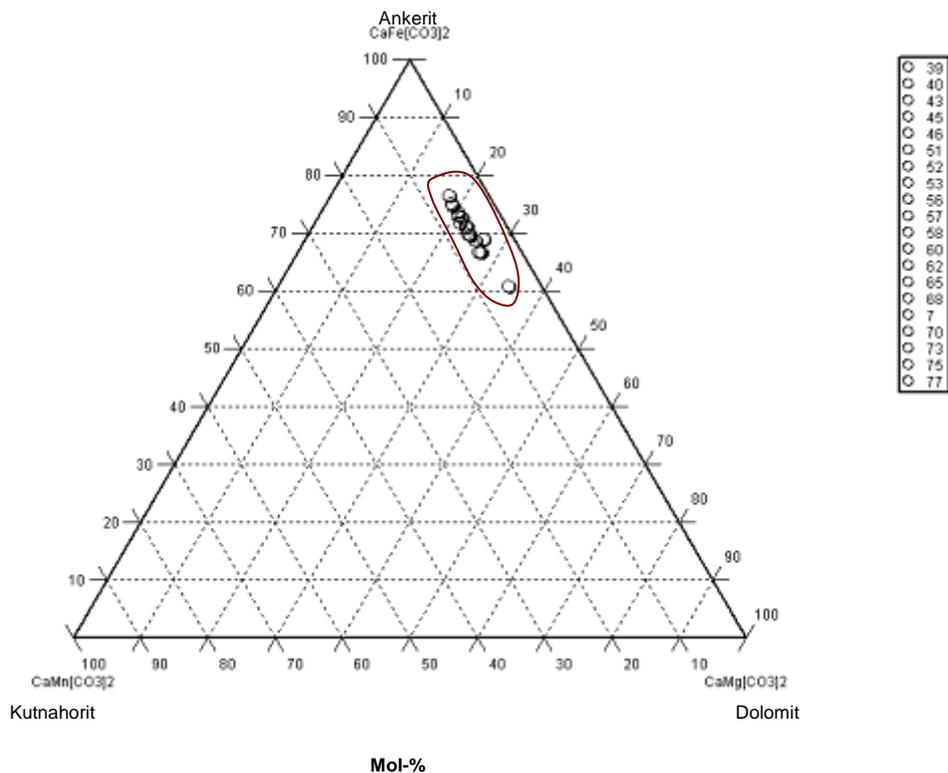
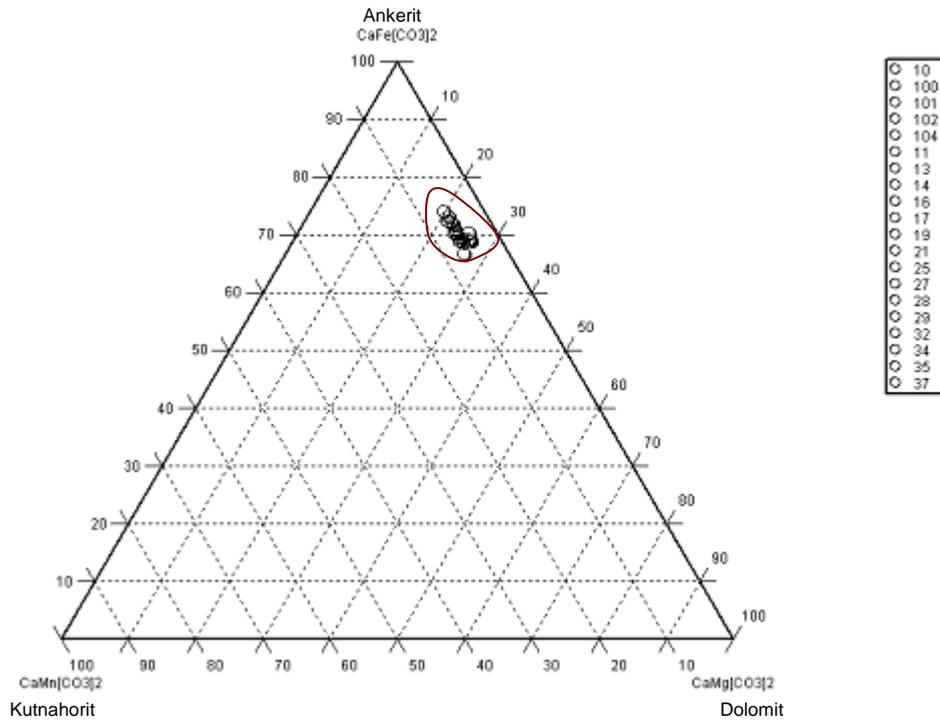
Dünnschliff IGNA12a

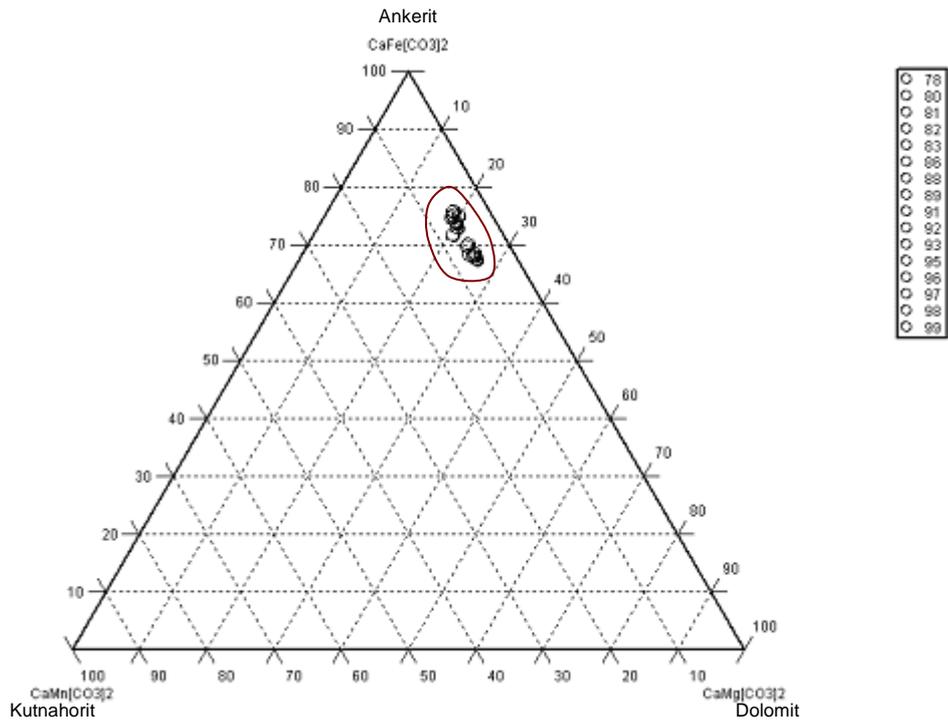
Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
7	5.66	28.37	1.81	23.09	0.02	58.94	Ankerit
8	6.51	28.89	1.86	20.99	0	58.24	Ankerit
10	5.99	28.82	1.81	21.61	0.02	58.24	Ankerit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
11	5.78	28.89	1.7	21.45	0	57.81	Ankerit
13	5.59	30.68	1.61	19.84	0	57.71	Ankerit
14	5.49	27.91	1.68	23.21	0	58.29	Ankerit
16	5.95	30.4	1.59	19.72	0	57.66	Ankerit
17	5.66	29	1.7	21.42	0	57.79	Ankerit
19	5.89	28.12	1.71	22.72	0	58.44	Ankerit
21	6.4	28.26	1.74	22.14	0	58.53	Ankerit
25	6.03	28.68	1.69	22.31	0.02	58.73	Ankerit
27	6.09	28.53	1.87	21.75	0	58.24	Ankerit
28	6.25	27.8	1.69	22.44	0	58.17	Ankerit
29	5.3	28.73	1.66	22.91	0	58.6	Ankerit
32	6.1	30.34	1.69	20.2	0	58.34	Ankerit
34	6.06	29.17	1.59	19.88	0	56.7	Ankerit
35	6	27.92	1.63	21.99	0	57.54	Ankerit
37	6.13	27.86	1.72	22.04	0.05	57.8	Ankerit
39	4.2	29.02	1.79	22.59	0.01	57.62	Ankerit
40	5.22	28.47	1.83	23.04	0	58.56	Ankerit
43	5.96	29.82	1.66	20.31	0	57.74	Ankerit
45	6.02	27.87	1.8	21.36	0.02	57.06	Ankerit
46	5.42	29.92	1.84	20.91	0	58.09	Ankerit
51	5.06	29.33	1.7	22.44	0.02	58.55	Ankerit
52	6.73	28.14	1.71	21.5	0.03	58.1	Ankerit
53	4.81	28.67	1.65	22.82	0	57.94	Ankerit
56	4.65	28.94	1.62	22.93	0	58.13	Ankerit
57	3.69	34.65	1.38	17.98	0	57.7	Ankerit
58	4.83	29.59	1.77	21.85	0	58.03	Ankerit
60	4.11	28.16	1.74	24.59	0	58.6	Ankerit
62	5.21	28.69	1.62	21.82	0.02	57.35	Ankerit
65	6.38	29.39	1.67	20.61	0	58.04	Ankerit
68	5.35	28.92	1.69	22.08	0	58.03	Ankerit
70	5.33	26.62	1.78	21.85	0	55.59	Ankerit
73	5.67	29.26	1.85	21.01	0.04	57.83	Ankerit
75	6.02	28.56	1.67	21.69	0.03	57.97	Ankerit
77	4.87	28.96	1.83	22.26	0.02	57.93	Ankerit
78	4.34	29.57	1.8	22.75	0	58.46	Ankerit
80	5.43	25.86	1.81	25.68	0	58.78	Ankerit
81	5.82	29.8	1.69	21.09	0.02	58.42	Ankerit
82	5.39	27.7	2.26	23.07	0.02	58.43	Ankerit
83	6.41	29.09	1.77	21.03	0	58.3	Ankerit
86	4.8	27.68	1.78	23.7	0	57.97	Ankerit
88	5.71	28.38	1.77	22.1	0	57.96	Ankerit
89	4.85	28.42	1.88	23.03	0.02	58.2	Ankerit
91	4.14	32.4	1.67	20.08	0	58.28	Ankerit
92	4.99	29.11	1.79	22.62	0	58.51	Ankerit
93	4.69	28.79	1.82	23.1	0	58.4	Ankerit
95	5.82	29.63	1.81	21.02	0	58.27	Ankerit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
96	5.55	29.95	1.67	20.15	0	57.32	Ankerit
97	6.17	27.86	1.8	21.91	0	57.73	Ankerit
98	4.71	27.65	1.93	24.64	0	58.92	Ankerit
99	6.11	28.36	1.67	21.57	0	57.71	Ankerit
100	5.04	27.58	1.88	23.46	0.03	57.99	Ankerit
101	5.05	28.38	1.84	23.26	0	58.53	Ankerit
102	4.83	28.52	1.64	21.52	0.01	56.54	Ankerit
104	5.9	29.33	1.61	21.59	0	58.43	Ankerit
71	0.07	54.05	0.34	0.91	0	55.37	Calcit
79	0.01	54.4	0.34	0.424	0	55.17	Calcit
22	0.03	0.022	0	0.169	0	0.22	Quarz
42	0	0.013	0	0.14	0	0.153	Quarz
50	0.01	0.048	0.04	0.208	0	0.31	Quarz
54	0.04	0.017	0	0.037	0	0.098	Quarz
55	0	0.021	0.01	0.056	0	0.093	Quarz
63	0	0.016	0.04	0	0	0.055	Quarz
66	0	0.013	0	0.096	0	0.113	Quarz
67	0.01	0.031	0	0.121	0	0.166	Quarz
74	0	0.044	0	0.142	0	0.186	Quarz
76	0	0	0	0.024	0	0.028	Quarz
84	0	0.085	0	0.293	0	0.381	Quarz
85	0.03	0.132	0.04	0.005	0	0.205	Quarz
87	4.62	29.66	1.68	21.49	0	57.45	Quarz
103	0.01	0.008	0	0.063	0	0.076	Quarz
105	0.06	0.183	0.02	0.13	0	0.386	Quarz
6	4.58	0.231	2.68	54.34	0	61.82	Siderit
15	4.32	0.573	2.54	53.09	0.03	60.55	Siderit
20	4.27	0.112	2.44	55.19	0	62	Siderit
24	4.63	0.256	2.49	53.42	0.02	60.82	Siderit
26	4.2	0.174	2.68	54.58	0.03	61.66	Siderit
30	4.33	0.093	2.38	54.71	0.05	61.55	Siderit
33	4.11	0.17	2.55	54.07	0	60.9	Siderit
41	4.14	0.169	2.52	54.33	0	61.15	Siderit
44	4.59	0.244	2.49	53.26	0.04	60.62	Siderit
47	4.44	0.51	2.52	53.56	0	61.03	Siderit
48	5.25	7.121	2.2	45.6	0	60.17	Siderit
49	3.92	0.288	2.46	53.97	0.05	60.68	Siderit
59	5.04	18.07	2.04	34.73	0	59.88	Siderit
61	4.9	18.68	1.9	35.53	0	61.01	Siderit
64	4.11	0.298	2.41	53.8	0	60.61	Siderit
69	4.66	3.433	2.58	50.38	0.03	61.08	Siderit
90	4.27	0.414	2.58	54.2	0.02	61.47	Siderit
9	5.37	0.187	2.88	53.58	0.01	62.01	Siderit
12	4.83	0.216	2.52	54.18	0.07	61.82	Siderit
18	5.26	0.263	2.56	53.7	0	61.79	Siderit
94	4.79	0.583	2.58	52.75	0	60.7	Siderit

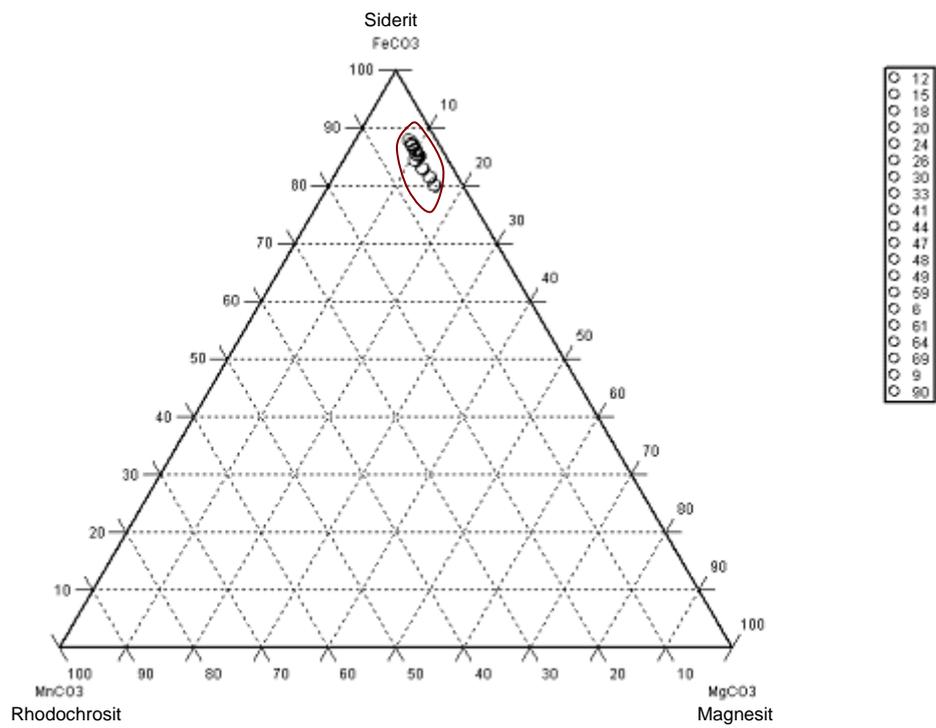
Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
23	5.37	26.42	1.59	20.43	0	53.81	-
31	4.22	0.103	0.1	40.44	0.01	44.87	-
36	4.47	0.268	2.5	56.16	0.02	63.42	-
38	4.45	0.03	0.11	40.76	0	45.35	-





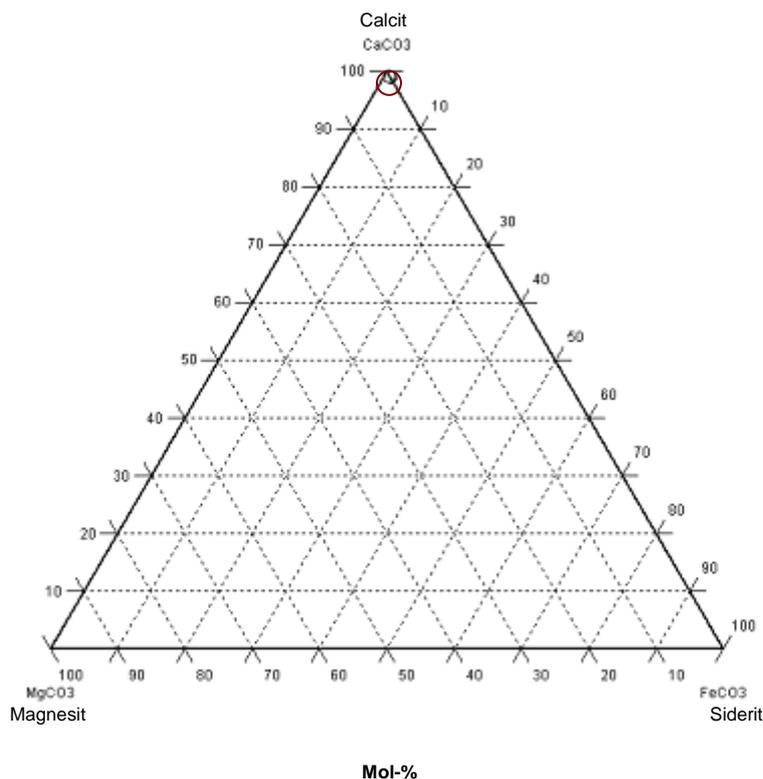
- 78
- 80
- 81
- 82
- 83
- 86
- 88
- 89
- 91
- 92
- 93
- 95
- 96
- 97
- 98
- 99

Mol-%



- 12
- 15
- 18
- 20
- 24
- 26
- 30
- 33
- 41
- 44
- 47
- 48
- 49
- 59
- 6
- 61
- 64
- 69
- 8
- 90

Mol-%

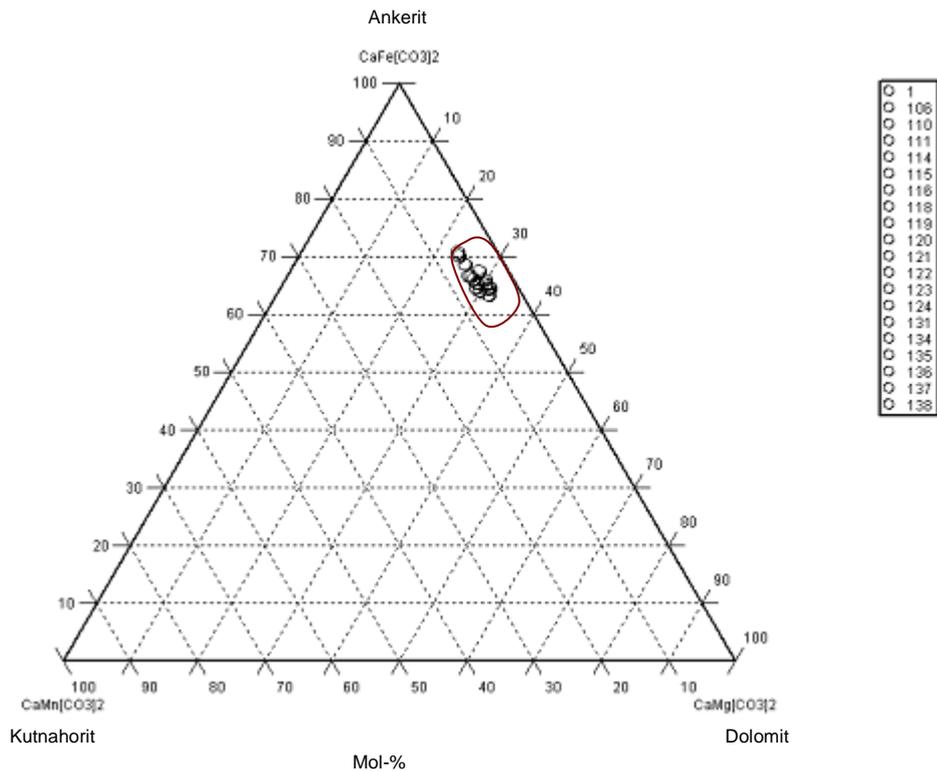


Dünnschliff IGNA17a

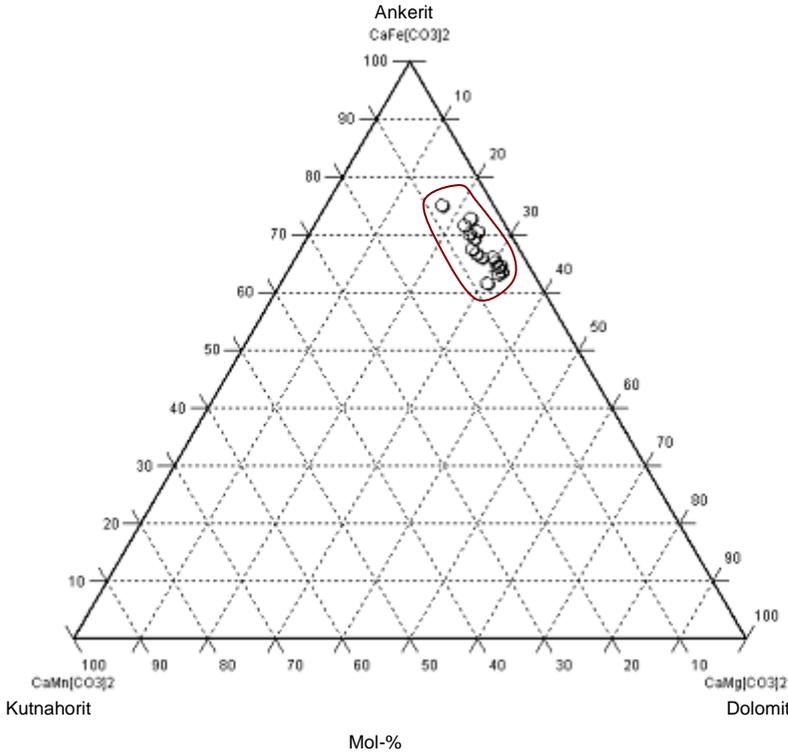
Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
1	6.523	28.811	1.512	20.037	0	56.883	Ankerit
3	6.581	30.502	1.637	19.533	0	58.253	Ankerit
106	7.197	27.618	1.734	20.877	0	57.426	Ankerit
110	6.281	27.857	1.88	21.596	0.018	57.632	Ankerit
111	7.133	28.007	1.757	21.01	0	57.907	Ankerit
114	6.676	28.725	1.693	21.03	0	58.124	Ankerit
115	6.08	27.331	1.802	21.294	0.002	56.509	Ankerit
116	5.777	28.168	1.884	22.118	0	57.947	Ankerit
118	6.731	31.18	1.502	17.887	0	57.3	Ankerit
119	5.783	27.875	1.947	22.392	0	57.997	Ankerit
120	6.743	28.023	1.747	20.931	0	57.444	Ankerit
121	6.819	28.553	1.658	19.609	0	56.639	Ankerit
122	7.245	28.208	1.726	20.088	0.045	57.312	Ankerit
123	7.094	29.005	1.591	19.745	0	57.435	Ankerit
124	6.907	30.429	1.561	18.307	0	57.204	Ankerit
131	6.443	28.838	1.721	20.59	0	57.592	Ankerit
134	7	29.909	1.58	19.262	0.02	57.771	Ankerit
135	7.187	28.683	1.731	20.038	0	57.639	Ankerit
136	7.078	28.152	1.74	20.957	0	57.927	Ankerit
137	7.216	28.882	1.589	20.011	0	57.698	Ankerit
138	6.305	28.488	1.81	22.263	0.005	58.871	Ankerit
141	7.171	28.78	1.577	19.518	0.017	57.063	Ankerit
142	6.083	27.763	1.927	21.871	0	57.644	Ankerit
143	6.75	31.409	1.575	18.672	0	58.406	Ankerit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
144	6.613	30.324	1.567	18.591	0	57.095	Ankerit
151	6.287	31.995	1.571	17.323	0	57.176	Ankerit
152	5.878	28.239	1.795	22.149	0	58.061	Ankerit
153	6.766	29.581	1.514	18.521	0.027	56.409	Ankerit
155	5.243	28.737	1.681	22.333	0	57.994	Ankerit
156	5.734	30.662	1.836	19.537	0	57.769	Ankerit
158	4.202	27.447	2.187	23.717	0	57.553	Ankerit
160	5.228	29.674	1.492	21.255	0	57.649	Ankerit
168	5.883	28.198	2.047	21.777	0.048	57.953	Ankerit
171	6.757	30.639	1.624	18.942	0	57.962	Ankerit
178	6.046	29.762	1.778	19.745	0.007	57.338	Ankerit
180	6.311	29.351	1.7	20.045	0	57.407	Ankerit
188	5.837	30.105	1.536	20.371	0	57.849	Ankerit
197	6.964	30.214	1.559	18.514	0	57.251	Ankerit
199	7.034	30.305	1.575	18.763	0.016	57.693	Ankerit
4	0.216	53.573	0.271	0.848	0.003	54.911	Calcit
107	0.081	53.328	0.484	0.972	0	54.865	Calcit
109	0.129	54.236	0.301	0.58	0	55.246	Calcit
112	0.101	53.911	0.357	0.656	0	55.025	Calcit
113	0.209	53.866	0.515	0.989	0.01	55.589	Calcit
125	0.126	54.143	0.323	0.856	0	55.448	Calcit
126	0.107	54.308	0.238	0.611	0.006	55.27	Calcit
128	0.151	53.187	0.414	0.807	0.014	54.573	Calcit
129	0.062	53.862	0.344	0.653	0	54.921	Calcit
130	0.355	52.411	0.339	1.334	0	54.439	Calcit
133	0.205	53.496	0.332	0.878	0	54.911	Calcit
139	0.058	54.507	0.185	0.507	0.038	55.295	Calcit
140	0.007	55.271	0.014	0.247	0.086	55.625	Calcit
145	0.082	54.058	0.386	0.86	0	55.386	Calcit
147	0.015	55.079	0	0.066	0.027	55.187	Calcit
148	0.125	53.258	0.358	0.839	0	54.58	Calcit
149	0.1	53.176	0.403	0.81	0	54.489	Calcit
150	0.152	52.976	0.472	1.129	0.016	54.745	Calcit
154	0.183	53.214	0.421	1.065	0.003	54.886	Calcit
157	0.35	54.188	0.038	0.653	0	55.229	Calcit
159	0.007	54.948	0.039	0.114	0.049	55.157	Calcit
161	0.164	54.737	0.185	0.689	0	55.775	Calcit
162	0.154	53.8	0.35	0.992	0	55.296	Calcit
163	0.081	53.821	0.459	1.051	0.017	55.429	Calcit
164	0.22	53.055	0.337	0.776	0	54.388	Calcit
166	0.284	52.981	0.179	0.406	0	53.85	Calcit
167	0.106	53.457	0.432	0.939	0	54.934	Calcit
169	0.211	54.662	0.255	0.674	0	55.802	Calcit
170	0.228	53.792	0.245	0.709	0.024	54.998	Calcit
172	0.15	54.647	0.315	0.718	0	55.83	Calcit
173	0	55.812	0.021	0.028	0.003	55.864	Calcit

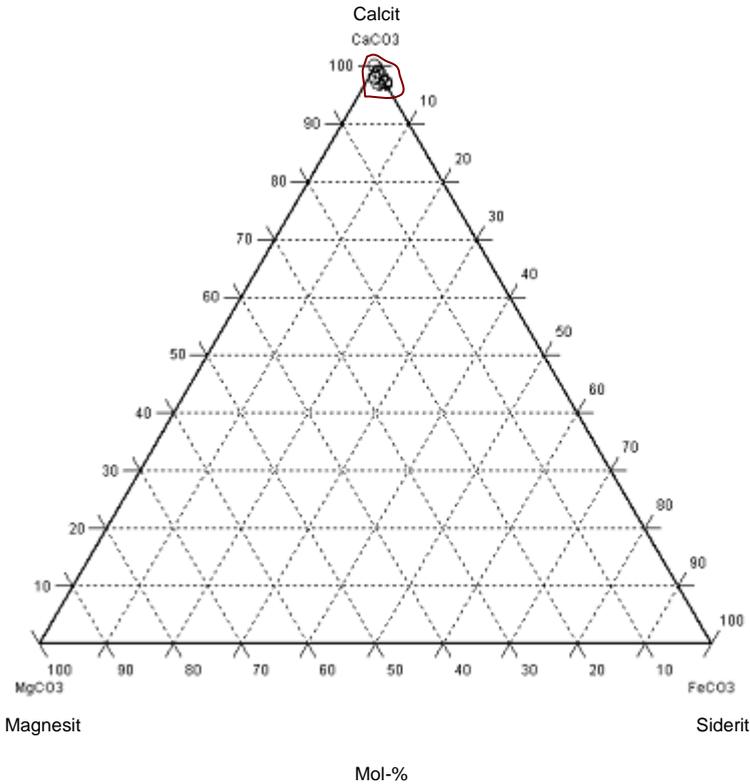
Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	SrO [%]	Total [%]	Mineral
177	0.159	55.937	0.563	1.682	0	58.341	Calcit
179	0.189	52.815	0.503	1.623	0	55.13	Calcit
184	0.318	52.241	0.439	1.084	0	54.082	Calcit
185	0.444	54.309	0.161	0.471	0	55.385	Calcit
190	0.186	53.309	0.309	1.124	0.058	54.986	Calcit
193	0.236	54.123	0.165	0.521	0	55.045	Calcit
194	0.35	54.293	0.014	0.529	0	55.186	Calcit
195	0	56.025	0.004	0.042	0.002	56.073	Calcit
196	0.181	53.624	0.405	0.892	0	55.102	Calcit
198	0.152	54.628	0.339	0.646	0	55.765	Calcit
181	0	0.054	0	62.178	0	62.232	Pyrit
182	0.015	0.082	0	62.821	0	62.918	Pyrit
5	0	56.022	0	0.044	0.026	56.092	Quarz
108	0	0.023	0	0.037	0	0.06	Quarz
132	0.004	0.032	0	0.088	0	0.124	Quarz
146	0	0.022	0	0.089	0	0.111	Quarz
165	0.027	0.041	0.028	0.013	0	0.109	Quarz
187	0.007	0.044	0.011	0.079	0	0.141	Quarz
191	0.012	1.234	0.057	0.025	0	1.328	Quarz
2	0.158	50.16	0.309	0.612	0.008	51.247	-
175	0.316	38.625	0.324	0.818	0	40.083	-
183	0.198	3.052	0.015	0.248	0	3.513	-
186	0.471	9.003	0.019	0.229	0	9.722	-
189	0.158	51.771	0.447	1.141	0	53.517	-
192	5.708	28.575	1.717	18.804	0	54.804	-
200	5.81	27.563	1.608	19.163	0	54.144	-



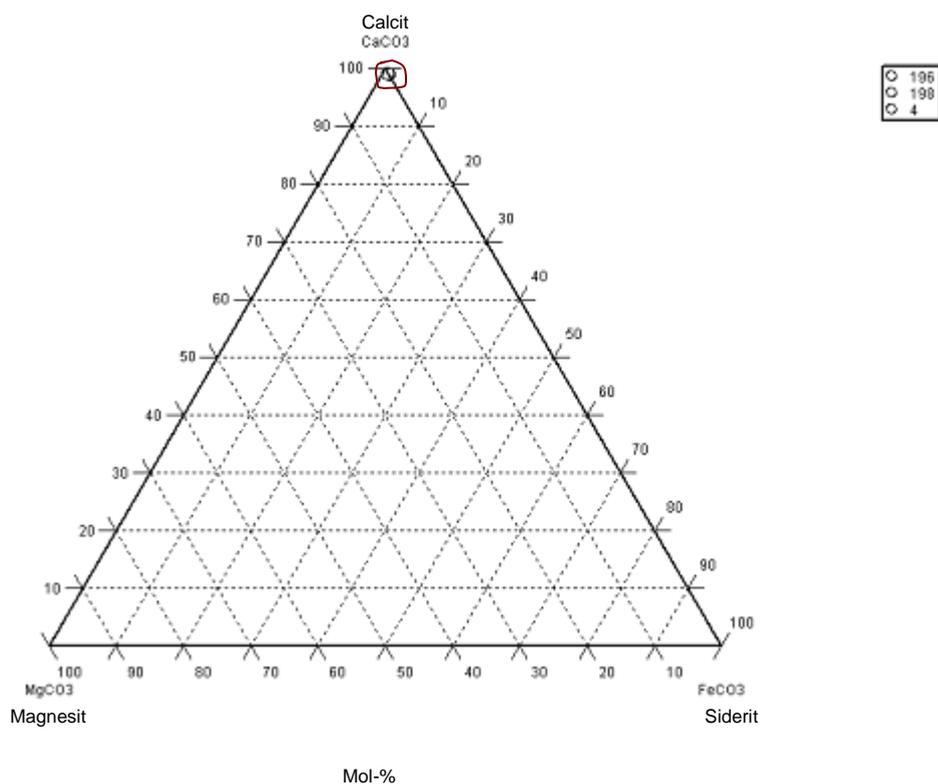
Der Kalkstock in der Sideritlagerstätte des Steirischen Erzberges



- 141
- 142
- 143
- 144
- 151
- 152
- 153
- 155
- 156
- 158
- 160
- 168
- 171
- 178
- 180
- 188
- 197
- 199
- 3



- 161
- 162
- 163
- 164
- 166
- 167
- 169
- 170
- 172
- 173
- 174
- 176
- 177
- 179
- 184
- 185
- 190
- 193
- 194
- 195



Dünnschliff VORA6

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
314	5.639	27.411	1.61	23.077	57.737	Ankerit
342	9.372	28.538	1.43	18.44	57.78	Ankerit
343	5.755	28.484	1.819	22.433	58.491	Ankerit
348	5.722	29.444	1.358	22.307	58.831	Ankerit
355	6.541	28.968	1.621	22.293	59.423	Ankerit
359	5.254	29.655	1.315	21.56	57.784	Ankerit
367	3.93	40.597	0.889	11.535	56.951	Ankerit
368	5.911	27.158	1.626	22.188	56.883	Ankerit
369	6.351	27.507	1.555	22.139	57.552	Ankerit
370	7.677	28.515	1.224	20.383	57.799	Ankerit
374	4.607	31.34	1.303	21.089	58.339	Ankerit
376	5.048	27.974	1.342	23.054	57.418	Ankerit
377	6.627	26.69	1.612	22.087	57.016	Ankerit
384	5.365	29.842	1.261	21.157	57.625	Ankerit
394	5.398	27.938	1.314	23.099	57.749	Ankerit
396	5.775	28.866	1.258	22.649	58.548	Ankerit
398	5.293	30.289	1.231	21.242	58.055	Ankerit
399	6.07	27.745	1.613	22.534	57.962	Ankerit
305	0.568	56.178	0	0.035	56.781	Calcit
306	0.279	54.419	0.096	0.45	55.244	Calcit
308	0.528	53.379	0.01	0.086	54.003	Calcit
309	0.321	53.456	0.018	0.084	53.879	Calcit
318	0.366	56.874	0.073	0.238	57.551	Calcit
320	0.21	51.47	0.351	1.924	53.955	Calcit
322	0.453	54.959	0.098	0.434	55.944	Calcit
325	0.301	49.917	0.247	1.079	51.544	Calcit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
327	0.419	56.908	0.008	0.006	57.341	Calcit
328	0.18	56.036	0.053	0.094	56.363	Calcit
329	0.337	54.194	0.115	0.393	55.039	Calcit
337	0.26	52.241	0.603	2.551	55.655	Calcit
387	0.183	54.465	0.473	1.442	56.563	Calcit
324	0.571	54.174	0	0.033	54.778	Calcit
307	0.003	0.052	0	0.048	0.103	Quarz
326	0.011	0.057	0.046	0.045	0.159	Quarz
333	0	0.007	0	0.035	0.042	Quarz
334	0.013	0.093	0.033	0.012	0.151	Quarz
336	0.005	0.01	0	0.01	0.025	Quarz
338	0.006	0	0.039	0	0.045	Quarz
347	0.024	0.015	0.012	0.015	0.066	Quarz
349	0.033	0	0.029	0.019	0.081	Quarz
358	0	0	0.027	0	0.027	Quarz
361	0	0.024	0	0.025	0.049	Quarz
373	0.02	0.011	0	0.005	0.036	Quarz
378	0.036	0.037	0.022	0.036	0.131	Quarz
395	0.008	0.006	0	0.012	0.026	Quarz
310	4.08	4.046	2.175	48.689	58.99	Siderit
311	4.735	2.947	2.268	50.313	60.263	Siderit
313	5.353	0.982	2.116	52.044	60.495	Siderit
315	5.146	0.578	2.143	52.253	60.12	Siderit
316	5.318	0.609	2.204	52.173	60.304	Siderit
319	4.273	4.788	2.163	48.021	59.245	Siderit
321	3.783	12.68	1.757	40.37	58.59	Siderit
323	3.992	9.151	1.784	42.683	57.61	Siderit
330	4.509	0.568	2.317	52.875	60.269	Siderit
331	4.863	0.589	2.083	52.106	59.641	Siderit
332	4.605	0.682	2.566	51.965	59.818	Siderit
339	4.809	0.717	2.454	52.182	60.162	Siderit
340	4.53	0.699	2.461	51.412	59.102	Siderit
341	4.7	0.627	2.198	52.266	59.791	Siderit
344	4.55	0.612	2.16	52.23	59.552	Siderit
345	4.531	0.581	2.162	51.966	59.24	Siderit
346	4.742	0.507	2.048	51.916	59.213	Siderit
350	4.693	0.7	2.082	52.281	59.756	Siderit
351	4.769	0.555	2.323	52.494	60.141	Siderit
353	5.418	0.73	2.122	51.766	60.036	Siderit
354	4.672	0.445	2.023	52.239	59.379	Siderit
356	4.824	0.686	2.267	52.184	59.961	Siderit
357	5.211	0.551	2.228	52.667	60.657	Siderit
360	4.853	0.645	2.26	52.156	59.914	Siderit
362	4.815	0.652	2.236	51.739	59.442	Siderit
363	4.739	0.592	2.312	52.102	59.745	Siderit
364	4.581	1.806	2.291	50.784	59.462	Siderit
366	5.001	0.837	2.213	51.073	59.124	Siderit

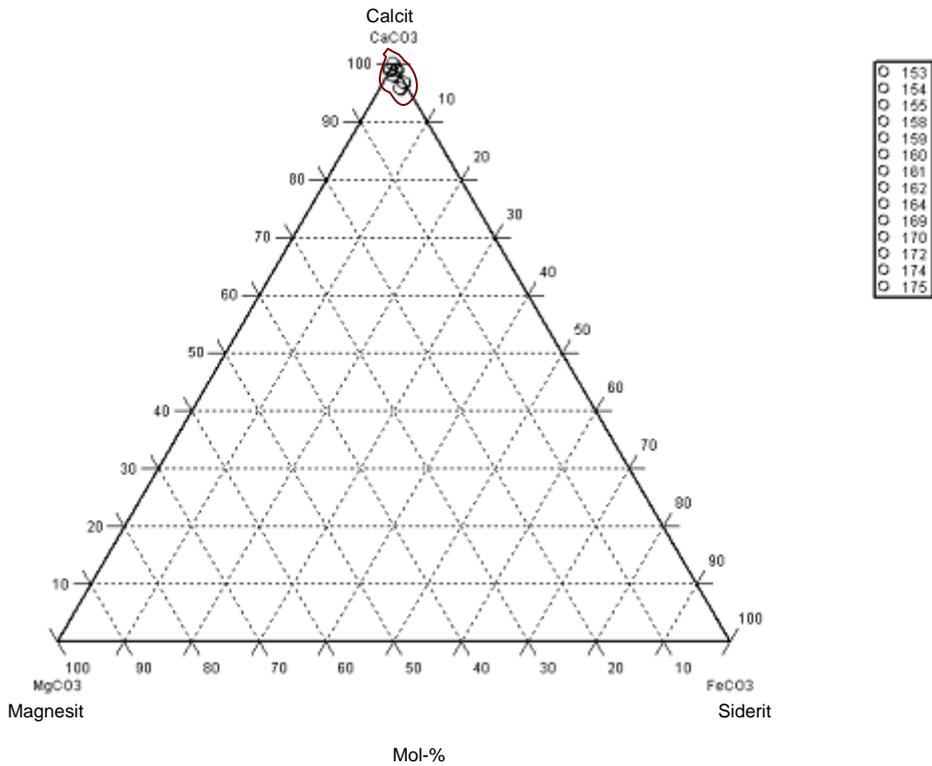
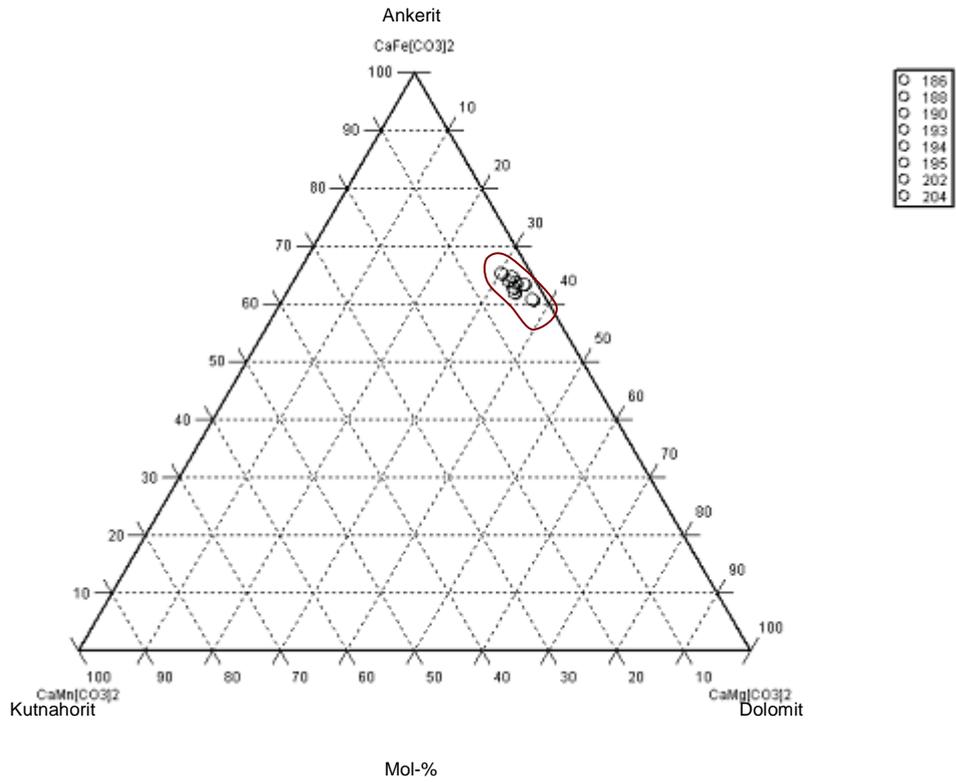
Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
371	4.712	0.675	2.227	51.924	59.538	Siderit
372	4.426	1.63	2.302	50.851	59.209	Siderit
375	4.501	0.493	1.971	52.659	59.624	Siderit
379	4.774	0.549	2.14	51.662	59.125	Siderit
380	4.935	0.579	2.192	52.074	59.78	Siderit
381	5.483	0.416	1.9	52.599	60.398	Siderit
382	5.007	0.513	2.113	52.612	60.245	Siderit
383	4.666	0.76	2.396	52.579	60.401	Siderit
385	4.542	0.521	2.427	52.184	59.674	Siderit
386	4.47	0.567	2.285	52.407	59.729	Siderit
388	5.138	0.72	2.068	52.28	60.206	Siderit
389	4.636	0.62	2.32	52.169	59.745	Siderit
390	4.602	0.531	2.341	52	59.474	Siderit
392	4.731	0.866	2.257	51.38	59.234	Siderit
393	4.845	0.657	2.039	52.274	59.815	Siderit
397	4.751	0.616	2.225	52.156	59.748	Siderit
400	4.715	0.477	1.974	52.697	59.863	Siderit
401	4.8	0.586	2.381	52.486	60.253	Siderit
402	4.909	0.586	2.197	52.158	59.85	Siderit
403	4.98	0.464	2.025	52.585	60.054	Siderit
404	5.726	0.522	1.991	51.502	59.741	Siderit
405	5.737	0.536	1.989	51.408	59.67	Siderit
312	0.498	60.205	0	0.041	60.744	-
317	0.924	32.958	0.061	0.688	34.631	-
352	3.949	0.294	1.763	49.028	55.034	-
365	5.878	24.419	1.58	22.042	53.919	-
391	0.639	58.473	0.028	0.056	59.196	-
335	4.483	0.597	1.785	50.511	57.376	-

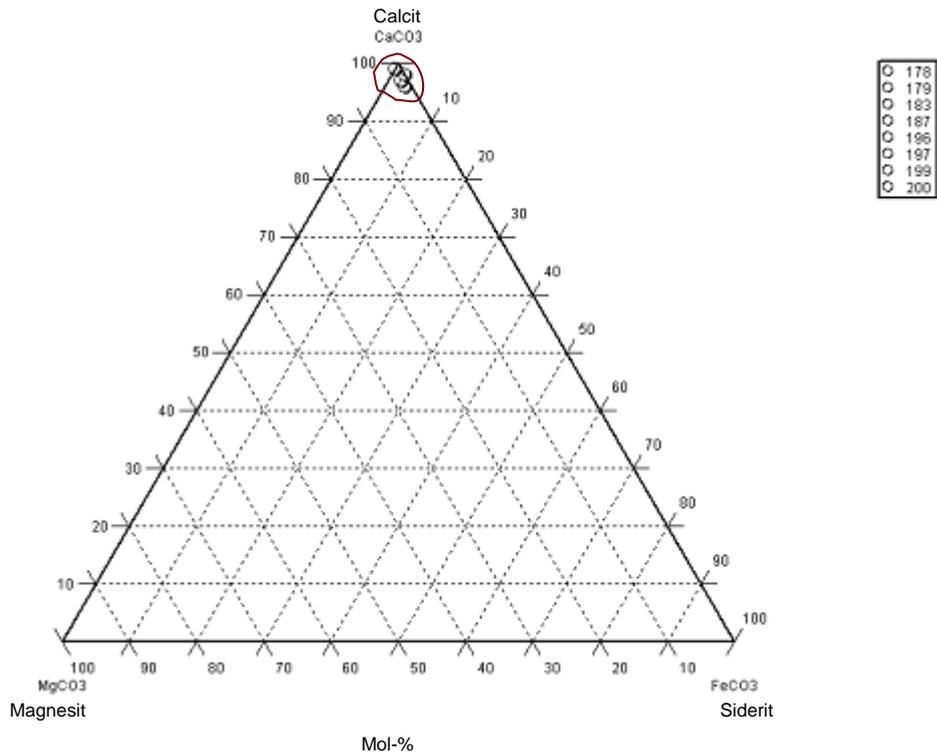
Dünnschliff VORA8

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
110	7.416	28.144	0.918	20.731	57.209	Ankerit
116	6.899	30.976	0.941	19.043	57.859	Ankerit
124	7.26	31.556	0.894	18.735	58.445	Ankerit
126	6.791	28.528	1.275	21.745	58.339	Ankerit
129	7.227	29.482	0.906	18.372	55.987	Ankerit
130	8.12	26.545	1.104	20.035	55.804	Ankerit
131	8.016	28.146	1.044	19.917	57.123	Ankerit
135	7.03	30.719	1.073	18.725	57.547	Ankerit
137	6.881	29.325	1.001	19.278	56.485	Ankerit
138	7.735	31.168	0.988	18.231	58.122	Ankerit
143	7.502	29.547	0.948	18.484	56.481	Ankerit
148	7.88	30.664	0.991	18.73	58.265	Ankerit
173	6.633	31.995	1.077	19.365	59.07	Ankerit
180	7.106	30.168	0.949	19.493	57.716	Ankerit
182	7.993	26.646	0.972	20.559	56.17	Ankerit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
185	7.396	28.641	1.268	20.996	58.301	Ankerit
186	8.162	28.789	1.144	20.023	58.118	Ankerit
188	7.835	28.862	1.109	20.686	58.492	Ankerit
190	7.401	29.942	1.019	19.695	58.057	Ankerit
193	6.41	34.823	0.893	16.052	58.178	Ankerit
194	8.208	29.037	1.166	20.303	58.714	Ankerit
195	9.26	27.903	0.903	19.144	57.21	Ankerit
202	6.049	35.72	0.914	16.224	58.907	Ankerit
204	8.044	27.991	0.889	19.049	55.973	Ankerit
106	0.304	53.599	0.034	0	53.937	Calcit
107	0.364	53.816	0.047	0.127	54.354	Calcit
108	0.281	53.997	0.02	0.151	54.449	Calcit
111	0.388	54.039	0.007	0.092	54.526	Calcit
113	0.661	53.403	0.028	0.111	54.203	Calcit
114	0.316	52.062	0.211	1.076	53.665	Calcit
115	0.382	53.308	0.076	0.099	53.865	Calcit
117	0.217	52.613	0.007	0.094	52.931	Calcit
118	0.288	52.491	0.425	1.73	54.934	Calcit
121	0.11	54.109	0	0.072	54.291	Calcit
123	0.544	53.716	0.021	0.177	54.458	Calcit
132	0.179	55.283	0.39	1.483	57.335	Calcit
139	0.26	53.301	0.371	1.656	55.588	Calcit
141	0.188	53.103	0.43	1.531	55.252	Calcit
142	0.147	51.606	0.365	1.397	53.515	Calcit
145	0.246	54.533	0.412	1.816	57.007	Calcit
147	0.252	52.709	0.339	1.631	54.931	Calcit
149	0.271	52.46	0.376	1.758	54.865	Calcit
150	0.241	52.923	0.291	1.427	54.882	Calcit
151	0.188	52.71	0.356	1.503	54.757	Calcit
153	0.367	51.48	0.465	2.131	54.443	Calcit
154	0.179	54.073	0.072	0.199	54.523	Calcit
155	0.349	54.129	0.012	0.039	54.529	Calcit
158	0.361	56.638	0.078	0.184	57.261	Calcit
159	0.599	56.361	0.051	0.107	57.118	Calcit
160	0.285	57.442	0.041	0.152	57.92	Calcit
161	0.469	54.461	0	0	54.93	Calcit
162	0.343	54.583	0.024	0.018	54.968	Calcit
164	0.359	53.853	0.056	0.441	54.709	Calcit
169	0.451	56.245	0.024	0	56.72	Calcit
170	0.388	54.015	0.113	0.374	54.89	Calcit
172	0.229	53.918	0.065	0.455	54.667	Calcit
174	0.237	51.7	0.541	1.723	54.201	Calcit
175	0.126	55.798	0	0.052	55.976	Calcit
178	0.526	55.68	0.027	0.051	56.284	Calcit
179	0.265	51.922	0.324	1.445	53.956	Calcit
183	0.218	51.839	0.328	1.46	53.845	Calcit
187	0.16	52.285	0.371	1.2	54.016	Calcit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
196	0.241	52.062	0.234	1.386	53.923	Calcit
197	0.266	53.701	0.412	1.587	55.966	Calcit
199	0.28	52.195	0.27	1.329	54.074	Calcit
200	0.295	53.923	0.206	1.422	55.846	Calcit
109	0	0.021	0.004	0.017	0.042	Quarz
128	0	0.027	0	0.014	0.041	Quarz
133	0	0.012	0	0.001	0.013	Quarz
136	0	0.031	0	0.018	0.049	Quarz
140	0	0.009	0.009	0.026	0.044	Quarz
144	0.017	0.014	0	0.03	0.061	Quarz
152	0	0.051	0	0.003	0.054	Quarz
156	0	0.044	0	0.023	0.067	Quarz
167	0.866	0.093	0.031	1.401	2.391	Quarz
171	0.07	0.032	0.027	0.275	0.404	Quarz
176	0.182	0.042	0.021	0.212	0.457	Quarz
177	0	0.052	0.076	0.026	0.154	Quarz
181	0.004	0.048	0	0.022	0.074	Quarz
184	0.006	0.036	0.002	0.054	0.098	Quarz
189	0	0.017	0.014	0.007	0.038	Quarz
191	0	0.012	0	0.026	0.038	Quarz
201	0	0.037	0.015	0.014	0.066	Quarz
203	0.012	0.093	0.017	0.056	0.178	Quarz
112	0.338	51.896	0.033	0.168	52.435	-
119	0.306	59.189	0	0.041	59.536	-
120	0.357	52.365	0.04	0.32	53.082	-
122	0.285	52.344	0.026	0.063	52.718	-
125	8.097	0.121	0.042	35.362	43.622	-
127	0.282	50.445	0.396	1.562	52.685	-
134	0.249	48.542	0.319	1.629	50.739	-
146	3.471	44.286	0.458	8.043	56.258	-
157	0.091	48.103	0.011	0.062	48.267	-
163	0.171	50.992	0.411	1.184	52.758	-
165	0.119	51.203	0.352	1.086	52.76	-
166	0.2	50.597	0.356	1.647	52.8	-
168	5.8	0.427	0.039	19.747	26.013	-
192	0.276	49.811	0.212	1.368	51.667	-
198	8.057	30.564	1.193	20.657	60.471	-



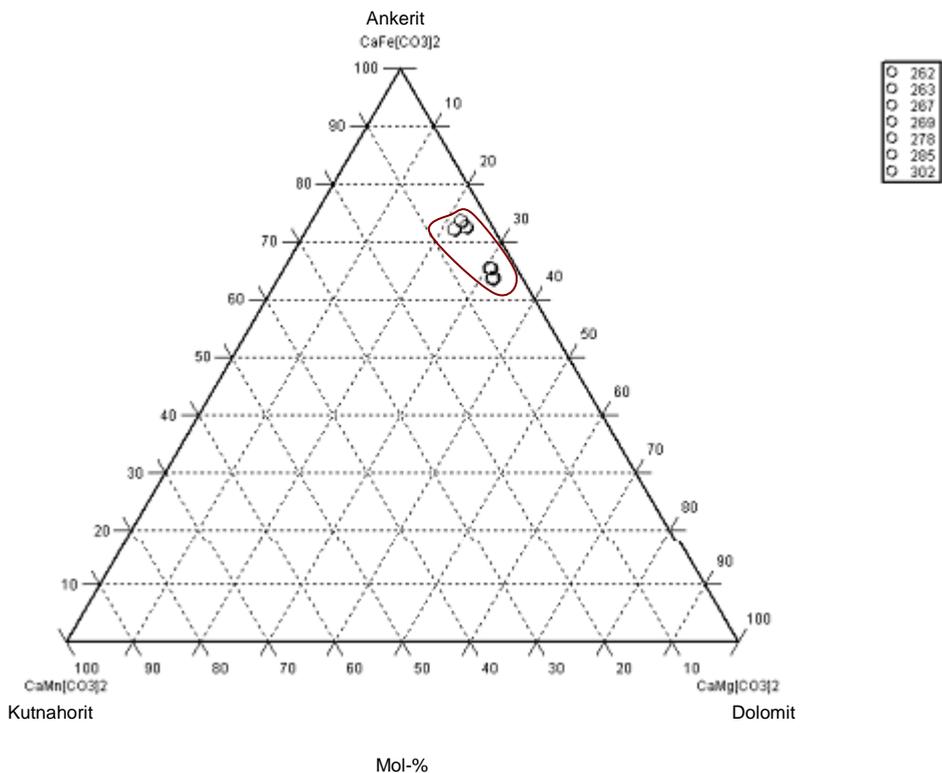


Dünnschliff VORA10a

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
213	6.203	28.298	1.698	22.383	58.582	Ankerit
215	5.803	27.45	1.803	23.06	58.116	Ankerit
216	4.08	27.958	1.588	23.373	56.999	Ankerit
217	4.293	29.593	1.53	22.616	58.032	Ankerit
222	6.369	27.002	1.497	22.19	57.058	Ankerit
223	6.628	27.973	1.607	21.931	58.139	Ankerit
226	5.279	29.123	1.237	21.868	57.507	Ankerit
227	5.041	28.194	1.327	23.65	58.212	Ankerit
234	5.179	29.975	1.524	21.426	58.104	Ankerit
243	5.434	28.699	1.251	21.102	56.486	Ankerit
244	5.459	28.968	1.343	21.624	57.394	Ankerit
248	5.527	28.539	1.528	22.23	57.824	Ankerit
251	5.379	29.649	1.256	21.778	58.062	Ankerit
258	5.732	27.342	1.532	22.414	57.02	Ankerit
262	7.452	28.61	1.118	20.187	57.367	Ankerit
263	7.407	29.694	1.054	19.91	58.065	Ankerit
267	7.34	30.723	1.132	19.009	58.204	Ankerit
269	7.309	27.513	1.222	20.503	56.547	Ankerit
278	5.861	28.012	1.528	22.672	58.073	Ankerit
285	5.584	28.755	1.502	22.832	58.673	Ankerit
302	5.157	28.727	1.611	22.814	58.309	Ankerit
207	0.036	55.346	0.209	0.233	55.824	Calcit
230	0.051	53.028	0.249	0.351	53.679	Calcit
232	0.032	56.688	0.235	0.346	57.301	Calcit
266	0.33	52.132	0.357	1.212	54.031	Calcit
272	0.069	54.976	0.184	0.412	55.641	Calcit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
274	2.639	48.335	0.755	6.579	58.308	Calcit
275	0.039	53.073	0.287	0.458	53.857	Calcit
277	0.474	55.365	0.369	1.94	58.148	Calcit
279	0.004	52.613	0.303	0.397	53.317	Calcit
281	0.037	57.58	0.319	0.339	58.275	Calcit
282	0.093	57.932	0.241	0.424	58.69	Calcit
284	0.066	58.11	0.267	0.395	58.838	Calcit
205	0.373	0	0	1.541	1.914	Quarz
208	0.313	0.061	0	0.646	1.02	Quarz
210	0.745	0.054	0	1.026	1.825	Quarz
214	0.41	0.073	0.022	1.049	1.554	Quarz
224	0.298	0.057	0	0.769	1.124	Quarz
236	0.887	0.061	0.012	1.189	2.149	Quarz
237	0.526	0.065	0.008	1.437	2.036	Quarz
239	0	0.056	0	0	0.056	Quarz
245	0.426	0.112	0	1.255	1.793	Quarz
249	0	0.029	0	0.051	0.08	Quarz
250	0.011	0.013	0	0.018	0.042	Quarz
253	0.003	0	0	0.042	0.045	Quarz
254	0.567	0.264	0	1.708	2.539	Quarz
257	0	0.001	0	0.036	0.037	Quarz
260	0.012	0.021	0.019	0.014	0.066	Quarz
287	0.057	0.017	0.028	0.214	0.316	Quarz
289	0.274	0.056	0.043	0.857	1.23	Quarz
291	0.055	0.023	0.023	0.57	0.671	Quarz
293	0	0.043	0.016	0.02	0.079	Quarz
295	0.003	0	0.01	0.096	0.109	Quarz
296	0	0.047	0	0.073	0.12	Quarz
298	0	0.008	0.038	0.048	0.094	Quarz
304	0.002	0	0.006	0.007	0.015	Quarz
206	4.946	1.912	2.172	51.168	60.198	Siderit
209	5.012	0.669	2.325	52.534	60.54	Siderit
211	4.45	0.65	2.332	51.97	59.402	Siderit
212	5.369	1.341	2.08	50.445	59.235	Siderit
218	3.376	13.451	1.966	39.573	58.366	Siderit
219	4.796	0.525	2.009	52.152	59.482	Siderit
220	4.377	0.632	2.431	52.038	59.478	Siderit
225	4.537	1.026	2.094	51.771	59.428	Siderit
229	4.681	0.362	2.102	52.949	60.094	Siderit
231	4.437	0.368	2.095	52.908	59.808	Siderit
233	4.493	1.278	2.275	50.843	58.889	Siderit
238	5.003	0.511	2.231	51.106	58.851	Siderit
240	5.772	0.5	2.063	50.734	59.069	Siderit
241	4.495	0.68	2.34	51.356	58.871	Siderit
242	5.071	0.9	2.291	50.959	59.221	Siderit
247	6.597	0.433	1.884	50.809	59.723	Siderit
252	4.654	0.876	2.157	51.972	59.659	Siderit

Messpunkt	MgO [%]	CaO [%]	MnO [%]	FeO [%]	Total [%]	Mineral
256	6.464	0.617	2.009	50.932	60.022	Siderit
259	7.359	3.447	1.86	46.656	59.322	Siderit
261	5.18	0.838	2.142	51.49	59.65	Siderit
264	4.888	0.516	1.976	52.008	59.388	Siderit
268	4.096	0.409	2.168	53.144	59.817	Siderit
270	4.687	0.501	2.171	53.426	60.785	Siderit
271	4.371	0.399	2.074	52.867	59.711	Siderit
273	4.418	0.308	2.069	53.512	60.307	Siderit
276	5.221	0.368	2.113	52.429	60.131	Siderit
280	5.442	0.267	1.89	52.525	60.124	Siderit
286	4.687	0.772	2.02	51.236	58.715	Siderit
288	4.662	2.28	2.113	50.313	59.368	Siderit
290	4.735	1.652	2.15	51.029	59.566	Siderit
294	3.871	0.402	2.486	52.621	59.38	Siderit
297	5.015	0.459	2.44	51.068	58.982	Siderit
299	6.06	0.519	2.094	50.524	59.197	Siderit
300	4.786	0.657	2.333	50.799	58.575	Siderit
303	4.069	9.497	1.963	42.444	57.973	Siderit
221	0.092	22.216	0.025	0.476	22.809	-
228	0.059	51.782	0.212	0.364	52.417	-
235	4.4	0.439	2.321	48.53	55.69	-
246	3.581	3.205	2.289	47.427	56.502	-
255	0.111	14.062	0.028	0.022	14.223	-
265	0.088	52.071	0.303	0.554	53.016	-
301	6.029	21.904	0.92	18.568	47.421	-



Isotopenmessungen durchgeführt wurden, werden die bisher zur Verfügung stehenden Ergebnisse angeführt.

Probe	δ13C (VPDB) ‰	δ18O (VSMOW) ‰	Mineral
igna12	-5.76	-11.16	Ankerit
igna12	-5.86	-11.32	Ankerit
igna13	-5.25	-11.27	Ankerit
igna13	-5.23	-11.24	Ankerit
igna14	-6.24	-11.85	Ankerit
igna14	-6.22	-11.78	Ankerit
igna15	-5.43	-11.95	Ankerit
igna15	-5.34	-11.97	Ankerit
igna16	-4.85	-12.19	Ankerit
igna16	-4.80	-12.23	Ankerit
igna17	-5.22	-11.84	Ankerit
igna17	-5.28	-11.90	Ankerit
igna17	-1.38	-11.78	Calcit
igna18	0.31	-12.10	Calcit

Diese Ergebnisse können mit bereits durchgeführten Analysen verglichen werden.

Der gemessene Calcit in der Probe IGNA17 kann am besten mit den Ergebnissen von Laube et al. (1995) verglichen werden. Er kam zu dem Ergebnis, dass die feinkörnigen Calcite am Steirischen Erzberg δ13C (VPDB)-Werte zwischen -2,0 ‰ und +2,1 ‰ und δ18O (VSMOW)-Werte zwischen -15,3 ‰ und -9,0 ‰ aufweisen. Der Calcit der Probe IGNA18 passt zu den Analysen an Sauberger Kalken von Spindler (1991/1992) und Schroll (1997). Bei ihnen lagen die δ13C (VPDB)-Werte zwischen -0,7 ‰ und +1,4 ‰ und die δ18O (VSMOW)-Werte zwischen -14,0 ‰ und -10,6 ‰.

Die Ergebnisse der Ankerite korrelieren ebenfalls mit den Analysen, die von Laube et al. (1995) durchgeführt wurden. Hier bewegen sich bei der von ihm definierten Generation II die δ13C (VPDB)-Werte zwischen -5,9 ‰ und -3,8 ‰ und die δ18O (VSMOW)-Werte zwischen -14,6 ‰ und -9,5 ‰.

Des Weiteren wurden Analysen von S-Isotopen im Zinnober, welcher bereichsweise im vererzten Gestein auftritt, durchgeführt. Dies erfolgte von Halas (2009). Er führte bei jeder Probe zwei Messungen durch und kam zu folgenden Ergebnissen:

Probe	δ34S ‰	Mineral
E/1	-0,1	Zinnober
E/1	-0,1	Zinnober
E/2	+7,8	Zinnober
E/2	-0,2	Zinnober

Hierzu gibt es keine Vergleichsmessungen.

9. 5. Geologische Karten und dazugehörige Legende

Legende

Eisenerzer Schichten (Zwischenschiefer)

Erz (Fertigerz, Zwischengut, Rohwand)

Kalk (grauer bis bunter Flaserkalk, Kalkschiefer-Flaserkalk)

stark silikatführend

hämatitführend

Schutt, Hauwerk

Schutt, von den Eisenerzer Schichten stammend

Harnischfläche

Störungszone

stark verwitterter Bereich

Störung bzw. vermutete Störung

Lithologiegrenze bzw. vermutete Lithologiegrenze

DB dickbankig

dB dünnbankig

Bergwasseraustritt

Fallzeichen: 0°-30°

Fallzeichen: 31°-60°

Fallzeichen: 61°-90°

Probenahmepunkt