

Erzmikroskopische Untersuchungen an Blei-Zink-Lagerstätten im Raume von Trento (Norditalien)

(Mit 4 Tafeln und 1 Abbildung.)

Von Albert Maucher, München.

Inhaltsverzeichnis:

I. Allgemeiner Überblick	139
II. Die Erze in den Bellerophonkalken	141
III. Die Erze der Gänge vom Typ Nogaré	142
IV. Die Erze des Kieslagers von Calceranica-Caldonazzo	148
V. Zur Geochemie	148
VI. Zusammenfassung	151
VII. Literaturverzeichnis	152

I. Allgemeiner Überblick.

Auf der Lagerstättenkarte der Ostalpen von O. M. FRIEDRICH (1953) sind im Gebiete von Trient „an Kalk gebundene Blei-Zink-Erzlagerstätten“ sowie „Blei-Zink-Erzlagerstätten in Nichtkalkgesteinen“ angegeben. Außerdem finden sich Fundpunkte von „heißhydrothermalen Cu-Ag-FeAs- usw. Lagerstätten“. Drei verschiedene Lagerstättentypen also, über die FRIEDRICH selbst (1953, S. 387) zusammenfassend sagt: „Neue Bearbeitungen dieser Lagerstätten sind mir nicht bekannt geworden.“

In Fortsetzung der bereits vor einigen Jahren am Institut für allgemeine und angewandte Geologie der Universität München begonnenen Bearbeitung alpiner Blei-Zinklagerstätten (SCHNEIDER 1953, 1954; MAUCHER 1954) wurde eine eingehende Bearbeitung der Blei-Zinkvorkommen bei Trient in Angriff genommen. Eine geologische Kartierung des Gebietes im Maßstab 1:10.000 ist noch im Gang. Die verschiedenen Teilarbeiten sollen in einer Veröffentlichung zusammengefaßt werden. H. J. SCHNEIDER (1956) hat bereits einiges über die Vererzung der südalpinen Bellerophonschichten aus dem Raum Trient berichtet. Ich möchte nachstehend Ergebnisse meiner bisherigen erzmikroskopischen Untersuchungen bekanntgeben.

In der Literatur konnte ich nur eine einzige erzmikroskopische Bearbeitung von Lagerstätten des Trientiner Bezirkes finden, und zwar von

THORNQUIST (1931). THORNQUIST spricht von einer „Gangformation des Mte. Calisio bei Trient“ und beschreibt dabei Erzproben, die ihm vom Betriebsleiter einer Grube bei Nogaré zur Verfügung gestellt wurden.

Nun ist das Gebiet nördlich Trient ein altes, berühmtes Bergbaugebiet, über das TRENER (1908) und CANAVAL (1916) ausführlich geschrieben haben. Sie behandeln dabei nur die Vererzungen in den Bellerophon-schichten, also den Typ der an karbonatische Sedimente gebundenen Bleilagerstätten. Seitdem sind die Lagerstätten des Mte. Calisio oder des Calesberges unter dieser Ortsbezeichnung in der Literatur bekannt, obwohl am Mte. Calisio selbst keine Erze auftreten, da die Mte. Calisio-Scholle eine tektonische Einheit mesozoischer Sedimente innerhalb des sonst permischen Rahmens darstellt. In der nördlich vom Mte. Calisio gelegenen, aus Perm gebildeten Hochfläche, der sogenannten Calisio-Hochfläche, finden sich die von TRENER (1908) und CANAVAL (1916) beschriebenen Vorkommen.

Die Gangformation dagegen, die THORNQUIST beschreibt, sitzt noch weiter nordostwärts innerhalb des Bozener Quarzporphyrs auf. Während TRENER (1908) und CANAVAL (1916) die Erze im Bellerophonkalk als syngenetische Bildung deuten, deren Stoffzufuhr durch submarine, vulkanische Exhalationen ins Permmeer erfolgt sei, steht für THORNQUIST (1931) außer Frage, daß es sich um „epigenetische Vererzung“ durch spätere „aszendente Mineralisatoren“ handle. Die Erzgänge im Quarzporphyr sind für ihn die Zubringer der metasomatischen Lager. Er deutet die Genesis der beiden durch Erzinhalt, Nebengestein und Strukturen völlig verschiedenen Lagerstätten ganz im Sinne der unitaristischen, tertiären, alpinen Metallogene. In der Karte der tertiären Minerallagerstätten der Alpen (PETRASCHECK 1945) sind die Blei-Zinklagerstätten bei Trient in diesem Sinne mit aufgeführt.

THORNQUIST (1931) untersuchte Erzproben, die er nicht selbst im Gelände entnommen hatte, mit dem Ergebnis, daß „die Untersuchung der Erze keinen Zweifel darüber ließ“, daß alle Blei-Zinklagerstätten des Trientiner Raumes einem einheitlichen Bildungsgang entstammen. Es ist daher verständlich, daß er sie alle unter dem irreführenden Namen des Mte. Calisio zusammenfaßte. TRENER (1908) und CANAVAL (1916) dagegen, deren Kenntnis der Lagerstätten sich auf langjährige, eingehende feldgeologische Bearbeitung stützte, waren zu dem Ergebnis gekommen, daß es sich bei den Lagerstätten in den Bellerophonkalcken nördlich des Mte. Calisio und den Erzgängen im Quarzporphyr um zwei ganz verschiedene Genesen handeln müsse. Auch wir sind bei unseren Arbeiten zu der Überzeugung gelangt, daß für die beiden Lagerstättentypen ganz verschiedene Entstehungsbedingungen geherrscht haben und daß höchstens indirekte Beziehungen zwischen den beiden bestehen. Dabei ergeben unsere Untersuchungsbefunde im Gegensatz zu THORNQUIST (1931) und ANDREATTA (1949) für die Bellerophon-erze syngenetische Entstehung, während für die Gänge vom Typus Nogaré hydrothermale Bildungen verschiedener Temperaturbereiche nachweisbar sind. Diese Gänge sind bis in die Unterlage der Quarzporphyrplatte, die Quarz-

phyllite und Gneise, zu verfolgen. Der von FRIEDRICH (1953) unter die „heißhydrothermalen Cu-Ag-FeAs- usw. Lagerstätten“ unter Nr. 139 eingereihte Gang südlich Perginé gehört auch zum Typ der Nogaré-Gänge und liegt in den Gneisen.

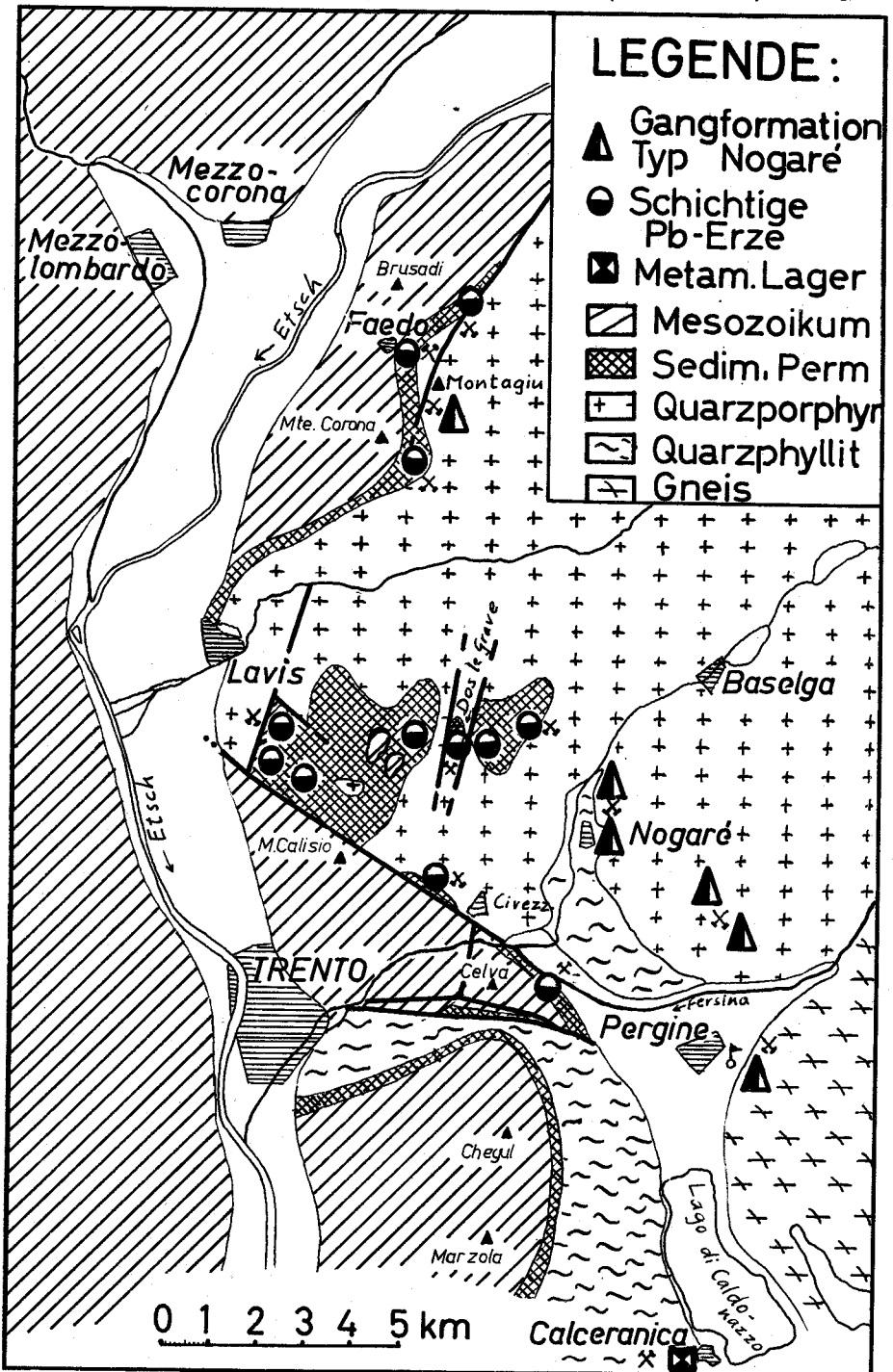
Ein dritter Lagerstättentyp ist durch das von FRIEDRICH (1953) ebenfalls zu den „heißhydrothermalen Lagerstätten mit Cu-Ag-FeAs- usw.“ unter Nr. 136 gestellte Kieslager von Calceranica-Caldonazzo vertreten, bei dem es sich um eine metamorphe Kies-Lagerstätte innerhalb der Quarzphyllite und nicht, wie in der Lagerstättenkarte angegeben, der Trias handelt.

Eine geologische Übersicht über das in Frage kommende Gebiet ist in den Arbeiten von TRENER (1908, 1933) und CANAVAL (1916) gegeben. Auch ANDREATTA (1949) und SCHNEIDER (1956) gehen auf die geologischen Verhältnisse näher ein, so daß ich hier auf diese Arbeiten verweisen und mich auf die erzmikroskopischen Befunde beschränken kann. Eine geologische Kartenskizze gibt Fig. 1. Sie ist nach der Karte von TRENER (1933) und unseren eigenen Aufnahmen gezeichnet. Von den in ihr angegebenen Fundpunkten wurden Proben gesammelt und erzmikroskopisch untersucht.

II. Die Erze in den Bellerophonkalken.

Der Mineralbestand der Bellerophonerze ist ausgesprochen monoton. Als vorherrschendes Erz tritt Bleiglanz auf, in dem gelegentlich Pyrit, Kupferkies oder Fahlerz in kleinsten Körnern gefunden werden. Zinkblende ist innerhalb der eigentlichen Bleiglanzhorizonte eine ausgesprochene Seltenheit. Sie findet sich aber gelegentlich an der Liegendgrenze des eigentlichen erzhöflichen Horizontes in einer wenige Zentimeter mächtigen Bank als eigener Zinkblendehorizont, der fast bleiglanzfrei ist. Es ist somit typisch für diese Erze, daß es sich um fast reine Bleierze handelt, in denen die Zinkblende eine Seltenheit darstellt, und daß die Zinkblende ihrerseits nur ganz untergeordnet auf einen dünnen, stratigraphischen, nahezu bleiglanzfrem Horizont beschränkt ist.

Der Pyrit ist über das ganze Gestein in feinsten Verteilung verbreitet und weder auf den Bleiglanz- noch auf den Zinkblende-führenden Horizont beschränkt. Sämtliche Erzminerale liegen fein eingesprengt im karbonatischen Nebengestein. Makroskopisch fällt die Horizontbeständigkeit der einzelnen Erze besonders auf, wobei außerdem feinschichtige, rhythmische und kreuzgeschichtete Erzablagerungen das Bild sedimentärer Entstehung betonen (SCHNEIDER 1956). Eine eigentliche Gangart fehlt dem Erz. Die gelegentlich schichtig auftretenden Gips- und Barythorizonte oder eine geringe Zunahme des Quarzgehaltes sind nicht erzgebunden. Zu erwähnen sind



allerdings Klufftfüllungen mit Baryt (TRENER 1908) als Ergebnisse deszendenter Stoffverschiebungen, die in geringem Maße auch die Bleierze erfaßt haben.

Mikroskopisch erkennt man in den Erzmineralien, mit Ausnahme des Pyrits, fein eingesprengte Karbonate in meist wolkiger, konzentrischer Verteilung, die alte Gelformen abbilden (Bild 2). Auch die Einlagerung der Erze selbst in Kalk- und Gipssoide spricht für die Ausscheidung in Gelform. Verdrängungserscheinungen treten nur ganz selten und nur in erzreicheren Partien auf. Sie können sowohl bei der diagenetischen Verfestigung der Karbonat-Erzschlämme wie bei den geringfügigen späteren Umlagerungen entstanden sein und haben keinerlei genetischen Beweiswert.

Der Pyrit tritt im wesentlichen in feinsten „Brombeeren“ auf, die aus einzelnen Pyrittröpfchen bestehen. In den Zwickeln liegt manchmal etwas Bleiglanz, woraus sich die gleichzeitige und gleichartige Entstehung von Pyrit und Bleiglanz ergeben (Bild 3). Daneben kommen auch idiomorphe Pyritkriställchen vor.

An sekundären Bildungen enthalten die Bellerophonzerze Cerussit, Malachit, Azurit, zementativen Kupferglanz und Covellin. Die sekundären Kupfermineralien werden, entsprechend dem nur ganz geringen Auftreten von Kupferkies und Fahlerz, auch nur in ganz geringen Mengen gefunden, wobei es örtlich zu kleinen Zementationsanreicherungen kommen kann.

III. Die Erze der Gänge vom Typ Nogaré.

Die Paragenese der Gangerze unterscheidet sich wesentlich von der der Bellerophonzerze. Sie ist mineralreicher und zeigt auch innerhalb der Gänge nicht überall die Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung, die die Bellerophonzerze kennzeichnet. An Erzmineralien treten auf:

a) Primäre Erzmineralien: Eisenglanz, Magnetit, Pyrit, Arsenkies, Markasit, Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz, Enargit, Arsenfahlerz, Antimonfahlerz, Bournonit, zwei seltene, nicht eindeutig zu bestimmende „Silberträger“ im Bleiglanz (Stephanit, Polybasit?), Jordanit, gediegen Silber.

b) Sekundäre Erzmineralien: Cerussit, Malachit, Azurit, Kupferglanz, Covellin.

c) Gangart: Hauptsächlich Quarz, selten Karbonate oder Schwerspat.

Die Gänge setzen in zwei Streichrichtungen auf. Die Hauptgangvererzung folgt einer Richtung von etwa 170° (N 10° W) mit sehr steilem Einfallen nach Osten. Teilweise stehen die Gänge völlig seiger. Eine zweite, aber wesentlich untergeordnet auftretende Gangrichtung streicht 35° (N 35° E) mit ebenfalls sehr steilem, fast seigerem Einfallen nach NW. Diese Richtungen treten auch in erzfreien Klüften des Porphyrs auf.

Die untersuchten Erzproben stammen teils aus selbst gesammelten Haldenerzen, teils wurden sie in den noch zugänglichen Grubenteilen dem Ausstehenden entnommen. Es sind drei Hauptsammelgebiete:

1. Das engere Gebiet um den Ort Nogaré (Quarzporphyr),
2. die Gruben des Montagiugipfels (Quarzporphyr),
3. der Gang östlich Castello Pergine (Gneis).

Im Grubengebiet von Nogaré wird der Ganginhalt im wesentlichen von Pyrit, Arsenkies, Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz gebildet. Das Mengenverhältnis der Mineralien zueinander ist sehr wechselnd. Es kommen Gangteile vor, die fast nur Arsenkies enthalten, daneben Pyritgänge oder reiche Blei-Zinkmittel. Das Überwiegen des einen oder anderen Minerals ist nicht an bestimmte Teufen gebunden. Es lassen sich bisher keine primären Teufenunterschiede erkennen. Klar erkennbar sind aber verschiedene Vererzungsphasen, die allerdings räumlich eng ineinandergeschoben sind. Zwischen den einzelnen Erzzufuhren liegen mechanische Zertrümmerungen der älteren Erze, so daß teilweise Erzbreccien von jüngeren Erzen verdrängt oder verkittet werden. Den Erzparagenesen nach handelt es sich um hoch- bis mittelthermale, in den letzten Phasen vielleicht sogar niedrigthermale Bildungen, die hier ineinanderstecken.

Die höchsttemperierte Phase ist gekennzeichnet durch Arsenkies, Pyrit, Magnetit, Eisenglanz, Kupferkies (mit Zinkblendesternchen?), wenig Zinkblende mit Magnetkies- und Kupferkiesentmischungen.

In einer zweiten Phase mittlerer Temperaturen tritt der Arsenkies fast völlig zurück. Es fehlen Magnetit und Eisenglanz. Der Pyrit ist größtenteils einschlußfrei, zeigt aber orientierte Verwachsungen mit Zinkblende. Es kommt Kupferkies ohne Zinkblendesternchen. Die Zinkblende nimmt stark zu. Sie enthält stellenweise reichlich Kupferkiesooide teils diffus, teils orientiert. Als Besonderheiten treten in ihr feinste Einlagerungen idiomorpher Pyritkriställchen auf, die mit Kupferkiesoiden verwechselt werden können und eine diesen ähnliche Orientierung zeigen. Auch der Bleiglanz nimmt in dieser Phase bereits zu. Dort wo Kupferkies in größeren Mengen auftritt (wie zum Beispiel im Bereiche des Montagiugipfels), kommen nun auch Enargit sowie silberreiche Arsen- und Antimonfahlerze.

Die jüngste und niedrigst temperierte Phase ist durch die starke Zunahme an Bleiglanz gekennzeichnet. Sie wird eingeleitet durch erneutes Auftreten von Arsenkies mit typisch zonaren Strukturen, enthält Pyrit und Zinkblende, wobei die Zinkblende häufig reich an feinsten Bleiglanztröpfchen ist, und überwiegend Bleiglanz mit Jordanit und „Silberträgern“, eng verknüpft mit Kupferkies.

Die relative Altersfolge der einzelnen Erzminerale und Vererzungsphasen ist aus den Verwachsungsstrukturen und den wechselseitigen Ver-

drängungserscheinungen gut abzulesen. Deutlich wird sie vor allem dort, wo die älteren Erze in Form richtiger Erzbreccien vorliegen (Bild 13). Die Gangspalten müssen wiederholt Bahnen tektonischer Bewegungen gewesen und aufgerissen sein, worauf sie dann wieder mit Erz, Gangart und teilweise „Quarzporphyr“ gefüllt wurden.

Gegen das Nebengestein setzen die Erzgänge mit scharfer Grenze ab. Parallel zu den Gängen ist, vor allem im Porphyr, eine hydrothermale Beeinflussung in Form von Sericitisierung und Ausbleichung der roten Porphyre zu helleren gelben Farben zu beobachten.

Das Alter der Vererzung wird von THORNQUIST (1931), PETRASCHECK (1945), SCHROLL (1955) und all denen, die die Theorie der unitaristischen, tertiären, alpinen Metallogenese verfechten, gezwungenermaßen als Tertiär angenommen. Für dieses junge Alter finden sich im Gelände keinerlei Anhaltspunkte. Weder das Verhalten Erz—Nebengestein noch die Streichrichtungen der Gänge sind an junge tertiäre Gegebenheiten gebunden. Dagegen fällt auf, daß die Erzformation nur im Quarzporphyr und älteren Nebengesteinen auftritt. Sie konnte bisher nirgendwo in überlagernden Schichten gefunden werden. Am Montagu ist deutlich zu beobachten, daß heutige Täler durch die Auswitterung und Auswaschung der alten Gänge entstanden sind. Man sieht, daß diese morphologischen Erscheinungen teils schon zur Zeit der Bildung der Grödener Sandsteine gegeben waren, denn diese Talformen werden teilweise von Grödener Sandstein aufgefüllt, über den sich dann erst Bellerophonkalk, Werfener und jüngere Schichten legen. Mit der Auflagerung des Grödener Sandsteins hört die Gangvererzung auf. Auch dort wo die Gangrichtungen sich infolge jüngerer Bewegungen aus dem Porphyr heraus in die überlagernden Schichten, teilweise bis in die Trias hinauf, „durchpausen“, sind sie nur bis in den Porphyr und in seinem Untergrund vererzt. Diese Beobachtung weist darauf hin, daß die Gangformation älter als der Grödener Sandstein ist. Dies wird auch durch mikroskopische Beobachtungen gestützt. In einer Erzbreccie der Gänge von Nogaré, die Bruchstücke aller drei oben erwähnten Vererzungsphasen enthält, wird das jüngste Bindemittel, das die Erz- und Porphyrbreccie verkittet, aus Gestein gebildet, das sich im wesentlichen aus felsitisch-glasigem Effusionsmaterial zusammensetzt, wie es sich ähnlich als junge Bildung innerhalb der Quarzporphyre reichlich findet. Hier müssen also zumindest alle Erze, die als Bruchstücke innerhalb der Erzbreccie enthalten sind, älter sein als diese Verkitzung durch porphyrisch-tuffiges Material. Nur geringe Mengen von Bleiglanz treten als Verdränger in dem quarzporphyrischen Bindemittel auf und stellen somit eine jüngere Phase dar, deren Alter aber wohl, wie das der übrigen Gangformation, als gleichaltrig mit dem Quarz-

porphyr anzunehmen ist. Es ist jedenfalls zu betonen, daß es diese jüngste, nur Bleiglanz und wenig Kupferkies führende, Erzphase gibt und daß durch sie das Ende der Vererzung gekennzeichnet ist.

Neben den von vielen anderen hydrothermalen Lagerstätten her bekannten Erzbildern gibt es an den Erzen vom Typ Nogaré einige Besonderheiten, die näher beschrieben werden sollen. Sie stimmen teilweise überein mit Erscheinungen, die JANKOVIC (1955) von jugoslawischen Blei-Zinklagerstätten beschrieben hat. Auch dort handelt es sich um Gänge in porphyrischen Gesteinen mit Reliktstrukturen und kataklastischen Texturen und sehr schwankenden Temperaturbereichen zwischen 50° und 400° C. Die Erzparagenesen sind sehr ähnlich. Es fehlen dort nur Enargit, Bournonit und die Silbererze, dagegen wurden zusätzlich Cubanit und Zinkkies beobachtet. Besondere Ähnlichkeit zeigen die Verwachsungen von Pyrit und Zinkblende.

Im Pyrit fand ich Zinkblendesternchen (Bild 4, 5, 6). Sie sind nicht in einem Pyritkorn oder über mehrere Körner hin gleichmäßig verteilt, sondern liegen in einzelnen Gruppen konzentriert. Sie stecken in idiomorph entwickelten Pyriten, die teilweise eng mit Arsenkies verwachsen sind. Im Arsenkies selbst konnte ich Zinkblendesternchen nie beobachten. Typisch ist, daß die Pyrite mit den Zinkblendesternchen feinste Tröpfchen von Kupferkies enthalten, der sonst gerade in diesen Erzproben sehr selten ist. Zinkblendesternchen in Kupferkies konnte ich bisher an den Erzen der Gangformation nicht finden. Hier liegt also ein gewisser Unterschied gegenüber den jugoslawischen Erzen vor, bei denen der Kupferkies im Pyrit fehlt, dagegen aber Kupferkies mit Zinkblendesternchen und Cubanit in der Nähe des Pyrits auftreten. JANKOVIC (1955) hält es daher für möglich, daß hier ein älterer hochtemperiert gebildeter Kupferkies mit Entmischung von Zinkblendesternchen von einem jüngeren Pyrit verdrängt wurde, in dem die Zinkblendesternchen als Reliktstrukturen erhalten blieben. Diese Deutungsmöglichkeit ist auch für Nogaré gegeben, zumal neben den Zinkblendesternchen reichlich feinste Einsprengungen von Kupferkies in Pyrit vorkommen, die als Reste des älteren Kupferkieses gedeutet werden könnten.

Man beobachtet aber auch immer wieder Zinkblendein-schlüsse im Pyrit, die nicht sternchenförmig sind, aber doch deutlich Orientierung zeigen. Sie liegen entweder in dünnen Tafeln zonar parallel den äußeren Begrenzungen der Pyritkörner in diese eingeregelt oder in Kornformen, die die Anlage zu sternchenförmigem Wachstum erkennen lassen (Bild 7). Auch dort, wo eindeutig älterer Pyrit durch jüngere Zinkblende verdrängt wird, folgt die Zinkblende teilweise kristallographisch vorgezeichneten Richtungen, die den Ästen von Sternchen entsprechen. Es treten hier also orientierte Verwachsungen zwischen Pyrit und Zinkblende auf, wie sie auch von NEUHAUS (1938, 1939) beobachtet und eingehend diskutiert wurden. In Analogie zu den jugo-

slawischen Vorkommen kann angenommen werden, daß sie auf hochtemperierte Bildungen beschränkt sind.

Da Kupferkies mit Zinkblendesternchen in den Nogaré-Erzen bisher nicht gefunden wurde und sich die Zinkblendesternchen nur auf Pyrit beschränken, da außerdem auch die nicht sternchenförmigen Zinkblendekörner häufig mit dem Pyrit orientiert verwachsen sind, bleibt vorläufig die Frage offen, ob es sich bei den Zinkblendesternchen um Reliktstrukturen aus Kupferkies, um echte Entmischungen im Pyrit oder um Verdrängungen handelt. Es ist aber jedenfalls zu erkennen, daß sternchenähnliche Bilder durch Verdrängung Pyrit—Zinkblende bzw. Zinkblende—Pyrit entstehen können.

Die feinen Pyriteinsprenglinge in Zinkblende, die bei schwachen Vergrößerungen fast mit Kupferkiesoiden verwechselt werden könnten, habe ich bereits oben erwähnt (Bild 8, 9). Wie von NEUHAUS (1938) beschrieben, sitzen auch hier Pyritkriställchen auf Flächen der Zinkblende mehr oder weniger deutlich parallel zueinander in reihenweiser Anordnung. Es liegen ebenfalls orientierte Verwachsungen $ZnS-FeS_2$ vor, die sowohl als Entmischungen wie als Verdrängungsreste gedeutet werden können. Auch an Relikte einer ehemaligen Magnetkiesentmischung in Zinkblende könnte man denken.

Da sowohl an den sehr kleinen Pyritkörnern als auch an den selteneren, etwas größeren, typische Verdrängungserscheinungen durch Zinkblende zu sehen sind, liegen hier meines Erachtens keine Entmischungen vor. Ich halte die Pyrite für Reste einer Verdrängung von Pyrit durch Zinkblende, vor allem, da neben den Zinkblendepartien Pyritränder auftreten, an denen zonare Verdrängung des Pyrits durch Zinkblende zu erkennen ist. Teilweise mögen sich auch Pyritoktaederchen orientiert den wachsenden Zinkblendekristallen angelagert haben.

Dafür, daß wachsende Kristalle bereits vorhandene, ältere Mineralien teilweise orientiert einlagern oder umwachsen, gibt es bei der Gangformation von Nogaré noch weitere Beispiele. So sind häufig kleinere Arsenkieskristalle in Pyrit eingebaut. Noch auffallender aber sind die Einschlüsse von Eisenglanz in Pyrit. Es gibt hierbei drei verschiedene Verwachsungstypen:

1. Die Eisenglanztafeln liegen parallel den äußeren Begrenzungsflächen der Pyritkristalle im Pyrit und deuten somit ein zonares Wachstum an (Bild 10).

2. Die Eisenglanztafeln liegen nicht parallel zu der äußeren Begrenzung der Pyrite, sondern radialstrahlig angeordnet, wobei auch eisenglanzführende innere Zonen von eisenglanzfreen äußeren Zonen eingeschlossen werden (Bild 11).

3. Die Eisenglanztafeln liegen in Wirbeln innerhalb der Kerne der Pyritkristalle angeordnet (Bild 12).

Man könnte versucht sein, die Verwachsungen als gleichzeitige Bildungen von Pyrit und Eisenglanz zu deuten. Diese Deutung ist aber deswegen nicht möglich, weil neben den Eisenglanzkristallen auch silikatische Mineralien, vor allem Glimmer, in derselben Orientierung wie die Eisenglanztafeln in die Pyrite eingebaut sind und Glimmer und Eisenglanz teilweise vom Pyrit verdrängt werden. Sie sind also ältere „Fremdgäste“, die der Pyrit schon vorfand.

Soweit die Glimmer- und Eisenglanztafeln parallel der äußeren Begrenzung der Pyritkristalle an die wachsenden Pyritflächen angelagert sind, ist ihre Orientierung durch den wachsenden Pyrit bedingt. Bei den radialstrahligen und wirbelartigen Einlagerungen könnte es sich auch um Reliktstrukturen handeln, wobei der Pyrit die ehemalige Umgebung der Glimmer und Eisenglanze verdrängt und diese in ihrer alten Orientierung in sich übernommen hätte. Erstaunlich ist allerdings, daß alle Einschlüsse immer nur auf einzelne Pyritkristalle beschränkt sind und nie aus einem Pyrit in den Nachbarpyrit hinüberreichen.

Die bisher beschriebenen Besonderheiten treten hauptsächlich in den Erzen der verlassenen Bergbaubetriebe in und um Nogaré auf. In den Erzen der am weitesten nördlich gelegenen Fundpunkte, in den alten Stollen im Gipfel des Montagiù, nehmen Kupferkies, Fahlerz und Enargit relativ zu, während Pyrit und vor allem Arsenkies stärker zurücktreten. Der Bleiglanz ist wie üblich auch hier das jüngste Erz und verdrängt alle älteren. Kupferkies tritt in zwei Generationen auf: einer älteren, die im wesentlichen den Pyrit verdrängt und älter als die Fahlerze und die Zinkblende ist, und einer jüngeren, die, etwa gleichaltrig mit dem Bleiglanz, auch als Verdränger an Fahlerzen und Zinkblende auftritt. Der Bleiglanz führt kleinste Einschlüsse von Jordanit und den schon anfangs erwähnten „Silberträgern“. Hier fand ich auch einmal gediegen Silber im Bleiglanz.

Besonders zu erwähnen ist die Tatsache, daß zweierlei Fahlerze nebeneinander auftreten: ein älteres, deutlich helleres, olivgelbbraunes und ein jüngeres, dunkleres, blaugrünes, das in Gängchen und als Verdränger im älteren auftritt. Mit Kupferkies ist vor allem das jüngere Fahlerz an seinen Rändern auffallend verwachsen, und zwar derart, daß kleinste Kupferkieskriställchen das Fahlerz durchsetzen (Bild 14). Es handelt sich hier allem Anschein nach um eine orientierte Verdrängung des Fahlerzes durch Kupferkies.

Im südlichsten Vorkommen östlich Castello Pergine überwiegen in den derzeitigen Fördererzen Zinkblende und Bleiglanz. Die Zinkblende ist meist frei von Einschlüssen, auch von Kupferkies. Dagegen liegen im Bleiglanz stellenweise, oft zonar, zahlreiche feinste Einsprengungen. Manchmal ist er von ihnen völlig übersät. Die tröpfchenförmigen, teilweise tafeligen Mineralo

sind hauptsächlich Kupferkies, Fahlerz, Bournonit und daneben zwei „Silberträger“ (Bild 15). Die tafeligen „Silberträger“ zeigen deutliche Orientierung parallel zu den Würfelflächen des Bleiglanzes. Es handelt sich bei dem einen wahrscheinlich um Polybasit-Pearceit, beim anderen um den von RAMDOHR (1955, Seite 503) erwähnten „noch unbestimmbaren Silberträger“. Reflexionsvermögen, Reflexionspleochroismus und orientierte Leistenform sprechen dafür.

Im unmittelbaren Nebengestein (im Gneis TRENER's) finden sich arsenkiesreiche Partien, in denen der Arsenkies Sternchenformen zeigt, wie sie RAMDOHR (1955, Abb. 448, S. 655) von Safflorit abbildet. Es handelt sich hier aber — durch die chemische Analyse erwiesen — nicht um Safflorit, sondern um Arsenkies (Bild 16).

IV. Die Erze des Kieslagers Calceranica—Caldonazzo.

Als letzter Lagerstättentyp des Trientiner Gebietes sei noch kurz das Kieslager von Calceranica erwähnt, das genetisch keinerlei Beziehungen zu der Gangformation vom Typ Nogaré oder zu den Bellerophonenerzen hat. Die Lagerstätte besteht aus linsenförmigen, in den Quarzphyllit eingeschalteten Erzkörpern, deren Verhalten zeigt, daß die Erze mindestens vor der letzten Metamorphose bereits innerhalb des Nebengesteins lagen. Paragenese und Erzstrukturen sind typisch für metamorphe Kieslager. An Erzminerale konnte ich beobachten: Pyrit, Magnetkies, Arsenkies, Magnetit, Markasit, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz, Jamesonit.

Der Bleiglanz ist äußerst selten. Stellenweise ist der Jamesonit häufiger als er. Jamesonit und Kupferkies erscheinen als die scheinbar jüngsten Erze, wie man es in metamorphen Kieslagern auf Grund der leichten Mobilisierbarkeit von Kupferkies und Bleisulfosalzen häufig sieht. Diese typischen Antimonparagenesen treten weder in den Bellerophonenerzen noch in den Gängen vom Typ Nogaré auf. Sie sind auf das metamorphe Kieslager beschränkt.

V. Zur Geochemie.

Die makroskopisch und mikroskopisch erkennbaren Paragenesen zeigen bereits gewisse Unterschiede im Chemismus der drei Lagerstättentypen im Raume von Trient. Vor allem die Bellerophonenerze fallen durch Gleichförmigkeit der Mineralführung auf. Neben vorherrschend Bleiglanz enthalten sie Pyrit und nur ganz untergeordnet Kupferkies, Zinkblende und Fahlerz.

In den Bellerophonenerzen tritt der Arsengehalt praktisch völlig zurück. Das Antimon erscheint im Antimonfahlerz. Die Gänge vom Typus Nogaré enthalten eine wesentlich größere Zahl der verschiedensten Mineralien. Dabei zeichnet sich im Arsenkies, den Fahlerzen und im Enargit eine deutliche Arsenführung ab, die auch im Jordanit zum Ausdruck kommt. Auch in den

Kieserzen von Calceranica ist stellenweise eine Arsenführung in Form von Arsenkies zu beobachten, während Arsenfahlerz, Enargit und Jordanit fehlen. Dagegen erscheint der in den meisten Kieslagerstätten typische Antimon-gehalt in relativ reichlicher Jamesonitführung.

HEGEMANN (1955) und SCHROLL (1955) haben versucht, mit der Bestimmung von Spurenelementen im Bleiglanz bzw. in Bleiglanz und Zinkblende zu genetischen Deutungen zu gelangen.

HEGEMANN kommt zu dem Ergebnis, daß zwischen den Bleiglanzen von Mte. Corona bei Trient (Bellerophonzerze) und von Terlan/Südtirol (Porphyryzerze vom Typ Nogaré) eine geochemische Verwandtschaft bestände, wogegen sich beide vom Bleiglanz von Bleiberg geochemisch unterschieden. Der Unterschied gegenüber den Bleiberger Erzen ist aus der Abbildung 9 von HEGEMANN (1955) deutlich erkennbar. Die geochemische Verwandtschaft zwischen den Erzen von Terlan und von Mte. Corona kann ich allerdings aus den gegebenen Diagrammen nicht ablesen. Vor allem der Unterschied im Wismutgehalt der bei über 50% der Proben vom Mte. Corona unter der Nachweisgrenze liegt und in den restlichen maximal nur 0,001% erreicht, während bei den Terlaner Erzen 10–30% der 21 Proben Wismut enthalten, mit Schwankungsbereichen bis zu 0,008% und einer Häufung der Gehalte über 0,001%, ist doch eher ein Zeichen für geochemische Verschiedenheit als für geochemische Übereinstimmung. Noch auffallender sind die Unterschiede im Antimongehalt. Unerklärlich ist mir das Fehlen von Arsen in den Proben von Terlan.

Auch wir haben halbquantitative Spektralanalysen im Kohlebogen und mit Hochfrequenzlokalanalyse (MAUCHER u. AUERHAMMER 1956), teils mit einem Gitterspektrographen von Jarrell-Ash, teils mit einem Quarzspektrographen von Halle Nachfolger Berlin ausgeführt. Dabei konnten wir in den Bellerophonzerzen bisher weder Wismut noch Zinn nachweisen, während in den Erzproben vom Typ Nogaré Wismut immer, Zinn gelegentlich auftreten. Neben dem Zinn wurden in einigen Proben auch Spuren von Molybdän gefunden. Unsere Befunde unterscheiden sich somit, vor allem hinsichtlich des Wismuts, von denen HEGEMANN's (1955). Dies zeigt, wie innerhalb derselben Lagerstätten anscheinend die Verteilung der Spurenelemente streut. Genetische Rückschlüsse aus der Verteilung von Spurenelementen kann man daher nur ziehen:

1. Wenn man genau weiß, zu welcher Vererzungsphase innerhalb einer Lagerstätte oder eines Lagerstättenbezirkes das untersuchte Mineral gehört. Man kann sich nicht darauf beschränken, beispielsweise von Bleiglanz von Nogaré oder von Bleiglanz von Bleiberg zu sprechen, denn in jeder der beiden Lagerstätten

gibt es mindestens je zwei verschiedene Bleiglanzvererzungen, die exakt getrennt genetisch behandelt werden müssen.

2. Wenn man von jedem Mineral jeder Vererzungsphase eine große Anzahl von Analysen verschiedener Fundstellen innerhalb derselben Lagerstätte untersucht und daraus ein Bild der Streuwerte ermittelt hat.

Diese beiden für geochemische Untersuchungen unabdinglichen Voraussetzungen sind in der Veröffentlichung von SCHROLL (1955) nicht erfüllt. Seine Schlüsse stützen sich auf Proben von 210 verschiedenen Fundorten aus den gesamten Ostalpen (!), von denen er 203 Bleiglanz- bzw. 256 Zinkblende- proben analysiert hat. Das bedeutet im Durchschnitt nur 0,96 Bleiglanz- bzw. 1,22 Zinkblende- proben pro Fundort.

Neben der ungenügenden Zahl untersuchter Proben pro Fundort steht das Fehlen jeder exakten Eingliederung der Proben innerhalb eines Fundortes, einer Fundortgruppe oder eines „Erzbezirkes“.

Die Lagerstätten um Trient werden von SCHROLL (1955) in den „judikarischen Erzbezirk“ gestellt, wobei in keiner Weise beachtet wird, daß in diesem „Bezirk“ genetisch ganz verschiedene Bildungen zusammengefaßt sind (Bellerophontyp, Typ Nogaré, Typ Cinque Valle usw.). In diesem „judikarischen Erzbezirk“ liegen heißthermale und tiefthermale Bildungen eng in- und nebeneinander. Hier kann von einer „Abhängigkeit von der Bildungstemperatur in der regionalen Verbreitung der Spurenelemente in der ostalpinen Metallprovinz“ keine Rede sein. Hier gibt es z. B. Zinkblenden mit In und Sn (Typ Nogaré) neben solchen, die frei von diesen Elementen sind (Bellerophon), und Bleiglanz mit Bi neben Bi-freiem. Das Silber tritt hier nicht als „Hochtemperaturspurenelement des Bleiglanzes“ auf. Es ist reichlich, allerdings sehr streuend, im Bleiglanz der Erze vom Typ Nogaré und vom Bellerophontyp enthalten.

Dem Begriff „Erzbezirk“ kann somit hier nicht mehr die Bedeutung eines abgegrenzten Teilbereiches einer Erzprovinz mit Lagerstätten annähernd gleichzeitiger und geochemisch-genetisch einheitlicher Bildung zukommen. Er hat hier bestenfalls noch rein geographische Bedeutung.

Die Abhängigkeit der Tieftemperatur- bzw. Hochtemperatur-Spurenelemente in den Blei-Zinkerzen der Ostalpen von „geotektonischen Synklinalen bzw. Antiklinalen“ (SCHROLL 1955) trifft auf jeden Fall für den „Erzbezirk“ von Trient nicht zu. Diese kühn vereinfachende Hypothese erscheint mir auch mit den wenigen Analysen an nicht systematisch, unter Berücksichtigung der Eigenheiten der einzelnen Lagerstätten, gesammeltem Probematerial für die übrigen Gebiete nur ungenügend unterbaut.

Auch die übrigen Schlußfolgerungen SCHROLL's (1955) sind sehr problematisch, mit Ausnahme der Feststellung, daß „eine Unterscheidung ver-

schiedener Vererzungsperioden auf Grund der geochemischen Spurenanalyse allein in vielen Fällen nicht zum Erfolg führt“ und daß „die besondere Spurenvergesellschaftung“ (der triassischen Blei-Zinkvererzung) „keinesfalls allein durch Annahme einer zonaren Anordnung der alpinen Erzlagerstätten begründet erscheint“.

Für die Behauptung, „die blei-zinkführenden Erzgänge im permischen Quarzporphyr sind sicher in die alpine Metallisationsepoche zu stellen“ bleibt SCHROLL (1955) den Beweis schuldig. Die von ihm angegebenen Mikroparagenesen geben keinerlei Berechtigung zu einer solchen Alterseinstufung. Sie weisen eher auf Grund des Zinn-, Indium- und Kobaltgehaltes in der Zinkblende und des Wismutgehalts im Bleiglanz auf eine „präalpine“ Vererzung hin, wie sie sich aus der mikroskopischen Untersuchung und dem geologischen Befund im Gelände ergibt.

Für eine ausführliche Darstellung der geochemischen Verhältnisse der Lagerstätten im Raum von Trient reichen bisher weder die Zahl der Analysen noch die Art der Probenahme aus. Sie soll später, wenn der fortschreitende Bergbau weitere Lagerteile erschlossen hat, gegeben werden. Es zeigt sich aber schon jetzt, daß in den Mikroparagenesen der drei verschiedenen Lagerstättentypen Unterschiede entsprechend ihrer verschiedenen Genese bestehen.

VI. Zusammenfassung.

Im Raum von Trient treten drei verschiedene Lagerstättentypen verschiedenen Alters auf:

1. Metamorphe Kieslager vom Typ Calceranica in den Quarzphylliten.
2. Hydrothermale Gänge vom Typ Nogaré mit sehr schwankenden Temperaturbereichen im Quarzporphyr, Quarzphyllit und Gneis.
3. Schichtige Bleierze, gebunden an einen stratigraphischen Horizont innerhalb des Bellerophonkalkes.

Die erzmikroskopische Untersuchung ergibt vor allem für die Erze vom Typ Nogaré besondere Verwachsungen

von Pyrit—Eisenglanz und

von Pyrit—Zinkblende bzw. Zinkblende—Pyrit

mit Zinkblendesternchen im Pyrit und

orientierten Pyriteinsprenglingen in der Zinkblende.

Es konnte nachgewiesen werden, daß die Bildung der Gänge vom Typ Nogaré in die Zeit der Porphyrbildung fällt und damit älter als die der Bellerophonerze ist.

Über die Geochemie der einzelnen Lagerstättentypen des Gebietes läßt sich noch nichts Abschließendes sagen, da erst noch weitere Proben mit fortschreitendem Bergbau untersucht werden müssen. In den Mikroparagenesen des Bleiglanzes zeichnen sich im Bi-, Sb- und As-Gehalt, in den

Mikroparagenesen der Zinkblende im In- und Sn-Gehalt deutliche Unterschiede innerhalb des Gebietes von Trient ab. Diese Beobachtungen stehen im Gegensatz zu der von SCHROLL (1955) angenommenen Möglichkeit der Ausscheidung eines „judikarischen Erzbezirkes“ und der Bindung typischer Mikroparagenesen an bestimmte geotektonische Einheiten.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 17. Mai 1956.

VII. Literatur.

- Andreatta, C.: Sull'Arsenopirite di Nogaré (Trentino). — Studi Trentini di Scienze Naturali IX (1928), Trento 1928.
- Origine dei giacimenti nel permiano superiore del Trentino e influenza del manganese sulla metallizzazione a galena argentifera. — Memorie dell'Istituto Geologico dell'Università di Padova, XVI, Padova 1949.
- Canaval, R.: Das Vorkommen silberhaltiger Bleierze am Calesberg (Monte Calisio) bei Trient. — Z. f. prakt. Geol., 24 (1916), 18—25, 29—33, 85—100, Berlin 1917.
- Friedrich, O. M.: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. — Radex-Bundschau, 1953, H. 7/8, Radenthein 1953.
- Hegemann, Fr. und Sybel, G. v.: Bestimmung der Spurenelemente im Bleiglanz. — Metall, 9, S. 91—96, Berlin 1955.
- Jankovic, S.: Über entmischungsartige Strukturen zwischen Pyrit und Zinkblende. — Neues Jb. Mineral., Mh. 1955, 10, 224—232, Stuttgart 1955.
- Maucher, A.: Zur alpinen Metallogenese in den bayerischen Kalkalpen zwischen Loisach und Salzach. — Tschermaks Mitt., 3. F., 4, 454—463, Wien 1954.
- und Auerhammer, S.: Spektralanalytische Bestimmung kleiner Einschlüsse in Gesteinen mittels Hochfrequenzanregung. — Mikrochimica Acta, 1956, 401—405, Wien 1956.
- Neuhaas, A.: Über Pyrit mit vollkommener Teilbarkeit nach (111). (Anomale Mischkristalle, III. Beitrag.) — Chemie der Erde, 12, 1938.
- Über besondere Grenzflächenvorgänge an Kristallen. — Fortschr. Min., 23, 1939.
- Petrascheck, W.: Die alpine Metallogenese. — Jb. Geol. B.-A., 1945, 129—149, Wien 1948.
- Ramdohr, P.: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. — Akademie-Verlag, Berlin 1955.
- Schneider, H. J.: Neue Ergebnisse zur Stoffkonzentration und Stoffwanderung in Blei-Zink-Lagerstätten der nördlichen Kalkalpen. — Fortschr. Min., 32, 26—30, Stuttgart 1953.
- Die sedimentäre Bildung von Flußspat im Oberen Wettersteinkalk der nördlichen Kalkalpen. — Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., N. F. 66, 37 Seiten, München 1954.
- Die Verzerrung der südalpiner Bellerophon-Schichten. — Fortschr. Min., 34, 28—31, Stuttgart 1956.
- Schroll, E.: Über das Vorkommen einiger Spurenmetalle in Blei-Zink-Erzen der ostalpinen Metallprovinz. — Tschermaks Mitt., 3. F., 5, 183—208, Wien 1955.
- Tornquist, A.: Die Verzerrungsphasen der jungen ostalpinen Erzlagerstätten. — S.-B. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., I, 140, 219—229, Wien 1931.
- Trener, G. B.: Die Barytvorkommen von Mt. Calisio bei Trient und Darzo in Judikarien und die Genesis des Schwerspates. — Jb. Geol. R.-A. 53, 1908, 387—468, Wien 1909.
- Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie, Foglio Trento. — Padova (Ufficio idrografico) 1933.

Text zu den Mikrophotographien (Tafel 1—4):

- Abb. 1: Faedo. Anschliff $\times 80$, Nicols fast parallel. Bleiglanz (weiß) in „Erzdolomit“. Die Struktur des Nebengesteins ist durch die Anisotropieeffekte deutlich zu erkennen.
- Abb. 2: Doss le Grave. Anschliff $\times 20$, 1 Nicol. Größere Bleiglanzkörner (weiß) in Erzdolomit (grau). In den Bleiglanzkörnern wolkig eingelagerte Karbonate, die alte Gelformen abbilden.
- Abb. 3: Faedo. Anschliff $\times 1000$ (Ölimmersion). Pyrit (hellgrau) in Erzdolomit (schwarz), dazwischen Bleiglanz dunkelgrau. Die einzelnen „Pyritbrombeeren“ bestehen aus einer helleren Komponente, die die Kerne der einzelnen Tröpfchen bildet, und einer dunkleren, die zwischen die Tröpfchen eingelagert ist. Die einzelnen Tröpfchen zeigen das Bestreben zu kristallographischer Begrenzung. In den Zwickeln Gangart bzw. Bleiglanz.
- Abb. 4: Nogaré. Anschliff $\times 125$ (Ölimmersion). Zinkblendesternchen (dunkelgrau) im Pyrit (weiß), in dem außerdem feinste Kupferkiestropfchen (weiß) eingesprengt sind. Die vier Pfeile markieren einige der Kupferkiestropfchen.
- Abb. 5: Nogaré. Anschliff $\times 250$ (Ölimmersion). Zinkblendesternchen (grau) in Pyrit (weiß).
- Abb. 6: Nogaré. Anschliff $\times 450$ (Ölimmersion). Zinkblende (grau) in Pyrit (weiß). Das große Zinkblendekorn zeigt in einer Ecke sternchenförmige Ausbildung. Neben dem großen Korn ein kleines, parallel zum großen orientiertes, leistenförmiges Zinkblendekorn.
- Abb. 7: Nogaré. Anschliff $\times 600$ (Ölimmersion). Zinkblende (dunkelgrau) in Pyrit (weiß). Das Zinkblendekorn zeigt am spitzen Ende sternchenförmige Äste. In Fortsetzung davon und parallel dazu Zinkblendetäfelchen im Pyrit.
- Abb. 8: Nogaré. Anschliff $\times 125$ (Ölimmersion). Kleine idiomorphe Pyrite (weiß) orientiert in Streifen in Zinkblende (grau).
- Abb. 9: Nogaré. Anschliff $\times 300$ (Ölimmersion). Orientierte Pyritverdrängungsreste (weiß) in Zinkblende (grau).
- Abb. 10: Nogaré. Anschliff $\times 250$ (Ölimmersion). In idiomorphem Pyrit (weiß) liegen parallel zu den Pyritflächen orientiert eingelagerte Eisenglanztäfelchen (dunkelgrau). Zwischen den Pyritkörnern Gangart (schwarz).
- Abb. 11: Nogaré. Anschliff $\times 165$. Pyrit (weiß) mit radialestrahlig angeordneten Einschlüssen von Gangart (schwarz) und Eisenglanz (hellgrau). Daneben Zinkblende (dunkelgrau), Bleiglanz (fast weiß) und Gangart (schwarz).
- Abb. 12: Nogaré. Anschliff $\times 125$ (Ölimmersion). In Pyrit (weiß) wirbelartig angeordnete Einschlüsse von Eisenglanztäfelchen (fast schwarz) und Gangart (schwarz).
- Abb. 13: Nogaré. Anschliff $\times 25$. Erzbrecce verkittet mit felsitisch-glasigem Gestein (schwarz). In der Erzbrecce Bruchstücke von Pyrit (weiß), Arsenkies (links unten, weiß, mit zonar eingelagerter Gangart), Zinkblende (dunkelgrau), Bleiglanz (rechts oben, hellgrau) und Kupferkies (hellgrau).
- Abb. 14: Montagiù. Anschliff $\times 450$. Kupferkies (weiß), zweierlei Fahlerze (zweierlei grau), von denen eines gängenförmig, das andere durchsetzt. In den Gängen und parallel zu deren Rändern feinste Kupferkieskriställchen (weiß) im Fahlerz.
- Abb. 15: „Östlich Castello Perginé“. Anschliff $\times 300$ (Ölimmersion). Nicols nicht ganz gekreuzt. In Bleiglanz (hellgrau) liegen tafelige Einschlüsse eines „Silberträgers“ nach Würfelflächen orientiert (durch die Anisotropieeffekte teils weiß, teils schwarz, teils grau). Vermutlich Polybasit—Pearceit.
- Abb. 16: „Östlich Castello Perginé“. Anschliff $\times 300$ (Ölimmersion). In Gangart (dunkelgrau) liegen sternchenförmige Arsenkieskristalle (weiß), die an „Saffloritsternen“ erinnern.