

Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose

Von F. A n g e l (Graz) und F. T r o j e r (Radenthein)

(Es wird die Spatmagnetit-Metasomatose und ihr Ablauf erörtert, wie er sich aus Erfahrungen hauptsächlich an westösterreichischen Lagerstätten darstellt. Diese Metasomatose stellt zwei Kardinalfragen: Woher stammt das Magnesium, und wie rollt in großen Zügen die Metasomatose ab. Es werden die Befunde aufgezeigt, die Anlaß geben, diese Spatmetasomatose nicht in einen sedimentären bis diagenetischen, eventuell auch da metasomatischen Zyklus einzuteilen. Die Spatmagnetit-Metasomatose steht im Rahmen großartiger Stoffwechselvorgänge; ihre besondere Stellung darin wird skizziert.)

(The metasomatism of magnesite spar and its successive stages are discussed on the basis of the experience gained mostly in the deposits of Western Austria. The two principal questions which this metasomatism raises are: What is the origin of magnesium, and which is the course of the metasomatism? The findings are indicated. They show that the metasomatism by no means be regarded as a sedimentary and diagenetic cycle, or as their metasomatic alteration. The metasomatism of the magnesite spar takes place within extensive metabolic processes. Its special position is sketched.)

(En se basant sur les expériences acquises principalement des gisements de l'Autriche occidentale les auteurs discute la métasomatose de la magnésite spathique et ses stades successifs. Les deux questions principales qui se posent à cette métasomatose sont: l'origine du magnésium et le cours de la métasomatose. Le résultat des recherches effectuées montre que cette métasomatose ne peut être regardée comme un cycle sédimentaire et diagénétique. La métasomatose de la magnésite spathique a eu lieu simultanément avec les processus métaboliques extensifs. La position spéciale en est esquissée.)

I.

Stellung der Spatmagnetit - Metasomatose innerhalb metamorpher Stoffwechsel

Mit Gebirgsbildungen (Orogenesen) sind mechanische und chemische Stofftransporte verbunden mit Neuordnung des gegebenen Stoffes in neuen Kornsorten, alles zusammen Metamorphose. Der Stoffwechsel ist eine besondere Seite der chemischen Vorgänge, durch welchen u. a. bereits mineralisierte Stoffe an einem Ort gelöst, abtransportiert und an einem andern Ort — oft selektiv — wieder kristallin abgesetzt werden. Von solchen Vorgängen seien für die Ostalpen drei Stoffwechsel herausgestellt, die wissenschaftlich und technisch gleich bedeutsam sind. Alle drei sind mit bestimmten Gesteinsumwandlungen verknüpft, alle drei gehören metamorphen Zyklen an, und alle drei zeigen erhebliche Massentransporte, die zur Bildung großer Lagerstätten führen. Es sind dies

1. Eine natürliche Al_2SiO_5 -Produktion als Disthen nach Andalusit: Der Al_2SiO_5 -Stoffwechsel, im metamorphen Zyklus.
2. Eine natürliche Spatmagnetit-Produktion und
3. Eine natürliche Siderit-Produktion.

2. und 3. sind metasomatische Stoffwechsel im metamorphen Zyklus und führen zu metamorph-metasomatischen Bildungen im Gegensatz zu sedimentär-diagenetisch-metasomatischen Bildungen, welche ebenfalls unter speziellen Milieubedingungen zu späten Magnetiten und Sideriten führen können. Es gilt nur, diese Bildungen von jenen zu unterscheiden.

Der Al_2SiO_5 -Stoffwechsel vollzieht sich in einem Milieu dritter Streßzonenstufe (5), charakterisiert durch eine Gesteinsgesellschaft eines Eklogitstammes mit jenen extremisierten Disthenparamorphosen-Glimmerschiefern, welche Al_2SiO_5 konzentrieren, mit bestimmten Schiefergneisen (Plattengneise, u. a. charakteristische Gneise, die durch wolkig verteilte Feldspatung aus Glimmer-

schiefern zu Gneisen wurden), aus eigenartigen, phlebitischen Durchtrückungsgesteinen, die pegmatitverwandt sind, und aus nur mehr oder weniger eingeschichteten Pegmatiten; diese Feldspatgesteine sind durch Ichor-Abspaltung des ganzen reagierenden Gebirges entstanden, an welchem Magma sich nicht sichtbarlich etwa unter Granitkern-Bildung beteiligt. Der Ichor sammelte die in den Disthen-Schiefern abgespaltenen, zu ihrem sedimentär-diagenetischen Chemismus toniger Art komplementären Alkalien und besproßte mit ihrer Hilfe die Glimmer der Gneismuttergesteine — vormals phyllitischer oder tonschiefriger Art — in anderen, zur Aufnahme bereiten Teilen des Gebirges. Er setzte die Feldspatung wolkig diffus an, oder in geschwulstähnlichen Beulen schon mehr konzentriert, noch unter Erhaltung des überwältigten Schiefergefüges (Parfuß, zwischen Trahütten—Glashütten), oder er konzentrierte sich und wanderte, um Pegmatite abzusetzen (Hühnerstützen). Als Ahnennachweis enthalten die Feldspate dieser Bildungen zum Teil mitgeschwemmte kleine Disthenreliktzüge, zum Teil (die Pegmatite) bereits große, in Andalusitgestalt erhaltene Disthenparamorphosen (bis $2 \times 3 \times 6$ cm u. dgl.) (17). Funde: Am Sprung, am Koralspeik usw. Die Pegmatite führten — wegen zu geringer Masse und Konzentration — nicht zu Disthen-„Lagerstätten“, obwohl das Tertiär sie örtlich so aufbereitete, daß man an günstigen Stellen in weniger als einer Stunde einen Rucksack voll sammeln kann, denn die Disthene liegen unverletzt im zermürbten und umgesetzten Pegmatitgrus. Aber erstaunlich ist die Disthenentwicklung in größeren, unregelmäßig und unscharf umgrenzten, auch verschieden mächtigen Schieferstapeln, etwa am Krennkogel und Krakaberg, im Reihwald und Bärenental und anderen Orten auf der Korralpe (8) (9), wo die Disthenparamorphosen armlang und über zwei Finger dick werden und zu Bündeln zusammentreten in einer Konfiguration, die man mit jener der Hornblendegarbenschiefer vergleichen kann. Hier gibt es Gesamtkubaturen, die schon wiederholt die Aufmerksamkeit der Wirtschaft

auf sich zogen. Indes steht eine genügend genaue Untersuchung einstweilen noch aus, die der Wirt-schaft eine Stellungnahme zu erleichtern imstande wäre.

Weil das Gebirgsstück seine Granitverwandten, die Phlebite und Pegmatite, durch Ausbluten eines Ichors (wertvollen, geschätzten Saftes) aus den lagerstättenbildend gewordenen in Tonerdesilikat extremisierten Schiefers empfängt und Venen den feldspatenden Saft an die Peripherie bringen, nennt man einen solchen Geschehensablauf eine venitische Metamorphose. — Um aber auffälliger zu sehen, wie das p-t-Feld sich in diesem Ablauf verhält, kann man sich des Eklogitstammes bedienen. Er bildet durch seine einzelnen Gesteinsglieder, die im vormetamorphen Zustand einem Gabbrostamm angehörten, von dem noch Reste erhalten sind, eine aufsteigende Reihe von Karinthin-Granatamphibolit mit einer Kulmination in der Form von Eklogit und Distheneklogit (höchste erreichte p-t-Intervalle) und einen absteigenden Ast (Eklogit-Amphibolite) ab, der schon unter Bedingungen der II. Streßzonenstufe zum Stillstand kam. Die Disthen-Eklogite zeigen auf, wann in diesem Zyklus die Disthenparamorphosen-schiefer entwickelt wurden, und die paramorphosen-führenden Pegmatite reihen sich da folgerichtig ein; sie sind ja auch Kulminationen, nämlich in der Weg-weite der Mobilisierung. Mehr als eine Skizze zu geben, ist hier für diesen Fall nicht beabsichtigt (22).

Die Spatmagnetit-Metasomatose (31) (32) (33) (30) ist zu verknüpfen mit einer regionalen Mg-Mobil-machung aus einem reagierenden Gebirge, welches dabei Magnesia in Lösung entläßt oder ausstößt, und recht wesentlich anderes zurück-hält. Die Spatmagnetit-Metasomatose korrespondiert mit einer Metamorphose in der II. Streßzonenstufe. Im reagierenden Gebirge ist dafür charakteristisch die Bildung der gegenüber dem Mg eisenbeherrschte Tonerdesilikatbestand, der zur Kristallisation von Almandin, Staurolith und Chloritoid führt und kennzeichnend ist. In der Gesteinsgesellschaft derartiger Gebirge (Gleinalm, Wölzer Tauern, Nocke, Kreuzeck, Schobergruppe u. a.) treten neben den Glimmerschiefern mit obigen Kornsorten noch mächtige Stränge von Amphiboliten auf; so zeigen sich in diesem p-t-Milieu die metamorphosierten Gabbros, welche überdies häufig ihre ultrabasischen Kristall-differenziate, die Peridotite, fast oder gänzlich zu Antigorititen (Blätterserpentinen) umgewandelt mit-führen, die dabei noch Magnetit und Breunnerit ent-halten können. Es sind die einseitig Mg-reichen Ge-steine dieser Gesteinsgesellschaften, die Eisen in Sili-katen festhalten wollen, und sie sind auch die Quellen eines zentrifugalen Magnesiaauszuges aus solchem reagierenden Gebirge. Daß sich in diesen Gebirgen auch granitische Massen einnisten (wie der Grano-dioritkern der Gleinalpe) (1), wird zur Kenntnis genommen, aber solche granitische Massen sind nur Bauglieder reagierender Gebirge, wie andere auch; sie sind nicht die Diktatoren aller im Gebirge star-tender Abläufe, sondern nur einiger; die Magnetit-produktion geht mit und auch ohne sie. Zur inneren Fe-Tonerdesilikat-Stapelung im so beschaffenen zweitstufigen Gebirge gehört die Magnesiaausfuhr als

notwendige Folge, diktiert vom Raumproblem her, und die metasomatische Niederschlagung dieser wandernden Magnesia in dolomitisch-kalkigen Vor-lagen an der Peripherie des Geschehens als Kom-plement.

Die Siderit-Metasomatose (3) (14) (15) (20) metamorphen Rahmens komplementiert in gleichem Sinn eine Metamorphose des reagie-renden Gebirges in I. Streßzonenstufe. Diese erfaßt im Ostalpenraum neben vorschreitend metamorphen Schiefen, welche aus dem Zustand der Diagenese in jenen der genannten Zone emporklimmen, auch mächtige Komplexe, die solchem Gebirgswerden im Zustand anfielen, den sie sich vorher in der II. Streßzonenstufe erworben hatten, und nun passen die Eisensilikatmineralien nicht in das neue p-t-Milieu, sie müssen abgebaut und durch neue Kornsorten, die stabil sind, ersetzt werden. Das geschieht, indem sie soviel als möglich Eisen ausstoßen und Magnesia zurückhalten: An Stelle von Granat, Staurolith, Chloritoid treten die magne-siareicheren Kornsorten Chlorit, Mg-Biotite, auch Muskowit. Man kennt diesen Vorgang unter „Diaph-thorese“. Als Komplement zur Diaphthorese, die große Räume und Massen ergreift, erscheinen die Ankerite und Siderite an der Peripherie des Ge-schehens wiederum in kalkig-dolomitischen Vorlagen aufgefangen und deponiert, unter Verdrängung der Mutterkarbonatgesteine.

Es ist nicht daran gedacht, daß zu jedem antigoritisierten Peridotit ein besonderes Spatmagnetitlager gehören müßte, und ebenso steht es um die Spat-eisensteinlager. Das Stoffwechselgeschehen hat einen so weiten räumlichen Umfang und eine so große Massenbewegung, daß diese als Ganzes nur zum Ganzen, zum gesamten reagierenden Gebirge kom-mensurabel ist, und nur als Ganzes mit dem Ganzen des Stoffwechsels in Beziehung stehen kann.

II. Die Spatmagnetit-Metasomatose

Der Ursprung der Magnesia, die für die Meta-somatose mobilisiert wird

Daß bei der Antigoritisierung (2) (4) (10) (11) (12) (18) (28) von Peridotiten Mg aus dem Olivin, auch aus Bronzit und Diallag ausscheidet, ist belegt durch die Magnetit- bis Breunneritporphyroblasten in den Antigorititen (z. B. Ochsenkogel, Gleinalm). Oft ist der Breunnerit aber nicht da, wogegen die geologische Umgebung genug metamorph CO_2 -ab-spaltende Gesteinsglieder erkennen läßt (Mergel, Kalkzüge in Reaktion mit Silikatgesteinen usw.). Da-her kann geschlossen werden, der Mg-Abraum der Antigorite sei als Gelöstes mit CO_2 ausgeführt oder herausgesogen worden, auch wenn man keine Breun-nerite usw. mehr im Antigoritit sieht. Wieviel Magnetit kann aber dabei überhaupt als Abfall für die Spatmagnetitlager zur Verfügung gestellt werden? Die Gleichung $2 \text{ Forsterit} + \text{Kohlensäure} + 2 \text{ Wasser} \rightarrow 1 \text{ Antigorit} + 1 \text{ Magnetit}$ gibt ein Modell für die gewichtsmäßigen und Raumbeziehungen der be-teiligten Phasen für den Fall, daß Magnesium ohne kristallochemische Vertretung ist (was in der Natur nicht zutrifft). Soweit nur die Beziehung zwischen den

kristallinen Phasen gesucht wird, ergibt sich aus dieser Gleichung:

1 m³ ~ 3 t Forsterit (für Olivin gesetzt) liefert 2,943 t Antigorit und 0,900 t Magnesit. Wenn ein Modell-Peridotit aus Forsterit bei einer Mächtigkeit von 1 m eine Fläche von 1 km² einnimmt, so würde er bei vollständiger Reaktion seine 3 Millionen t Forsterit in 2,943 Mill. t Antigorit und 0,900 Mill. t Magnesit umsetzen. — Eine solche Modell-Peridotitplatte von 100 m Mächtigkeit und 10 km² Fläche ergäbe sodann rund 900 Mill. t Magnesit. Die Kubatur einer solchen Platte würde noch immer nicht jene des Kraubather Peridotits (der zur Hälfte, stellenweise auch weniger „serpentinisiert“ ist) erreichen. Diese Zahlen zeigen indes schon, daß die Peridotite, wenn sie antigoritisiert sind, eine ungeheuerliche Magnesitquelle darstellen. — In den österreichischen Ostalpen ist die Zahl und Masse von Antigorititen aber sehr groß, zusammen noch viel größer, als es der Kraubather Peridotitmasse entspricht. Es sei nur eine Auswahl genannt: Bernstein und Kofidisch (Burgenland) sind sehr umfängliche Massen; Steiermark besitzt davon kleinere — Ochsenkogel, Wolfsgrube, Waldkogel (Gleinalm); Traföß, Gabraun sind große Massen nahe dem Murtal; bei Bruck an der Mur sind kleinere nahebei; von Obersteier nennen wir Lärchkogel und Hochgrößen; in Kärnten liegen große Massen bei Gmünd; im Tauernhauptkamm am Göselskopf und bei Heiligenblut, kleinere am Auernig und auf der Maresen; in Salzburg gibt es große Massen im Zederhaustal und bei Lesach (Lungau), kleinere bei Embach und Saalfelden, große im Stubachtal, kleinere im Habachtal; in Osttirol bei Kals und in der Gösleswand, am Eichham und im Isiltal; in Nordtirol bergen die Zillertaler und Tuxer Alpen solche ultrabasische, zum Teil antigoritisierte Massen, wie Ochsner-Rotkopf, dann die kleineren am Totenköpf, am Reckner und im Siltal, auch noch westlicher, nahe dem Loibiskogel usw. Die Liste ist unvollständig, manch andere mögen noch unbekannt oder unaufgeschlossen sein. Aber vergleichen wir bloß die sichtbaren Peridotit-Antigoritit-Massen, mit den sichtbaren Spatmagnetiten und begleitenden metasomatischen Dolomiten des metamorphen Zyklus oder der metamorphen Zyklen, so ergibt sich, daß diese Ultrabasite weitaus mehr Magnesit und Gefolgsdolomit geben könnten, als wir heute in den Lagerstätten erkennen (das sind einige Hundert Mill. t). Vom Modell auf die Natur übergehend sind Abstriche zu machen. Die Olivine der peridotitischen Massen sind nicht eisenfrei, ihr Fayalitanteil wird bei der Metamorphose nur zum Teil in Magnesit als FeCO₃ isomorph übernommen: ein winziger Teil davon geht in den Antigorit ein, ein größerer Teil wird bei der Antigoritisierung als Magnetitstaub ausgeschieden. Die Stoffbilanz wird ferner etwas verändert dadurch, daß die Peridotite auch Bronzit und Diallag führen, und diese — auch antigoritisierbar — ergeben zwar auch Magnesitabfälle, aber in einem etwas anderen Verhältnis. Die Antigoritisierung greift sehr häufig bei größeren Massen nur teilweise durch, und verschiedene Anteile des entstandenen Breunnerits bleiben im Antigoritit zurück, anstatt ausgeführt zu werden. Aber all dies berücksichtigt:

die Ultrabasitmengen sind so groß, daß ihre Magnesiaausfuhr den Bedarf der Spatmagnetitlager und ihrer metasomatischen Dolomite noch immer überreichlich aufwiegen muß. Blicke der ganze Magnesit im umgewandelten Peridotit zurück, so hätte der daraus entstandene Antigoritit im Modellfall etwa zu $\frac{1}{4}$ seines Gewichts Magnesit und $\frac{3}{4}$ Antigorit. So groß ist die Magnesitmenge aber in der Natur — wieder bei aller Berücksichtigung der störenden Momente — nur selten und örtlich; je weniger Magnesit oder Breunnerit beobachtet wird, um so mehr ist ausgeführt worden. Ein Blick noch auf die Volumseite der Modellgleichung: 100 Vol. Forsterit würden bei Vollumsatz 121 Vol. Antigorit und 32 Vol. Magnesit produzieren, das ist 153 Vol. an Umwandlungsprodukten. Soll nur der gegebene Forsterit erfüllt werden, so müßte nicht bloß der ganze Magnesit ausgeführt (ausgepreßt oder ausgesogen) werden, sondern auch noch ein Teil von Antigorit. Das ist ein Grenzfall; so einfach liegt das Raumproblem in der Natur nicht (10). Aber das allfällige Ausmaß des metamorphen Raumanpruches wird doch dadurch sichtbar, und die Auswanderung des Magnesits in Lösung würde dem vergrößerten Raumanpruch Rechnung tragen. So sieht die Ausgangsstation für die Spatmagnetit-Metasomatose im metamorphen Zyklus aus. Die Endstation liegt in der auffangenden dolomitisch-kalkigen „Vorlage“ (im chemischen Sinn). Davon handeln die nächsten Abschnitte. — Über den Weg zwischen den beiden Stationen ist nichts bekannt.

Es soll aber nicht vermeint werden, zu jeder Magnesitlagerstätte gehöre ein bestimmter Antigoritit oder auch nur eine bestimmte Gruppe solcher Körper. Das Phänomen ist regional, die Lösungen sind regional, die Metasomatosen sind regional. Das gesamte, von der Orogenese ergriffene Gebirge, reagiert im entsprechenden Zeitraum.

Orientierend sei nun zum Verhältnis der Eisenspat- und Magnesit-Metasomatose des metamorphen Zyklus bemerkt: Sie wurden so verknüpft, daß die antagonistisch in bezug auf Eisen und Magnesia erscheinen. Das würde dazu passen, daß es doch verwunderlich wäre, wenn sie bei irgendwelcher nahen Interferenz nicht der kristallo-chemischen Verwandtschaft zwischen Fe²⁺ und Mg²⁺ durch Ausscheidung der Fe-Mg-Mischphasen mittlerer Zusammensetzung, also Pistomesit oder Mesitin oder Sideroplesit Rechnung trügen. Aber es gibt da verschiedene Möglichkeiten. Angenommen, es läge der Magnesit schon in einer Spatlagerstätte vor, und in diese würde hernach eine für sich wesentlich FeCO₃-absetzende Lösung einziehen, dann wäre es denkbar, daß der Magnesit partiell gelöst wird, und aus der nun beide Ionensorten enthaltenden Lösung eines der genannten Mischglieder auskristallisiert. Tatsächlich kommen ein paar Lagerstätten dieses Typus vor. Daß Magnesite von eisenärmerem Typus mylonitisiert werden, und dann höhere Reaktionsbereitschaft zeigen, können wir belegen (Vgl. Bildserie). Bei den Tuxer Lagerstätten liegt der Fall vor, daß ein Teil davon — die eisenarmen — nicht jene intensive Verwertung im Verband mit alpidischer Tektonik mitgemacht hat, wie der andere, eisenreiche. (Vgl. Lagerstätte Tux. Dieses Heft S. 335). Auch einige andere in diese

Richtung weisende Befunde werden mitgeteilt (Siehe nächste Abschnitte und Bildserie). Der nahe der Sideritlagerstätte von Hüttenberg in Antigoritit auftretende, unbedeutende, spätige, gangförmige Magnetit ist eisenarm. Der Breunnerit der Gleinalpe geht noch zur Gruppe der nicht eisenreichen. Diese beiden Magnetitmanifestationen im Antigoritit teilen die nun als varistisch angesehene, gegenüber der alpiden alten, metamorphen Herkunft. Wir möchten daher glauben, daß es auch alte Spatmagnetite eines metamorphen Zyklus gibt, und daß es im Laufe der alpiden Orogenese durchgepauste und überdies sideritisch beeinflusste gibt. Eine andere Variante, wie sie von W. Petrascheck (31) (32) vertreten, und im Kreise von Fachgenossen wie E. Clar, H. Meixner und vor allem O. Friedrich mit Angel erörtert wurde, ist die Meinung, daß Magnesiummobilisierung für Spatlagerstätten auch alpidisch ablaufe. Damit ist die Diskussion über dieses Thema nicht zu Ende, es ist auch noch nicht abschließbar. Aber eine andere Frage kann für unser Material beantwortet werden. Wie aus dem nachfolgenden Bildmaterial und zugehörigen Erörterungen hervorgeht, sind die von uns als metamorph-metasomatisch gekennzeichneten Lagerstätten nicht sedimentär. Damit möchten wir auf die dankenswerten und anregenden Studien zu diesem Thema von B. Rohn (34) und H. Leitmeier (24) sowie J. G. Llarena (25) (26) Stellung genommen haben.

III. Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose

Die Karbonatgesteine, welche sich in den Spatmagnetitlagerstätten treffen, sind Kalke, Dolomite und Magnesite. Von allen dreien erscheint sedimentäre und metamorphe bis metasomatische Entstehung möglich. Daß es nicht leicht ist, sich bei Dolomiten und Magnesiten vor allem für das eine oder andere zu entscheiden, zeigen die jüngsten Erörterungen dieser Frage wieder. Am Anfang steht das Dolomit-Problem: Gibt es sedimentäre und metasomatische Dolomite? In welchem Sinn metasomatisch? Oder gibt es bloß die einen oder die andern? Und wie sollen sie im Einzelfall entstehen? Wie erkennt man ihre Natur? Dazu sollen nur wenige aber gewichtige Stimmen zitiert werden, die in der jüngsten Zeit und für europäische Verhältnisse dazu Stellung genommen haben:

C. W. Correns (16) (S. 230, 253) äußert: In den heutigen Meeren wird keine direkte Sedimentation des Dolomites beobachtet; erst innerhalb des Sedimentes scheinen die Bildungsbedingungen für ihn zu bestehen. Kleine neu gebildete Rhomboeder werden (darin) nicht selten beobachtet. — In terrestrischen Salzpfannen wird rezente Dolomitbildung angegeben, ist aber nicht näher erforscht. Mindestens ein großer Teil der Dolomite ist sekundär durch Metasomatose entstanden. — Das Problem des Funafuti-Dolomites ist nach Correns ebenfalls noch ungeklärt; es erfolgt zwar 200 m unter Meer und tiefer nachweisbar Dolomitisierung eines Korallenkalksteins, mit „sicherer Zufuhr von $MgCO_3$ “, aber die physikalisch-chemischen Bedingungen sind nicht bekannt. „Dasselbe gilt auch von späteren Dolomitisierungen, für die Magnesiaendlaugen oder auch hydrothermale Wässer verantwortlich gemacht werden“.

Raupach (42) berichtet in einer groß angelegten Studie über Arbeiten russischer Forscher bezüglich Schwarzmeer und Kaspi. Nach Strachow-Zwetkow (1944) bilden sich unsere drei Karbonate als Sedimente im freien Kaspi und Karabogas nach folgendem Gesetz: Kalksediment, wenn der Salzgehalt des Meerwassers unter 7% bleibt; Dolomitsediment, wenn er von 7 bis 18% reicht, und Magnesitsediment, wenn der Salzgehalt noch höher ist, was für den Karabogas zutrifft. Die Aussage Correns gilt also nicht so allgemein; es gibt Meere, in welchen direkt Dolomit und auch Magnetit abgeschieden werden, und zwar in unseren Zeitläuften, denn für die geologische Vergangenheit wurde es ja ohnedies nicht als allgemein gültige These behauptet oder verneint.

B. Sander (35) widmet im Kapitel Anlagerungsgefüge, S. 311—344, den Camgiten = Ca-Mg-Anlagerungsgesteinen, worunter kalkige und dolomitische Gesteine sedimentärer Natur zu finden sind, einen mit Bildern ausgestatteten Abschnitt der das Gefüge solcher Gesteine analytisch und genetisch kennzeichnet. Es zeigt sich, daß man in den vorgeführten Fällen, welche dem alpinen Mesozoikum entnommen sind, noch heute, trotz langer Diagenese, unterscheiden kann zwischen Gesteinsanteilen, die aus Schlämmen stammen (dolomitischer Pelit) und also ein mechanisches Sediment sind, biogen produzierte Dolomitlagerung, Dolomit in primärer chemischer Anlagerung, chemisch angelagerter Dolomit der Kleinhöhlen (Internbildung, damit bereits im Bereich der Stoffwechselforgänge im fertigen, der Diagenese verfallenen Sediment), und metasomatischen Dolomitisierungen, ebenfalls in diesem Abschnitt der Sedimentgeschichte. Nur erwähnt sei, daß sich Dolomit und Calcit zusammenfinden und in ihren Abscheidungen interferieren können, und daß auch Calcit aktiv an Metasomaten dieses Ablaufes teilnehmen kann. — Aber im Bereich der erörterten Spatmagnetitlagerstätten trafen wir nur auf folgende Fälle in Sanders Ausführungen, die das Thema direkt berühren (S. 333 unten): Typus 2. Kristalline, körnige, homogene Kalke und Dolomite aus verschiedenen Formationen, wie alpines und belgisches Paläozoikum und alpines Mesozoikum. Dafür werden wir Beispiele aufzeigen können (Abb. 1 und 2). — Typus 3 b. Diffus im Gestein verteilte Dolomitrhomboeder, Holoblasten dolomitisierender Metasomatose, als offene oder geschlossene Gefüge. Solches begegneten wir in eigenem Vergleichsmaterial, einem dolomitischen Kalkstein von Lethmate (Westfalen), leider bisher aber nicht hier. Während also die Sanderschen Typen 1 (Dichte kalkige und dolomitische Rhythmite) für uns ausfielen, konnten wir wenigstens an den Typ 2 anknüpfen.

Wichtig ist für die folgenden Betrachtungen indes eine kleine begriffliche Rückschau. Aus den camgitschen Sedimenten sind durch Sander folgende Erscheinungen, die der diagenetischen Verfestigungsgeschichte zugehören, unterschieden worden, welche chemischer Natur sind: Dolomitspatisation und Kalkspatisation, d. i. Ausfüllung von Kleinhöhlen im bereits fest gewordenen Sediment durch Ausscheidung von größeren Kristallen aus zirkulie-

renden Lösungen, welche nicht von weit außen her zugeführt sein brauchen. Das ist nicht dasselbe wie eine schon in diesem Frühstadium der Verfestigung ebenfalls beobachtete *Metasomatose*, denn diese füllt keinen Hohlraum, sondern sie „verdrängt“, d. h. es wird bereits Festgewordenes aufgelöst und entfernt, und an seine Stelle setzt sich neu Herangebrachtes in kristalliner Form. *Metasomatose* wird erkannt an Relikten und Reaktionssäumen. Es gibt da schon eine dolomitische und eine calcitische *Metasomatose*. Dazu werden im Ablauf der Spatmagnetit-metasomatose Parallelen sichtbar werden. Beides, die Dolomitspatisation wie die Dolomitmetasomatose erfüllen den Ausspruch *Correns*, daß die Bildungsbedingungen für Dolomit innerhalb des Sedimentes gegeben sind; freilich sind sie nicht nur da gegeben. — Ein besonderer Fall des Dolomitabsatzes — wiederum im Rahmen der Diagenese, — ist belteroporer Spatdolomitabsatz, der verdrängend nach Wegsamkeiten wächst, aber auch Hohlräume im selben Zug füllt. Auch dazu werden sich Parallelen zeigen. Schließlich — noch näher an unseren Fragenbereich führt die Umkristallisation, welche der Metamorphose zur Seite gestellt werden kann. Dabei wird — wie bei der *Metasomatose*, — ein altes Gewebe verdrängt, aber seine ganze Substanz am gleichen Orte neu aufgebaut, wogegen bei der *Metasomatose* diese Substanz von außen herangebracht und mindestens zum wesentlichen Teil die erbeingesessene Substanz ausziehen muß, um der eingeführten neuen und andersartigen Platz zu machen. Bei der einfachen Umkristallisation wird das vorher z. B. so kompliziert und formenbunt gebaute System des Typus 1 (von Sander), also die mm-Rhythmite mit ihren Kräuselungen der Rhythmen, Kleinhöhlen, sonstigen Kleinformungen, Kalkspatisierungen und Dolomitspatisierungen, Resedimentierungserscheinungen usf., also das Heterogenste an Gefüge, was man sich vorstellen kann, in Handstückbereichen und kleineren manifestiert, homogenisiert. Das hat für unsere Zwecke Bedeutung, denn wie unterscheidet man nun, ob ein solcher umkristallisierter Camgit schon vor der Umkristallisation Dolomit war oder noch nicht; dann könnte ja die Umkristallisation mit der Dolomitisation gegangen sein. Das betrifft nun gerade jene alten Dolomite, die man im Grazer Paläozoikum vor sich hat; auch jene, deren Strukturen wir sehen konnten und die aus alpinem oder deutschem Mesozoikum stammen; und auch jene, die bereits oben nach Sander zitiert wurden. Wenn auch dieses Unsicherheitsmoment stört, so vermag es doch zwei grundlegende Feststellungen nicht abzuschwächen: 1. Solche körnige Kalke und Dolomite treten weitab von Magnetit- oder verwandten Lagerstätten in nicht metamorphen Gebirgstteilen sehr verschiedener Formationen auf. — Und 2. Sie haben ihre Formung und Mineralisation in einem sedimentären Zyklus erfahren. Zu diesem Zyklus gehören neben mechanischen Absätzen auch chemische, die „Spatisationen“ (Spatungen) von Hohlräumen, die direkte Dolomitsedimentation, die metasomatische Dolomitisierung und die Umkristallisation. Die Beobachtungen Sander's an seinem Material vom Typ. 1 zeigen, daß dort metasomatisch gebildeter

Dolomit gegenüber pelitisch abgesetztem an Menge sehr zurücksteht. Indes bei den uns näher angehenden Fällen des Typ 2 und 3 b scheint es, daß die Fälle spätdiagenetischer und metasomatischer Dolomitisierung sehr stark vertreten sind. Daher stellen wir nach unserer Kenntnis von solchen Gesteinen aus dem Grazer Paläozoikum, aus dem alpinen und deutschen Mesozoikum, nach Sander auch aus dem belgischen Paläozoikum, jene zwei Abb. 1 und 2 an die Spitze unserer Bilderfolge und glauben, daß wir hiemit die Berechtigung dazu begründet haben. Hier ist unser Ausgangspunkt. Eine Darstellung der Magnetitpatlagerbildung in großen Zügen soll nun folgen.

1. Wir haben als Begleiter der Lagerstätten u. a. Dolomite ausfindig gemacht, die nicht zu Magnetiten weiter entwickelt werden, ja in die chemischen Ereignisse des Zyklus der Magnetitbildung gar nicht eingehen: Es sind die metasomatischen Dolomite eines vormagnetitischen, sedimentären Zyklus oder eines — wie wir meinen — nachmagnetitischen (Radenthein). In Radenthein kennen wir auch begleitende körnige Kalkzüge (Paläozoikum, fossilifer); aber in diesen Kalkzügen findet man keine Magnetit sprossung. So erging es auch in anderen, hauptsächlich westösterreichischen Spatmagnetitlagerstätten. Um die Magnetite herum verbreiten sich kristalline Dolomite. Von bereits mehreren dieser Dolomite wissen wir aber heute zweierlei: a) daß sie vormals fossilführende Kalke verschiedener paläozoischer Formationen vom Silur über Devon bis Carbon gewesen sind, b) daß ihre Dolomitisierung im Bereich der Spatmagnetite in anderen Formen abläuft und andere Kornformen erzeugt, als die oben belegte Dolomitmetasomatose aus dem sedimentären Typus. Diese Erfahrungstatsache wird illustriert durch die Abb. 3, 4, 5 und 6. Wir meinen demnach, daß ein erster Akt jener Mg-Zufuhr, welche dann Magnetit erzeugt, diese besondere Form metasomatischer Dolomite liefert. Da im Laufe der Geschichte der Magnetitlager auch Gesteine nach Art kristalliner Schiefer erzeugt werden, wie Leuchtenbergit- und Talkfelse, und wir als Quelle dieser Magnesiummetasomatose die Stoffverschiebungen anlässlich eines größeren gesteinsbildenden Geschehens (im Rahmen einer Orogenese) erblicken, nennen wir die so erzeugten Dolomite metamorph-metasomatische und stellen sie den sedimentär-metasomatischen von oben gegenüber. — Die Prägung der metamorph-metasomatischen Dolomite glauben wir auf Kalksteine zurückführen zu müssen, obgleich wir weder in Aufschlüssen, noch in Anstößen Kalkrelikte finden konnten. Andererseits haben wir nicht einen Beleg dafür, daß im Beobachtungsbereich Dolomite des sedimentär-metasomatischen Zyklus magnetitisiert worden wären. Aber der Hinweis, daß sich oft Struktur- und Farbklänge an paläozoische Kalke von Silur bis Carbon bemerkbar machen, ist eine Stütze für unsere Ableitung, bei aller Ähnlichkeit, die sonst zwischen gewissen hellen und blauen Dolomiten von Tux z. B. mit solchen des Grazer Devons (Schloßbergdolomit) sich aufdrängt. — Auch die heutigen Bänderdolomite der erörterten Lagerstätten zeigen bereits die charakteristischen Kornformen der metamorph-metasomatischen Dolomite und werden daher

von uns auf Bänderkalke zurückgeführt. — Diesen Dolomit wollen wir mit Dol. I bezeichnen.

2. Erst in solchen Dolomitarealen, die vom Dol. I besetzt sind, verzeichnen wir den Höhepunkt eines in Temperatur und Konzentration aufsteigenden Geschehens, von dem Dol. I ein Zeuge im Aufstieg ist. Dieser Höhepunkt wird eingeleitet mit der Einsprossung von Magnetit in Pinolienform, in recht verschiedene eben metamorph-metasomatierte Dolomite, z. B. in den schwarzen (nach Karbonkalk) und hellen, bläulichen bis kräftig blauen (vielleicht nach devonischen Kalken, Schiefer und -grauen Flaserkalken) und in gelbrot-flaserige, glimmerreiche (die eventuell schon mit silurischen Kalkvorformen zu tun haben). In letzterwähnten Gesteinen sind die Pinolien viel auffälliger als in den typischen Pinolitmagnetiten nach karbonischen, kalkstämmigen Dolomiten, aber nicht weniger groß und nicht weniger schön.

Beweise, daß tatsächlich der metamorph-metasomatische Dolomit vom Magnetit verdrängt wird, können wir mit Abb. 9 vorzeigen; im ergänzenden Text noch andere; solche Dolomitrelikte kleinsten Ausmaßes gibt es in allen Spatmagnetiten aller Lagerstätten. Das bedeutet die Allgemeingültigkeit des Prozesses. Der Magnetit wird durch Lösungen auch in die begleitenden Tonschiefer hinausgetragen, aber nicht weiter. Dort metasomatiert die Lösung Tonsubstanz (hauptsächlich sedimentäre Glimmer) zu entweder Leuchtenbergit oder Talk; bleibt Mg überschüssig, so wird es als Karbonat niedergeschlagen. Das bezeugt, daß das Magnesium in Lösung als Karbonat transportiert wird, und die Mineralisation der betroffenen Schiefer zeigt, daß höchstens noch Ca-Ionen mitlaufen, denn es wird auch Dolomit (Porphyroblasten) in den erwähnten metasomatierten Schiefen ausgefällt. Der in ihnen in erheblichen Mengen enthaltene Pyrit wird nicht von den Mg-Lösungen mitgebracht, sondern ist schon im nicht-metasomatierten Tonschiefer enthalten und wohl organisch-sedimentärer Abkunft. Auch in Sandsteine dieser Schieferbegleitung dringt die Mg-Lösung nach Wegsamkeit ein, und reichert dort bis zu 50 % Magnetit an, Quarz teilweise verdrängend.

3. Nun aber setzt ein absteigender Ast ein, der Dolomit II produziert, welcher nachweisbar wieder in allen Lagerstätten, wo er an Magnetitkristalle heran kann, sie partiell oder völlig ersetzt. Um dies zu zeigen, wurden Proben für die Abb. 7 und 11—23 aus verschiedenen Lagerstätten zusammengesucht. Es wird der ausgeschiedene Magnetit also angelöst, sein Magnesium mobilisiert und aus einer Lösung, die nun auch Ca-Ionen führt, als Karbonat Dolomit niedergeschlagen. Diesen Vorgang nennen wir *Redolomitierung*. Dazu gehört noch der Roßzahn-Dolomit, der sichtlich Hohlräume schließt (Abb. 23).

4. In einigen Fällen kommt es jedoch noch zu einer calcitischen Schlußphase. Es ist nun aus den Lösungen am Ende des absteigenden Astes eine Lösung übrig, die noch Ca-Ionen absetzen kann. Sie vermag fallweise noch Dolomit, wahrscheinlich auch Quarz, metasomatisch zu ersetzen (Abb. 31) oder sie füllt Hohlräume auf (Abb. 33) ohne etwas zu metasomatisieren, oder sie kleidet kleine Kristallkeller aus.

5. Man fragt sich, was passiert denn während der Redolomitisation des Magnetites in den mittels Dol. I metasomatierten Dolomiten? Die Abb. 27, 28 sind wahrscheinlich eine Antwort darauf. Es gibt da Sammelkristallisationserscheinungen, die wir diesem Stadium zuordnen.

Wenn wir sagen, an- und absteigender Ast mit Kulmination, so meinen wir damit den mittels einer Kurve abgebildeten Ablauf der Wirkungen der Metasomatose, diktiert hauptsächlich durch Temperatur und Konzentrationsänderungen, und unter praktisch gleichbleibenden Drucken. Die Kulmination bedeutet sodann relativ höchste Temperatur und höchste Mg-Konzentration. Aus der Karbonatsprossung in den metasomatierten vormaligen Tonschiefern, und aus den im ganzen Vorgang manifestierten Mineralphasen können wir in erster Linie schließen, daß der Magnesia-Antransport sich in den metasomatierten Gesteinen als Karbonatkristallisation auswirkt. Ob dieser Antransport auch in CO₂-saurer Lösung erfolgt, ist nicht direkt ablesbar; wir kennen ja nur eine Anfangsstation in metamorphen Peridotiten, da ist das mobilgemachte Magnesium tatsächlich in Karbonat vielfach beobachtet. Wir kennen auch die Endstation in den alten Camgitzügen; da ist es auch zunächst in diesen selber Karbonat, nämlich, entweder metamorph-metasomatischer Dolomit I und II, oder Magnetit; und daß sich so oft in den metasomatischen talkigen und chloritischen Begleitgesteinen Dolomit oder Magnetit-Porphyroblasten, und in Begleitsandsteinen-Belteroblasten bilden, bekundet eindeutig, daß in der Spät- sowie der Hochphase der Magnetit-metasomatose kohlen-saure Mg-Transporte ablaufen. Ein Punkt ist noch herauszustellen: Die Magnesia-metasomatose bleibt so eng im Rahmen der genannten alten Camgite und ihrer engst verknüpften Schieferbegleitung aus Tonschiefern bis graphitischen Sandsteinen, daß man von einem Internhaushalt sprechen kann. Es war in unserem Untersuchungsbereich immer wieder sichtbar, daß selbst unmittelbar am (immer wieder als tektonisch erkennbaren) Kontakt die Magnetisierung nicht in den Phyllit (Glanzschiefer z. B.) hinaustritt, der ziemlich allgemein die Tonschiefer-Camgit-Serien einpackt.

Zu diesem programmatisch vorgebrachten Ablauf bringen wir abschließend zugehörige Einzelbelege; es erspart uns das eben Vorausgeschickte eine nochmalige Zusammenfassung.

IV. Gesichtspunkte der Materialauswahl

Es ist die Absicht dieser Studie, zum Ablauf eines großen metasomatischen Geschehens Belege beizubringen, welche es aufzuhellen imstande sind. Daher ist die Materialauslese eine andere, als sie der Bergmann und Hüttenmann treffen würde, wenn er sich über Magnetit ausspricht. Diesen interessieren die Massen des guten, brauchbaren Magnetites und nicht Einzelproben, die für ihn wertlos und uninteressant sein mögen. Um aber den Ablauf des Naturgeschehens zu studieren, muß man auf technisch belangloses Material greifen. Ein guter, „fertiger“ und nicht wieder ruiniertes Magnetit ist im Zusammenhang dieser unserer Bearbeitung aber bloß ein Datum, das wir auch registrieren, aber es führt

nicht weiter. So kommt es, daß wir in den west-österreichischen Lagerstätten hauptsächlich darauf aus sein mußten, genetisch interessante und weiter führende Daten zu erlangen, und das geschieht anhand von ausdauernd gesuchten, oft gar nicht rasch zu findenden Proben, die entweder gar nicht Magnetit waren, sondern lagerstättenbegleitende Dolomite u. a., oder die bergmännisch und hüttenmännisch gesehen wertlose Muster, eventuell Abraum darstellen. Man möge also aus der erörterten Auswahl nicht etwa einen Schluß ziehen auf durchschnittliche Zusammensetzung der erwähnten Lagerstätten. Darüber Aufschluß zu geben, ist nicht im Sinne dieser Studie. Davon abgesehen, glauben wir aber, auch dem Berg- und Hüttenmann damit zu dienen, denn immer ist Wissenschaft Grundlage der Technik, und die aufgezeigten Zusammenhänge gehen den Praktiker doch viel tiefer an, als es auf den ersten Blick scheinen mag. Das, was hier berührt wird, ist gar nicht weit von dem, was ihn Tag und Nacht beschäftigt.

Einmal war der Spatmagnetit nicht da, wo wir ihn heute antreffen. Er kam erst, und sein Einzug veränderte die vorgegebenen Gesteinsstöbe, in welchen er sich festsetzte, bis auf den Grund. Die Stationen dieses Geschehens suchten wir in Bildern und im Text festzuhalten, aufzuzeigen und verständlich zu machen. Gewiß ist vieles nicht neu, und da darüber von Altmeistern unseres Landes besonders zur allgemeinen Problematik, geschrieben worden ist (Vgl. Literaturauswahl am Schluß), soll dieser Beitrag zur Kenntnis der Magnetite nicht weiter ausholen, als aus den berührten Lagerstätten einer solchen Darlegung wert erscheint und von uns selbst ermittelt worden ist.

V. Erläuterungen zu den Tafeln I—IV mit den Abbildungen 1—33

Aus den hiemit vorgelegten Abbildungen sollen die Einzelnachweisungen ersichtlich werden, aus welchen die Abfolge der Spatmagnetit-Metasomatose aufgebaut werden kann. Man könnte diese Abfolge vielleicht auch aus nur einer Lagerstätte belegen. Wenn sie hier anhand von Belegen aus verschiedenen Lagerstätten vorgeführt wird, so hat dies den Vorteil, daß damit ihre Gegebenheit über einen größeren Bereich aufgezeigt werden kann. Daß in der Auswahl der Beispiele Westösterreich besonders hervortritt, hat seinen Grund darin, daß hierorts gerade darüber ein reiches Material vorliegt; immerhin so reich, daß die daraus gezogenen Schlüsse zum Großteil ziemlich allgemeine Gültigkeit haben dürften. Eine tunlichst große Bilderanzahl wurde im Maßstab 1 : 100 dargeboten; dies ermöglicht in wünschenswerter Weise direkten Vergleich und Ablesung von Korngrößen. In einzelnen Fällen mußte zu anderen Maßstäben gegriffen werden. Dies ist auf der Bildtafelserie selbst ersichtlich. Die Bildbeschriftung auf den Tafeln erfolgte möglichst knapp und bloß zur raschen Orientierung des Lesers. Die Bezifferung im nachfolgenden Text und auf den Tafeln ist dieselbe, aber Fundortsangaben u. a. werden nun ausführlicher gehalten. Die Bildfolge trägt so weit als möglich der gene-

tischen Folge der Phänomene Rechnung. Alle Abbildungen sind Anschliffbilder, ausgenommen Abb. 20.

Tafel I

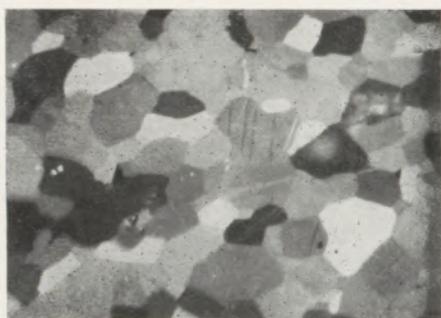
1. Dolomit, Radenthein. Das Gestein bildet einen schmalen Zug im Liegendflügel der Magnetitlagerstätte der Millstätter Alpe und wird von Angel-Awerzger für mesozoisch (Trias) gehalten. Die Probe stammt vom Ostkontakt des Zwischenlagers mit der großen Diaphthoritzone; sie ist mechanisch kräftig zerlegt, aber nicht gerade mylonitisiert. Das Bild zeigt ein sehr einfaches, glatt konturiertes Pflaster aus Dolomitmörnern. Kalkspat nimmt nicht teil. Die an einzelnen Körnern sichtbare Verzwillingung gehört dem Dolomit zu. Schräg von links unten nach flach rechts oben wird durch eine wenig betonte Kornlängung ein „s“ sichtbar, das äußerlich bloß an der kreidigen, entpigmentierten Oberfläche als feine 1-mm-Feinrhythmik sichtbar ist. Das Gestein ist dem freien Auge gegenüber dicht und sehr licht bläulichgrau pigmentiert. Das Pigment ist so fein verteilt und so wenig, daß es bloß mit starker Vergrößerung als zum Teil verhältnismäßig grob graphitisch, zum Teil als Pyritstaub erkannt werden konnte. Wenn im Laufe der Ausführungen von Graphit und graphitisch berichtet wird, so sei festgehalten, daß diese Bezeichnung mit Vorbehalt gemacht wird: Es sind auch graphitnahe „Vorordnungen“ einbezogen und nicht näher unterschieden. — Das Bild wurde — wie mehrere andere — unter bildgünstigst schräg gekreuzten Nikols aufgenommen.

2. Dolomit, Radenthein, aus dem östlichen Ende des Hauptuntersuchungstollens der Lagerstätte wie 1. Das hellblaue, feinkörnige Gestein enthält in einem massig erscheinenden Hauptanteil Nester eines weissen, sehr grobspätigen reinen Dolomits (bis 2,5 cm Korn meist aber nur 0,5 bis 1 cm), Nestumriß unregelmäßig beutelig, durch mehrere Zentimeter mächtige Kornstränge mit anderen Nestern verbunden, Nestgrößen um 10 cm, die Struktur entspricht grobem Marmor. Diese Massen aus angenähert rhomboedrischen Körnern umschließen noch fetzige Brocken des blauen Dolomits. Die Lichtbrechung ist bei beiden Körnungen für $n_D = 1,679$, also reiner Mg-Dolomit. Da die Grobmassen Talk in lockerer Verteilung mitführen (sehr dünne, aber bis 2 mm große, randlich unvollkommen geformte Täfelchen, weiß) haben sie mit der Mg-Metasomatose zu tun, und zwar mit jener Spätphase von Dolomitsammelkristallisation, die weiter unten noch behandelt wird. — Das Hauptgestein aber zeigt wieder jene typisch pflasterige Struktur, die aus polyedrisch-isometrischen, recht glattrandigen Körnern aufgebaut wird. Diesen Dolomit halten wir für paläozoisch.

Um die Bedeutung eines derartigen Gefüges zu erkennen, muß man aus dem Bereich so komplizierter Abläufe, wie es die Spatmagnetitgenese ist, in davon abliegende Bereiche hinausgehen. Und da findet man genau dieselben Strukturen wieder, z. B. im Bereich der Dolomite des Grazer Paläozoikums, oder — mit nahezu gleicher Korngröße wie Fall 1 — in Präparaten von alpinem Hauptdolomit, Ramsaudolomit, etwas gröber im Dolomit von St. Pankraz (Steyerlingtal, Oberösterreich), aber man kann noch

100x TAFEL 1

100x



1. Dolomit, Radenthein



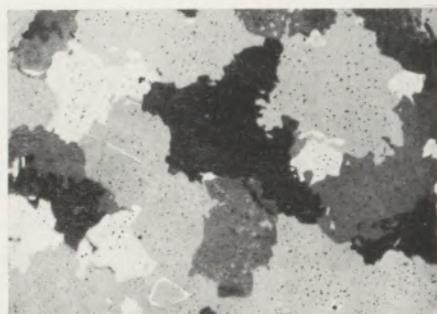
2. Dolomit, Radenthein

100x

100x



3. Dolomit, Tux, E 9 a



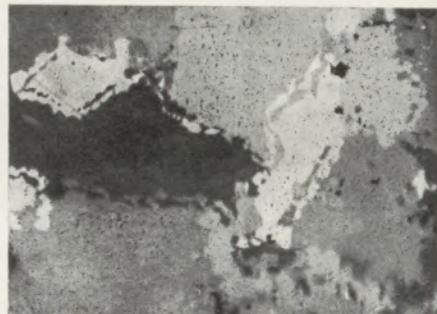
4. Dolomit, Tux, Martha II

100x

100x



5. Dolomit, Tux, Martha II



6. Dolomit, Tux, E 7

2,2x

2,2x



7. Pinolien in Dolomit, Tux, E 7



8. Pinolit-Magnetit, Tux, Neunerstollen

ferner liegende Dolomite vergleichen: Rupprechtshagen in der fränkischen Schweiz, Eichstätt (Bayern), Scharzfeld (SW-Harzfuß), Wülfrat (Westfalen). Nicht daß diese Dolomite nicht auch eine Metasomatose durchgemacht hätten; auch sie dürften Kalksteine gewesen sein. Aber ihre Metasomatose erfolgte noch im Zusammenhang mit einem sedimentären Zyklus, und die Verbreitung ihres Gefügebaues nach Art wie in den Abb. 1 und 2 in Regionen, die fernab von Magnesiametasomatose liegt, die zur Spatmagnetitbildung führt, bezeugt, daß es sich um eine für Dolomitierung im sedimentären Zyklus charakteristische Körnungsweise oder Struktur handelt. — Es ist somit nachzusehen, ob die von der metamorphen Spatmagnetit-Metasomatose betroffenen Kalksteine oder Dolomite etwa andere Strukturen entwickeln. In dem von uns bearbeiteten Material haben wir vergeblich nach Kalkspatrelikten (von Kalksteinen herrührend) in Magnesiten und Dolomiten gesucht, wir haben auch keine Kontakte von Kalksteinresten in solchen Dolomiten, die nicht im sedimentären Zyklus, sondern in dem der Spatmetasomatose dolomitisiert wurden. Nun begegnen wir aber in den Lagerstättenbereichen Dolomiten mit ganz auffällig anders geformten Körnern.

3. Dolomit Tux E 9 a, genauer: Tux, Magnesitlager „Wiese“, jetzt Werkslager, Etage 9 a des Tagbaues. Hier treten schwarze, meist ton- und graphitreiche, von graphitischen Tonschiefern und Pinolitmagnesiten begleitete Dolomite auf, die Angel mit magnesitführenden Karbonkalken des Ostens parallelisiert. Die Dolomitkörner treten in „Amöbenform“ auf; ein zentraler Kern hat nach allen Raumrichtungen mögliche, dick zapfenförmige Fortsätze, die sich gegen das Ende zu verzüngen oder keulig verdicken. In die Räume zwischen den Zapfen des einen Kornes greifen die der Nachbarkörner ein. Das gibt Schnitte wie in Abb. 3. Die Umrißlinien der Zapfen erscheinen wechselnd stumpf oder scharf gebuckelt oder gezähnt. Das Pigment zieht sich an den Kornrändern zusammen und bildet da eine schwarze Schmiere. Erst bei $2000\times$ Vergrößerung löst sich diese in ein feinstschuppiges, graphitisches Aggregat auf, mit Individuen kleiner als 0,001 mm. Es sind einige Rutilkörnchen zu sehen, ferner kleine, zähne Quarze, Chlorit (Leuchtenbergit), Serizit, bestimmt mittels Lichtbrechung im Pulver, und Pyritkörnchen, die aber größtenteils Goethittrinden tragen, innerhalb welcher der Pyrit nur kleine, benagte Restchen ausmacht. Selten sitzt der Pyrit im Innern der Dolomitmetablasten, häufiger in den Kornfugen. Er ist wohl aus einer vordolomitischen Phase übernommen und erst mit der Dolomitierung goethitisiert. Dies würde einen gewissen Sauerstoffgehalt der dolomitisierenden Lösung erfordern. Die Dolomitierung hat sich — dem oben angedeuteten Vergleich nach — an einem karbonischen Kalk abgespielt, wurde durch Zufuhr einer Mg-reichen Lösung bewirkt, die auch den Pyrit des Kalkes goethitisierte. Und dieser, von uns in den Zyklus der Spatmagnetit-Metasomatose eingeordnete Vorgang brachte die eigentümliche Korn- und Strukturform, der man in Abwandlungen noch weiterhin begegnet.

4. Dolomit, Tux Martha II, Querschlag 141 N. Ein hell blauweißer Dolomit feinen Kornes, mit grobkristallin gefüllten Dolomitklüften. Auch hier sieht man die amöboid gestalteten Dolomitkörner ($n_0 = 1,679$, also sehr rein) und Zapfenquerschnitte tiefer liegender oder weggeschliffener höher liegender Dolomitmetablasten. Die blättrigen Gemengteile (etwas Chlorit mit $+2V$ etwa 10^0 , $n_m =$ unter 1,586) sind selten, Pigment sehr wenig, ebenso Pyrit mit Goethittrinden.

5. Aus demselben Präparat; eine kontrastreichere Aufnahme war nicht zu erreichen. Aber hier sieht sich besonders ausgeprägt das Verschränken der amöboiden Formen. Die Größe der Zapfenquerschnitte harmonisiert mit den Längsschnitten. Ein lichtrotfleckiger, von weißen Adern durchflochtener Dolomit von E 8 dieses Tagbaues (Dolomitkörner $n_0 = 1,677$), mit Leuchtenbergit auf Kornfugen, zeigt polygonales Pflaster nur in den größer körnigen Adern, im übrigen ebenfalls amöboide, aber kleinere Körnung. Dasselbe aus der Brust E 7/8, hellblauer, feinstere Dolomit.

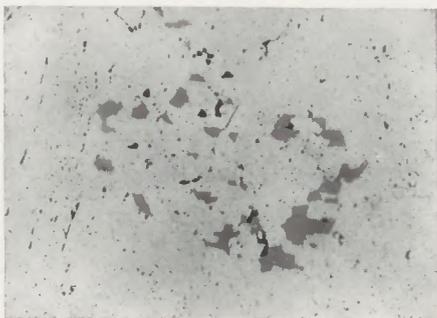
6. Dolomit, Tux, E 7, ein tiefgrauschwarzer, leicht graupeliger Dolomit (nach Karbonkalk) zeigt von Silikatblättchen umflossene Sammelbereiche. Die wahre Korngröße gibt das Bild. Im Blätterfilznetz reichlich graphitischer Staub (Korn unter 1 Mikron), beschickt mit Pyrit-Goethitkörnchen. Die Dolomitkörnung besitzt „Atoll-Lagunentypus“. Um die weniger ausgeprägt amöboiden Hauptpartien verläuft ein — wie das Bild klar zeigt — mit ihm nicht allein gleich orientiertes, sondern auch brückenhaft verbundenes Ringriff, welches für die Nachbarn die Lagune ist und umgekehrt. Man sieht, welcher Lagunenteil zu einem der Kornnachbarn gehört. Im selben Präparat kann man — gar nicht vereinzelt, und auch in anderen Proben —, amöboiden und Atoll-Lagunentypus nebeneinander und miteinander kombiniert beobachten. Also sind das zwei zusammengehörige Gestaltungserscheinungen.

7. Pinolien in Dolomit, Tux E 7. Ebenfalls ein dem Magnesitkarbon zugehöriges, schwarzblaues Muster. Die Pinolien stellen einen Höhepunkt im Zyklus der Magnesitierung dar. Die Metasomatose erzeugt nun nicht mehr Dolomit, wie in den Fällen vorher, sondern sie läßt Magnesit aufsprössen.

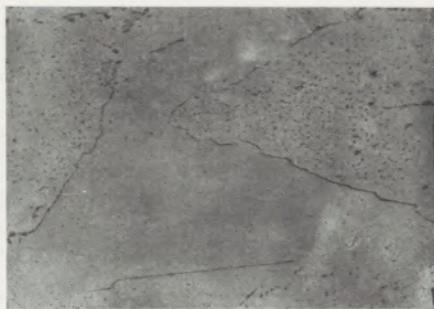
8. Pinolitmagnetit, Tux, Werkslager, Neunerstollen. Zeigt Abb. 7 erst den Beginn der Einsprossung in den Dolomit, so Muster 8 ein vollendetes Stadium; dichtgedrängte kleine Pinolien werden nur mehr durch dürrtliche schwarze Zwischenmasse isoliert. Beachte gleichen Maßstab der Bilder. Die Zwischenmasse besteht aus einer ursprünglich feinstkörnigen Magnesitgrundmasse, die dicht durchschwärmt wird von Leuchtenbergitschuppchenfilzen und imprägniert ist von graphitischem Staub, dessen Teilchen bei $2000\times$ Vergrößerung starke Anisotropie nach Graphitart zeigen. So wie diese Präparate jetzt vorliegen, ist jedoch der Höhepunkt der Magnesitierung bereits überschritten. Wir greifen in der Entwicklungsgeschichte etwas vor: Schon freiäugig beobachtet man, daß die Pinolien zwar in der Hauptmasse gelblich aussehen — das ist Magnesit —, daß sie aber auch zum Teil bläulichweiße Enden, Flecken,

100x TAFEL 2

100x



9. Dolomitreste in Magnesit, Tux, Neunerstollen



10. Zweierlei Magnesit, Tux, Wangl

75x

100x



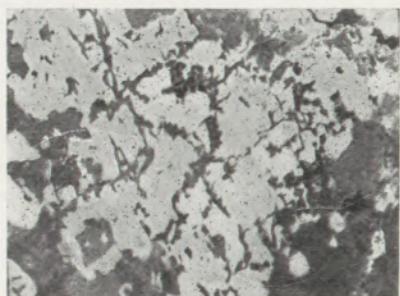
11. Dolomit verdrängt Magnesit, Jassing Magnesit, geätzt (dunkel)



12. Dolomit, quarzbegleitet, verdrängt Magnesit, Tux, Neunerstollen

100x

100x



13. Dolomitische Verdrängung nimmt zu, Radenthein Dolomit, geätzt (dunkel)



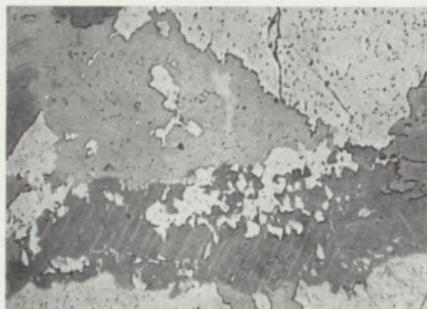
14. Dolomit verdrängt Magnesit — Pyrit — Goethit, Tux, E 7

100x

100x



15. Magnesitreste in Dolomit, Tux, E 7



16 Magnesitreste in Dolomit, Tux, Wangl

Äderchen aufweisen — das ist bereits Dolomit, der sich anschickt, sie zu verdrängen. — Diesen Sachverhalt bestätigt die mikroskopische Anschliffuntersuchung. Die Spitze der großen, wohlgestalteten Pinolie von Abb. 7 ist schon Dolomit . . . Analoges ist im Fall 8 zu berichten; dort sind auch die Magnetitkörnchen in den schwarzen Zwickeln zum Teil dolomitisiert: Redolomitisierung. Nicht selten sieht man in solchen jungen Dolomitkörnchen korrodierte Einschlußreste des Magnesits, der ihnen vorausging.

Das Präparat zeigt in Abb. 8 auch einen gröber körnigen Dolomitgang. Er schließt unmittelbar an die Redolomitisierung an, aber von ihm gehen keine Apophysen mehr aus, die die redolomitisierende Lösung dem schwarzen Filz zugeführt hätten. Die Lösung muß ohne sichtbare Kanäle eindiffundiert sein. Daß sie dies bis zu einem gewissen Bereich in einem solchen ursprünglich tonigen Filz wohl kann, zeigen die nach graphitischen Tonschiefern metasomatischen Lagerstätten-Talke und Leuchtenbergitschiefer, die mit den magnetitbeherbergenden Dolomiten im Kontakt stehen.

Tafel II

9. Magnetit mit Dolomitresten, Tux, Neunerstollen. Am Beginn der langen Querstrecke des Neunerstollens steht in beiden Ulmen ein sehr merkwürdiger Magnetit an: Man sieht auf viele Quadratmeter Ulm dichtgedrängt und, durch schwarzes Pigment an den Korngrenzen isoliert, lauter nahezu quadratische Querschnitte von Magnesitsprossen, aus welchen man — gegensätzlich zur Pinolienform — auf Magnetitwürfel schließen möchte. Sie haben — bei Durchmessern von 1 bis 7 cm — eine wenige mm dicke weiße Rinde, die sich nach außen etwas uneben höckerig abhebt und einem mehr gradlinig-quadratisch begrenzten, graphitisch pigmentierten Kern. Ein Anschliff zeigte im Kern Dolomitrestchen wie in Abb. 9. Diese sind gleich orientiert (bildgünstig schräg gekreuzte Nikols), der Gesamtumriß des Restchenaggregates zeigt Amöbenkontur. Aber das ist nicht der einzige Fall, daß Magnetitkerne, unter anderen von Pinolien, solche Grüppchen von Einschlüssen aufweisen. Gelegentlich ist zu sehen, daß orientierungsverschiedene Grüppchen als Einschlüsse vorkommen. Wir schließen daraus, daß der Magnetit im Höhepunkt der Metasomatose metasomatischen Dolomit des Magnetit-Zyklus verdrängt. Der Dolomit wird gelöst und unter Zufuhr von Mg (mit CO_2) Magnetit auskristallisiert. Es ist bezeichnend, daß der Magnetit eine andere Orientierung hat, als die verdrängten Dolomitkörner. Wir sind damit in die Kulmination des Vorganges zurückgekehrt.

10. Zweierlei Magnesite, Tux, Wangl. Über dem Karlstollen-Mundloch. Das Gestein ist grobkristallin, die weißen, etwas pinolienähnlichen Kristalle haben graue Kornränder. Der Anschliff zeigt zwei poröse Magnetitkörner ($n_D = 1,699$, also chemisch rein) und ein porenfreies ($n_D = 1,709$, das ist 5 Mol.-% FeCO_3). Abb. 20 zeigt den eisenärmeren, porigen Magnetit im Pulver bei $400\times$ Vergrößerung (Durchlicht). Die Porenzüge folgen ungefähr der Spaltung und scheinen Flüssigkeit einzuschließen. Daß der Eisengehalt der Körner in demselben Stück Magnetit etwas schwankt — wenn das mittels Lichtbrechung

erhoben wird —, wurde öfters gefunden. An sich ist der Schwankungsbetrag hier nicht hoch, aber die Erfahrung reicht noch nicht aus für eine Erklärung.

11. Dolomit verdrängt Magnetit, Jassing, Steiermark. Damit beginnt eine Bilderreihe, welche die Entwicklungsfolge der Redolomitisierung in Stadien vorführt. Der Magnetit hat bei etwa 87 % MgO und 4 % SiO_2 , 5,94 % CaO , letzteres in Dolomit gebunden. Zur Sichtbarmachung dieses Dolomits wurde mit beachtenswertem Erfolg Temperaturätzung (600°) angewandt. Der Dolomit erscheint als ungeätztes weißes, den Magnesitspaltungen folgendes, netziges Geäder (beachte Bildmaßstab!); die kleinen weißen Pünktchen zeigen — vergrößert — oft deutlich rhombischen Querschnitt und bedeuten nicht Einschlüsse, sondern Kanalquerschnitte. Der Magnetit hat durch einen entsäuerten Film Interferenzfarbe erhalten und scheint im Bild dunkel. Das ist eines der Anfangsstadien des absteigenden Astes der Magnetit-Metasomatose.

12. Dolomit (dunkel) mit etwas Quarz, verdrängt Magnetit, Tux, Werkslager, Neunerstollen. Ebenfalls ein dürftiges Anfangsstadium der Redolomitisierung. Man sieht den Dolomit längs Kornfugen vordringen, der Magnetit wird nach der Spaltung zackig korrodiert.

13. Dolomitische Verdrängung nimmt zu, Radenthein. Reichliche Magnetitkörner zeigen sich durch schwach abweichende Orientierung noch als Stämmlinge eines größeren Korns, das kataklastisch zerlegt worden ist. Auf den Fugen dringt Dolomit vor. Der Magnetit hat $n_D = 1,702$, d. i. 2 Mol.-% FeCO_3 . Magnesite dieses Probenbereichs haben im Durchschnitt weniger als 1 % CaO . Die Schliffstelle ist ausgesucht reicher an Dolomit.

14. Dolomit verdrängt Magnetit, Tux, Werkslager, E 7. Der Anschliff zeigt, welche Magnetit-Restformen der von links andringende Dolomit, den geschlossenen Magnetitrand korrodierend, erzeugt. Eine jüngste Dolomitader sprengt rechtsseitig den Magnetit mit scharfen Rändern (Gegensatz zur Auflösungsform der Metasomatose. Weiß: Ein Goethitkorn mit Pyritrest).

15. Magnetitreste in Dolomit, Tux, Werkslager, E 7. Ein vorgeschrittenes Stadium der Magnesitauflösung in Dolomit. Beachte die Funktion der — durch Pressung geöffneten — Spaltrisse des Magnesits für das Vordringen der Dolomitisierung. Härteres Relief: Magnetit.

16. Magnetitreste in Dolomit, Wangl. Über dem Karlstollen. Scharf reliefierte Häufchen von Magnetitrestchen von Dolomit umschlossen. Beachte den verwilligten Dolomitkristall in der unteren Bildhälfte. Wieder sind Einschluß und Wirt verschieden orientiert. Man sieht, was von den Restchen zu einem ehemaligen Magnetitkorn gehörte.

Tafel III

17. Magnetitreste in Dolomit, Wangl (Tux). Über dem Mundloch des Karlstollens. Auch in dieser guten Magnetitwand gibt es Stellen in Anschliffen, wie in Abb. 17 wiedergegeben. Der größte Teil des Bildes zeigt einen einheitlichen Dolomitkristall, der eine

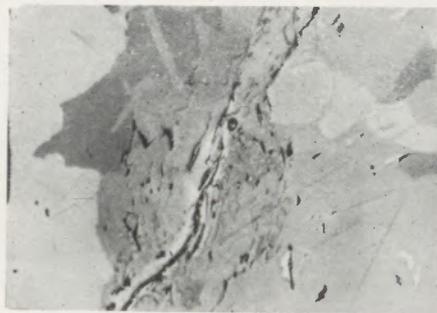
TAFEL 3

100x



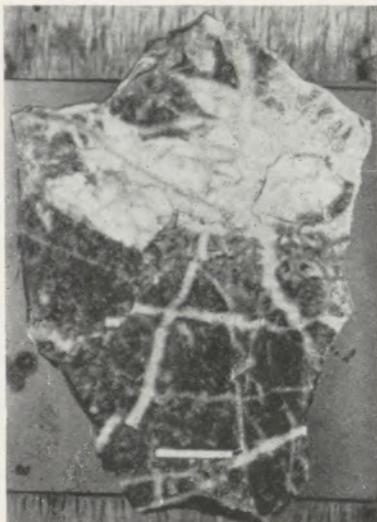
17. Magnetitreste in Dolomit, Tux, Wangl

300x



18. Letzte Magnetitreste in Dolomit, Tux, E 7

1x



19. Pinolien in Dolomit, völlig dolomitisiert, Tux, Martha I

400x



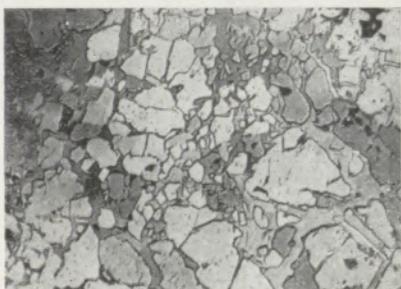
20. Poren im Magnetitkorn

100x



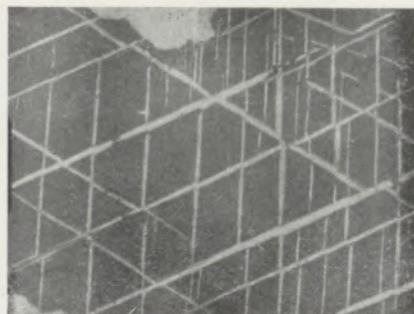
22. Zonarer Magnetit, von Dolomit korrodiert. Temperatur-Ätzung — Pfannegkopf

100x



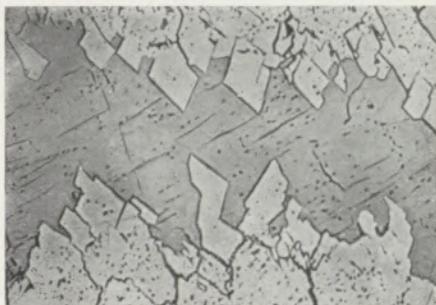
21. Magnetitmylonit wird dolomitisiert. Rettenwandalpe

100x



24. Roßzahn-Dolomitkorn, typische Verzwilligung. Wangl-Hochalm

100x



23. Roßzahn-Dolomit in Magnetit. Wangl-Hochalm

Menge kleinster Magnesiteinschlüsse birgt. Sie halten untereinander gleiche Orientierung, aber diese ist nicht dieselbe, wie jene des Dolomitkorns, das übrigens nach links und oben über den Bildrand hinausreicht. Man bemerkt bei den größeren Magnetitresten noch angedeutet Spaltform, bei den kleineren ist sie verloren und durch Rundungen ersetzt, die sich gar nicht mehr erinnern, daß sie zu einem „vollkommen spaltbaren“ Mineral gehören. Dieser Magnetit enthielt übrigens neben Pyritkleinstkörnern auch noch Blattsilikate (Chlorit, Talk) sowohl auf Kornfugen wie im Korninnern intakter Magnetitkörner. Wie so häufig kommen in diesem in nichts sonst einem Karbonkalk genetisch zuzuordnenden Magnetit die intakten Körner in Pinolien-Ausbildung vor, ohne daß schwarzer Pigmentrand dies unterstriche, und daher zunächst unauffällig. Auch solche Pinolien wurden gefunden, die vollständig redolomitisiert sind.

18. Einen Übergang dazu zeigt ein schwarzblauer Dolomit, Tux, Werkslager, E 7, in welchem prächtige Pinoliennester eingesproßt sind. Abb. 18 zeigt jedoch auch im Dolomit der Nestumgebung Flecken mit letzten, spärlichen und kleinen Magnetitrestchen: vgl. Dolomitkorngewebe im rechten Bildteil. n_D (Dolomit) = 1,678, reiner Mg-Dolomit. Durch die Bildmitte schräg nach unten zieht noch eine chloritalkig besetzte Fuge, die den Rand des ehemaligen Magnetitkorns markiert. Das pinolitische Einkorn wurde sichtlich mehrkörnig durch den Jungdolomit ersetzt.

19. Pinolien, dolomitisiert, Martha I, Tux, Gesenckstrecke. Tiefblauer Dolomit ist von einem Netzwerk von Dolomitadern durchschwärmt, die Mikroverwerfer zeigen; ferner enthält das gezeigte Stück eine nach der Gestaltung als Pinoliennest erscheinende Häufung (Nat. Größe!); auch sie wird von Dolomitgängen durchrissen. Der Anschliff ließ erkennen, daß die Pinolien zur Gänze durch Dolomit (mehrkörnig) ersetzt worden sind. Hier ist also das Endstadium des rückläufigen, absteigenden Astes der Magnetitmetasomatose zu sehen.

21. Dolomitisierung nach Mylonitierung am Magnetit der Rettenwandalpe. Bisher war zwar auch von kataklastischen Zerbrechungen der Magnetitkörner vor der Redolomitierung die Rede, aber das ließ sich in einem geschlossenen Ablauf unterbringen. Im Falle Rettenwand scheint aber das Phänomen als völlige Mylonitierung des Magnetites, wie Abb. 21 klar aufzeigt. Sie ist prüfbar: Die Körnchen des Magnetites haben Splitterordnung und sind verschieden orientiert. In die Fugen des Mylonites dringt Dolomit vor und ersetzt ihn. Der Vorgang der Umformung verläuft hier einschneidender und tumultuarischer und gehört zu einem dadurch innerhalb der erörterten Magnesite besonderen Ereignis tektonischer Natur.

22. Eine besonders instruktive Leistung bietet das Bild des von Dolomit korrodierten, zonalen Magnetites vom Pfanneggkopf (Dientener Berge). Hier wurde optisch ein Magnetit bis zu 20 Mol % FeCO_3 (also typisch Breunnerit) festgestellt, ebenso eine Art Roßzahndolomit (reiner Mg-Dolomit!). Temperaturätzung (600°) brachte einen Zonenbau der Breunne-

ritkristalle zum Vorschein, der folgende Feinrhythmus eisenärmerer und eisenreicherer Schichten besitzt: Auf 3 mm Zentralsdistanz liegen 3 scharfer abgesetzte erhabene Mg-reiche Schichten (4 bis 6 Mikron dick) und 2 stärker abgetragene scharfe Fe-reiche Schichten, je 4 Mikron dick. Diese wechseln mit weniger scharf differenzierten, dünneren Schichten mittlerer FeMg-Beteiligung und zeigen nach außen zu allmähliche Fe-Anreicherung, z. B. auf 0,5 mm Distanz, dann eine 0,05-mm-Schale, die homogen ausgeglichen ist, und schließlich eine Außenschicht mit 10 Wechseln von im Fe-Gehalt schwach unterschiedenen Anwachs-schichten. Auffallend zeigt sich, daß jede der markant eisenreichen Schichten durch je 2 Mg-reiche Ringe flankiert wird; in der Kernregion selbst fällt dies nicht mehr auf. Eine allgemeine Regel innen Mg-reich, außen Fe-reich, ist aber nicht zu konstatieren. Desungeachtet ist es möglich, daß solche Zonarität in manchen Fällen Anlaß gibt, daß im Pulverpräparat ein Schwanken der Lichtbrechung des Magnetits zu verzeichnen ist. — Es sei erwähnt, daß der Temperaturätzungsversuch bei einem andern eisenreichen Magnetit (Wangl-Hochalm) keine Zonarität nachzuweisen vermochte. Diese so schön sichtbare Zonarität ist also nicht allgemein verbreitet.

Indes zeigt Abb. 22 auch, wie sich der Roßzahndolomit, in welchen Zapfen des Magnetites hineinragen, in der Paragenese stellt. Man sieht am Abbrechen der Wachstumszonung überzeugend, daß der Magnetit korrodiert wird und der Magnetit ihn ersetzt. Aber er übernimmt von ihm kein Eisen. Die Magnetitsubstanz wird also völlig abgebaut, der Dolomit neu aufgebaut. Magnetitkörner und Dolomit sind ja wieder anders orientiert.

23. Roßzahndolomit in Magnetit der Wangl-Hochalm. Das Bild ist sehr interessant. Man sieht eisenreichen, hier auch porigen Magnetit, der mit einer kleinrhomboedrischen, klaren Rinde in einen zeitweiligen Hohlraum wächst. Diese rhomboedrische Rinde ist eisenreicher als der Hintergrund. Dann kam nach dieser zweiten Magnetitgeneration der Roßzahndolomit und begann zu korrodieren.

24. Aus demselben Präparat: Dolomitgroßkorn mit Verzwilligung. Das Korn reicht über die Bildgrenzen vielfach hinaus. Die Zwillingebenen — Spuren // der kurzen Diagonale zeigen ein System aus breiteren, streckenweis gleichabständigen Lamellen, begleitet von zahlreichen Schmallamellen feinsten Formates, sehr deutlich. // zu beiden anderen Scharen laufen ebenfalls Feinstlamellen, aber weniger zahlreich und minder deutlich erkennbar.

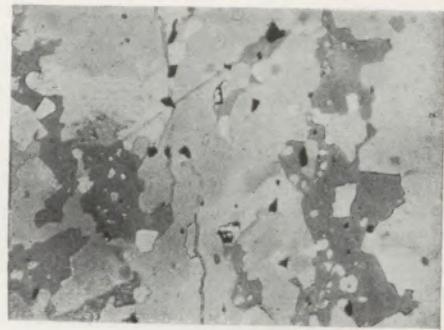
Tafel IV

25. Magnetit verdrängt Quarz. Tux, Wangl-Hochalm. Es handelt sich um Abbildung eines breunneritischen Magnetites ($n_D = 1,724 = 14 \text{ Mol\% FeCO}_3$, Breunnerit; es kommen aber auch eisenärmere Körner vor mit $n_D = 1,714 = 8 \text{ Mol\% FeCO}_3$, also schon unter Breunnerit). Man sieht den Magnetit in einer Weise mit einem Talk-Chloritstrang verzahnt gewachsen, die als gleichzeitiges Wachstum angesehen werden darf. Die vielen dunklen Einschlüßtröpfchen der Magnesite sind Quarzverdrängungsreste. In den Blattsilikatmassen tritt Pyrit — mit dünnen Goethit-

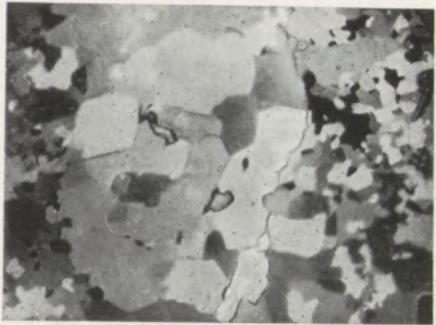
100x TAFEL 4



25. Magnetit verdrängt Quarz. Wangl-Hochalm
100x



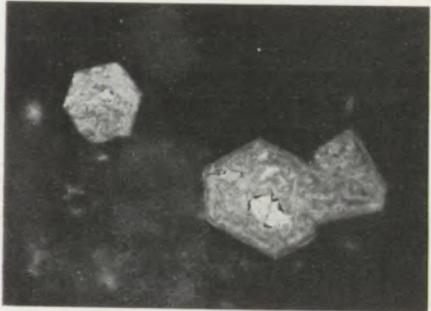
26. Dolomit verdrängt Quarz, Tux, Martha II
100x



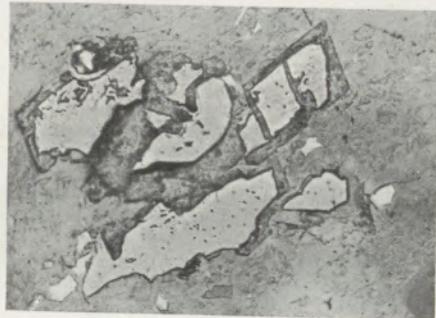
27. Dolomit II, Sammelkristallisation. Tux, E 7
100x



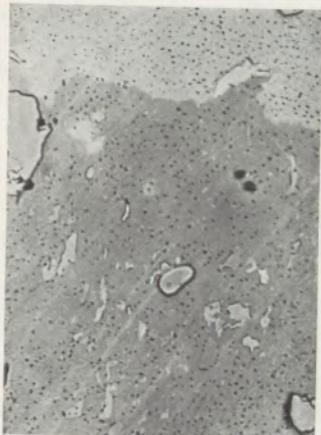
28. Dolomit II, Sammelkristallisation. Wangl
100x



29. Pyrit — Goethit, aus Dolomit, Tux, E 8
Ölimmersion
100x



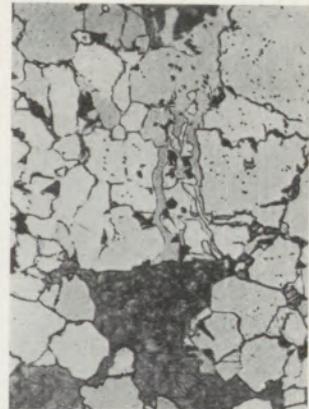
30. Supergener Magnetitabbau. Tux, E 8/9
100x



31. Kalkspat verdrängt Quarz und Dolomit.
Radenthein, E 21 1/2



32. Dasselbe, geätzt



33. Magnetit — Dolomit — Kalkspat
Rettenwandalpe
Kalkspat, dunkel

rinden — sehr feinkörnig auf, ebenso Rutil. Talk und Chlorit sind im Anschliff wegen der verschiedenen Schleifhärten gut unterscheidbar und wurden optisch bestimmt. Von Dolomit ist in diesem Stück sehr wenig zu sehen (sonst Roßzahndolomit, der Magnetit randlich verdrängt).

26. Heller Dolomit aus Martha II, Tux, Querschlag 141 N. Das Bild zeigt (dunkelgrau) zwei größere Quarzkornbezirke nach einem „s“ // der kurzen Bildkante, welche — zum Unterschied vom Falle 25 — hier von Dolomit verdrängt werden. Das ist beim linksseitigen Quarzkornbezirk deutlicher sichtbar als beim rechten, wo die hellsten Dolomitmörner sich wie Einschlüsse abheben, und sich der richtige Zusammenhang erst in Kombination aus mehreren Anschliffstellen ergibt.

27. Sammelkristallisation des Dolomites Tux, E 7. Im blauen, aus karbonem Kalk zu Dolomit metasomatiertem Dolomit sieht man prägnant ein amöboides wenn auch sehr feinkörniges Dolomitgewebe. Darin treten — außer schon erwähnten Magnetitpinolien-Büscheln und deren teilweiser Redolomitierung — noch Kornbezirke auf, wie Abb. 27 sie in der Mitte wiedergibt. Sie sind freien Auges nicht sehr auffällig, 0,3 mm z. B. im Durchmesser, bilden hellere Fleckchen, die unauffällig durch hellere Kanälchen verbunden sind, so daß ein grobmaschiges, verschwommenes Netzwerk gebildet wird, mit dem amöboiden Kleindolomit in den Maschen-Innenräumen. Die Grobkornbezirke sind gegen die amöboiden nicht scharfwandig abgegrenzt, und es macht den Eindruck, als ob sie durch Sammelkristallisation unter Verbrauch der amöboiden Kornformen zu einem Grobkornpflaster heranwüchsen. Der Vorgang dürfte die Endphase der Redolomitierung begleiten und durch „leere Thermalwässer“, die CO₂ mitbringen, angeregt sein. Dieser Dolomit gehört also auch zum nachmagnetitischen Dolomit, zur Dolomitphase des absteigenden Astes.

28. Sammelkristallisation des Dolomites, Tux, Wangl. Es handelt sich um den Hangend-Dolomit der Magnetitlagerstätte am Wangl, und zwar vom großen Felszahn. Auch dieser Dolomit zeigt feinamöboid-metasomatische Struktur und — im linken Bildteil — sichtlich Sammelkristallisation grobverwilligter Dolomitmörner zu Ballen, Schlieren, Wolken. Darin schwimmen noch Reste jener amöboiden Gewebekörner, in verschiedenen Stadien des Aufgezehrtwerdens. Kalkspat wurde nicht gefunden; hingegen im Pulverpräparat Quarz in örtlich etwas konzentrierter Menge (im Anschliff nichts davon). Pyritrestchen mit Goethitriden heften sich an dünne Lamellenzüge aus Chlorit. Daran kann man auch schwache Kataklase wahrnehmen (n_0 -Dolomit = 1,682, also mit sehr geringer Ankeritbeimischung). Die Stellung dieser Grobkornentwicklung von Dolomit ist so zu beurteilen, wie im Falle 27.

29. Pyrit-Goethitpseudomorphose aus Tux, Werkslager, E 8. In einem lichtrot und gelbbänderigen Dolomit mit hellerer und dunklerer Bänderung (n_0 -Dolomit = 1,680, fast reiner Mg-Dolomit) in Rhythmen 1—5—2—1—5 mm usf. und kleinfaltiger Serizit-Chlorithaut an der Basis stärkerer Bänder siedeln kleine Pyrite bzw. deren Pseudomorphen

aus Goethit, bei bester pentagondodekaedrischer Formerhaltung. Graphit fehlt, die Färbung wird nur durch ferritische Feinstoffe bewirkt. Die ehemals tonigen Lamellen und tonreichen Bänder enthalten Glimmer-Chloritfilze, häufig von radialstrahliger Anordnung. Auch Stränge mit Serizitstellung senkrecht „s“ kommen vor, und durchhörern das Dolomitgewebe. Die blättrigen Kornsorten sind 3 bis 5 Mikron dick und 10 bis 12 Mikron lang. Die Dolomite selbst bilden ein lagenweis — besonders in den tonigen Lagen — sehr feines Gewebe typisch amöboider Formen. Die Pyrite sitzen, schütter verteilt entweder direkt in den Glimmerhäuten, oder in Kurzzeilenform auch in den dolomitreicheren Bändern. Nach der Goethitumsetzung ist nicht mehr deformiert worden. Die Abbildung vertritt hunderte von den eingesehenen Fällen gleichartigen Auftretens in unserem Material. Erwähnt sei, daß größere Dolomitmörner der metasomatischen Generation der Spaltung auch imstande sind, Gewebe mit Zwickeln zu bilden, also ein „lückiges Gewebe“ im Sinne Stinys. Interessant, daß die Pseudomorphose der Pyrite deren zonares Wachstum nachbildete.

30. Supergener Magnetitabbau, Tux E 8/9. Das Muttergestein zu diesem Bild ist ein graphitischer Leuchtenbergitschiefer. Das Stück zeigte im tiefgrauen, graphitgeschwärzten Grundgewebe zahlreiche, 1 bis 2 cm lange poröse Flecken mit ebenfalls grauer Färbung, die wie zerfressen aussahen. Im Anschliff zeigten sich die Porenfelder aus reichen Korrosionsresten großer Magnetitporphyroblasten aufgebaut; so groß, daß das Bild bloß einen Teil eines Kornes erfaßt. Man sieht nur — in scharfer Auszeichnung — das Negativ des unversehrten Kristalls. In seiner Umgebung sind Pyritreste in Verwitterung begriffen, und im einschließenden Leuchtenbergitfilz zahlreiche, winzige Dolomitmörner, die nicht in der Weise korrodiert sind, wie der Magnetit. Es handelt sich um die Auswirkung normaler Verwitterung an der Atmosphäre; der betreffende Schieferbuckel ist schon lange der Atmosphäre ausgesetzt. Hier produzieren Pyritreste Schwefelsäure, und es kommt zu Lösungserscheinungen an den großen, spaltigen, dem Tag dargebotenen Magnetitporphyroblasten. Die kleinen Dolomitrestchen sind in den Leuchtenbergitfilz so gut eingewickelt, daß ihnen weniger passieren kann.

31, 32. Kalkspat verdrängt Quarz und Dolomit. Radenthein, E 21 $\frac{1}{2}$. Nahe am Steinbruch von blauem Dolomit auf der Abraumetage findet man bräunlich anwitternde Stücke vom Kontakt kristalliner Kalkstein-Dolomit. Der Anschliff zeigt 3 Kornsorten: Kalkspat in Grobkörnern, darin Dolomitrestchen scharenweis gleicher Orientierung, Quarzkörner mit korrosiver Umrißgebung. Zur Nachweisung und Verdeutlichung wird der Ätzerfolg mit Al(NO₃)₃ ebenfalls gezeigt. Die Größe des Kalkspatkorns gegenüber dem verdrängten Dolomitkorngewebe zeigt sich im Verlauf der Zwillingslamellen. Es ist diesfalls nicht zu sagen, ob der verdrängte Dolomit Pflasterform hatte oder die amöboide usw.

33. Der Zusammenhang wird aber klar erkennbar in einem Beispiel von der Rettenwand-Alpe. Hier sieht man den Magnetitmylonit, in welchen mit schlanken Adern (im Bild dunkler als Magnetit,

Bildmitte, waagrecht) metasomatisch Dolomit vordringt, und daneben der durch Ätzung deutlich gemachte Kalkspat, der sowohl am Dolomit, wie am Magnetit scharf abschneidet, aber nichts mehr umsetzt. So reiht sich an die Dolomitierung im absteigenden Ast schließlich eine kalkabsetzende Phase, die nicht mehr aktiv angreift, und auch nicht überall nachzuweisen ist. Den Schluß machen in solchen Gegenden drusenbesetzte Hohlräume mit Kalziten, gelegentlich auch Aragoniten.

VI. Ergänzungen

Zum Punkt Dolomitrelikte in Magnetitkörnern und Redolomitierung. — Im Tuxer Werkslager, E 7, wurden besonders schöne Magnetitpinolien mit blauem Kern und weißer Rinde beobachtet ($n_D = 1,700$, reiner Magnetit). Im Kern gab es Dolomitrelikte, die knopfähnlich-umrissene gleich orientierte Dolomitrestchengruppen formen, welche voneinander isoliert im Magnetitkorn schweben, aber die Knöpfe sind gegeneinander und zum Magnetitkristall verschieden orientiert. Man entnimmt daraus, daß ein Mehrkorngewebe von Dolomit von einem Magnetitgrobkorn ersetzt wurde. Die größeren Reliktkörnchen haben noch wenigstens einseitig Spaltflächenbegrenzung, die kleineren sind schon ohne eine solche Andeutung unregelmäßig gerundete Lösungskörperchen. Randedolomitierung der Pinolien ist hier äußerst spärlich zu sehen. — Auf der Schwarzegg-Alpe wurde eine Probe von gelblichem, kleinspätigen Magnetit beobachtet, die weder Dolomitrelikte, noch randliche Redolomitierung aufweist. Der Magnetit hat 5 Mol% FeCO_3 . Metasomatiert wurde ein primär-toniger Flaserkalk. Es ist bemerkenswert, daß im Wege der Metasomatose die tonig-glimmerigen Fläsern in blättrigen Talk verwandelt wurden, welcher in die Magnetitkörner einspießt oder durchspießt. — Eine Probe aus dem Berghamerwald zeigte Pinolien ohne Dolomitrelikt-Einschlüsse, dagegen randliche Korrosion der Pinolien und Redolomitierung. Man kann also jeden Übergang der Dolomitverdrängung durch Magnetit und auch das Umgekehrte finden.

2. Zum Punkt Zweiphasigkeit des Magnetites. Ein schöner Beleg stammt von der Schwarzegg-Alpe (Dientener Berge). Man beobachtet im Anschliff zwei Magnetitgenerationen. Generation I, eisenarm, $n_D = 1,715$, sp. G. = 3,105, 8 Mol% FeCO_3 . Diese unterliegt einer Kataklyse und Auflösung sowie Verdrängung durch Generation II, eisenreicher, $n_D = 1,727$, sp. G. = 3,12, 15 Mol% FeCO_3 , grobkörnig, mechanisch unversehrt.

3. Zum Punkte Zweiphasigkeit des Pyrites. Hiezu liefert die Radentheiner Lagerstätte folgenden Beleg. Im nicht redolomitierten Magnetit kommen Pyritkleinkörner von folgendem Bau vor: Innen ein Pyritkern, umschlossen von einer schmalen Goethitrinde, die sich pseudomorph dem Pyrit anschmiegt. Darüber neuerlich eine homoax angewachsene Pyritrinde mit guter Kristallform (Pentagondodekaeder). Diese Pyrite liegen also nicht in Dolomit, sondern in Magnetit. Erklärung: Der Pyrit stammt aus einem Kalkstein, der in der aufsteigenden Magnetit-Metasomatose goethitisiert wurde; so übernahm ihn der

Magnetit, der aber Sulfid mitbrachte und dieses setzte sich, über der Pseudomorphose, als Pyrit an. — In diesem Magnetit gibt es auch pyriterfüllte Äderchen, die stellenweise bis zu 2 cm mächtig werden.

4. Zum Punkte Natur der metasomatisierenden Dolomite. Es wurde wiederholt vorgelegt, daß die Dolomite sowohl der ersten, als der zweiten (also der vor- und der nachmagnetischen) Phase bis zu den Robzähnen sehr reinen Dolomiten (Mg-Dolomiten) zugehören. Aber es gibt Abweichungen davon. In einem rötlichgelben Flaserdolomit vom Tuxer Werkslager, E 3, mit typischer amöboider Form der Dolomitkörner wurde daran konstatiert $n_D = 1,680$ (2 Mol% „Ferrodolomit“) und $n_D = 1,683$ (3% Ferrodolomit). Die Muskowitblättchenzüge dieses Dolomits sind zum Teil vertalkt. Die Dolomitkörnchen sehen zum Teil porös aus, und ferritische Substanz tritt dabei färbend auf. Es ist — wie auch bei den Magnetitkörnern — einmal durchzuprüfen, inwieweit Oxydation bei der Erhöhung der Lichtbrechung eine Rolle spielen kann, wenn man auch nur fallweise darauf wird zurückgreifen können. — Beim Bänderdolomit Tux, Werkslager E 7, sieht man eine Rhythmik von 2—3—4—6 mm, mit dunklen Trennlagen von 0,2—0,4 mm Dicke, in diesen bei 2000× Vergrößerung reichlich graphitische Schüppchen von 2 bis 3 Mikron Länge und 0,5 Mikron Dicke, sowie kleinste Pyrite (goethitisiert), aber keine Blattsilikate. Die Dolomitkörnchen haben typisch amöboide Form, ihre Zusammensetzung ist gegeben durch $n_D = 1,685 = 7$ bis 8 Mol% Ferrodolomit, geht aber mit Übergängen bis auf 0% Ferrodolomit herunter. Ferritischer Einfluß schaltet hier aus. Ein Ätzversuch auf Zonung verlief negativ. Die größeren Dolomitkörner sind eisenärmer, die Größenunterschiede sind aber gering. Die s-Bänderung bildet keine sedimentäre Textur ab, denn erstens zeigen die hellen Lagen zwischen den dunklen keinen Rhythmus der Kornfeinheit, eher kann man von Egalisierung sprechen, zweitens sieht man an der Probe ein Pigmentband in kleinen aber langen Spitzfalten in das Dolomitgewebe sich einlagern, und drittens spricht die Kornform klar den metasomatischen Gewebscharakter aus. Die Unterschiede im Dolomit-Eisengehalt sind also — wie oben gezeigt — reell. Ein Muster vom Berghamerwald enthielt einen Magnetit mit $n_D = 1,710 = 5$ Mol% FeCO_3 , und der nachmagnetische Dolomit der Probe hatte ein $n_D = 1,688 = 8$ Mol% Ferrodolomit.

5. Magnesiometasomatose an Tonschiefern, welche die Magnetite begleiten. In meist bescheidenem Umfang treten Magnesiösungen auch in die schwarzen, graphitreichen Tonschiefer und graphitischen Sandsteine über und machen dort zweierlei: a) Sie setzen Magnesiakarbonate ab; b) sie metasomatisieren die Tonschiefer. Das geht Hand in Hand. Im Neunerstollen (Tux, Werkslager) sind solche schwarze Schiefer vom Kontakt mit Pinolitmagnetit weg in abnehmendem Maß von Magnetit-Injektionen durchzogen und das Gewebe mit Magnetit in Pinolienform dicht gespickt. Redlich hatte bereits an anderen Orten ähnliches gesehen und verglich die Erscheinungsform mit Migmatiten. Von einer Gangform dieses Magnetits ist keine Rede. Die Lösungen durchtränken ganze Schieferbereiche, die zwar die graphitische Substanz

in Massen behalten, aber völlig in Leuchtenbergitschiefer umgewandelt werden, worin auch viel Pyrit-Goethit zu finden ist. Die Magnetitkristalle zeigen hier wohl keine Dolomiteinschlüsse, aber wiederum die Dolomitierung, wenn auch in sehr verschiedenen Beträgen. Wo dieser Pinolit erhalten ist, hat er wieder graphitreiche Kerne; wo die Redolomitierung eintritt, wird ausgiebig oxydiert, der Pyrit goethitisiert und das Pinolienpigment gebleicht. Von anderen Stellen wurden aber auch Dolomitrelikte im Pinolit der Schiefer erkannt. Das heißt, sowohl die Magnetit-absetzende Lösung, als auch die Dolomit-absetzende finden Eingang in die Schiefer. — Im Schieferbuckel auf E 9, Tux, Werkslager, ebenfalls im engsten, graphitschieferigen Bereich der Lagerstätte, beobachtet man Lagen reinen Leuchtenbergitschiefers, aber auch solche, in welchen Dolomitporphyroblasten angereichert sind. — Dasselbst gibt es ganz nahe am Magnetit aber auch Lagen mit reinweißem, feinstschuppigem Talkfilz, der mit Dolomit ($n_D = 1,679$) und Magnetit ($n_D = 1,699$), also beide sehr rein, in knotig-rhomboedrischer Form gespickt ist. Das genetische Verhältnis dieser beiden wurde noch nicht geklärt. — An einer anderen Stelle des Buckels sieht man im Leuchtenbergitschiefer, dessen „s“ folgend, dünne weiße Talklagen, gespickt mit grauen, krummflächigen Magnetit-rhomboedern (3—4 mm Korn). Es ist sehr häufig, daß der Leuchtenbergit das graphitische Pigment behält, ja anreichert, während der Talk es ausstößt. Dasselbe z. B. im Hauptlager Radenthein. — Im Tuxer Tonschieferkomplex gibt es auch graphitreiche Tonsandsteine bis Sandsteine, schwarz, mit mehreren cm großen, einspiegelnden aber lückig-reflektierenden Magnetitkörnern, so reich, daß die Stücke 50 % Magnetit enthalten. Im Dünnschliff sieht man, daß die Magnetitprossen jeweils nur einen kleinen reinen Kern haben, mit schwachen Verdrängungsresten von Quarz, daß sie aber von hier aus, die Quarze korrodierend, längs der Kornfugen weit in das Gewebe eindringen, und auch größere Quarze einschließen. Ihre Formentwicklung ist belterblastisch.

6. Der Eisengehalt der Magnesite. — Es wurde auch für Magnetit eine Anzahl Daten gegeben, welche registrieren, daß im selben Präparat, also in einer räumlich eng beschränkt entnommenen Pulverprobe für die Lichtbrechungsmessung mit feinsten Körnung verschiedene Eisenbeteiligung zu messen ist. Das ist etwas überraschend. Es mag sich zum Teil um Steigerung der Lichtbrechung durch feinste ferritische Substanzen handeln, die Magnetitkörper quantitativ verschieden durchdringen; in anderen Fällen mag Zonung der Körner die Ursache sein, da bald die eine, bald die andere Wachstumsschicht angetroffen und gemessen wird. Es bleibt aber ein dadurch nicht klärbarer Rest, für den man derzeit annehmen muß, daß auf engem Bereich von Korn zu Korn verschiedene $FeCO_3$ -Gehalte in mäßigen Grenzen bestehen.

7. Eine Erfahrung über die isomorphe Vertretung von Mg, Fe durch Ca in den Späten. Es erliegt bei einem von uns, Trojer, ein schon überaus reiches Material, welches die Frage zu erörtern gestattet, ob diese angedeutete Mischbarkeit nicht doch, wenn auch bloß in sehr geringem Ausmaß, zu beobachten

sei. Es liegt aber folgende Erfahrung vor: Wenn der analytisch nachgewiesene Gehalt an CaO in einem Magnetitkristall oder -Aggregat optisch kontrolliert wird, so findet man die entsprechende Menge Dolomit entweder als völlig sicher konstaterbare Verwachsung mit dem Magnetitkorn vom Rand her, oder — und das betrifft immer noch viel kleinere Mengen —, als Resorptionsrest von Dolomit im Magnetitkorn; überdies aber erweist sich der im selben Präparat nach Lichtbrechung bestimmte Magnetit als chemisch rein (und dies in Fällen, wo Fe nicht substituiert). Aus unserem Material kann man demnach nur schließen, daß unter den Bedingungen der Magnetitlagerstätten die fragliche Mischbarkeit überhaupt nicht in Erscheinung tritt.

8. Strebtiefenzone der Antigoritisierung in der Ausgangsstation der Magnetit-Metasomatose. Der p-t-Raum, den wir lange Zeit nur theoretisch fassen konnten, wurde nun durch die Untersuchungen von Bowen-Tuttle (12) auch praktisch, experimentell geklärt: Nach diesen Autoren spielt „Serpentin“- und Talkbildung (auch Anthophyllit) in einem Intervall von 800° abwärts, das Serpentinierungsgebiet ist aber nur dann über 500° gelegen, wenn CO_2 verfügbar ist; ohne solches geht sie nur bis 500° . Die eingesetzten Drucke lagen um 1100 kg/cm^2 . Damit sind wir tatsächlich im Bereich der II. Streßzonenstufe, und zwar, wie es in der Gleinalm z. B. auch der Lage nach stimmt, in ihren Bereichen schon mehr gegen die I. Streßzonenstufe zu. Aber Serpentinierungen können auch — wie dieselben Autoren erprobten — im Bereich der I. Streßzonenstufe ablaufen. Serpentin hat zweierlei Bedeutung als Mineral: Faserserpentin und Blätterserpentin, Chrysotil also und Antigorit. Es ist wahrscheinlich, daß beide Blattstruktur besitzen, diese aber beim Chrysotil Röllchen bildet (vgl. Halloisit). Aus dieser nahen Verwandtschaft ist der Schluß erlaubt, daß die experimentellen Erfahrungen am Chrysotil, den Bowen-Tuttle synthetisierten, im erforderlichen Ausmaß auch für Antigorit gelten. — Ferner ist durch diese Versuche gezeigt, daß Antigoritisierung und damit vielleicht auch Spatbildung schon in der I. Streßzonenstufe vor sich gehen kann. Angel hatte ja auch schon derartiges (Feinantigoritbildung) vom Kalser Antigorit berichtet. Allerdings waren dort dabei gebildete Magnetitkörner nicht nachweisbar.

9. Oxydationsfragen. Gesetzt den Fall, daß Metamorphose der II. Streßzonenstufe jenen Stoß erfährt, der auch den zu antigoritisierenden Peridotit enthält, so werden wie betont, dort Ferrosilikate (Almandin, Staurolith, Chloritoid) aus Sedimentstoffen gebildet, die das Eisen in Ferriform enthalten. Es spielt sich also durch die Silikatbildung eine Reduktion ab und Sauerstoff wird frei. Er kann sich dem allgemeinen Stoffwechsel auch nicht entziehen und könnte jenen Oxydationsbetrag liefern, denen die Pyrite mit den Goethittrinden in der Dolomitierungsphase brauchen. Diese Erklärung ist eine der — allerdings wenigen — möglichen.

10. Spektrochemische Erfahrungen. Soweit es sich um Radenthein und Tux handelt, wurden wir durch bezügliche Auskünfte von Frau H. Haas (Labor. F. Kahler, Radenthein) unterstützt. Wenn die

Magnetitmassen aus Antigoriten auswandern, ist zu erwarten, daß sie Spurenelemente aus ihrem Milieu mitnehmen. Die Peridotite weisen gemäß den Daten, die beispielsweise von Coteló-Neiva (Portugal) (18), Fenoglio (19), R. Müller und W. Van Tongeren (45) geliefert wurden, Metallgehalte aus, von welchen hier Ni, Co, ferner Cr, Ti unmittelbar interessieren würden. Die Angabe Fenoglios über Piemonteser Peridotite: NiO Gew. % von 0,22, 0,05 und 0,01 in Olivin, respektive Pyroxen und Picotit (im Magnetitstaub der Serpentinisierung keine Spuren davon!), auch Angaben Coteló-Neivas (Ni und Co in Olivin) bedürften noch einer erzmikroskopischen Bestätigung, daß diese Stoffe dort silikatisch gebunden und nicht etwa sulfidische Einschlüsse darin sind, was z. B. H. Meixner (28) (29) im Hirter Serpentin nachgewiesen hat, wo allerdings schon Antigorit vorliegt. Das macht das Problem etwas undurchsichtig, und auch die schönen reichen Daten von Van Tongeren, die an weit über 100 Gesteinen verschiedener Gesteinsgruppen aus Insulinde aufzeigen, daß Gneis, Granit, Porphyry und viele andere Nichtbasite spektrographisch keine Spuren von Ni und Co erkennen

ließen, ausgerechnet aber Gabbros und Ultrabasite, auch „Serpentine“, immer, und fast in den meisten Fällen 10mal mehr NiO als CoO enthalten, ändert noch nichts daran, daß die Zusammenhänge in diesen Paragenesen noch nicht schlüssig interpretiert werden können. Selten ist mehr Co als Ni, aber unselten Co gleich Ni. Wenn wir in den Magnetit-absetzenden Lösungen Co und Ni als Spurenelemente antreffen, so ist das nun zwar kein Beweis gegen Herleitung des Magnetits aus den Ultrabasiten, aber auch kein für sich allein hinreichender Beweis dafür. In den Lagerstätten Tux und Radenthein sind u. a. auch Mineralarten qualitativ spektroskopiert worden, die nichtkarbonatische Magnetitbegleiter darstellen, wie der blaue Cyanit von Radenthein, an einer Probe direkt aus dem Magnetit der E 17, und so mit ihm verwachsen, daß man nicht ganz genau sagen kann, ob die Spurenelemente dem Disthen allein, oder ihm samt dem Magnetit zukommen. — In der Tuxer Lagerstätte sind beim Kristaller in Magnetit kleine Nester von Sulfiden gefunden worden, die ebenfalls Spurenelementteilnahmen zeigten, und konnte vorläufig nur ein grober Magnetitkristall untersucht werden.

		Menge abnehmend							
Cyanit, Radenthein, E 17:	V Ti B	Bi	—	Sn	Ag	Zn	Cu	Co	Cr
Magnetit, Tux, Neuner				Sn	Ag		Cu	Co	Ni
Bleiglanz, Tux	B As Sb			Sn	Ag	Cd	Zn	Cu	
Antimonglanz, Kristaller	As			Ag			Cu		Fe
Antimonglanz, Kristaller	Ti As			Sn	Ag	Cd	Zn	Cu	Fe

Cr und Ti würden auch zum ultrabasitischen Ursprung der Magnetit-absetzenden Lösungen passen. Die Ergebnisse sind interessant und regen zu weiteren Untersuchungen an. Ausgenützt können sie nur werden, wenn das Material reicher wird. Es treten Sulfide in unseren Serpentin auf und in den Magne-

siten. Da ist die Lage noch nicht eindeutig genug, um ihre Bedeutung und Beziehungen zu erkennen.

11. Stoffliche Verschiebungen im metasomatischen Komplex. Die zeitliche und räumliche Stoffverschiebung gibt folgendes Schema wieder:

Episode	Zufuhr in Lösung	Gesteinsvorlage	Verdrängt, gelöst, und nur unvollständig ausgewandert
1.	Mg^{+2} CO_3^{-2}	→ Kalkstein	→ Ca^{+2} CO_3^{-2}
		↓	
2.	Dasselbe	→ Dolomit I	→ dasselbe
		↓	
3.	Ca^{+2} CO_3^{-2}	→ Magnetit	→ Mg^{+2} CO_3^{-2}
		↓	
4.	Dasselbe	→ Dolomit II	Drusendolomit, III.
		↓	
5.	Dasselbe	Verdrängungs-Kalkspat der Endphase	Drusenalkspat und Aragonit

Bei 3 und 4 ist ein Teil des verdrängten Kalkes in Lösung, der im metasomatierten Komplex zurückgehalten wurde. Die Dolomitmenge, die während der Redolomitierung (Episode 3) aus Magnetit erzeugt wird, ist im allgemeinen sehr klein gegenüber Magnetit und Dolomit I. Aber immerhin gibt das eine Rest-

lösung mit Ca- und Mg-Ionen, und aus ihr scheidet sich anscheinend der Drusendolomit ab, der ja auf Magnetitlagerstätten verbreitet ist. Die Restlösungen verlieren dieses Mg also und halten noch immer Ca-Ionen und CO_3 -Ionen. Daraus kann sich dann der Drusenalkspat (oder Drusenaragonit) abscheiden.

12. Weshalb Anschliffe? — Mit Ausnahme von Abb. 20 sind nur Anschliffabbildungen in den Tafeln enthalten und Anschliffe studiert. Sie haben viele Vorteile gegenüber Dünnschliffen, insbesondere bei Untersuchung von Karbonspäten sind sie sehr überlegen: Große Fläche, bessere Beobachtungsmöglichkeit für feinste Details, Verdrängungen und Kornbeziehungen, sichere Wahrnehmung kleinster Relikte und leichte Anwendbarkeit weiterer diagnostischer Mittel, wie auch Ätzung, besonders Temperaturätzung (Zonenbaukontrolle), Ausnutzbarkeit der verschiedenen Polierhärte zur Deutlichmachung des Gewebeaufbaues, gleichzeitige Bestimmungsmöglichkeit für die opaken Kornsorten. Splitterprüfungen im Durchlicht lieferten die darüber hinaus nötigen optischen Daten.

13. Zur Vermeidung von Mißverständnissen: Die unter Station I angeführten Vorkommen von Peridotit- bis Serpentin- und Antigoritkörper sind nicht gleichwertig in bezug auf die Spatmagnetit-metasomatose, und manche davon sind nur genannt, um ein Bild der Ultrabasitmasse zu geben; es soll nicht entnommen werden, daß z. B. Reckner- oder Ochsner-Rotkopf eine Spatmagnetitlagerstätte geliefert haben und daß sie beide Antigorite seien.

Zusammenfassung

Zu den großen gebirgsbildenden und umwandelnden Vorgängen in erster, zweiter und dritter Streifenzone der Ostalpen werden bestimmte wirtschaftlich wichtige Stoffwechsel koordiniert, welche Siderit-, Spatmagnetit- und Disthenlagerstätten bringen. Die Spatmagnetit-Metasomatose hat damit ihren grundsätzlichen Rahmen.

Ihr Mg kann sie aus jenen Olivingesteinen und Verwandten beziehen, die in Antigorite (Blätter-serpentine) umgewandelt wurden. Es fallen dabei nämlich CO_3 - und Mg-Ionen-reiche Lösungen an, die an die Peripherie des reagierenden Gebirges geleitet werden. Die Antigorite sind Station I.

Die Station II empfängt mit ihren Kalken die herandrängenden Mg-Lösungen wie eine chemisch wirksame „Vorlage“; Kalk wird metasomatisch verdrängt in Lösung ausgeführt und nur zum Teil im Vorlageraum zurückgehalten. Hier wird in Episodenfolge der Kalk zu Dolomit I, dieser durch Mg-Zufuhr und Kalkabgabe an Lösung zu Magnesit, auf dessen Kosten der Restlösungskalk redolomitiert (Dolomit II), allerdings nur in kleinen Beträgen, worauf in den letzten Phasen aus der Restlösung sowohl Drusendolomit (III), wie auch Drusenalkspat usw. abgeschieden werden, und Kalklösung auch Dolomit I und II ein wenig angreifen kann. Schließlich wird auch die Beziehung eisenarmer und eisenreicher Magnesite aufgesucht und mit vielen Detailfragen diskutiert.

Die Verfasser legen das Schwergewicht ihrer Untersuchung auf die Erkennung der Phasenbeziehungen und mineralchemischen Umsetzungen. Nur soweit als unmittelbar gegeben, werden auch geologische Zusammenhänge gestreift.

Summary

In the extensive process of the formation and metamorphosis of the Eastern Alps under the con-

ditions of the first, second and third grade of regional metamorphosis, certain processes resulting in the formation of deposits of minerals of economic importance, such as siderite, magnesite spar and disthene were coordinated.

The metasomatosis of the magnesite spar has its definite place in this process. Olivine and related rocks, that were converted into antigorites (lamellar serpentine) yield the Mg for this metasomatosis.

In this process solutions rich in CO_3 and Mg-ions are formed which migrate to the periphery of the reacting country rocks. These solutions in making contact with the limestone remove CaO replacing it with MgO. The limestone is now, in successive stages altered into dolomite I. This is, by a renewed MgO attack and by giving off CaO to the solution, altered into magnesite. The residual solution which is rich in CaO attacks the magnesite redolomiting it partially. From the dolomite II thus resulting, druse dolomite (dolomite III) as well as druse calcite are segregated in the last phases. This solution may also slightly attack dolomite I.

In conclusion the relation between iron-rich and iron-poor magnesites is investigated and discussed together with other details. The authors attach in these investigations great importance to elucidating the relations between the phases and the mineralochemical processes. The geological aspects are dealt with only in so far as they have an immediate bearing on the subject.

Résumé

Dans le processus extensif de la formation et de la métamorphose des Alpes orientales par suite du premier, second et troisième degré de la métamorphose régionale, des processus de la formation de gisements d'intérêt économique, comme p.e. du siderite, de la magnésie spathique et disthène ont été coordonnés.

La métasomatose de la magnésie spathique joue un rôle défini dans ce processus. L-olibine et des roches similaires transformés en antigorites (des serpentines lamellées) fournissaient le Mg pour cette métasomatose. — Dans ce processus des solutions riches en CO_3 et ions de Mg se formèrent qui sont transportées dans la périphérie des régions réagissantes. Mises en contact avec la chaux ces solutions en éliminent le CaO qui est remplacé par MgO. Dans des époques successives cette chaux est transformée en dolomie I. Celle-ci, par une attaque renouvelée de MgO et en cédant du CaO à la solution, est transformée en magnésie. Le résidu de la solution riche en CaO attaque la magnésie et la redolomise partiellement. De cette dolomie II qui en résulte de la dolomie druse (dursillaire) et de la druse — spath calcaire sont séparées dans la dernière phase.

Les auteurs examinent et discutent les relations entre la magnésie riche en fer et la magnésie pauvre en fer. Ils attachent une grande importance à ces recherches pour éclaircir les relations entre les phases et les processus chimico — minéralogiques.

Literaturverzeichnis

- (1) Angel, F., Das Gleinalpengebiet als metamorphe Einheit. N. Jb. f. Min. etc. Beil. B. **51** (1924), 213—239.
- (2) Angel, F., u. G. Martiny, Die Serpentine der Gleinalpe. *TMPM.* **38** (1925), 353—357.
- (3) Angel, F., Unser Erzberg. *Natw. Ver. Steierm.* 1937. 75. 227—321.
- (4) Angel, F., Der Kraubather Olivinfels — bis Serpentin-körper etc. *Fortschr. Min.* **23** (1939), 90—104.
- (5) Angel, F., Mineralfazien und Mineralzonen in den Ostalpen. *Jb. Univ. Graz* 1940, 251—304.
- (6) Angel, F., u. Awerzger, Die Magnesitlagerstätte auf der Millstätter Alpe etc., *Radex-Rundschau* 1948, S. 91—95 (Radenthein).
- (7) Becke, F., Exkursionen im westlichen und mittleren Abschnitt der Hohen Tauern. VIII. Wiener Internat. Geologenkongreß 1903, 1—41.
- (8) Beck-Managetta, P., Die wurzellose venitische Metamorphose des Koralpenkristallins. *Akt. Wiss. Wien* 1949. *Anzeiger.* 10—12.
- (9) Beck-Managetta, P., Die Auflösung der Mechanik der Wolfsberger Serie, Koralpe, Kärnten, *Jb. Geol. BA. Wien* **94** (1949—51), 127—157.
- (10) Barth, T., *Theoret. Petrology.* N. Y. 1952. 1—387.
- (11) Barth, T., Correns C. W., Eskola P., Die Entstehung der Gesteine. Berlin 1939.
- (12) Bowen, N., Tuttle, System $MgO-SiO_2-H_2O$. *Bull. Geol. Soc. Am.* **60**, 1—422.
- (13) Clar, E., Tarntaler Brekzie. *Sitzberg. Wiener Ak.* 1940, 71—84.
- (14) Clar, E., Ostalpine Vererzung und Metamorphose. *Vh. Geol. BA. Wien* 1943, 29—37.
- (15) Clar, E., u. O. Friedrich, Über einige Zusammenhänge zwischen Vererzung und Metamorphose in den Zentralalpen. *Ztschr. f. prakt. Geologie* **41** (1937), 283—286.
- (16) Correns, C. W., Einführung in die Mineralogie, 1949, 1—414.
- (17) Czermak, F., Neue Funde von Paramorphosen etc., *Koralpe. Zbl. Min. A.* 1938, 47—58.
- (18) Coteló-Neiva, *Geol. u. Min. von Braganca-Vinhais, Portugal.* Porto 1948, 1—251.
- (19) Fenoglio, M., Nickel in piemontes. peridotitischen Serpentinmassen. *Rendiconti* 1952.
- (20) Friedrich, O., Die Ostalpine Hauptvererzung etc. *Bg. Hm. Jb.* **85** (1937), 283—286.
- (21) Friedrich, O., Zur Genese ostalpiner Spatmagnetit- und Talklagerstätten. *Radex-Rundschau* 1951, Radenthein 281—298.
- (22) Kieslinger, A., *Geol. d. Koralpe I, VIII. Sitzb. Ak. Wiss. Wien* 1926/28.
- (23) Koark, H. J., Die Serpentine des Ochsners (Zillertal) und Reckners (Tarntal). *Ber. Med.-Nat. Verein Innsbruck*, 1949, 1—2.
- (24) Leitmeier, H., Die Magnesitvorkommen Österreichs und ihre Entstehung. *Montanzeitung Wien* 1951 **67** 133—137 und 146—152.
- (25) Llarena, J. G., Die Lagerstätten d. sediment. Magnesits im Paläozoikum d. Westpyrenäen. *Bg. Hm. MH.* **96** (1951), 221—227.
- (26) Llarena, J. G., Über d. sedim. Entstehung des ostalpinen Magnesits. Typus Veitsch. *Montanzeitung Wien* 1953, H. 4, 55—62.
- (27) Matz, K., Die Magnesit-Talklagerstätte im Obertal b. Oberdorf etc. *Fortschr. Min. etc.* **23** (1939), 76—79.
- (28) Meixner, H., (Mehrere Artikel im Karinthin (Klagenfurt) 1950, 256—268; 1951, V, 26, 27, 28 über Serpentinmineralien und Magnesit. Begleitmineralien).
- (29) Meixner, H., Über Cabrerit. *Monatshefte d. N. Jb. f. Min. A.* 1950, Seite 169—174.
- (30) Metz, K., Eisen- und Magnesitlagerstätten in den Ostalpen. *Geol. För. Föhr.* **70** (1948) 362—370.
- (31) Petrascheck, W., Die alpine Metallogenese. *Jb. Geol. BA. Wien* 1945, 130—149.
- (32) Petrascheck, W., Die Magnesite u. Siderite d. Ostalpen. *Ak. Wiss. Sitzb.* **141** (1932), 195—242.
- (33) Redlich, K. A., Über einige wenig bekannte kristalline Magnesitlagerstätten Österreichs. *Jb. Geol. BA. Wien* **85** (1935), 101—133.
- (34) Rohn, R., Zur Frage der Entstehung des kristallinen Magnesites. *Montanzeitg. Wien* 1950, 7/8, 1—5.
- (35) Sander, B., Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. II., 1950, 1—409.
- (36) Sander, B., *Geolog. Studien am Westende der Hohen Tauern. II. Jb. Geol. BA. Wien* 1920, 271—296.
- (37) Sander, B., *Tuxer und Prätigauer Serien. Geol. RA. Wien* 1911.
- (38) Sander, B., *Gesteinsgruppen des Tauern-Westendes. Jb. Geol. RA. Wien* 1912.
- (39) Sander, N., *Geol. Studien am Westende etc. Denkschr. Ak. Wiss. Wien.* 1914. **82**.
- (40) Sander, N., Über Flächen und Achsengefüge. *Westende d. Hohen Tauern, III. RA. f. Bodenforschung Wien.* 1942. 1—93.
- (41) Schneiderhöhn H., *Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage. N. Jb. f. Min. Mn.* 1952. 47—89.
- (42) Raupach, F. v., Die rezente Sedimentation im Schwarzen Meer, im Kaspi und Aral und ihre Gesetzmäßigkeiten. *Geologie. Ztschr. f. d. Gesamtgebiet der Geol. etc., Berlin* 1952. **1**, Nr. 1—2.
- (43) Schwinner, R., Die Lagerstätten kristallinen Magnesites etc. *Leobner Bergmannstag* 1939, 206—215.
- (44) Schwinner, R., *Gebirgsbildung, magmatische Zyklen und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Bg. u. Hm. Monatshefte.* 1949, 135—144.
- (45) Van Tongeren, W., On the occurrence of rarer elements in the netherlands East Indies. *Amsterdam* 1938. 122—18.
- (46) Winchell, A. u. H., *Elements of optical mineralogy.* 4. Aufl. II. N. Y. 1951, 1—414.

Die Tuxer Magnesitlagerstätten

Von F. Angel (Graz) und P. Weiß (Lanersbach)

(Geologische Position, Aufbau, Gesteine und Mineralien der Tuxer Magnesitlagerstätten werden beschrieben, und die Probleme ihrer Entstehung und Entwicklung klar gelegt. Literatur und Bildmaterial vergleiche bei F. Angel-F. Trojer, „Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose“, Radex-Rundschau, 1953, dieses Heft, Seite 315–334.)

(The geological situation, structure, rocks and minerals of the Tux magnesite deposits are described. The problems of their genesis and development are elucidated. Refer to literature and illustrations of the article „Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose“, Radex-Rundschau, by F. Angel-F. Trojer.)

(La Situation géologique, structure, rocher et minerais des gisements de magnésite spathique de Tux (Tyrol) sont décrites. Les problèmes de leurs origine et leurs développements sont discutés et éclaircis.)

Einleitung: Die Situation der Tuxer Magnesitlagerstätten ist aus dem Nebenkärtchen der Tafel 1 dieser Studie ersichtlich. Der bequemste und wirtschaftlich einzig benutzbare Zugang nimmt vom Inntal bei Jenbach seinen Ausgang. Das Zillertal, das 2 km östlich davon mündet, bringt die Magnesitfrachten in modern durchorganisierter und mechanisierter Weise zur Umladung am Bahnhof Jenbach und hat dabei von der Anlage Bühel etwa 30 km Anfahrtsweg. Von Bühel, das im SN verlaufenden Haupttal noch etwa 2,5 km nördlich von Mayrhofen i. Z. liegt, wendet sich die Materialeisbahn des Werkes nach Westen und steigt im Horbergtal bis zu dessen Nordknick von 620 m Talsohle auf 1730 m an, erreicht mit 2150 m die Übergangshöhe bei der „Wangl-Station“ und steigt nun nach WSW zur Werksanlage nächst der „Schrofenalpe“ nieder auf rund 1665 m. Die Seilbahnlänge Bühel—Wanglstation ist rund 7,1 km, jene von Wangl zum Werk 1,44 km, zusammen also rund 8,5 km. Für einen Besuch der Lagerstätten steht indes ein bequemerer Zugang offen. Von Mayrhofen (630 m) führt die Tuxertalstraße über die Talstufe von Finkenberg (855 m) rasch höher gegen Westen bis zur Talstation einer Personen-Seilbahn (1250 m), noch $\frac{3}{4}$ km vor dem Kirchlein von Vorderlanersbach, wo dann die Straße SW-wärts nach Lanersbach und dem Talschluß von Hintertux (1494 m) noch 7,5 km weiter führt. Die genannte Personenseilbahn aber zieht nach NW zum Magnesitwerk hinauf und überwindet dabei ein Gefälle von etwa 400 m über einer waagrechten Entfernung von etwa 1,4 km. Zur rechten Hand sieht man von der Bergfahrt aus die tiefe Schlucht des Hoserbaches, der sich vom Niveau des Magnesitwerkes aus in das Hoserkar verzweigt. Aus diesem Kar steigen die Hänge nach Norden zur Wanglspitze (2418 m) und zur Grauen Spitze (2557 m) an. Unter der Wanglspitze liegt lawinöses Gelände, das dem Werk vor kurzem wieder zu schaffen machte und einen harten Tribut an braven Menschen forderte. — Hinter den genannten Bergkörpern baut sich der Hauptkamm der Tuxer Vorberge auf und sendet Seitenkämme und Hänge nach Inntal hinab. Genannt seien Rastkogel (2760 m), Grindlspitze (2635 m), Pangert (2551 m). Vgl. dazu die Karte 1 : 25.000 auf Tafel 1. Von der Grindlspitze zieht ein Nebenkamm nach S 16° O, dann weiter nach Osten abschwenkend zur Wanglstation und zum Penkenberg (2095 m), der Wanglspitz-Penken-Kamm. Er hat zunächst unter der

Grindlspitze einen Einschnitt, das Tappenjöchl, etwa 2480 m, dann folgt gegen Süden ein Aufschwung zur Horbergjöchl-Spitze (2540 m) und der Abfall zum Horberger Jöchl (2361 m); in sanftem Anstieg nach SO erheben sich die beiden Wanglspitzen mit 2410 und 2418 m, dann fällt der Hang in kleinen Stufen zur Kleinen Wanglspitze (2284 m) und weiter zum „Wangl“, das ist ein auffallendes Felsriff knapp über der Wanglstation, darin liegt eine Teillagerstätte. Von hier aus führt der Kamm in sanften Formen aus 2150 m über das Penkenjoch (2042 m) zum Penkenberg (2095 m), nach Südosten weiter ausladend. Er umrahmt auf der Ostseite das Naudeskar, dessen Weststrahlen von einem Steilabfall gebildet wird, der vom „Wangl“ nach Süden über das Hirtenköpfl zieht und den Verbindungsweg Schrofenalpe—Naudes-Alpe erreicht. — Noch ein zweiter Kamm wird in den folgenden Ausführungen genannt werden, der Horbergspitz-Kamm. Er zweigt vom Pangert zunächst nach Westen ab, läuft über die Erhebung 2459 m, wo er sich ungefähr mit dem Wanglspitz-Penkenkamm gleichlaufend nach SSO wendet, über den Schafkopf (2294 m) die Horbergspitze (2278 m) erreicht und dann zu den Almen bei P. 1739 m am Horbergtalknie steil abfällt. Zwischen den beiden genannten Kämmen steigt das hintere Horbergtal zur Tappenalm auf, hinter der die Quellbäche aus dem Zirkus unter dem Pangert zusammenfließen. — Ein klares Bild der Geländeformung vermittelt ein Blick aus Lanersbach, wo man 400 m tiefer steht als die Werksanlage liegt. Es sind dann drei Karnischen wahrzunehmen, von welchen Naudes bereits erwähnt wurde; westlich schließt sich die höchst auffällig eingesenkte Nische der „Wiesen“ an, im Osten vom Hirtenköpflrücken flankiert, im Nordwesten von einem Steilabbruch, der am „Kristaller“ (einem Felsknopf, heute fast abgebaut, rund 2000 m) Ausgang nimmt und zum Hoserbachzwiesel bei 1715 m abstreicht, dort in steilen, erosiv zerschnittenen Pfeilern abstürzend. In dieser Nische liegen die derzeit betriebenen Abbaue. Daran schließt sich westlich das geräumigste Kar der Werksumgebung, das Hoserkar. Die vorhin genannte Lagerstätten-Nische scheint nichts anderes zu sein, als eine Einsenkung in den Hoserkar-Ostflügel, und der Nischen-NW-Rand tritt, vom Hoserkar aus betrachtet, gestaltlich gar nicht hervor. Im Norden allerdings zeigt sich bereits ein vom Wanglspitzkörper sich in 2000 bis 2100 m abhebender steiler Gefällsbruch als Rückwand des

Kares, dessen felsiger Westrand vom Rotkopf (2000 Meter) gebildet wird. In diesem Kar liegen im Westteil gewaltige Felsstürze, im mittleren und Nordteil Gleitmassen, deren Abrisfnischen noch gut erkennbar sind. Ein weiteres, bemerkenswertes Gestaltungselement ist jene breitleistenförmige Verebnung, auf der Werk und Werksiedlung (Kolonie) stehen, in 1650 bis 1670 m. Sie ist Überrest eines Talbodens, der sich über den Hoserbach nach Westen bis zum Rötzbach fortsetzt und im Naudes, also im Osten, wieder deutlich wird. Zwischen Grauer Spitze und Wanglspitz-Penkenkamm liegt, über dem Hoserkar schwebend, ein fast SN-laufendes Hochtal, in welches man vom Wangl aus auf etwa 2100 m nach Westen wandernd, über Verebnungsleisten und oberhalb der Hoserkar-Rückwand mühelos gelangen kann. An die Mündung dieses Hängetals schließt im Westen die Lämmerbichlalm (2100 m) als ausgedehnte Hochfläche an. Von der Höhe des Wangl aus sieht man im Süden den Tuxer Kamm vom Olperer bis zu den Grünbergspitzen, im Westen die Tarntaler Berge mit Hippold, Torspitz und -wand, Kalkwand, Redkner und das Tuxer Joch. Gegen Südosten blickt man in den Zillertaler Hauptkamm mit Floitengrund und Stillupgrund, und die Reichenspitzgruppe erscheint noch nahegerückt.

Vom Werk um 25 km nach Westen zieht das Wipptal von Innsbruck zum Brenner und wird ein wenig südlich vom Stubai- und Vikartal getroffen. Um 7 km Luftlinie östlich vom Werk liegt Mayrhofen, und 75 km östlich liegt das Wiesbadhorn.

Das ist die Situation der Gegend, die im folgenden bezüglich ihres Aufbaues und ihrer Lagerstätten eingehender beschrieben wird.

Daß es hier Magnesit gibt, entdeckte Bruno Sander (Innsbruck), der Begründer der Gefügekunde der Gesteine bereits vor rund 40 Jahren. In seinen „Geologischen Studien am Westende der Hohen Tauern, II. Bericht“, Wien, 1920, findet man eine geologische Karte 1:100.000, welche auch das Lagerstättengebiet enthält, und eine Profilserie, die 1:50.000 die Geologie desselben darstellt. Darin ist im Profil 1, Grindlspitz—Wanglspitz—Penkenkamm, der Magnesit bereits markiert. In späteren Arbeiten hat Sander verschiedentlich auf Begleitsteine der Umgebung Bezug genommen (35—40). Über die Lagerstätte selbst liegt eine kurze Mitteilung von K. A. Redlich (33) vor, die den Stand der Kenntnisse um 1935 zeigt. Der Magnesitbergbau wurde zuerst von der Alpenländischen Bergbaugesellschaft m. b. H. in Mayrhofen betrieben; heute steht er im Betrieb der Österreichisch - Amerikanischen Magnesit-A.G., Radenthein.

Es ist zur Einführung noch eine Vororientierung über die Lagerstätten angebracht. Sie bilden zusammen einen Höffigkeitsbezirk, der in breitem Streifen von Wangl über Werk Tux nach Vorderlanersbach zutal zieht. Die in Betrieb befindlichen und aufgeschlossenen Lagerstätten sind voneinander isoliert und haben ihre bereits eingesessenen Namen.

So heißt das an das Werk unmittelbar nördlich anschließende Lager „Werkslager“ oder „Wiese“; steigt man nach N und NW an, trifft man die kom-

plexe Lagerstätte „Kristaller“, mit den Lagerstätten-teilen Martha I (derzeit der westliche Schurfbau mit dem Martha-I-Stollenmundloch auf 1866,9 m), Martha II (Stollenmundloch auf 1878 m, einen mittleren Lagerteil erschließend), Barbara II (im O, Mundloch auf 1933,6 m), darüber Barbara I (Stollenmundloch 1960 m) und schließlich den Tagbau Kristaller (mit einer höchsten Magnesitsohle auf 1993 m, sowie den Sohlen, 1985, 1972, 1960 m), unter welchen untertags die Stollen und Strecken von Barbara I, II und zum Teil auch Martha verlaufen. Noch 1948 wurde nur im Werkslager und am anschließend zu erörternden Wangl abgebaut. Von dem ganzen Komplex Martha-Barbara-Kristaller war bloß der unbewachsene, mugelige Kristaller, der auffällig aus dem Almrassen hervorstach, und wohl wegen der groben, im Sonnenlicht spiegelnden Magnesitkörner seinen Namen erhielt, sichtbar; im steilen, schuttigen Häng waren ein paar blockige Magnesitfelsen sichtbar, der oberste etwa 25—30 m SO vom Kristaller, und es war ungewiß, ob es sich um lose Blöcke oder gewachsenen Fels handeln konnte. Im schuttig-lockeren Steilhang vom Kristaller abwärts gegen des Bergbaubetriebsleiters Preschern nachweisen, daß es sich hier um Ausbisse stärkerer Karbonatmassen mit Magnesitlagern handelt, eben um die heutigen Lagerteile Barbara und Martha.

Steigt man vom Kristaller (etwa 2000 m) nach NO weiter an, so trifft man am Übergang oberhalb der Wanglstation das Lager „Wangl“, in etwa 500 m ebener Entfernung. Diese Lager gehören nach Aufbau, Einbettung und Magnesitart genetisch zusammen.

Geht man vom Wangl nach Westen und biegt dann im Hochtal zwischen Grauer Spitze und dem Wanglspitz-Penkenkamm nach Norden, so stößt man in etwa 2260 m Höhe wieder auf ein Magnesitlager, das Wanglhochalmlager. Es zeigt sich von der Natur ausgedehnt aufgeschlossen, ist unbeschürft und im Bau sowie der Magnesitart von den früher genannten verschieden.

I. Abschnitt

Der geologische Aufbau und Rahmen des Lagerstättenbereiches

Vgl. Karte 1:25.000

Im ganzen Kartenbereich streicht das Gebirge generell WO und fällt generell steil nach Norden.

Im Süden wird der Tuxer Porphyrgneis sichtbar, der eine serizitische Randzone entwickelt, darüber legt sich der „Hochstegenmarmor“, den man bei der Anfahrt von Mayrhofen nach Tux wiederholt zu sehen bekommt; der Tuxer Bach schneidet eine wilde Schlucht hinein. Hier ist geologisch klassisches Gelände (7). Hangend folgt Tuxer Grauwacke mit Einlagerungen von Marmoren (Schmittenberg-Lage) und im Hangenteil der dolomitischen Gschöbwall-Lage. Nun folgt mit der Hauptentfaltung zwischen Wanglspitze-Penkenkamm und dem bei Vorderlanersbach von NW her einmündenden Horbachtal der Bereich der Tuxer Phyllite. Ihre Stellung hat Sander 1920 (36) umrissen: Sie spitzen gegen

Osten aus und zeigen W-fallende Walzachsen; im Hobartalbereich lagern sie über den Quarzphylliten, im Horbergtal fallen sie unter diese, so auch bei Schwendau-Hippach im Zillertal; sie sind am Nord- und Südrand andersartig begrenzt. Das ist eine für die Erkenntnis der Lagerstättengeologie grundlegende Aussage, denn der Lagerstättenbereich Werkslager bis Wangl ist an diese Tuxer Phyllitzone gebunden. Es sei zunächst von den Einlagerungen in diesen Schieferkomplex abgesehen, um kurz noch eine andere Großeinheit zu skizzieren: Im Bereich östlich des Kammes Grindlspitz—Wanglspitz—Penkenjoch herrschen Quarzphyllite. Sie setzen sich über den Rastkogel und das Nafingjoch nach Westen fort (Geiseljoch—Hippoldkamm) und steigen tief herab in die vorderseitigen Hänge des Hobartales sowie in den Talschluß des Gangartales.

Im Kamm Wanglspitze-Wangl verzahnen sie sich mit den Tuxer Phylliten, wegen der W-fallenden Achsenlage. An der Grenze zwischen Phyllitserie und Quarzphyllit zieht eine Flucht von kurzen und wechselnd schwächtigen Eisendolomitkörpern durch, lokal begleitet von Phyllitlagen. Eine Begehung des Kammes vom Nafingjoch über das Hobarjoch gegen den Hippold, und in den ausgedehnten Hängen zum Hobarbach hinunter stößt noch an mehreren Orten auf mehr oder minder weithin streichende und wechselnd mächtige Camgit-Züge (Camgit: Ausdrucksprägung *Sander* (35) für sedimentäre Kalk-Magnesia-Carbonatgesteine, also vor allem Kalke und Dolomite, so SO vom Hobarjochgipfel (2513 m) und auf der Höhe 2382 nördlich der Vallruckalpe, sowie südlich des Hobarjochs und noch nördlich des Almweges Geiseljoch-Vallruckalpe.

Den Quarzphylliten sind im Profil Wangl-Wanglspitze und nördlich vom Penken diabatische Schiefer gesellt; verbreitet wurden sie bisher im geschlossenen Quarzphyllitgebiet der Karte nicht gefunden.

Weiter sollen die Gesteine betrachtet werden, welche nördlich des Penkenberg-Gipfels, über dem Gschöbwallprofil, *Sanders* (36) einen Komplex sogenannter Tarntaler Gesteine bilden (Lage 6 nach *Sander*), sie sind ein isoliertes, wannenförmig gelagertes Paket mit tektonischen Kontakten und einer mechanischen Mengung paläozoischer und mesozoischer Glieder, über dem mächtigen „Penken-Quarzit“ gelegen, Tarntaler Bresche und jurassischen(?) dolomitischen Kalkstein führend.

In der streichenden Fortsetzung der Tarntaler Gesteine des Hippold-Torspitzkammes tritt eine mächtige Schuppenserie auf, die im Gebiet vom Lämmerbichl nach Osten durch zwei mächtige Quarzit-Züge charakterisiert ist, die sich gegen die Unterberg-Alm (1609 m) zu nähern, aber ohne miteinander in sichtbaren Kontakt zu treten. Die Unterberg-Alm liegt bereits im Gebiet des Sidantales. Im Gelände der Lämmerbichl-Alm ist südlich der Grauen Spitze das Anstehende durch einen mächtigen Bergsturz aus den Südabfällen dieses Berges verdeckt. Aber östlich davon können in den Hängen und Kämmen die komplizierten Profile sehr vollständig eingesehen werden.

Am Horberger Jöchl geht man noch über Tuxer Phyllite, dann gegen Norden durch eine Quarzphyllit-Folge zum südlicheren mächtigen Quarzitzug, über ihm folgt eine tektonische Mischserie aus vornehmlich Quarzphyllit und diabatischen Grünschieferschollen, an der wieder Tuxer Phyllite Anteil haben. Im Hochtal der Wanglhochalm schaltet sich in diesen Komplex, und randlich mit ihm verwalzt, ein mächtiger, eisenreicher Magnesit ein, der aber nach Osten weit unter dem Kamm auskeilt; in seiner streichenden Fortsetzung zieht ein Mischkomplex zum Törl südlich der Horbergjöchelspitze hinauf, der mit den vorgenannten Elementen auch ein schmales Dolomitriff enthält. Dann aber folgt nordwärts tektonisch stark mitgenommener Kalkphyllit, ein Komplex weicher, toniger Phyllite mit Fetzen von Quarzphyllit, Dolomitschollen und im Hochtal nahe über der Sohle Dolomitbreschen, schließlich nochmals Tuxer Phyllit und diabatischer Grünschiefer, sodann sehr steil N-fallend der zweite nördliche Quarzitzug, über diesem ein mächtiger Eisendolomit, begleitet von einem unauffälligeren, grauen Dolomitzug, hangend davon neuerdings Tuxer Phyllite bis in den Sattel vor der Grindlspitze, und jenseits der schon erwähnte Schuppenzug von Eisendolomit mit Phyllitbegleitung, über welchen sodann die geschlossene Masse der Grindlspitz-Quarzphyllite folgt.

Verfolgt man diesen Gebirgsstreifen nach Westen, so brechen die Gesteinszüge in solcher Weise ab, daß man hier einen Bruch durchzulegen hat, besonders das Abschneiden des Magnesitlagers ist deutlich wahrzunehmen. Geht man über Berg und Tal nach Osten, so findet man zwar alle genannten Elemente mit Ausnahme des Magnesites wieder, aber sie alternieren im Streichen.

Am Horberg-Schafkopf-Kamm sieht man, von mächtigen diabatischen Schiefen begleitet, noch Dolomitschollen mit Spuren von eisenreichem Magnesit in kleineren Dolomitfetzen.

Nun wenden wir uns der Lagerstättengruppe Werkslager-Wangl zu. Sie ist eingepackt in graphitisch graue, phyllitische Schiefer, die hier petrographisch als Glanzschiefer kurz bezeichnet sind. Es ist das Gebiet der „Tuxer Phyllite“ (*Sander*), das sind graue, ziemlich gleichmäßig blättrige Schiefer, hauptsächlich Glimmer mit meist wenig Quarz, örtlich auch mit etwas Chlorit, und örtlich auch mit kalkreichen Lagen. In ihnen schwimmen, voneinander getrennt, jene Dolomit-Tafeln, die auch den *eisenarmen* Magnesit enthalten. Näher erforscht und durch den Bergbau aufgeschlossen sind derzeit nur einige davon; von diesen ist auch die Ausdehnung bekannt: Die Scholle des Wangl, der Schollenkomplex Kristaller-Barbara-Martha, und diesen ist das Werkslager (Wiese) anzuschließen. Untersucht man das Gelände in den Gräben die vom Hoserbach abzweigend nach Westen und gegen Wangl hin ziehen, so findet man in ihnen an einigen Stellen Ausbisse von Dolomitschollen, aber über deren Ausdehnung kann heute noch nichts ausgesagt werden. Die Karte hat einige dieser Ausbisse markiert.

II. Abschnitt

Der Aufbau der Lagerstätten in der Gruppe
Wangl-Werkslager

a) Wangl

Dieser Lagerstättenteil bietet sich dem Auge als steiles OW-ziehendes Felswandl („Wangl“), an dessen Nordseite der Schieferhang (Glanzschiefer, mit Quarzphyllit verschuppt) Halt findet. Auch der Südfuß grenzt sich an Glanzschiefern ab, in welchen ein Diabasgrünschiefer einen leichten Buckel bildet. An diesem Wandfuß des Karbonatzuges liegen gewaltige Sturzblockhalden von Dolomit und Magnesit, und eine solche Halde zieht auch durch den Graben lang hinab, der parallel zur Materialseilbahn ins Horbergtal leitet.

Die Lagerstätte folgt dem Aufbau des Wanglspitzhangs: WO-Streichen, steiles Nordfallen, und eine mit 15 bis 20° nach Westen fallende Achse. Die Gestalt ist die eines Keiles, der in der Teufe schmaler wird (7 m), und in den Tagausbissen wenigstens 15 m, im bauchigen Mittelteil 35 m Mächtigkeit erreicht. Die Nordfront fällt mit 60 bis 70°, die Südfront mit 50 bis 55° Norden. In 35 m Abstand hangauf nach Norden zieht eine Kette von Dolomitausbissen zum Lager parallel. Das könnte ein ausgedünnter Faltenschenkel sein, der vom Lager abgerissen ist. Aus der skizzierten Konfiguration und der Lage der östlichen tiefsten Dolomitausbisse bei etwa 2060 m ergibt sich eine Teufe der Lagerstättenplatte von etwa 160 m, einer Ziffer, die einem bei Bestimmung der Teufen auch anderer Lagerstätten-teile und anderer markanter Gesteinszüge, zum Teil auch der Quarzite, wiederholt begegnet und bei diesen Längen und Mächtigkeiten die „passende“ Teufe zu sein scheint. Die Lagerstätte ist in einen West- und Ostflügel zerrissen; die Trennfuge ist ein Bündel von Störungen, die steil NW—Norden ziehen und 65° Ost fallen; die Verstellungen sind unbedeutend. Bruchfugen gleicher Art begrenzen die sichtbaren zusammenhängenden Lagerteile am äußersten West- und Ostende. Am Westende gibt es in der streichenden Fortsetzung noch einen Magnesit-ausbiß (30 m abstehend) und zwei kleine Dolomitausbisse (bis 60 m abstehend). Aus dem obertägigen und durch Stollen untertägig sichtbar gemachten Aufschlüssen entnimmt man folgendes: Der Wanglzug besteht aus Dolomit und Magnesit. Der Dolomit ist flaserig, zum Teil rötlich, feinstkörnig, der Magnesit weiß bis weißgrau, grobspätig und von gleichem Aussehen wie im Kristaller und Werkslager. Seine Verteilung ist typisch: Er bildet nicht etwa eine durchlaufende, der Dolomitbankung gleichlaufende Masse, sondern: im Ostflügel steht er an der Lager-südseite, und sein Hangend, seine Rückseite, ist der Dolomit. Im Westflügel steht er zunächst, in dessen Ostteil, auch noch an der Südseite, weiter gegen Westen zu tritt er in der Lagermitte auf, mit Dolomit in Liegend und Hangend, und ganz im Westen drängt er sich an die Nordseite, also ins Hangend, und im Liegenddolomit sind nur noch einige Nester von Magnesit zu sehen. Nirgends ist der Kontakt beider Felsarten scharf, überall zeigt die Grenze Wolkenumriß. Der Magnesit legt sich also schräg

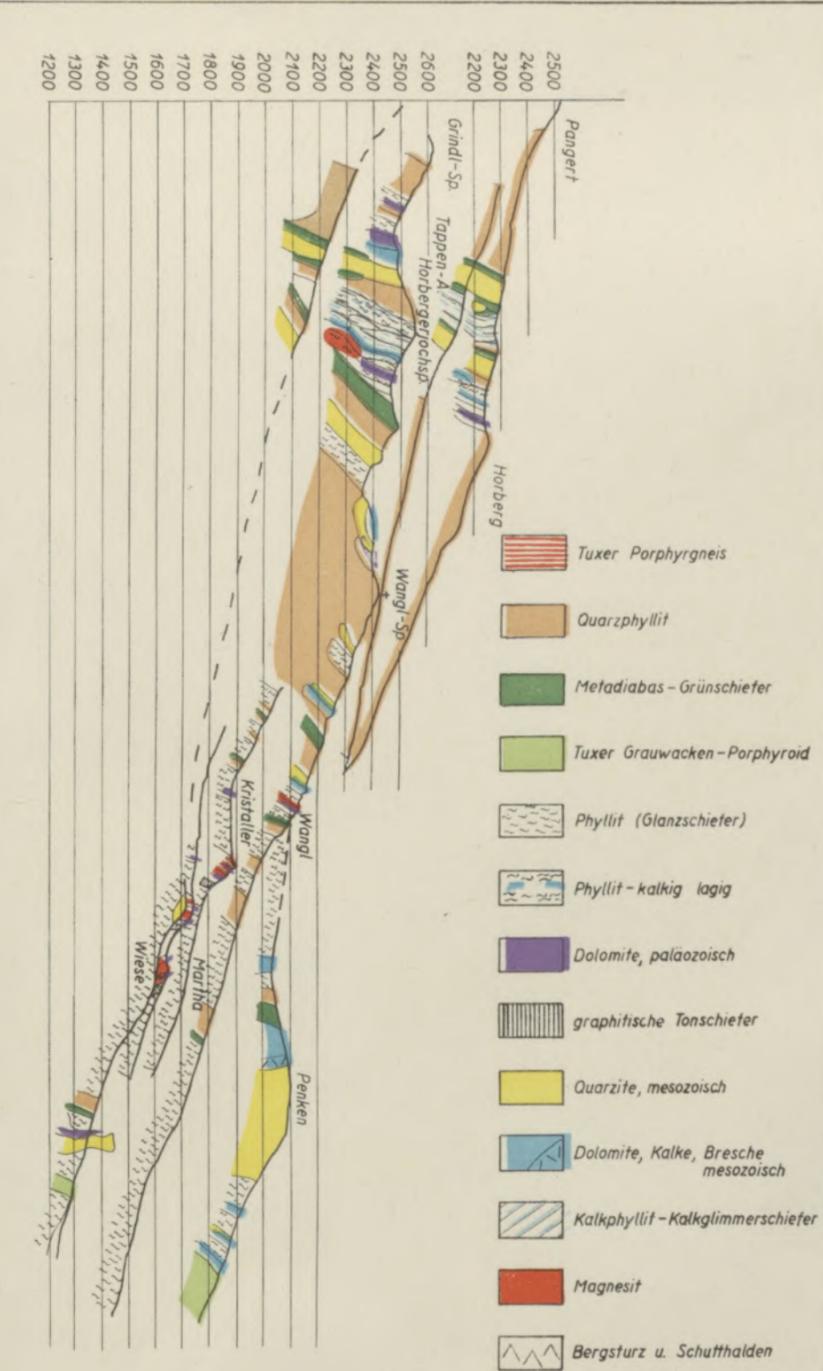
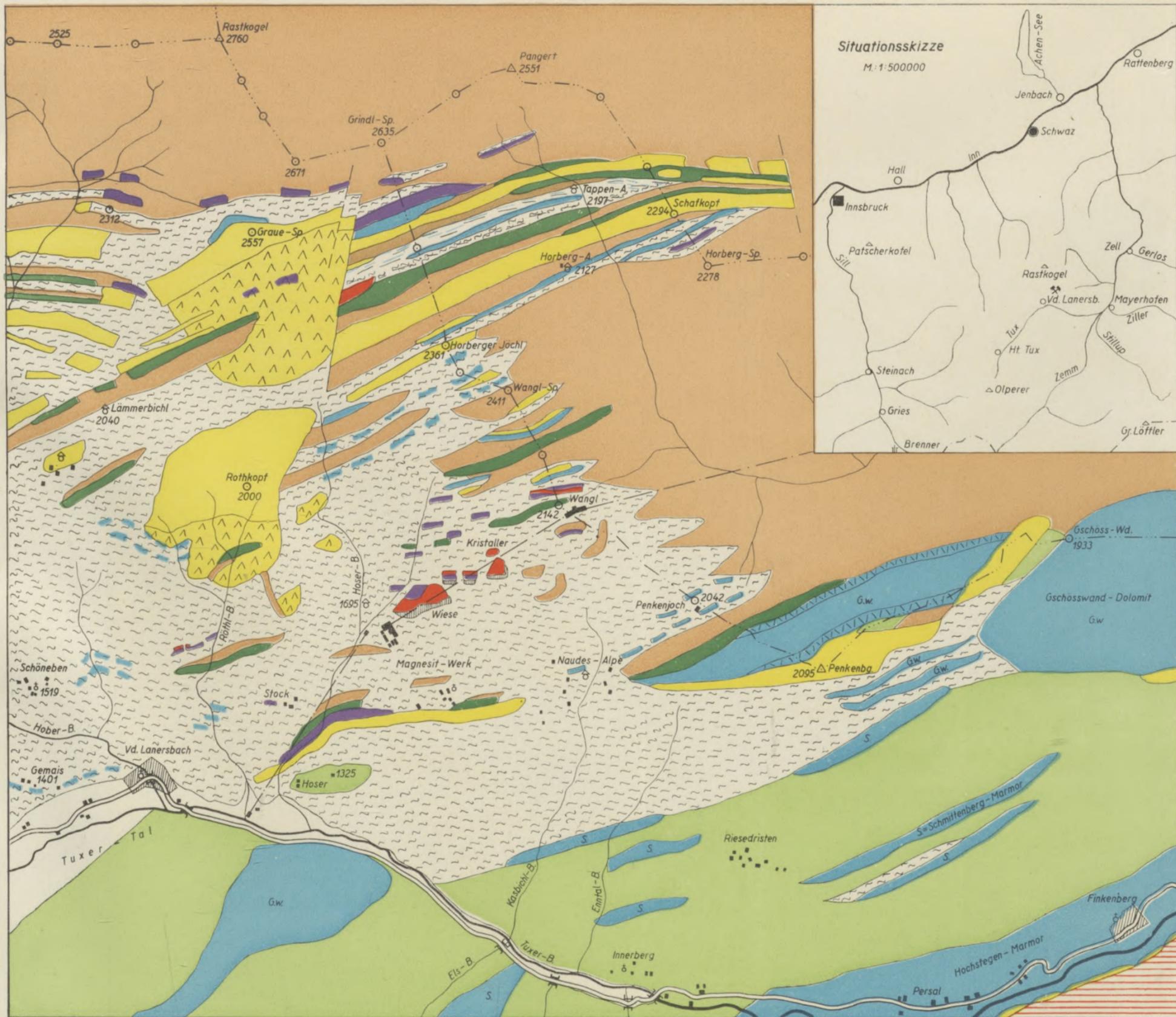
über das Dolomitstreichen, und würde, wenn sich herausstellt, daß der Dolomitzug ein Paket alters-verschiedener Bänke ist, über die Stratigraphie hinwegschreiten. Aber schon, was bisher berichtet wurde, bezeugt die metasomatische und nicht sedimentäre Herkunft des Magnesites. Andere Belege hierzu werden noch im folgenden geboten. Die Magnesit-Dolomitkörper sind übrigens noch durch eine Anzahl NNW, beim Karlstollen N 43° W streichenden, stets steil (um 70° und mehr) Ost fallenden Verwerfern in gegeneinander um einige Meter verschobene Blöcke zerlegt. In den umschließenden weichen Schiefen sind diese Störungen nicht erkennbar.

b) Kristaller

Der Kristaller hat eine knopfähnliche, aus dem Almboden herausleuchtende Felsmasse gebildet; er ist heute fast abgebaut. Seine Gestalt war flach dreiachsig-ellipsoidisch, mit 28 m Längsachse, 25 m Breitenachse, 16 m Vertikalachse; Volumen rund 5000 m³, d. h. rund 15.000 t Gesteinsmasse. Diese war fast nur grobspätiger Magnesit, zeigte aber durch komplizierte Einfaltung dünner Tonschiefer, die zum Teil vertalkt wurden, ein sehr „bewegtes“ Schicksal. Der Kristaller wurde von der benachbarten, vielmal so großen Barbaramasse förmlich abgedreht; er ist heute von ihr isoliert durch Tonschiefer und mitgefaltete Glanzschiefer, die sich mit 15 m Dicke zwischen die beiden schieben. Er zeigt aber die allgemeine Bauregel des Gebietes: nach Westen sinkende Achse.

c) Barbara

Das durch die Stollen Barbara I (auf 1960 m) und Barbara II (1933 m) erschlossene, und auch im Tagbau stehende Lager (Sohlen auf 1960, 1972, 1985, 1993 und 2013 m) zeigt wiederum besondere Bauverhältnisse. Auch das Barbaralager ist eine im ganzen steil Nord fallende und Westost streichende Platte, häufig sieht man 60 bis 70° Nordneigung, aber gelegentlich auch steilaufrichten und überkippen. Was man derzeit von dieser Lager kennt, ist, daß es wie ein großer Klotz umgrenzt ist. Am Ostkontakt ist es durch einen Verwerfer abgeschnitten, der N 32° O Streichen und 68° SO Fallen hat und die Abrißfläche des Lagers ist gestriemt, sie deutet damit an, daß die fehlende östliche Lagerfortsetzung nicht einfach abgerissen und nach Osten weitergedriftet, sondern daß sie auch in der Höhe verstellt wurde. Die Richtung der Striemen zeigt in die Tiefe. Von hier weg dehnt sich der Magnesitkörper von Barbara 40 bis 50 m nach Westen aus; obertags ist eine weitere Fortsetzung noch nicht erkennbar, untertags wird der Bergbau ja noch Klärung bringen. Das wissenschaftlich interessante in diesem westlichen Lagerflügel ist die überaus kompliziert geformte Schiefereinfaltung: Zunächst sind es Tonschiefer mit viel Graphit, die strichweise vertalken, aber wenn diese Schiefereinbrüche mächtiger werden, erscheinen wieder die Glanzschiefer miteingefaltet. Die erschlossene Teufe des Barbarabereiches geht nun von etwa 2000 m herunter auf das Niveau von Martha II (1878 m), das sind 132 m, aber die Magnesitteufe setzt sich noch weiter fort. Einige Baueigentümlichkeiten mögen das Bild runden. Am



**LAGERSTÄTTENBEREICH
TUXER MAGNESITE**

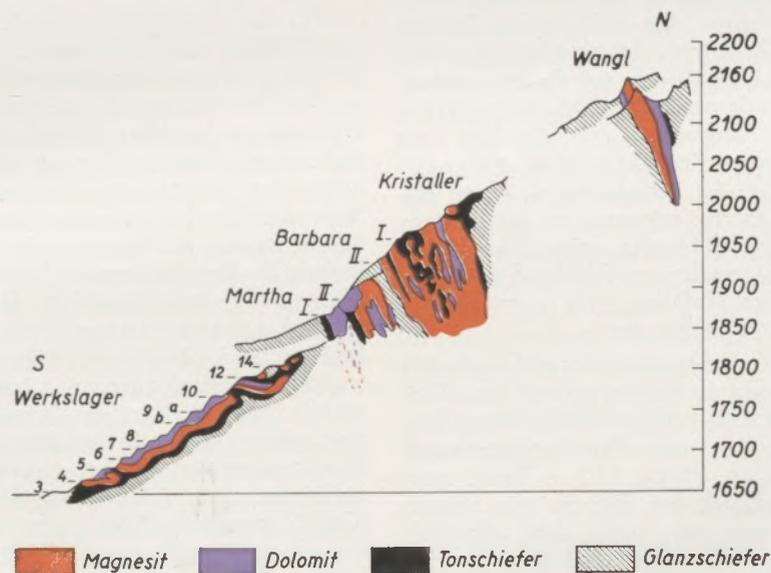
M. 1:25.000
F. ANGEL 1953

Ostende schmiegen sich nicht allein die zum Magnesitkomplex stets in engster Beziehung stehenden Tonschiefer der Abrißfläche an, sondern auf recht merklichen Bereich auch die erst nach ihnen als Magnesit-einwicklung folgenden Glanzschiefer. Das Streichen dreht dabei aus der Normalrichtung, das ist WO und N 70° W, N 80° O bei 47 bis 60° N Fallen in die hier lokal bedingte Richtung N 10—N 30° W, zum Teil mit flachem Westfallen, auch Verschwenkungen in NO Streichen und rascher Fallenwechsel stellen sich in der Nähe dieses tektonischen Kontaktes ein. Im Westkontakt sieht man noch die Nische im Magnesitkörper, aus welcher der Kristaller herausgedreht worden ist, und auch dort sind in die Fuge zwischen den Magnesitkörpern die Schiefer umschmiegend und ganz abweichend von der geschlossenen Liegend- und

Obertags sieht man die Schenkel durch die Schiefer getrennt.

d) Martha

Die nun noch weiter südlich anschließenden, durch die Stollen Martha I (Mundloch 1867 m), Martha II (Mundloch 1878 m) erschlossenen Lagerteile des Komplexes Barbara-Martha treten mit ihrer langen Oststrecke, die vom Martha II-Hauptstollen abzweigt, mit Barbara dadurch in Verbindung, daß diese Strecke direkt unter das durch Barbara II erschlossene Revier führt. Der Höhenunterschied dahin ist rund 55 m. Ein Beweis für die Beziehung trotz des Höhenunterschiedes ist unter anderem, daß auch diese Strecke einen Ostabriß der Lagerstätte erkundet hat, welcher mit dem drüber liegenden von Barbara II und I



1 : 5000

Profil durch die Tuxer Lagerstätten von Wangl bis Werkslager, in eine NS-Ebene einprojiziert

Hangenumgebung der Lagerstätte mit rasch wechselnden Streichen, Fallen und Linearen eingebaut. An den Tagbaufronten sieht man das zum Untertagbau komplementäre Bild der Einlagerung von Tonschieferungen, zum Teil mit eingefalteten Glanzschiefern; es wird dadurch die geschlossene Lagerstättenmasse förmlich in mehrere Kristaller aufgelöst, die durch schmalgebliebene oder örtlich plötzlich aufgequollene plastische Schiefermassen fallweise ganz, öfter aber nur in einem Teilumfang, isoliert werden. Da dieser unruhige Bau von Barbara aber hauptsächlich im Südflügel auftritt, und sich darin wieder geschlossenere Massen von Magnesit-Dolomit im Süden anschließen, es sind jene von Martha, die sich zudem in der Teufe mit denen von Barbara vereinigen, kann man schließen, daß die Schiefermassen, von welchen eben im Zusammenhang mit Barbara die Rede war, Teil einer eingefalteten Schiefermulde sind. Von derselben Mulde wäre Barbara der nördliche Schenkel, Martha der südliche, und beide bilden unter der Schiefermasse eine Magnesit-Dolomitmulde.

koinzidiert; auch der gemeinsame generelle Bau bestätigt dies, ganz zu schweigen von der Übereinstimmung der Magnesit- und Dolomitarten. — Den Einblick erweitern mehrere Querschläge und eine Verbindungsstrecke südlich der Hauptstrecke, ferner aber ein Gesenke in Martha I, das auf etwa 1847 m, also 20 m tiefer als Martha I, führt, wo sich wieder mehrere Strecken und Querschläge öffnen, die hauptsächlich gegen Osten zu bis unter Martha II und seine Hauptstrecke aufschließen. Nach Westen zu ist man dann wohl noch auf Tagaufschlüsse angewiesen.

Aus allen diesen Daten zusammen kann man derzeit schließen, daß man ein Lagerstättenstreichen von etwa 360 m vor sich hat, dessen Ostende bereits feststeht, dessen Westende von Martha I aus nach Westen noch nicht genügend aufgeschlossen ist, um es klar zu sehen. Dieser Zug hat eine sehr komplizierte Struktur. Zum Teil sieht man steilstehende, eng gepreßte Spitzfaltung mit steil Nord und Süd fallenden s-Flächen, zum Teil Orte mit Saigerstellung von Dolomit und Magnesit, dann wieder Ein-

faltung von schwächtigen Schieferfalten, zudem Durchzug von Gleitflächen, welche schaufeligen Verlauf haben, deren Achse aber parallel zum Achsenverlauf des gesamten Zuges liegt, das ist wiederum WO, mit 15 bis 20° Westneigung. Dadurch werden Lagerteile gegeneinander verstellt, und es treten auch kleine Querverstellungen auf, die das Baubild komplizieren. Das generelle Einfallen der ganzen Lagerstättenplatte ist aber doch ziemlich gleichmäßig. In den N-Kontakten mit Glanzschiefer steht die Kontaktfläche steil Nord oder saiger, auch steil überkippt, und schneidet tektonisch sowohl den Magnesit-Dolomitkörper, wie auch die Glanzschiefer ab. Nordfallen wiegt aber an diesem Kontakt sowohl im Lagerstättenkörper (50 bis 80°) als im Glanzschiefer des Hangend (40, 45, 50, 55° N) vor. Wo sich am Nordkontakt der schwarze, graphitische Tonschiefer einstellt, liegt die Diskordanz am Glanzschiefer in verschleierter Form vor. — Am Südkontakt, der nur in einigen Querschnitten erreicht worden ist, tritt häufiger der schwarze Tonschiefer auf als im Norden, und zeigt neben bedeutender Mächtigkeit örtlich Adern, Nester und Spickungen mit Pinolien von Magnesit. Hier ist der Kontakt selbst etwa 60° nordfallend beobachtet, der Schiefereinfall gegen ihn bloß 40 bis 70°, er dürfte, wie man an den Faltenwellen sieht, örtlich auch steiler sein. Namentlich die noch weiter im Liegenden anschließenden Glanzschiefer müssen steiler einfallen, was aber nur an wenigen Aufschlüssen zu sehen ist.

Es wurde das Gesamtstreichen dieses Zuges mit rund 360 m angegeben; die Mächtigkeiten desselben bewegen sich zwischen 40 und 60 m; die erkundete Teufe beträgt bereits — aus allen Beobachtungen zusammen erschlossen — 80 m, 130 m Teufe zeigt jetzt bereits der Ostflügel, wo Barbara mit Martha untertag zusammenhängt, und nach dem allgemein beobachteten häufigen Teufengang erscheint also auch in diesem Zug eine Gesamtteufe von 160 m als möglich. Dazu muß bedacht werden, daß von diesem Zug zwar nur Klippen obertägig sichtbar sind, aber ihr Zusammenhang mit dem Lagerstättenkörper ist durch einen Wetteraufbruch zwischen Martha II und Barbara nachgewiesen, an anderen Stellen aus der geologischen Situation im Verein mit den bergbaulichen Aufschlüssen sicher.

Der ganze respektable Zug steckt also zwar unter Tag, aber er reicht beweisbar bis knapp an die Oberfläche geschlossen heran; es gibt also Lagerteile, die oberhalb der Stollen liegen, und diese wurden in die Teufenschätzung einbezogen. So kommt man aber doch auf Seehöhenhorizonte herunter, die etwa im Niveau des Neuenerstollens des Werkslagers (etwa 1750 m) liegen.

Die Verteilung von Magnesit- und Dolomitbereichen in diesem Zug ist bereits erkenntlich. Im Ostflügel, also bis unter Barbara, liegen Magnesitmassen bis an den südlichen Schieferkontakt, legen sich aber ebenfalls schräg über das Streichen, dergestalt, daß unter Barbara der Magnesit bis zum Nordkontakt reicht, weiter westlich aber der Dolomit rasch an Mächtigkeit zunimmt. In Martha I lagern geschlossene Dolomitmassen im Südflügel des Zuges, und die Magnesitkörper häufen sich gegen den Nordkontakt

hin, auch im Gesenke und den von ihm ausgehenden Strecken. Dazwischen gibt es in diesem Achseniveau eine an Magnesit arme, dolomitbeherrschte Strecke, in der die Magnesitkörper kleiner sind als sonst und unberechenbar auftreten. Es ist aber auch in den beiden magnesitreichen Bereichen im Magnesit immer wieder etwas Dolomit. Diese auf eine so bedeutende Strecke ermittelte Dolomit-Magnesitverteilung kann man wohl als Regel für die Gesamtmasse der Lagerstättenteile ansehen und schließen, daß sie sich auch in noch unerschlossenen Teufen bewährt. Es ist aber möglich, daß dort ein Alternieren mit oben eintritt, und die Teufe von Magnesitmassen vertaubt, eine taube Dolomiteufe aber nach unten zu durch Magnesit ersetzt wird. Solche Erfahrungen sind ja auch in Barbara gemacht worden, wo ebenfalls Magnesitmassen Dolomitpartien einschließen.

Was bei Beobachtung beider Lagerteile, Barbara und Martha, noch zu denken gibt, ist der Befund, daß man es mit Dolomiten von verschiedener stratigraphischer Stellung zu tun hat. Unter ihnen treten die von graphitischen Tonschiefern und Verwandten begleiteten Pinolitmagnesite sogleich hervor; es gehören dazu nichtmagnesitisierte, blauschwarze, graphitisch abfärbende Dolomite, und diese Gesellschaft hat denselben Aufbau, wie das bezügliche Magnesitkarbon in der Steiermark, bloß daß hier der karbonische Kalk durchgehend zu Dolomit metasomatiert vorliegt, was bei Angel-Trojer (in diesem selben Radexheft) in Einzelheiten dargelegt wird. Daneben treten Bänderdolomite mit einer Zeichnung auf, die an die Bänderkalke des Grazer Paläozoikums erinnert, und geradezu folgerichtig erscheinen damit auch Bändermagnesite. Ferner treten hellgraue und zart hellblaue, dann dunkelblaue Dolomite auf (niemals Kalke!) welche in ihrer ganzen Tracht an die Grazer Schloßbergdolomite und Kalksteine des dortigen Devons erinnern. Es sei vorweggenommen, daß ihre petrographische Untersuchung gezeigt hat, daß es sich nicht um Dolomite des sedimentären Zyklus, sondern um solche eines metamorphen Zyklus handelt, in welchem sie metasomatiert wurden. Sie waren vorher Kalksteine, wahrscheinlich des Devons. Ferner gibt es hier flaserige, rotgelbe bis lichtrote, wolkig durchfärbte Dolomite, die in dieser Form nicht leicht mit bestimmten stratigraphisch einordenbaren Kalken vergleichbar sind, aber durch ihre Struktur, durch Reichtum an rotem Pigment und glimmerigen Flasern an gewisse silurische Kalke des genannten Paläozoikums anklingen. Wenn sich auch herausstellen kann, daß die Horizontierung anders vorgenommen werden muß, so bleibt doch bestehen, daß das Magnesit produzierende Paket aus stratigraphisch verschieden einzustufenden Magnesit-Muttergesteinen besteht. Und wenn sich wieder, über die stratigraphischen Grenzen weg, die Magnesitisierung darüber legt, sie schräg schneidet, oder Wolken bildet, welche die Schichtgrenzen nicht achten, dann ist metasomatische Entstehung des Lagers in einem metamorphen Zyklus die Lösung der Frage, und nicht sedimentäre. Das ist praktisch deshalb bedeutsam, weil die Prospektation, die Beschürfung, die Aufschließung solcher Lager auf anderen Überlegungen beruht, als wenn sie sedimentär wären.

e) Werkslager (Wiese)

Eine Lagerstätte von der gleichen Größenordnung wie Martha ist das sogenannte Werkslager. Die Gesteine sind dieselben:

1. Schwarze, graphitreiche Dolomite mit Pinolitmagnesiten, untrennbar verbundenen schwarzen, graphitischen Tonschiefern und Sandsteinen, zum Teil verwandelt in Leuchtenbergitschiefer, zum Teil in schiefrige Talke mit oder ohne Magnesiteinsprossung.
 2. Helle, graue bis hellblaue und dunkler blaue Dolomite, die ebenfalls mit auf dieser Grundlage entwickelten Magnesiten verbunden sind. — Auch Bänderdolomite.
 3. Rot-gelbfleckige, flaserige Dolomite mit reichlichen tonig-glimmerigen Anteilen, und an ihnen entwickelte helle Magnesite.
2. und 3. sind arm an graphitischem Pigment.

Auch da ist innerhalb der Lagerstätte kein Glanzschiefer zugegen.

Dieses Lager hat indes eine andere geologische Stellung gegenüber den bisher beschriebenen. Es hat zwar auch eine unverkennbare Ordnung: Obenauf liegt eine Dolomitmasse, die wegen ihres seinerzeitigen Umrisses „Dolomitviereck“ genannt wurde. Unter ihm liegen die Magnesitmassen mit Dolomitüberresten oder jähren Dolomitkontakten, an der Basis folgen die Pinolitmagnesite mit Begleitung. Diese ganze Masse ist WO gestreckt, und in den Teilen am Südrand bis auf den tonschiefrigen, teils auch glanzschieferigen Untergrund abgebaut. Das innere Gefüge der Lagermasse ist jedoch trümmerig. Große, auch felsgroße Trümmer mit feiner zerlegten wechseln, und diese mechanische Zerlegung erschwert den Abbau unter Tag, erfordert aber auch im Tagbau besondere Vorsicht. Über dem Nordrand des Lagers drängen Glanzschiefermassen aus der Nische vor, in deren steilen Flanken die Lager Martha und Barbara mit Kristaller anstehen. So erscheint nun die Masse als das Ergebnis einer Bergzerreißung (ähnlich wie das Radentheiner Hauptlager auf der Millstätter Alpe). Also nicht ein chaotischer Bergsturz, sondern eine Gleitmasse, die einer langsam als Ganzes umgelegten Mauer zu vergleichen ist. An den Rändern sind kleine Blöcke davon abgetrennt und in Schiefer eingewickelt worden. Die Ursache scheint auch hier eine erosive Entfernung des weichen einstmaligen Schieferfußes im Süden zu sein. Soweit man es überblicken kann, zeigt sich die Unterlage als ein älteres wellig geformtes, stufiges Relief, in dessen Hohlformen sich die gegliederte Lagermasse eingerichtet hat. In solchen Hohlformen kam es auch zum Übereinanderschoben von größeren Lagerpartien, und dort findet man an mehreren Stellen Magnesitmassen, die durch jähe Mächtigkeitsanstiege auffallen. Von Lanersbach aus betrachtet, tritt die Nische über dem Werkslager, aus welcher dasselbe abgeleitet wird, einprägsam hervor. Die Abmessungen der Lagerstätte sind heute folgende: WO-Länge etwa 400 m; Breite in NS im mittleren und Ostflügel etwa 130 m, am Westende verschmälert auf etwa 40 m, wozu der Abbau wesentlich beigetragen hat, denn hier sind bereits früher magnesitbedeckte Areale bis auf den Schiefergrund abgebaut,

so daß der heutige Magnesit-Dolomitrand weit nach Norden zurückspringt. Die Mächtigkeiten sind sehr schwankend. Magnesitkörper mit 5 bis 7 m Mächtigkeit, saiger gemessen, sind häufig gewesen und noch häufig, aber es gibt im Ostteil Stellen, deren saigere Mächtigkeit um sehr viel größer ist. Diese Masse erschließt der Tagbau in den Etagen 3 bis 12, 14 und 15. Außerdem wurde sie auch durch Stollen aufgeschlossen, die zum Teil durch den Etagenbau verschwanden, oder ungangbar geworden sind. Der Neunerstollen im Ostflügel mit dem Mundloch auf Etage 9a erschloß mit seinen Strecken und Querschlägen erst kürzlich wieder eine bedeutende Masse von Magnesit. In den Stollen kann man die Lagerungsverhältnisse mit ihren anormalen Trümmerkontakten u. dgl. studieren.

Trotz der Zerlegung dieser Lagerstätten kann man über das Verhältnis Dolomit zu Magnesit dieselben Wahrnehmungen machen, wie in Martha-Barbara. Der normale Kontakt zwischen beiden ist metasomatischer Natur. Der Magnesit durchdringt alle Dolomitarten, bildet in allen eisblumenförmige Aggregate aus dem einsprossenden, grobkristallinen Magnesit, und geschlossene Magnesitwolken grenzen sich mit unregelmäßigen, wolkenrandförmigen Konturen in den Dolomiten ab. Man findet auch gangförmige Magnesitstraßen im Dolomit, aber ohne Salbänder und ohne glatte Ränder, eine Feststellung, die W. Petrascheck übrigens schon lange vom Magnesiaufreten im allgemeinen gemacht hat. Wo zwischen Magnesit und Dolomit glatte, scharflinige Kontakte bestehen, sind es tektonische bzw. mechanische, auf Aufeinander- oder Übereinanderschoben von Schollen beruhende.

III. Abschnitt

Von den Gesteinen der Tuxer Magnesitlagerstätten

Kalke, Kalkphyllite

Kalksteine spielen im Lagerstättenbereich keine Rolle, aber Kalkphyllite treten an verschiedenen Orten auf. Der interessanteste ist jener von der Horbergjochspitze im Wangl-Grindlspitzkamm (vgl. Karte und Profil). Trotz der Nachbarschaft des Wanglhochalm-Magnesites ist er weder dolomitisiert, noch magnesitisiert. Dasselbe gilt von allen kalkigen Phylliten des Bereiches der Tuxer Schiefer: sie sind geblieben, was sie vordem waren.

Eisendolomite

Diese vereinzelt Dolomitschollen heben sich durch rostrote Anwitterung von anderen Dolomiten ab. Wo sie mit jüngeren, blaugrauen dichten Dolomiten benachbart lagern (wie im Geiselalm-Grauspitzgebiet), stechen sie durch diese Eigenschaft von ihnen scharf ab; aber auch viele von uns für paläozoisch angesehene Dolomite mit ihrer leicht bräunlichen Anwitterung, lassen sich leicht von ihnen unterscheiden. Sie haben kleinspätige Körnung. Untersucht wurden die Linsen beim Tappentörl (Eisendolomitspat mit 8 Mol% Fd [Ferrodolomitglied Winchell]), Hobaralm (11 Mol% Fed, als Braunspat zu bezeichnen), vergleichsweise auch Pulvermacheralm b. Fieberbrunn (Braunspat, 14 Mol%

Fd) und Gerhütten, Dientener Berge (Braunspat, 20 Mol% Fd). Diese Eisendolomite kommen also verbreitet in Magnesitgebieten vor, treten aber nicht mit Magnesiten in Berührung! Auf der Hobaralm fand sich auch ein Ankerit (55 Mol% Fd).

Dolomite der Lagerstätten

Rötlichgelbe bis rote Flaserdolomite. Wie alle Lagerstättendolomite haben auch sie stets Pyrit in Beträgen von 1 bis 2 %, aber sie sind ohne Ausnahme bis auf kleine Reste goethitisiert; die Form (100 oder 210) ist immer erhalten. Das Dolomitkorn hat stets einen sehr kleinen Fd-Gehalt (1 bis 3 %). Typische Stücke vom Werkslager, Nordrand, E 3. Die Flaserigkeit wird bewirkt durch dünne, in „s“ auftretende Serizitlagen, vereinzelte Talkblättchen, und sehr wenig graphitischer Substanz (Graphit-Vorformen). Die Färbung wird durch etwas Hämatit und Goethit bewirkt. Die Gestalt der Dolomitkörner ist typisch amöboid. Vgl. Abb. 4 in Angel-Trojer: Ablauf der Spatmagnesit-Metasomatose, abgekürzt „Ablauf“, dieses Radexheft 1953, S. 322. Auf E 7 dieser Lagerstätte tritt dieselbe Gesteinsart feinstlagig mit Rhythmen von 2, 3, 4 und 6 mm Lagen auf. Das Korn ist 0,2 bis 0,4 mm, die Korngestalt im Schnitt pilzförmig oder zapfig, wiederum amöboid. Es handelt sich zum Teil um reinen Mg-Dolomit, aber auch 7 bis 8 Mol% Fd wurde durch Lichtbrechung festgestellt. Vielleicht ist die Lichtbrechung diesfalls durch Imprägnation mit Limonit etwas erhöht. Ätzung zeigte keine Zonung auf. Pyrit, Goethit, Graphit markieren in dünnsten Lagen die Rhythmik. Die gröberen Dolomitkörner sind die eisenärmeren. Die graphitischen Schüppchen sind 2 bis 3 Mikron lang und 1/2 Mikron dick. Solche Dolomite gibt es in allen Lagerstättenteilen. Im Werkslager häufen sie sich gegen den Nordrand zu.

Weißer Dolomit, Werkslager E 7. Dieser feinkörnige Dolomit (reiner Mg-Dolomit) hat abermals die amöboide Kornform, mit 1 bis 1,5 mm Körnung. Er enthält etwa 0,8% Pyrit-Goethit und 0,9% fein verteilten Talk (als Zeugen metasomatischer Umwandlung im Lauf der Mg-Metasomatose); reich verzwillingter Dolomit mit gekrümmten Lamellen. Ein altes, porenbezeichnetes „s“ verläuft flachbogig-wellig; dem entspricht äußerlich eine dünnplattige, flachbogige Absonderung.

Hellgraue Dolomite. Diese findet man auf E 7 und E 8, sowie im Neunerstollen des Werkslagers, ferner in Martha II, Querschlag 141 N, auch auf der Geiselalm. Analysen (Dr. Glaser-Tux) zeigen, daß die Zusammensetzung reinem Mg-Dolomit entspricht, ebenso die Lichtbrechung (Trojer). In allen Vorkommen zeigen sich wieder die amöboiden Körner, typisch zu sehen in Abb. 5 („Ablauf“). Man sieht, wie die Körner mit Zapfen ineinandergreifen, und in passenden Schnitten, Zapfenquerschnitte des einen Kornes ein anderes durchlöchern. Die wenigen Silikatschüppchen wurden als Klinochlor identifiziert (Brechung, 2 V). Man beobachtet auch, wie Quarz durch (mehrere) Dolomitkornzapfen verdrängt wird. Pyrit-Goethit wie stets.

Hellblaue Dolomite von der Brust E 7/8, Werkslager, Korn 0,14 bis 0,21 mm, haben zwar nur kleine, aber bizarre, verschränkte Amöbenformen, mit jüngeren, grob kristallinen Kornfasern, die zum Unterschied vom Grundgewebe keinen Pyrit führen.

Graublau Dolomite wurden u. a. vom Wangl untersucht. Das Pigment ist graphitisch. Eine Probe vom Wangl-Felszahn, der Magnesit-Rückwand, zeigt reinen Mg-Dolomit, reich verzwillingt, mit einem Grundgewebe amöboider Körner, begleitet von Pyrit-Goethit, Kataklasten und Einsiedelung größerer, verzwillingter Dolomit-Aggregate. Abb. 28 („Ablauf“). Hier sieht man auch, wie diese groben Nester das Grundgewebe im Umkreis aufzehren. Pyrit und Goethit, sowie etwas Chlorit wie immer, doch ist auch etwas Serizit nachweisbar.

Bänderdolomite treten im Verband mit den blaugrauen Dolomiten in allen Lagerteilen öfters auf. Die dunkleren, mit helleren wechselnden Bänder zeigen entweder sehr schmale, feine Rhythmik, oder bis fingerbreite. (Werkslager, Martha I, dort als Streichendfortsetzung auffallend grober Bändermagnesite).

Diese Serie hellgrauer, hellblauer und graublauer bis kräftig blauer Dolomite ähnelt sehr der Devonserie des Grazer Paläozoikums, ja dessen hellen und blauen Schloßbergdolomiten. Letztere besitzen aber eine Körnung, die jener von Abb. 1 („Ablauf“) entspricht, und nicht jenen typisch amöboiden oder Atoll-Lagunen-Bau (Vgl. Abb. 3 bis 6) der Dolomite hier. Die Bänderdolomite wären eher mit gebänderten Schöckelkalken vergleichbar. Trotzdem Kalksteinrelikte weder im großen, noch im kleinen (als Relikte) zu finden waren, kommt man zu dem Schluß, daß eine zu Dolomit umgewandelte mit diesen spezifischen Formen metasomatierte paläozoische, einstmalige Kalksteinserie vorliegt.

So erinnern die blauen Dolomite, z. T. Netzdolomite aus dem Gesenk von Martha I (Abb. 19 „Ablauf“) lebhaft an paläozoische Netzkalke. Die weißen Adern daselbst sind aber gröberspätiger Dolomit. Das blaue Gewebe enthält neben Pyrit-Goethitkörnchen und wenigen Chloritblättchen reinen Mg-Dolomit, zum Teil mit Lagunen-Atoll-Formen (Abb. 6 „Ablauf“). Zur Färbung tragen feinste Schüppchen graphitischer Substanz bei. — Eine analysierte Abart von E 7, Werkslager, bestand aus 99% Dolomit, der einen Gehalt von 2 Mol% Fd besitzt. Dies wurde an einem Muster nahe der analysierten Probe bestätigt. Die weißen Dolomitadern sind indes eisenfrei.

Tief grauschwarze, graphitisch abfärbende Dolomite. Sie häufen sich im Werkslager gegen das Ostende zu und sind stets von jener Serie graphitischer, tonig feiner Schiefer begleitet, die noch beschrieben werden.

In solchen Dolomiten sieht man die einprägsamsten Amöben sowie Atoll-Lagunen-Kornformen (Abb. 3, 4, 6 „Ablauf“). Werkslager E 7, 8, 9a und 9b. Oft zeigt das Handstück eine Sonderung in karbonatische, etwas aufgehellte Kornhaufen, umflossen von dünnsten schwarzen Häuten aus Leuchtenbergit und „Graphit“; in diesen ist feinbröseliger Dolomit verteilt enthalten.

Von den Magnesiten

Auch neuere Analysen zeigen die überraschende Reinheit von Magnesiten z. B. des Werkslagers, aber denselben Typus hat man auch in Martha, Barbara und Kristaller.

SiO₂ 2,19, Al₂O₃ 0,33, Fe₂O₃ 0,77, CaO 0,60, MgO 45,79, CO₂ 50,12. Diesen Typus werden wir dem eisenreichen der Wanglhochalm gegenüberstellen.

Von Werkslager E 9b stammt ein weißer grober Magnesit, n_d = 1,699, also rein, dessen Körner an-

die Bänder Stärken von 6 mm (mit Korn 4 bis 6 mm), alternierend auch bis 2 bis 4 mm (bei einem Korn von 1,5 bis 3 mm). Je dünner die Bänderung, desto kleiner das Korn. Sehr sehenswert ist der Bändermagnesit, der sich aus dem schwarzen graphitischen Dolomit auf der Streichendstrecke aus dem Gesenke Martha I entwickelt. Abb. 1ab dieser Studie Im Streichen ziehen den Ulm entlang „Band“ um Band viele Meter langer, dicht aneinander liegender Magnesitstreifen mit einer dünnen, schwarzen Streichend-Fuge, zu welcher sich beidseitig 2 bis



Abb. 1

Streichendstrecke aus Gesenk Martha I, Querstrecke

a: Zwei Systeme von Magnesitflachwalzen; unten der Nord-einfall, oben (undeutlich im Bild) der Südeinfall

b: Oben dasselbe, im unteren Bildteil eine flach w-fallende Flachwalzenfolge. $\frac{1}{5}$ nat. Größe. Magnesitstengellängen 5–7,5 cm. Flachwalzendicke 15–20 cm

genagt und von sehr geringen Mengen Dolomit (ebenfalls rein, n_d = 1,6797) ausgeheilt sind. Zwischen die Karbonatkörner schmiert sich etwas Talk, mikroskopisch winziger Pyrit-Goethit sitzt auf Kornfugen. Damit kann die obige Analyse interpretiert werden. So geringe Mengen Eisen sind auf Pyrit-Goethit zu beziehen, nicht dem Magnesit beige-mischt, die ebenfalls sehr geringen CaO-Mengen auf den angreifenden Dolomit, SiO₂ auf ein wenig Quarz und Blattsilikate.

Eine öfters auftretende Bildung der Lagerstätten sind Bändermagnesite. Auf E 9a, Werkslager, haben

6 cm lange, weiße Magnesitpinolien senkrecht stellen und lückenlose Palisaden bilden. Quer geschnitten, das sieht man in der Querstrecke dazu, haben diese „Bänder“ einen Querschnitt wie eine flachgedrückte Walze. Im Querschnitt (Abb. 1ab dieser Studie) zeigen diese Flachwalzen zwei flach geneigte Systeme, so daß eine Art komplizierten Schachbrettmusters zustande kommt. Die Walzen haben sich zu wesentlich zwei Scharen geordnet: Eine fällt etwa 40° Nord, die andere um 25° Süd. Wieder sieht man die schwarze Mittelfuge, von der das Wachstum der Magnesitkörner ausgeht, wieder stehen die Kristall-

achsen etwa normal dazu, und klappen nur an der Schmalseite der Walzen in radiale Stellungen, und zwischen den sich grob verzahnenden Kristallköpfen zweier angrenzender Walzen sind stärkere, graphitisch verschmierte Fugen. Die Zweischarigkeit und Form dieser Flachwalzen ist das Besondere der Erscheinung, die durch Sedimentation des Magnesits unerklärbar ist, und für Metasomatose in einem metamorphen Zyklus spricht.

Pinolitmagnesite und Pinolien (Pignolien). — Die Pinolitmagnesite aus dem Werkslager (Neunerstollen und Umgebung; Martha) unterscheiden sich nicht von jenen des Sunk usw. Es treten kleinkörnige Formen und grobe auf. (Abb. 8 und 7, „Ablauf“). Die schwarzen Räume zwischen den weißen Körnern

8 cm, doch liegen zwischen den großen auch kleinere solche Formen, alle mit weißer Rinde und graphitisch angefärbtem Kern. Graphitisch geschmierte Fugen trennen die Körner. Der Magnesit ist eisenfrei. (Vgl. Abb. 2 dieser Studie). — In den grauen Kernen liegen winzige, scharenweise gleich orientierte Dolomitrestchen mit Korrosionsformen. In den Rand aber dringt etwas Dolomit, den Magnesit verdrängend, ein. Analyse: Unl. 0,99 %, R_2O_3 1,12, CaO 0,92, MgO 46,05, Glv. 50,92. Ohne Kenntnis des Anschliffes würde man vielleicht sagen, das bißchen Kalk sei „isomorph“ beigemischt. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß dies nicht in Frage kommt. Es wurden 2 bis 4 % Dolomit in solchen Kristallen als eigene Phase festgestellt. Ein paar Quarzkörnchen, Pyrit-



Abb. 2

Streckenkreuz Neunerstollen. „Pseudokubische Magnesit-xx“. Dicht drängen sich würfelig aussehende graue, weiß umrandete Magnesit-xx mit auffallenden, quadratischen bis rechteckigen Schnitten (bei Lupenhilfe deutlicher im Bild)

sind oft feinkörniger Magnesit. Man sieht das Aufsprießen der Pinolien in allen Verdrängungsstadien im schwarzen Dolomit. Aber Pinolien gibt es auch in lichtfärbigen Dolomiten, nur heben sie sich dort weniger deutlich ab. — Abb. 19 („Ablauf“) zeigt scheinbar ebenfalls Pinolien (Martha I). Untersucht man sie, dann konstatiert man, daß sie völlig, bis auf mikroskopisch kleine Reste durch Dolomit verdrängt sind.

Kubisch gemusterter Magnesit. Im Neunerstollen sieht man beim Streckenkreuz der langen Oststrecke an beiden Ulmen und in der Firse einen Magnesit, dessen Körner zu Tausenden quadratische oder rechteckige Schnitte zeigen. Sechseckige haben wir bisher wenige gefunden. Sie haben Kanten bis zu 7 oder

Goethit und Leuchtenbergit klären die Analyse vollständig. Die Kornform ist kristallographisch unbestimmbar, weil zu uneben.

Interessant ist die Verfolgung der Beziehungen zwischen den Magnesiten und Dolomiten. (Vgl. die Abbildungen und Erklärungen 9, 17 u. a. aus „Ablauf“.) In den in Dolomit aufsprießenden Magnesiten gibt es in allen Lagerstättenteilen und in allen Gesteinsarten mehr oder weniger korrodierte Dolomitrestchen. Daß es der metamorph-metasomatische Dolomit I ist, der aufgezehrt wurde, erhellt aus den Bildern, wo nicht allein die Restchen, sondern auch noch die Umrissformen aufscheinen (Abb. 9 „Ablauf“). Auch trifft man oft in solchen Magnesitpinolien die Restscharen, die fleckenweis

verschiedene Orientierung haben, was bedeutet, daß eine solche Riesenpinolie mehrere Dolomitamöben verzehrt hat. Andererseits findet man, daß Pinolien und andersgeformte Magnesitkörner von außen, oft nach Zerbrechung, angegriffen, durch Lösung korrodiert und metasomatisch durch Dolomit II ersetzt werden.

schnurgerade, wie ein richtiger Gang. An Stelle eines Salbandes sieht man an der einen Seite des Ganges Pigmentstauung. Der Ganginhalt ist wieder reiner Magnesit. Die Zufuhr erfolgt also in Etappen, unter wiederholtem Aufreißen von Spalten. Etagenbrust 7/8 zeigt im graphitisch schwarzen Dolomit einen Magnesitkörper, der sich in zwei Trümmer zer-



Abb. 3

Bänderdolomitblock (Bänderung linksseitig). Jüngerer, scharf begrenzter, nicht mehr metasomatisierender Magnesitgang, durchschneidet ältere metasomatisierende Magnesitader. Werkslager E 7.
Maßstab 1 : 3,5

Am Wangl, wo ein peripherer sehr interessanter Reaktionsbereich vorliegt, geht diese „Redolomitierung“ stellenweise bis zu 50 0/0. In den Kernen der Lagerstätten ist sie praktisch unbedeutend. (Vgl. Abb. 17 in „Ablauf“.)

In welcher Weise die Metasomatose sich Wege bahnt, zeigen einige andere Abbildungen dieser Studie.

Auf Werkslager E 7 lag ein Block grauer Bänderdolomit, den zunächst eine Spatmagnesitader durchzog, welche die typisch unregelmäßige Wandung zeigt, die mit dem metasomatischen Vordringen des Magnesits in Dolomit verbunden ist. Diese Ader wird durch eine jüngere geschnitten und die Teile werden versetzt. Die jüngere Ader aber metasomatiert nicht mehr, sondern läuft glattwandig durch den Fels und

schlägt, ähnlich einem Gang. — Abbildung 4 der Studie bildet das Vordringen der Magnesit absetzenden Metasomatose nach parallelen Rissen ab, wobei Schnitte entstehen, welche dem Bild der Flachwalzen von Martha I entsprechen, nur ist die Metasomatose noch nicht vollendet, so daß zwischen den Walzen Dolomitstreifen übrig blieben. Abb. 5 der Studie zeigt dann weiter vom Werkslager ein Pinolienbüschel, auf dem ein kugelig geformter Magnesitkristall aufsitzt.

So kann man in den Lagern Wangl bis Werkslager alle Stadien der Magnesitentwicklung dieser eisenarmen Art sehen; auch ihren Formenreichtum lernt man kennen.

Der Magnesit von Wanglhochalm. Dieser braune, eisenreiche Magnesit des „Hochlagers“ ist mit den

vorigen in mehrfacher Beziehung nicht vergleichbar. Er ist, besonders klar sieht man dies am Südrand, mit diabasischen Grünschiefern und phyllitischen Schieferfetzen innig verwalzt. Die Zusammensetzung ist örtlich wechselnd im Eisengehalt. Aus zahlreichen kleinen Handproben, die besonders zu diesem Zweck gesammelt wurden, ergab sich, daß der Magnesit strichweise nur 4,6 Mol⁰/₀ FeCO₃ (und 2,1 Mol⁰/₀ MnCO₃) enthält, daß es aber sich sprunghaft abhebende Striche mit 15 bis 17 Mol⁰/₀FeCO₃ gibt,

13 ⁰/₀, 14 ⁰/₀, 17 ⁰/₀ FeCO₃. Eine Zonarstruktur am einzelnen Korn konnte aber durch Ätzung nicht aufgedeckt werden (wie etwa am Pfannegkopf gelungen war). Dieser Magnesit birgt im großen, sichtbaren Aufschluß keine unverdauten Mutterdolomitreste. Aber wenn man im Streichen bergauf — also dem Achsengefäll entgegen — nach Osten wandert, dann trifft man auf eine abgerissene Scholle eines Dolomits, der so aussieht wie die Dolomite der Wangl-Werkslagergruppe. Daher wird gefolgert, daß auch



Abb. 4

Bändermagnesitbildung im Werkslager. Zwischen den Bändern noch ausgesparter Dolomit

und solche mit 20 bis 23 Mol⁰/₀. Davon heben sich die Roßzähne ab, die reine Mg-Dolomite sind. Die Eisenkonzentration hat sich also nicht ausgleichen können. Vgl. nun Abb. 23, 24 in „Ablauf“. Im Anschluß wurde beobachtet, daß (Abb. 23) Dolomit der jüngsten Phase scharfrhomboedrisch in einen Hohlraum kristallisierten eisenreichen Magnesit korrodiert, daß aber dieser Magnesit auf einem porig sich abzeichnenden, älteren und eisenärmeren aufgewachsen ist. Optische Kontrolle an Körnchen, deren Brechung gemessen wurde, zeigte, daß tatsächlich die analytisch belegten Schwankungen im FeCO₃-Gehalt bestehen: Es wurde gemessen (Trojer) 8 ⁰/₀, 5 ⁰/₀,

hier in einem ersten Stadium ein Kalkstein paläozoischen Alters vorlag, metasomatiert wurde zu Dolomit, und im selben Zyklus zu einem vorerst eisenarmen Magnesit. In einem späteren Akt wurde dieser Magnesit in eine alpine Gesteinsgesellschaft eingepackt und dabei mit seinen alten diabasischen Nachbarn verwalzt; diese tektonische Aufbereitung machte ihn anfälliger gegen Lösungsumsätze. Nun kamen eisenreichere Lösungen, von welchen er lösend angegriffen und in eisenreicher Mischphase wieder auskristallisiert wurde. Diese Eisenmetasomatierung sieht man noch auf lange Streichendstrecken, bis auf den Horbergkamm. Dem nördlich vom Magnesit

eingefalteten Kalkglimmerschiefer geschah nichts, hingegen wurden anscheinend erst bei dieser Gelegenheit alte Dolomite zu Eisendolomiten metasomatiert.

Von den tonigen Begleitgesteinen

Man findet nirgends Karbonatgänge, die aus den Magnesitkörpern in die Glanzschieferpackung aus-

Glanzschiefer). Nähert man sich dem Magnesitkontakt, so treten ziemlich jäh Einlagerungen von Leuchtenbergitschiefer auf, in welche der Tonschiefer metasomatiert ist. Dieser Schiefer zeigt gelegentlich auch Porphyroblasten von Magnesit oder von Dolomit. — Noch näher am Kontakt vertalkt der Tonschiefer (aber nicht der Leuchtenbergitschiefer). Die Talk-

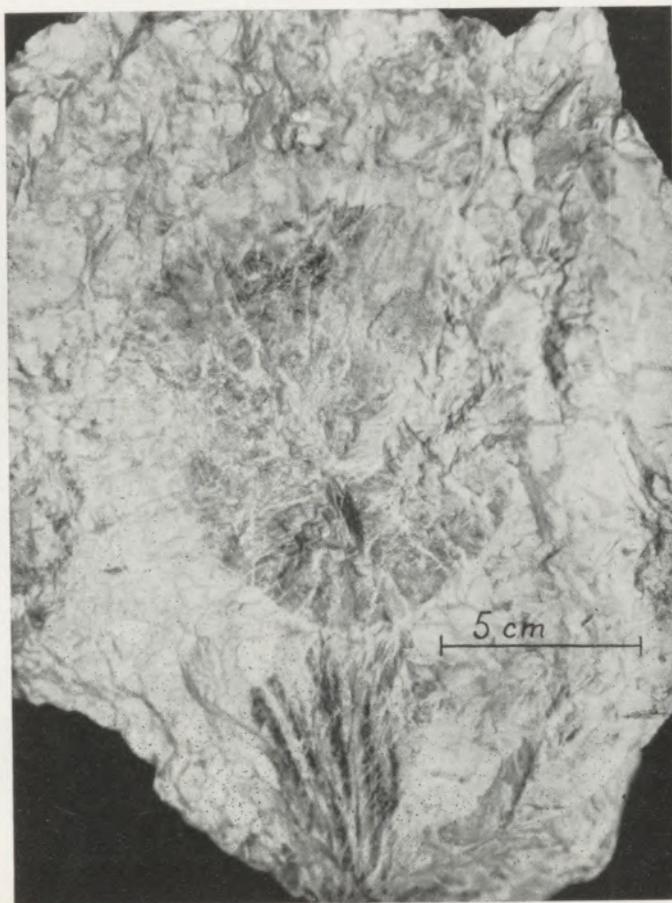


Abb. 5

Wechsel von gewachsenem Magnesit mit mehrere cm großen knollig-kugeligen Magnesit-xx. Werkslager

brechen, oder solche, die von außen in die Magnesitkörper vordringen. Das ist hier so, wie auch sonst bei Spatmagnesitlagern. Dennoch gibt es einen Stoffverkehr, der Dolomit und Magnesit auch in die Schiefer am Magnesitkontakt hinausführt und dort auskristallisieren läßt, aber nur, wenn es sich um die zeitlich dem schwarzen Dolomit, ehemals Kalk des Karbon, zugeordneten graphitischen Tonschiefer und Sandsteine handelt.

Eine günstige Beobachtungsstelle ist die ober-tägige Umgebung des Neunerstollenmundes, wo der Abbau Liegendschiefer freigelegt hat. In einiger Entfernung vom Magnesit liegt noch schwarzer graphitischer Tonschiefer vor, der aus Serizit und Quarz sowie den üblichen Übergemengteilen besteht, und örtlich fein gefältelt ist. (Unter ihm liegt erst der

lagen sind feinfilzig, weiß, und enthalten wasserhelle, einige Millimeter große, manchmal flächengerundete, graue Magnesit-Porphyroblasten, spez. Gewicht 3,02, der Optik nach reiner, eisenfreier Magnesit $n_0 = 1,699$, zum Teil auch reinen Dolomit $n_0 = 1,697$. Auffallend ist ein Leuchtenbergitschiefer, der nur in der dünnen Talkklasse solche Magnesitkörner beherbergt. Mit den Tonschiefern sind graphitische Sandsteine in Verbindung, in welchen die metasomatiierende Lösung ebenfalls Magnesit zum Absatz brachte. Es sind schwarze, schiefrig ausschende Gesteine, die aus einem unzusammenhängenden Gefüge von Magnesit-Belteroblasten bestehen, zwischen ihnen sind noch Reste des Quarzkongewebes. Die Belteroblasten sind mit korrodieren Quarzresten gespickt. Man sieht diese Struktur im Handstück schon sehr schön, denn die Magnesit-

kornschnitte werden bis über 1 cm lang. Sie sind übrigens in „s“ leicht gelängt. Analyse und Anschliff ergeben: 49,3 % Quarz, 18 % Leuchtenbergit und graphitische Substanz, 3,80 % Dolomit, zum Teil reliktsch im Magnesit eingeschlossen wie die Quarzbrösel, 29,3 % Magnesit, welcher in anderen Stücken auf 50 % ansteigen kann.

Im Neunerstollen sieht man, daß der am Magnesitkontakt stehende verquälte schwarze Schiefer von Magnesit durchschwärmt wird, vgl. Abb. 6 dieser Studie, und dies in einer Form, welche mit Migmatierungen äußere Ähnlichkeit hat. Die Magnesitmassen



Abb. 6

Neunerstollen. Magnesit-Einbruch in die graphitischen Tonschiefer des Kontaktes. Magnesit-Kornwolken (rechts), gekröseförmige Massen (links), Flächenwalzen grobstengigen Magnesits. (Rechts von der Bildmitte.) Maßstab ca. 1 : 10

ziehen gangförmig, schlierenförmig, oder als Kristallkornwolken in den Schiefer ein, welcher vollständig zu Leuchtenbergitgewebe metasomatiert ist. Weiter weg wurde aus diesem Komplex ein schwarzer Schiefer analysiert (Glaser), der sich wie folgt zusammensetzt: 11,8 % Dolomit, 49,4 % Leuchtenbergit, 38,8 % Serizit und undefinierbare tonige Mineralien, wahrscheinlich abgebaute Glimmer, samt etwas Quarz, graphitische Substanz (Vorformen im Sinne von Ramdohr); Pyrit-Goethit, und Rutil. Etwaige primäre Kalkteilnahme war auch hier nicht erkennbar.

Derartige Schiefer gibt es mit genau gleichen Erscheinungen in den Lagern Martha und Barbara. In Barbara wird deutlich, daß in einem Teil der Lagerstätte diese Tonschiefer nicht allein tektonisch, sondern schon in primärer Anlage auf Kosten des Kalk-Dolomitkomplexes, nachmetasomatisch dann auch des Magnesits, angereichert sind.

IV. Abschnitt

Begleitminerale der Tuxer Magnesitlagerstätten Spektrochemische Befunde

Es werden hier bloß solche Mineralfunde berücksichtigt, die nicht gesteinsmäßigen Paragenesen angehören.

Magnesit: Am Kristaller wurden wenige mm große, bis 15 mm große Kriställchen gefunden, die auf Bergkristall aufgewachsen sind und von Dolomit begleitet werden: Entwicklung tafelig nach c, r, an-kombiniert. Im Schlußwachstum erscheint e als Schein-

fläche, und c wird durch kleine Rhomboederspitzen in orientierter Fortwachsung vertreten, deren Tangentialfläche wieder // c ist. sp. G. = 3,045. $n_0 = 1,700$, reiner Magnesit.

Dolomit: Kristallbeläge auf Klüften und anderen Hohlräumen in allen Lagerstättenteilen verbreitet; Individuen-Kanten messen 3 bis 7, weniger häufig 10 bis 15 mm; wasserklar oder leicht gelblich. Wie oben bei Magnesit, so sind auch hier c und r trachtbestimmend; ihr treppenförmiges Alternieren führt zur Scheinfläche e und auf c entsteht in der Wachstumsendphase die Skulpturierung von c mit Köpfchen von r; da erscheint auch (1120) mit schmalen Flächen in der Kombination; $n_0 = 1,680$ bis 1,681, reiner Mg-Dolomit (Dolomit III). — Vom Langen-Bach (Geiselalpe) stammen linsenförmige, fast farblos-klare Kriställchen desselben Formenaufbaues

(c, 3, Schein-e) mit 13 Mol% Ferrodolomit, begleitet von Albit. Vom Neunerstollen entstammen einer Gangkluft von einigen dm Mächtigkeit weiße r; mehrere cm Kantenlänge; dichte Zwillingsstreifung nach der kurzen Rautendiagonale.

Kalkspat: In von kataklastischem Zerreibsel erfüllter Kluft, die verletzt ist (E 10, Werkslager), kommen Kalkspatdrusen vor, deren Individuen bis 2 cm lang werden, nach (0221) verzwillingt sind und sich mit Dreierwirteln baumförmig entwickelt haben; Sie werden von steilen Rhomboedern (o k i l) be-

Pyrit. In Tonschiefern und ihren Verwandten mit Graphit sehr verbreitet in tausenden kleiner und kleinster Kriställchen; ebenso in Magnesit und Dolomit, meist auf Kornfugen. Dieser Pyrit wird nicht auf eine Erzzufuhr bezogen, sondern auf sedimentär-diagenetische Kristallisation. (100) und (210). Folgende Großkristalle mit 2 bis 3 cm Kante wurden gefunden: a) Blank, im Kristaller-Magnesit, b) form-erhalten goethitisiert, Werkslager E 15, ob Dolomit oder Magnesit sie birgt, ist unbekannt. Beide treten als Zwillinge des Eisernen Kreuzes auf. — Am Kristaller, E 1972, kommt er nahe und in den Antimo-

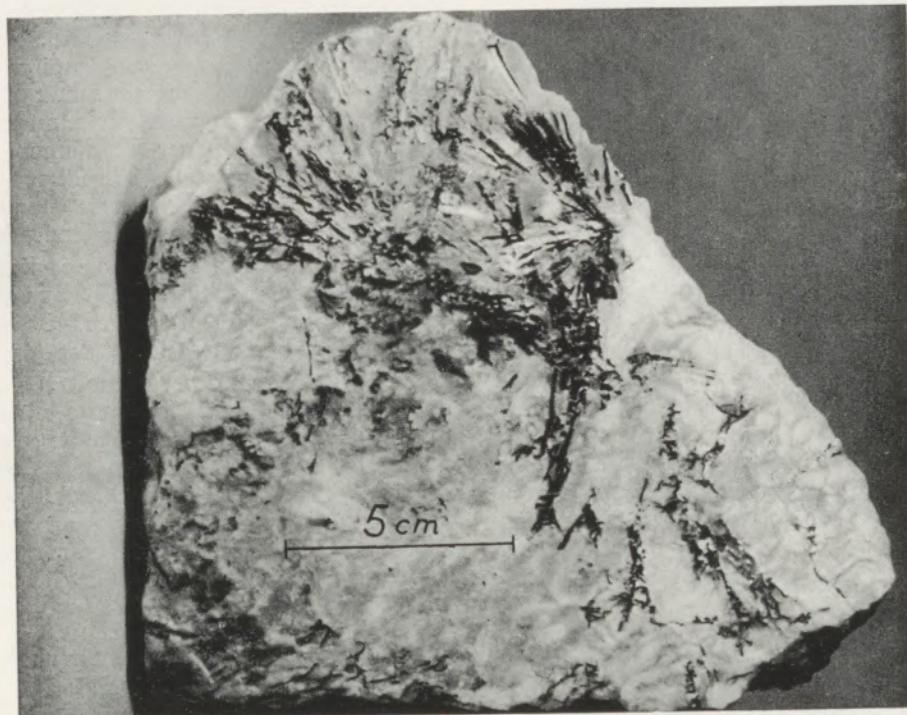


Abb. 7

Antimonbüschel in Magnesit, Kristaller E 1972

grenzt, die wegen Flächenkrümmung nicht bestimmbar sind. Rezent!

Aragonit. Kristallrasen überkrustet eine Dolomitm Bresche, Werkslager. Die Aragonitnadeln der Rasen werden 1,5 bis 2 cm lang. Rezent!

Quarz (Bergkristall) begleitet auf der Geiselalm Dolomit und Albit. — Im Bereich Werkslager, Kristaller, Wangl, ist er oft vom Dolomit III überwachsen (wie auch der Albit). Die einige mm bis 7 cm langen Kristalle, sind wohl meist klare Dauphiner-Zwillinge mit Prismenstreifung und Vizinalpyramiden auf r und z. Diese Kluftbewachsungen gehören genetisch zu jenen Quarz-Dolomitgängen, welche Antimonit bringen (Kristaller E 1985).

Albit. Vom Langen-Bach (Geiselalm). Weiße Täfelchen, 5 mm Kante. Zwillinge (010). Formen: (001) (010) (110) (110) (130) (130), unsicher (221) (111).

nitnestern vor, hat aber mit letzterem keine zwangsläufigen Beziehungen.

Fahlerz. Vom Kristaller. Magnesit, E, 1972, winziges Körnchen, begleitet von Malachit- und Azuritflecken.

Zinkblende (Kristaller E 1985) hellgelbe Körnchen (eisenarm) mit Bleiglanz und Antimonit.

Bleiglanz (wie oben), Würfeln, 1 bis 5 mm Kante, unbedeutende Mengen.

Antimonit (wie oben) und E 1972. Spießige Stengel bis 3 cm Länge und 5 mm Dicke; schwache Querriefung. Sp. G. = 4,64. Bildet Nester von Bücheln bis zu feinen Filzen; kommt mit Quarz-Dolomitgängen, besonders wenn Quarz vorwiegt, begleitet von etwas Bleiglanz und Zinkblende, vor.

Stibikonit. Auf einer mit Quarz und Dolomit bewachsenen Kluft des Kristallerreviers als feiner Nadelfilz (1,5 × 0,34 mm). Nadeln violett, isotrop, hochbrechend. Pseudomorph nach Antimonit.

Scheelit. Vgl. Abb. 8. An einigen Orten des Kristallerreviers, einmal im Barbara-Tagbau, dann wieder östlich Barbara I bereits in den Phylliten (Glanzschiefern), die daran grenzen, ganz nahe am Kontakt; ferner im Werkslager E 15, in Tonschiefer verdrückte Injektionen, auch Nestform. Nur in den Schieferzungen des Magnesites von Barbara, Sohlen-



Abb. 8

Einschlüsse von Tungstenit (?) in Scheelit, Barbara I, Vergrößerung 2000mal

mitte 1972, tritt er nestbildend in tektonischer Mischung von Glanz- und Tonschiefer auf. Seine Eingliederung in die Paragenese ist noch zweifelhaft. Bestimmt wurden: $nX = 1,912$, $nY = 1,93$ — sp. G. um 6. Die spätig aussehenden Körner sind grauweiß bis grau, auch gelblich. Gangart: Quarz, Glimmer, Talk, graphitische Schmiere, all dies sehr wenig; Dolomit reichlich, aber auch Magnesit wurde beob-

achtet. Apatit ist winzig und selten. Die in der Abbildung sichtbar gemachten kleintafeligen Einschlüsse sind nach O. Friedrich (mit Vorbehalt) Tungstenit; sie sollen noch weiter untersucht werden, es könnte eventuell auch Tetradymit sein. Aus diesen Daten läßt sich die Abfolge ablesen: Auf den Magnesit folgt eine Redolomitierung; sie bringt Dolomit und Quarz. In Klüften und anderen Hohlräumen sitzt Albit und Quarz unter Dolomit (= Dol. III). Steigt die Quarzmenge an, dann erscheinen Antimonit, etwas Bleiglanz und zuletzt Zinkblende. Fahlerz könnte schon am Dolomit I oder Magnesit näher angeschlossen werden. Stibikonit, Malachit, Azurit sind allerjüngste Oxydationen. Kalkspat und Aragonit sind hier rezent. Pyrit erscheint als übernommener Durchläufer aus dem sedimentären-diagenetischen Zyklus der ältesten Vergangenheit der Lagerstätte, als sie es noch nicht war. Im Ganzen tritt die Sulfidvererzung in sehr hoher Verdünnung auf; das Erz ist ja der Magnesit. Die Scheelitmengen haben nur für Mineraliensammler Interesse und stellen keine Lagerstätten im bergbaulichen Sinne dar.

Den Herren H. Meixner-Knappenberg, F. Trojer-Radenthin und O. Friedrich-Leoben danken wir für freundlich gewährte Hilfe und Beratung bei der Bearbeitung der Mineralien.

Die spektrochemischen Resultate verdanken wir der Güte von Frau H. Haas-Radenthin. Das Material ist noch zu gering, um es schon richtig auswerten zu können, wird aber zur Vervollständigung in der Form mitgeteilt, daß die aus der Konstitution bekannten Metallsorten weggelassen und nur die Spurenelemente und kleinste Beimengungen sichtbar gemacht werden.

Mineral:	Effekt:	mittel	schwach	spurenhalt
Dolomit (Braunspat) v. Langen-Bach		Fe, Mn	Al, Si	Cu
Derselbe Fundpunkt		Fe, Mn	Sr Ag Sn?	Cu, Si
Dolomit, Kristaller 1972 m		SrFe, Mn	Si	
Dolomit, Kristaller 1972 m		Fe, Mn		Ca Si
Dolomit, Martha II, Q 161 N			Sr AgFeMn	SiAlCu
Dolomit, Werkslager E 15				Fe Mn Si Ag?
Magnesit, Kristaller 1960 m			FeMn	Ag?Si?
Magnesit, Werkslager E 8		Si	CaSrTiAlFe	MnAg Cu
Magnesit, Neunerstollen		CaFeMnSi	AgCu	AlSnCoNi
Magnesit, Werkslager E 7 in blauem Dolomit		CaFeMnSi		CoCuAg Al Ni

Die Herkunft der magnesitabsetzenden Lösung ist daraus nicht zu erkennen. Auffallend ist die Beteiligung von Sr, Ag in Dolomit und Magnesit; das sporadische Auftauchen von Sn, ebenfalls in beiden; die stete Cu-Anwesenheit. Alles andere streut.

Bleiglanz, Kristaller 1972 m	SbZnAgCaCu	CdAs	Sn B
Antimonglanz, Kristaller 1985 m	CuPb Ag	As	Fe
Antimonglanz, Kristaller 1985 m	PbCuFe	ZnAgMn	TiSnAsCd

Es ist der Mangel von Bi zu verzeichnen.

Ergebnisse

Die Schlüsse, welche bezüglich der Magnesit-metasomatose in Tux gezogen werden, beruhen zum Teil schon auf jenen Untersuchungen, deren Einzelheiten in der Veröffentlichung Angel-Trojer: „Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose“ dargelegt wurden. Wir fassen sie nun für Tux zusammen. Dabei sind zwei Lagerstättengruppen auseinander zu halten: Der Typus „Kristaller“, eisenarm, umfassend Werkslager, Martha, Barbara, Kristaller, Wangl — und der Typus Wanglhochalm, eisenreich.

Magnesitisierung im Typus Kristaller. Primär liegt eine zu mehr als einem paläozoischen Horizont gehörige Kalkfolge vor. Diese wird durch Zudrang einer heißen Magnesialösung in der Tiefe des Gebirges metasomatiert, wobei der spezifisch geformte Dolomit I kristallisiert. Der dabei frei werdende Kalk zieht bis auf Reste, die im Lager weiter kreisen, aus. Der Stoß der Mg-Zufuhr wird intensiver. Nun wird Dolomit I gelöst, aus der durch Zufuhr verstärkten Lösung fällt Magnetit und verdrängt also Dolomit I, dessen Relikte noch in Magnesitkörnern, u. a. Pinolien, in bezeichnender Gestalt erhalten sind. Die Abfall-Lösung hat also Kalk-Zuschuß erhalten, ein Teil bleibt wieder im Lagerstättenbereich, der Hauptteil zieht ab. Nun ist die Kulmination überschritten. Der Magnesitstoß versiegt allmählich, und die verbliebenen Kalklösungen greifen redolomitierend den Magnetit an, was vom Kornumfang her geschieht. Das sieht man in allen Stadien an Pinolien und anderen Kornformen. Magnetit wird also, soweit der Kalkvorrat noch reicht, zu Dolomit II metasomatiert. Es sind Abbildungen gezeigt worden, wo der Magnetit in Dolomit gleichorientierte Restchen bildet, nicht anders als es der Dolomit I in Magnetit hielt. Am Wangl, das ist die Peripherie der Lagerstättengruppe Werkslager-Kristaller-Wangl, kurz auch Gruppe Kristaller zu nennen, ist die Redolomitierung besonders stark, im Werkslager ist sie, wie gezeigt wurde, schwach; so auch in Martha und Barbara. Um dort bezeichnende Proben zu finden, muß man reichlich Material auf sammeln. Nun ist der Stoffwechsel mit Dolomit II noch nicht zu Ende. — Die Kalklösung greift bei sinkender Temperatur auch noch den Dolomit II an, es kommt also zu einem rhythmischen, pulsierenden Anreichern von Mg in der Ca-reichen Restlösung des Metasomatismus, und daher in Drusenräumen, Spalten, Höhlen zum Absatz von Dolomit III, Drusendolomit, der korrespondiert mit jenen weißen, grobspätigen Sammelkristallisationen in metasomatierten Dolomiten, die ebenfalls verzeichnet wurden. Eine sehr bescheidene Erzbegleitung besteht aus Antimonit, neben dem alles andere völlig unbedeutende Sulfidmengen sind (Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerzspuren). Die Vererzung kommt erst nachmagnetitisch mit Dolomit-Quarzgangabsatz, deren Dolomit nicht älter als Dolomit II sein kann. — Die Stellung des Scheelites ist insofern noch ungewiß, als er — so wie auch die erwähnten Erze — nicht im Wanglhochalm-Lager beobachtet wurde.

So wie die Dolomite dieser Kristallergruppe ohne charakterisierende Begleitung jüngerer Gesteine, etwa Kalke und Dolomite des Mesozoikums, auftreten, und trotz des bisherigen Mangels an erkennbaren Fossilresten durch Tracht, Gesellschaft und Kornsorten sowie Analogien ins Paläozoikum verwiesen werden müssen, wobei speziell die Karbonvertretung leicht kenntlich ist, aber auch Devon und Silur wahrscheinlich geworden sind, so ist auch der Komplex, in welchem sie stecken, zum Teil unbe-rührt, älter als Trias.

Man kann daher den Stoffwechsel, der hier in dieser Lagerstättengruppe als Mg-Metasomatose zur Magnesitisierung führte, etwa mit jener variskischen Gebirgsbildung und ihrem Stoffwechsel koordinieren, welcher die alten Peridotite zu Antigoriten umkristallisierte, unter Breunneritbildung oder Mg-Ausfuhr. Die Lagerstättengruppe Kristaller hat „alte“ Magnesite.

Anders ist es mit dem Wanglhochalm-Typus, der eisenreich ist, bisher keine Erzbegleitung zeigt, sich ebenfalls an alte Kalke, die zu Dolomiten metasomatiert wurden, anschließt (in der streichenden Fortsetzung), aber eisenreichen Magnetit enthält. Die Kristallisation dieser Breunnerite erfolgte nach der Verwalzung einer älteren Folge von diabasischen Grünschiefern und Glanzschiefern mit Karbonatgesteinen, von welchen ein Teil schon (eisenarmer) Magnetit gewesen sein muß. Die neue Einordnung dieser tektonisierten Teilfolge geschah in ein System, an welchem mesozoische Gesteine (Quarzite, Kalkphyllite) teilnehmen. Mit dieser tektonischen Neuordnung kam jener eisenreiche Lösungsstoß, der den älteren Magnetit zum Teil löste, um schließlich einen im ganzen eisenreicheren Magnetit aus dieser Mobilisation zur Abscheidung zu bringen. Bezeichnend ist der inhomogene, unausgeglichene Verlauf der neuen Metasomatose dieses verjüngten Magnesites, die an Hand von chemischem Material aufgezeigt wurde. Es scheint, daß sich eine ähnliche Beziehung zwischen alten und verjüngten Magnesiten auch anderswo in den Alpen wird ersehen lassen.

Zusammenfassung

Die Tuxer Spatmagnetit-Lagerstätten sind von zweierlei Art:

- a) Typus Kristaller: Eisenarm, in einer Gesteinsgesellschaft des Paläozoikums. Genetisch anzuschließen an die Mg-Mobilisation der variszischen Gebirgsbildung, jedenfalls an eine zweitstufige Metamorphose.
- b) Typus Wanglhochalm: Eisenreich. In Gesellschaft nicht nur paläozoischer, sondern auch mesozoischer Gesteinselemente, welche ihre Formung alpid erlitten hat. Genetisch anzuschließen an die alpine Gebirgsbildung, deren Fe-Mobilisation und Verjüngung alter Gesteinsgesellschaften, darunter auch älterer Magnesite, jedenfalls in erststufiger Metamorphose.

Aufbau und geologische Beziehungen der Lagerstättenteile zueinander und zum Großbereich zwischen Inn- und Zillertaler Hauptkamm werden an Hand von Karten und Profilen dargelegt.

Summary

There are two different deposits of magnesite spar at Tux.

- a) Type Kristaller, poor in iron, associated with rocks of the paleozoic age. Genetically connected with the Mg mobilization of the hercynian mountain building; in any event, with a medium grade metamorphosis.
- b) Type Wanglhothalm, rich in iron. Associated not only with paleozoic, but also mesozoic strata of

alpidic orogenesis. Genetically connected with alpine mountain building, its Fe mobilization and its rejuvenated older strata, among which there is older magnesite; all in low grade metamorphosis.

The structure and geologic relations of the various sections of the deposits to one another and to the main ridge in the vast region between the Inn- and Zillertal are represented in maps and profiles.

Résumé

Il y a deux gisements de magnésie spathique à Tux:

- a) Le type kristaller, pauvre en fer, associé aux roches paléozoïques. Génétiquement liés à la mobilisation de Mg et à la formation de montagnes hercyniennes; en tout cas à une métamorphose d'un degré moyen.
- b) Le type Wanglhothalm, riche en fer joint à des strates paleozoïques et mesozoïques de formation

alpidique. Génétiquement lié à l'orogénèse alpine, sa mobilisation de Fe et ses anciennes strates ra-jeunies parmi lesquelles se trouvent de vieille magnésie, en métamorphose d'un degré inférieur. — La structure et les relations géologiques entre les différentes sections de gisements dans les claines de montagnes entre l'Inn et la vallée du Ziller sont représentées par des cartes et de profils.

Die Entwicklung des Abbaues der Magnesitlagerstätte Tux

Von K. Preschern

Die Alpenländische Bergbaugesellschaft m. b. H. wurde im Jahre 1920 von Baron Friedrich Geier und Eduard Lob mit dem Ziele gegründet, das von Bruno Sander entdeckte Magnesitvorkommen am Südhange der Wanglalpe auszuwerten. Die Substanzschätzung der verschiedenen geologischen Begutachter schwankte in weiten Grenzen, war aber doch so günstig, daß damit dieses Vorhaben gerechtfertigt werden konnte. Ausschlaggebend für diese Gründung war aber wohl die Güte des hier gefundenen Magnesites, der infolge seiner Reinheit und Eisenarmut eine einzigartige Stellung unter den bekannten österreichischen Magnesiten einnimmt und zur Herstellung von kaustisch gebrannter Magnesia wie kein anderer geeignet ist.

Nach den ursprünglichen Plänen sollte die Brenn-anlage im Raume Jenbach oder Mayrhofer errichtet werden. Wegen des Einspruches landwirtschaftlicher Kreise gegen diese Projekte wurde die gesamte Verhüttungsanlage in den Jahren 1926 bis 1927 am Lagerstättenort selbst in 1670 m Seehöhe erbaut. Die zwei Jahre vorher von der Firma Bleichert, Leipzig, erbaute 8,5 km lange Materialeilbahn lieferte nach Fertigstellung Rohmagnesit und nach Inbetriebnahme der Brennanlage die kaustischen Fertigprodukte zur Verladestelle Bühel der Zillertal-bahn sowie im Gegenverkehr die mengenmäßig beträchtlichen Heizstoffe, Kohle oder Heizöl, ins Werk.

Die Belieferung der Brennanlage mit Rohmagnesit erfolgte damals aus dem unteren Teil des Lagers „Wiese“, das auf den Etagen 4, 5, 6 und 8 tagbau-

mäßig abgebaut wurde. Die Etage 9 wurde im Jahre 1930 nach Verlängerung des Bremsberges I in Betrieb genommen. Die Entfernung des Abraumes, der in Gestalt von Dolomit und zum geringeren Teile Schiefer das Magnesitlager „Wiese“ im Nordwesten überdeckt, und die bergmännische Forderung, den Abbau von oben nach unten zu führen, gaben Anlaß, die Erschließung des Lagers durch den Bau eines zweiten Bremsberges in die Wege zu leiten. Dieser Bau und die Anlage der Etagen 10 bis 15 in den Jahren 1933 und 1934 ermöglichte den Abbau im gesamten Lager „Wiese“ und den Ausbau des Werkes auf viel breiterer Basis.

Die Substanz des Magnesitvorkommens war damals durch die obertägigen Ausbisse und drei vorgetriebene Schurfstollen einigermaßen bekannt. Während des zweiten Weltkrieges mußten notgedrungen Abraum- und Schurfarbeiten zurückgestellt werden. Diese kriegsbedingten Unterlassungen führten das Werk nach Beendigung des Krieges in eine Krise, die im Verein mit den bekannten Nachkriegserscheinungen den Fortbestand des Werkes sehr gefährdeten. Erst nach der Übernahme des Betriebes durch die Österreichisch - Amerikanische Magnesit-A.G. Radenthein im Juli 1948 konnte an die wirtschaftliche Fortführung des Werkes geschritten werden. Dabei waren folgende Forderungen als Voraussetzung zu erfüllen:

1. Sofortige Gewinnung und Anlieferung von Rohmagnesit zwecks Wiederaufnahme des Brennbetriebes.

2. Steigerung der Bergbauproduktion nach festgelegten Betriebsplänen.
3. Erweiterung der Substanzgrundlage.

Diese jeden Bergmann ansprechenden Forderungen mußten in beschleunigtem Tempo durchgeführt werden. Das Abraumpproblem konnte mit Rücksicht auf die hohen Arbeitslöhne und den damaligen Mangel an Arbeitskräften nur durch Einsatz geeigneter Maschinen gelöst werden. Es wurden stufenweise leicht bewegliche und dem Lagerstättencharakter angepaßte Ladegeräte der Typen EIMCO 12-B, EIMCO 21 und SALZGITTER HL 200 zur Beladung der Feldbahnwagen sowie Jenbacher Dieselloks JW 8 und JW 15 zum Transport der Abraumzüge zu den Abraumstürzen mit gutem Erfolge eingesetzt. Im Durchschnitt des Jahres 1952 betrug der Anteil der maschinellen Abraumentfernung am gesamten Abraum- und Taubanfall 50,54 %, im Dezember 1952 schon 65,26 %, ein beachtlicher Erfolg neben der seit dem Jahre 1948 erzielten Steigerung der Magnesitproduktion.

Die beschleunigt angesetzten und durchgeführten Schurfarbeiten erweiterten das Magnesitvermögen durch Auffindung des Lagers „Kristaller“, an dessen tagbaumäßigen Abbau sofort geschritten wurde. Die große Entfernung dieses Lagers von der Brennanlage

erforderte den Bau eines dritten Bremsberges und die Errichtung einer Seilbahn zur Herstellung der Verbindung mit den Förderanlagen des Lagers „Wiese“ und dem Steinplatz der Brennanlage. Die geologischen Verhältnisse dieses Lagers erlauben nur zum Teil einen tagbaumäßigen Abbau, der andere Teil muß untertägig hereingewonnen werden. Die Grenze zwischen beiden Abbaumethoden ist durch das wirtschaftlich noch tragbare Abbauverhältnis, Magnesit zu Abraum, und die klimatischen Verhältnisse im Hochgebirge gezogen.

Der Untertage-Abbau im Lager „Kristaller“ ist zur Ermittlung der den örtlichen Verhältnissen angepaßten und zweckentsprechendsten Abbaumethode versuchsweise angelaufen. Die Schurfstollen, deren Querschläge und Strecken wurden inzwischen so angelegt, daß sie auch die Funktion als Förder- und Abbaustrecken im geplanten Untertageabbau übernehmen können.

Die künftige Entwicklung soll mit dem Ziele geführt werden, die Lade- und Förderarbeiten weiter zu mechanisieren, zu rationalisieren und durch Schurf- und Aufschlußarbeiten die bereits bestehende anscheinliche Rohstoffgrundlage weiterhin auszubauen.

Der untertägige Abbau der großräumigen Magnesitlagerstätte Millstätter Alpe

Von A. Awerzger, Radenthein

(Bauwürdigkeit des Rohmagnesits, geschichtliche Entwicklung „Millstätter Alpe“, Übergehen vom Tagebau zum Grubenbau; tektonische Einflüsse, Abbaumethoden für Großlagerstätten, Kammerbau mit schrägem Stoß, Blockbruchbau, Etagenbruchbau.)

(Profitable exploitation of a magnesite deposit depends primarily upon its extension and the grade of the raw magnesite. History of the development of the magnesite deposit of the „Millstätter Alpe“. Changing from open pit mining to underground operations. Tectonic influences. Methods of working large deposits. Inclined cut-and-fill stopping, block caving, sublevel caving.)

(L'exploitation profitable des gisements de magnésie est une fonction de son extension et du degré de la magnésie crue; Le développement historique des gisements de magnésie dans les Alpes de Millstatt; transition de l'exploitation à ciel ouvert à l'exploitation du fond; influences tectoniques; mode d'extractions des gisements importants; exploitation par des chambres inclinées suivie du remblayage; extraction par blocs; extraction par galeries.)

Der Magnesit, der Rohstoff für einen Großteil der feuerfesten Industrie, ist an sich kein seltenes Mineral. In den Ostalpen bildet er zahlreiche Lagerstätten, die in der Grauwackenzone vom Semmering bis zum Brenner und südlich der Zentralalpen in Kärnten und am Ortler auftreten. Ferner tritt Magnesit noch als Begleiter von Gangmineralen sowie in einigen Salzlagerstätten auf. Letztere Vorkommen haben allerdings nur mineralogischen Wert, da sie für eine wirtschaftliche Ausbeute zu wenig ergiebig wären. Die Magnesitlagerstätten für wirtschaftliche Verwertung müssen zwei Bedingungen erfüllen: 1. die Lagerstätte muß größere Substanzmengen umfassen, und 2. genügend frei von Verunreinigungen sein. Je nach Verkehrslage und Qualität des Magnesites können als unterste Grenze noch bauwürdiger Lagerstätten Substanzmengen von 500.000 bis 800.000 t angenommen werden. Hinsichtlich der Reinheit des Magnesites sind die Ansprüche noch höher gestellt und es werden selbst Schwankungen im Silikat- oder Kalkgehalt der einzelnen Rohsteinsorten von 0,5 bis 0,8 % als äußerst störend empfunden. Ist es da verwunderlich, wenn einer der führenden Männer des Werkes Radenthein die Magnesitprodukte als „Apothekerware“ bezeichnete, „die nach Tonnen gehandelt wird“? Eine mechanische Sortierung könnte zwar Abhilfe schaffen, doch bei den geringfügigen physikalischen Unterschieden zwischen Magnesit und taubem Nebengestein war bis vor kurzem eine befriedigende Aufbereitung auf der Rohproduktseite nicht möglich. (Die in die Magnesitindustrie eingegangenen Aufbereitungsmethoden für Rohmagnesit geben derzeit jedoch noch nicht für alle Magnesittypen befriedigende Resultate.) Die Abscheidung des tauben Nebengesteines hängt zu sehr vom Verwachsungsgrad der verunreinigenden Minerale ab.

Von allen bekannten Lagerstätten liefern die österreichischen Vorkommen noch immer die technisch brauchbarsten Rohmagnesite. Insbesondere hat die Lagerstätte auf der Millstätter Alpe durch ihre Qualitätsmerkmale bedingt die Entwicklung von Spezialsteinen der Radex-Serie ermöglicht.

Große Fördermenge bei niedrigem Verunreinigungsgrenzwert sind die zwei Bedingungen, die der

bergmännischen Gewinnung des Rohmagnesits eine Sonderstellung einräumen. Der Tagesbedarf eines größeren Magnesitwerkes liegt derzeit bei 1500 bis 2000 Tonnen Rohmagnesit, eine Menge, die praktisch nur ein Großbergbau zu liefern vermag. Die hohen Anforderungen an die Reinheit des Materials sowie das Fehlen entsprechender Aufbereitungsmethoden machen es erforderlich, daß heute praktisch noch in den meisten alpinen Magnesitbergbauen die ganze Fördermenge von Hand sortiert und geladen werden muß.

Jedoch auch in technologisch-wirtschaftlicher Hinsicht ist der Rohmagnesit für den Bergmann ein Sonderfall. Während bei Kohle und Erz der Bergbau am Endprodukt mit 50 bis 80 % in einzelnen Fällen sogar mit 95 % beteiligt ist, beträgt dieser Anteil im Magnesitbergbau durchschnittlich nur 15 %. Der geringe Wert des Rohmagnesites, die engen Grenzen in den Förderqualitäten und die großen Fördermengen sind es, welche die Ausbeutung der zahlreichen Magnesitlagerstätten in den Ostalpen auf nur wenige Großbetriebe beschränkt. Der ausgedehnteste Betrieb geht heute auf der Lagerstätte Millstätter Alpe nächst Radenthein in Kärnten um.

Geschichtliche Entwicklung

Die Entdeckung des Magnesitvorkommens von St. Oswald bei Kleinkirchheim in Kärnten, über welches R. Canaval in „Carinthia II, Nr. 6, Jg. 1904“ berichtete, veranlaßte den äußerst rührigen Bergverwalter J. Hörhager der Eisenwerke in Turrach mit seinem Figuranten Glanzer Ausschau nach weiteren Magnesitvorkommen zu halten. Eine Begehung des Globatsch-Nöringbaches entlang der Millstätter Alpe führte im Jahre 1907 zur Entdeckung dieser Lagerstätte. Noch im gleichen Jahre wurde mit den Aufschlußarbeiten begonnen. Über Emil Krieger, der vorübergehend die Abbaurechte erworben hatte, wurde die Verbindung mit Präsident Winter, Pittsburg, hergestellt, der sich zum Ausbau des Werkes entschloß. Nach Gründung der Österreichisch-Amerikanischen Magnesit-GmbH. wurde 1909 mit den Aufschluß- und Vorrichtungsarbeiten begonnen, die für die Betriebsanlagen und den Tagbau erforder-

lichen Grundstücke erworben, Unterkunftshäuser für die Arbeiter errichtet und für den Abtransport des Rohmagnesites zum Werk in Radenthein eine 7,10 km lange Seilbahn gebaut. Trotzdem der größte Teil der ersten Arbeiter mit Zapfen und Hirtenstab besser umzugehen verstand als mit Schlegel und Eisen, wurde im Jahre 1909 eine durchschnittliche Monatsförderung von 2000 t Rohmagnet erreicht. Der Abbau ging auf der sogenannten „Scheibe“ um, wie die örtliche Bezeichnung des Geländes nördlich des derzeitigen Bremsberges I lautet. Hier handelte es sich zwar nicht um anstehende Massen, sondern nur um Magnesitblöcke des Rollfeldes, die jedoch von vorzüglicher Qualität waren und, da noch von Hand gebohrt wurde, leichter gewonnen werden konnten als aus einer geschlossenen Abbaufont. Die Abbauebenen auf der Scheibe erstreckten sich von 1505 m Seehöhe bis 1624 m Seehöhe über 13 Etagen, welche letztere noch den heutigen Hauptförderhorizont bildet. Zwei Jahre später traf man in etwa 1680 m Höhe den anstehenden Magnesitfels und nannte diesen Lagerteil „Hauptlager“. Der Name verblieb diesem bis heute, obwohl er nun seine Bedeutung nicht mehr zu rechtfertigen vermag. Bis zum Jahre 1923 wurde die gesamte Förderung aus diesem Lagerteil bestritten und erreichte im Jahre 1912 mit 190.000 t jato nahezu die 200.000-er Marke. Im Jahre 1920 begann man die Umgebung eines in 700 m Entfernung nordwestlich des Hauptlagers gelegenen Magnesitpalfen, der im Volksmund den Namen „Spitzkofel“ führte, näher zu untersuchen. Die Ausrichtungen zeigten, daß es sich hier um größere Kubaturen von Magnet handelte. Allerdings formte sich dieses Lager zum Unterschied vom Hauptlager, das eine flache Mulde ausfüllt, als eine mit 70° gegen den Berghang einfallende Riesenplatte. Der zunächst bis auf rund 1624 m Seehöhe nachgewiesene Lagerstätteninhalt erschien für eine tagbaumäßige Gewinnung hinreichend. Allerdings waren hier durch die Einfallverhältnisse bedingt die hangseitig überstehende Schieferüberlagerung erst abzuräumen, wobei ein Abraum-Magnetverhältnis von 3:1 in Kauf genommen werden mußte. Nachdem sich das Spitzkofellager so günstig aufgeschlossen hatte, war man bestrebt, das gegen das Hauptlager liegende Gelände, das obertags keinerlei Anzeichen für eine darunter zu erwartende Lagerstätte darbot, einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Der Erfolg war der Aufschluß des sogenannten „Zwischenlagers“. Damit ergab sich ein geschlossener nordwestlich streichender Lagerstättenzug von 750 m Länge, zu welchem allerdings das Hauptlager nach Nordosten verschoben erschien. Um den Rohmagnet im Zwischenlager abbaureif zu machen, waren noch größere Mengen tauber Gesteinsüberdeckung zu entfernen. Dies führte 1927—1928 zur Einführung maschineller Abraumgewinnung unter Verwendung von Baggern, Großraumförderwagen und elektrischen Lokomotiven. Im Zusammenhang damit mußten neue technische Anlagen geschaffen werden, so eine Hochspannungsfreileitung von Radenthein, 1 Elektrokompessoranlage, Neubauten von Unterkunftshäusern u. dgl. mehr. Nun war der Magnetbergbau auf der Millstätter Alpe ein mechanisierter Großbetrieb

geworden. Im Jahre 1929 wurde erstmalig mit 204.000 t jato die 200.000-er Marke überschritten. Die folgenden zwei Jahrzehnte brachten Aufschlußarbeiten im Spitzkofellager und dessen südlicher Fortsetzung, dem sogenannten Zwischenlager. Aus Stollenaufschlüssen und Tiefbohrungen konstruiert sich die Magnetlagerstätte als steilstehende Platte von durchschnittlich 50 m wahrer Mächtigkeit und einer Vertikalausdehnung, die heute bis zu einer Tiefe von 300 m erschlossen ist, ohne daß jedoch damit das Ende der Tiefenausdehnung erreicht wäre. Im Jahre 1939 wurde in 1500 m Seehöhe der Grundgleisstollen als Förder- und Erbstollen angeschlagen, der den Magnet des Spitzkofel-Zwischenlagers durchörterte und im Streichen ausfuhr.

Auch für das Hauptlager war man bestrebt, die Teufenausdehnung zu ergründen. Die aufgefahrene Stollen und Bohrungen bestätigten indes nur die bereits angenommene Muldenform. Die Entstehung des Hauptlagers konnte erst in den letzten Jahren geklärt werden. Aus dem mächtigen Lagerstättenzug, der mit 340° Nord-Nordwest streicht, sind unter Einfluß von Erosion, Gebirgsdruck und tektonischen Flächen, Scharten verschiedener Größen ausgebrochen (Bergzerreibungen nach Ampferer). Das Hauptlager ist auf diese Art aus dem Lagerstättenzug nach Osten herausgeschoben worden.

Bis zum Jahre 1948 erfolgte der Abbau des Rohmagnesits ausschließlich im Tagebau. In 10—15 m hohen Etagen wurde der Rohmagnet durch Sprengarbeit gelöst und von Hand entsprechend den Güteklassen sortiert und getrennt aufgeladen. Die Horizontalförderung wird von Diesellokomotiven bestritten, wobei der Höhenunterschied vom Hauptfördergleis 1624 m Seehöhe zur 150 m tiefer gelagerten Seilbahnkopfstation mittels Bremsberge bewältigt wird. Von der Seilbahnkopfstation gelangt das Material über eine Umlaufseilbahn zum Steinplatz nach Radenthein. Da die Bremsberge einen engen Querschnitt in der Abförderung des Rohmagnesites bilden, wurde im letzten Jahr ein Sturzschacht angelegt, durch welchen ein Teil der Förderung auf das Niveau der Seilbahnkopfstation abgestürzt wird.

Der heute aufgeschlossene Lagerstätteninhalt beziffert sich mit sichtbaren 12 Millionen Tonnen. Davon ist nur mehr ein Bruchteil tagbaumäßig gewinnbar, weil das Bergfallen des Erzkörpers die Abraumbewegungen über das wirtschaftliche Maß ansteigen läßt. Im Jahre 1948 wurde daher ein Abbauverfahren entwickelt, das eine untertägige Gewinnung des Rohmagnesits ermöglicht, den darüber umgehenden Tagebau jedoch weitestgehend schonen mußte. Der Übergang vom Tag- zum Grubenbau sollte allmählich vor sich gehen, wobei die jährliche Steigerung mit 7% kalkuliert war. Bis zum Jahre 1955 sollten rund 50% aus Grubenbau und 50% aus Tagebau bestritten werden.

Abbaumethoden zur untertägigen Gewinnung großräumiger Lagerstätten

Der Übergang von der tagbaumäßigen Gewinnung des Rohmagnesits zum Untertagebau war für die Lagerstätte „Millstätter Alpe“ eine schwierigere Aufgabe als anderswo. Neben den allgemeinen Anfor-

derungen, die die Wahl der geeignetsten Abbaumethode entscheiden, war besonders zu berücksichtigen, daß der untertägige Abbau keine störenden Einflüsse auf den darüber umgehenden Tagebau ausübt.

Die „Globatschstörung“, ein mit 300° spitzwinklig auf die Lagerstätte zu streichender Verwurf hat den Magnesitkörper und das benachbarte Gebirge tektonisch beeinflusst und in Verbindung mit eiszeitlicher Massenbewegung und Hangschub die Lagerstätte bis 1550 m Seehöhe (entspricht den obersten 80 bis 90 m Teufe) durch einen Komplex von Druckschlechten und Klüften aufgelockert, verschoben und bewirkt, so in den oberen Teufen das Gegenbergfallen der Lagerstätte. So begrüßenswert diese Auflockerung für die Anwendbarkeit des Blockbruchbauverfahrens an sich ist, erschwert sie doch alle anderen Abbaumethoden, da die geringe Standfestigkeit des Gebirges das Offenhalten größerer Abbauräume nur unter Verwendung oft kräftigen Grubenausbaues gestattet.

Die Frage, welche Abbaumethode für die Lagerstätte Millstätter Alpe nun die geeignetste ist, war durchaus nicht leicht zu beantworten. Das neue Verfahren sollte nachstehende Bedingungen erfüllen:

1. Förderung großer Mengen bei hoher Abbauleistung.
2. Abbau möglichst ohne Substanzverlust durch Schutzpfeiler oder sonstige Abbauverluste.
3. Schutz der Tagoberfläche, solange der Tagebau in Betrieb steht.
4. Aus Sicherheitsgründen Vermeidung großer offener Abbauräume.
5. Selektive Gewinnung der einzelnen Rohmagnesitarten bzw. Vermeidung zusätzlicher Verunreinigung des Hauwerkes durch Nebengestein oder Versatzberge.
6. Größtmögliche Betriebskonzentration.
7. Vermeidung von Horizontalfördermitteln in den Abbauen.

Nur in den seltensten Fällen können im Bergbau anderorts erprobte Methoden einfach übernommen werden. Meist ist es notwendig, auf kostspieligem Weg eigene Erfahrungen zu sammeln, aus denen in mehrjährigem Versuch sich erst ein befriedigendes Resultat erzielen läßt. Der in anderen Magnesitbergbauen in Österreich seit langem geübte Weitungsbau mit Firstenverhieb und teilweisen Fremdversatz mit Stützpfeilern von 3×4 m in Abständen von 15 bis 18 m, wie er in Sunk bei Trieben seit Jahren zur Zufriedenheit geübt wird, konnte in unserem stark zerrissenen Gebirge nicht angewandt werden.

Mit Rücksicht auf den Tagebau, der noch längere Zeit die Hauptförderung zu stellen hat, konnte der Übergang zum Grubenbau in unserem Falle nur so geschehen, daß unter der Tagbaugrenze ein Abbau mit Bergeversatz folgt, der nach Erlöschen des Tagebaues von einer Bruchbaumethode abgelöst wird. Diese erst kann mehr oder weniger die bleibende Abbaumethode darstellen. Aus der großen Zahl von Abbauarten wurden für unsere Verhältnisse eine

Abbaumethode mit Fremdversatz und zwei Bruchbaumethoden für geeignet erachtet. Wie es für den Abbau großer Lagerstättenmächtigkeiten erforderlich ist, wurde der Erzkörper in Abbauhorizonte von 21 bis 25 m saigerer Höhe unterstellt und der Verhieb dieser Horizonte in quergestellten Kammern von der Feldgrenze heimwärts vorgetragen. Die Querstellung der Kammern richtet sich naturgemäß nach der vorherrschenden Klüftung, die nach Lösen des Schichtverbandes sich aufzutun beginnt. In Tafel 1 sind die vier Hauptrichtungen der Verhiebführung in bezug zur Kluftrichtung dargestellt. Jede der Lagen kann durch den Neigungswinkel des Kluftsystems nach der einen oder anderen Richtung eine Vermehrung oder Verminderung des Effektes erfahren.

Die in der Lagerstätte Millstätter Alpe zur Anwendung kommenden Abbaumethoden sind folgende:

1. Kammerbau mit Fremdversatz und schräggestelltem Stoß, kurz Schrägbau genannt.
2. Der Blockbruchbau, auch Massenbruchbau genannt.
3. Der Etagenbruchbau, auch Scheibenbruchbau genannt.

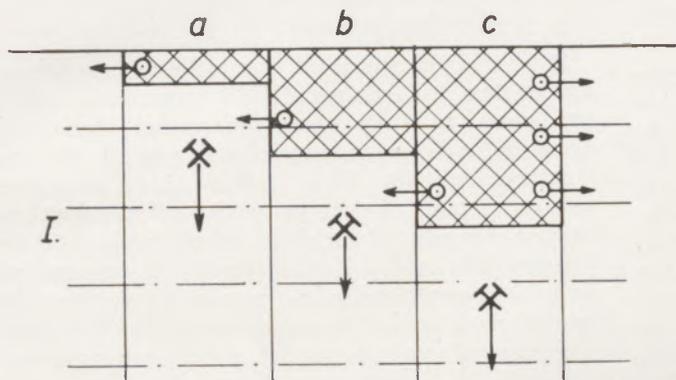
Der Kammerbau mit schräggestelltem Stoß (Inclined cut-and-fill stoping)

Der in der Magnesitlagerstätte Radenthein angewandte Schrägbau wurde aus dem am steirischen Erzberg geübten Kammerbau und dem Rammelsberger Fließbau entwickelt. Von allen Abbaufahren erfüllt er die meisten der oben gestellten Bedingungen. Sein Anwendungsbereich sollte jedoch nur so lange dauern, als der darüber umgehende Tagbau zu schonen ist. In der Verhiebsführung ist er äußerst flexibel. Die Schrägstellung des Stoßes kann ebenso variiert werden wie die Fremdversatzfüllung, d. h. er kann zur Gänze als Versatzbau oder mehr oder weniger als Magazinbau betrieben werden. Den diesem Verfahren anhaftenden hohen Abbauverlusten sollte dadurch begegnet werden, daß zunächst Pfeiler, die eine ganze Kammerbreite umfassen, stehenbleiben und später nach Verfestigung des Versatzes herausgenommen werden.

Die Vorrichtung für die Schrägbaue umfaßt folgende Arbeiten (siehe Raumbild 1): Im Liegenden der unteren Sohle wird eine Förderstrecke streichend aufgefahren. Von dieser führen rechtwinklig oder, wenn es die Gebirgsklüftung anders erfordert, im entsprechenden Winkel die Abbauquerschläge bis zum Hangenden. Entlang des Hangendkontakts, jedoch noch innerhalb der Lagerstätte, wird ein Aufbruch zu dem nächsthöheren Horizont getrieben. Zu Verhiebsbeginn wird der Abbauquerschlag im Hangenden auf 4 m erweitert, dann die Firste schräggestellt und scheibenweise von unten nach oben abgebaut. Die Scheiben haben eine Mächtigkeit von 1,20 m. Das Hauwerk der ersten vier Scheiben wird von der Sohle geladen, später kann ein Versatzkasten mit Erzrutsche eingebaut werden, wodurch die Ladearbeit von Sohle wegfällt. Der ausgebaute Hohlraum wird bis 1,2 m unter die Firste versetzt und der Versatz zur Vermeidung der Verunreinigung des Rohmagnesites mit Schwartenbelag abgedeckt. Der Versatz wird auf der oberen Sohle zugefahren und durch den Auf-

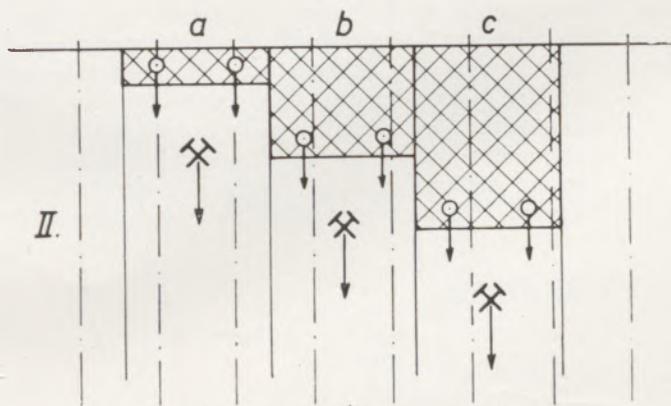
TAFEL 1

Ausrichtung der Abbaufont zur vorhandenen Gebirgsklüftung



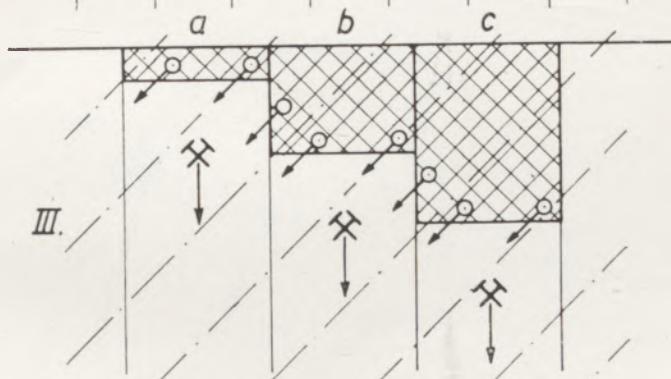
Klüftung quer zum Abbau:

Übertragung des Druckes auf die benachbarten Abbaue, wenn Staffelung groß. Daher Abbaufont mit breitem Blick oder Einschalten von Zwischenpfeilern. Hoher spezifischer Sprengstoffverbrauch.



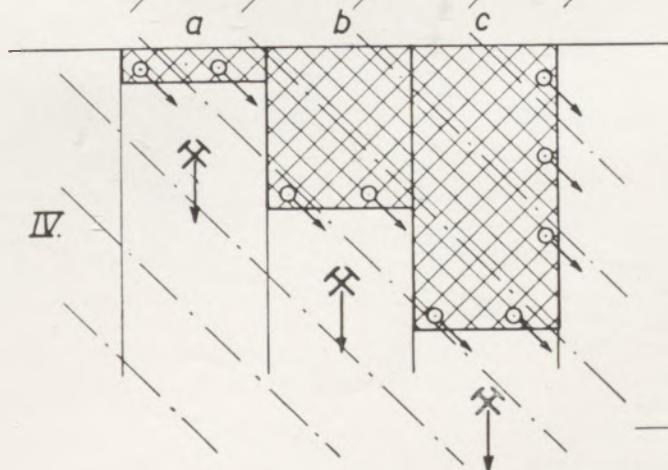
Klüftung parallel zum Abbau:

Druckübertragung in Abbaurichtung; greift auf den benachbarten Abbau bis zur nächsten Klüftfuge über. Wegen Gefahr größerer Deckenstürze (Sargdeckel) möglichst zu vermeiden.



Klüftung diagonal zum Abbau und senkrecht auf die Staffelung:

Druckübertragung auf die benachbarten Abbaue, ähnlich I und II; daher nach Möglichkeit zu vermeiden.



Klüftung diagonal zum Abbau und parallel zur Staffelung:

Der Druck läuft aus dem Abbaufeld in den voreilenden benachbarten Versatz. Geringster spezifischer Sprengstoffverbrauch.

- ← ⊗ Verhiebrichtung
- ← ⊙ Druckfortpflanzung
- - - Klüftstreichen
- ⊗ Alter Mann (Versatz)

bruch in den Abbau abgestürzt. Bei dem steilen Einfallen der Lagerstätte war es möglich, die Förderstrecke abwechselnd in den tieferen Horizonten einmal im Liegenden, einmal im Hangenden aufzufahren. Hiedurch konnte die Förderstrecke für den höheren Horizont gleichzeitig als Versatzstrecke für den tieferen Abbauhizont dienen.

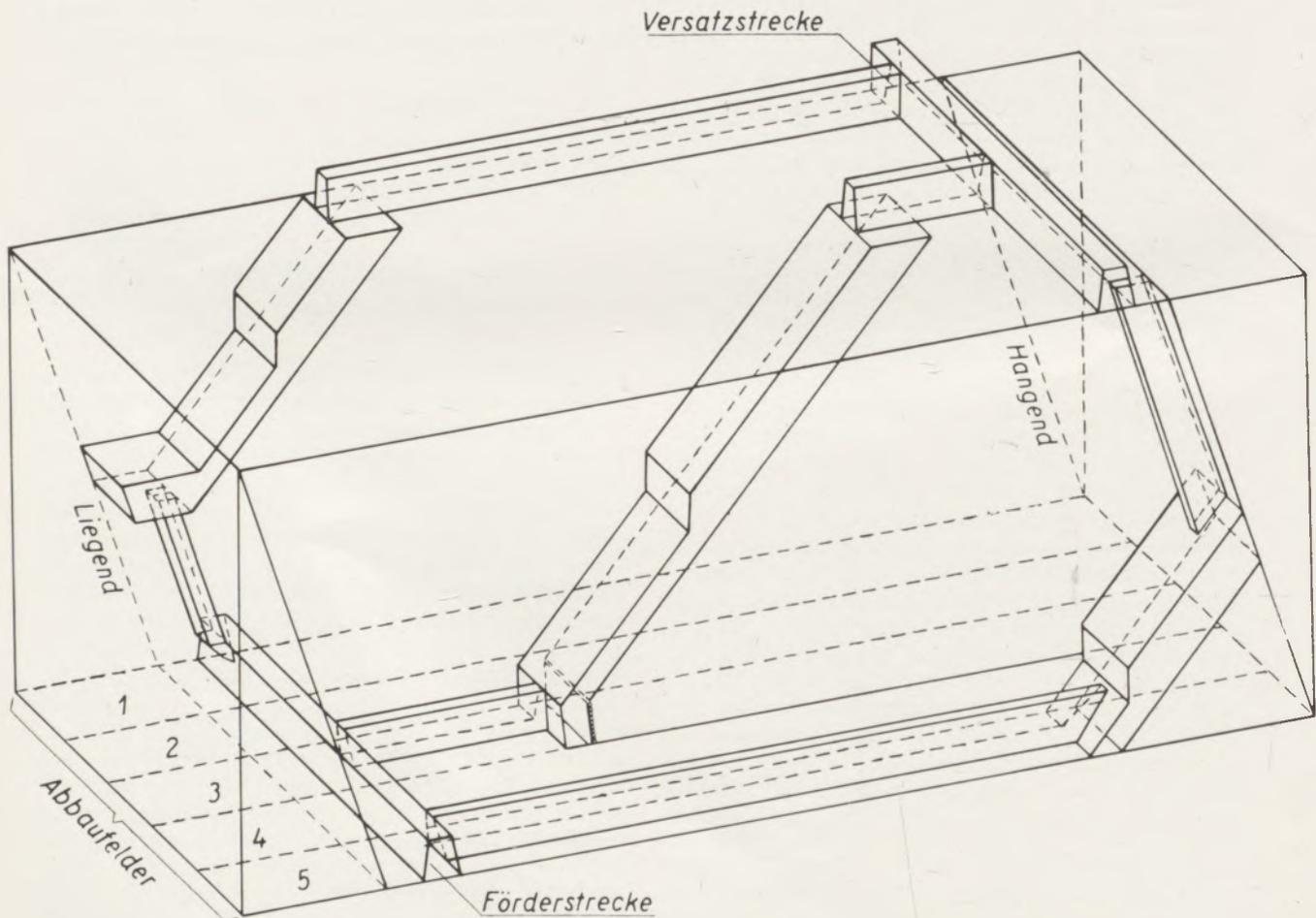
Die starke Auflockerung des Lagerstättenkörpers in den oberen Teufen erfordert Zimmerung im Abbau. Dies wirkte sich einerseits ungünstig auf die Leistung des Abbaufahrens, andererseits durch den Holzverbrauch auch kostenmäßig ungünstig aus. Auf der Lagerstätte Millstätter Alpe wird diese Schrägbbaumethode seit nunmehr fünf Jahren geübt und hat sich in dieser Zeit als betriebssicher erwiesen. Bis zu 26 % der Gesamtförderung wurde in den letzten Jahren daraus bestritten. Als endgültige Lösung des untertägigen Abbauproblems war diese Verhiebsmethode jedoch nicht gedacht. Sobald der darüber umgehende Tagbau es zuläßt, soll ein Bruchbauverfahren zur Anwendung kommen. Die Grobräumigkeit der Lagerstätte ließ die Anwendung eines Massenbruchbauverfahrens als möglich erachten.

Der Blockbruchbau (Block caving)

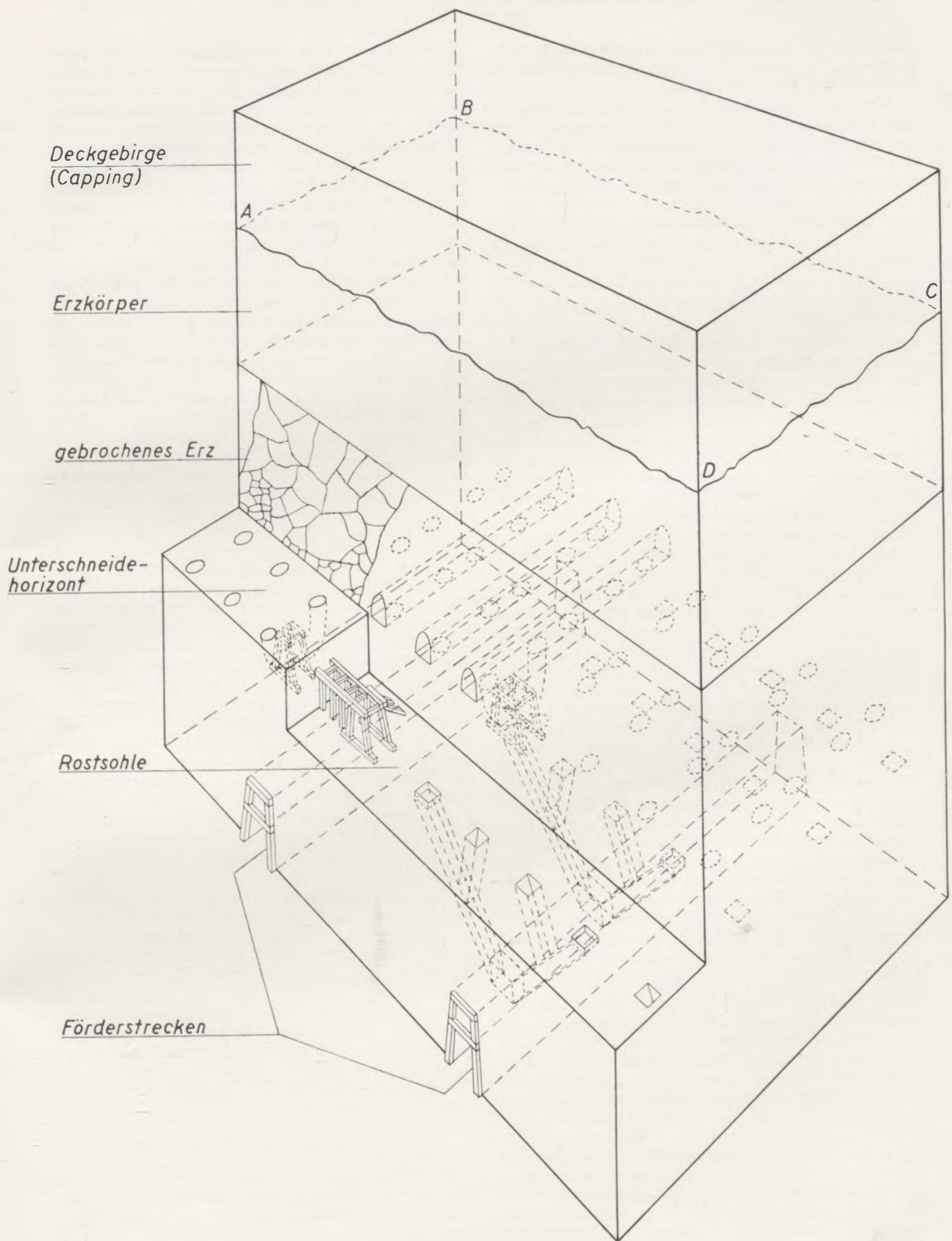
Der Blockbruchbau, auch Massenbruchbau genannt, ist ein Abbaufahren zur Gewinnung größter Lager-

stätten, die in allen drei Dimensionen große Ausdehnung zeigen. Die Masse des Erzkörpers wird in Blöcken von durchschnittlich 50×50 m Grundfläche und 70 bis 100 m Höhe aus dem übrigen Lagerstättenverband herausgeschnitten und durch Unterhöhlen zum Nachbrechen gebracht.

Das Verfahren wurde auf den grobräumigen Kupferlagerstätten in Arizona (USA) begonnen und in 50 Jahren zu einer erstaunlich sicher steuerbaren Abbaumethode entwickelt, obwohl die Bruch- und Mahlvorgänge im Block selbst nicht eingesehen werden können. Leistungs- und kostenmäßig konkurriert dieses Abbaufahren heute bereits mit dem Tagebau. Die großen Kupferlagerstätten Arizonas mit ihrem niedrigen Metallgehalt wurden durch dieses Abbaufahren überhaupt erst abbaureif. Blockbruchbauverfahren mit voll mechanischer Aufbereitung gestaltet dort den Abbau eines Hauwerkes von 0,87 % Metallgehalt noch hochwirtschaftlich. In Butte in Montana werden mittels Blockbruchbauverfahren die Versatzberge alter Abbaue plus der Erzimprägnationen des Nebengesteines abgebaut, wobei der durchschnittliche Metallgehalt beider nur knapp an 1 % heranreicht. In Europa hat das Blockbruchbauverfahren auf der grobräumigen Lagerstätte der Salzgittereisenzerze Verwendung gefunden. Nach den ersten



Raumbild 1



Raumbild 2

Versuchen, die noch im Jahre 1944 gestartet wurden, wird seit dem Jahre 1947 dieses Verfahren dort im verstärkten Maße angewandt.

Für die Anwendbarkeit des Blockbruchbauverfahrens in der Lagerstätte Millstätter Alpe sprach neben der Großräumigkeit der Lagerstätte vor allem die Bruchfreudigkeit des Gebirges, doch konnte der endgültige Entschluß erst gefaßt werden, als man in der mechanischen Aufbereitung des Rohmagnesites mittels Schwereflüssigkeit hinreichende Erfahrungen gesammelt hatte. Die Bruch- und Mahlvorgänge im Block selbst lassen darüber hinaus noch einen Effekt erwarten, der darin besteht, daß die talkigen Verunreinigungen im Magnesit im erhöhten Maße abgerieben werden.

Die Vorrichtung für den Blockbruchbau ist sehr umfangreich und lohnt sich nur, wenn mindestens 100.000 t Mineralinhalt zu erwarten sind. Die untere Grenze einer Grundflächenseite dürfte bei 30 Metern liegen. Die Höhe des Kubus beträgt das 1,5- bis 2-fache der Grundabmessung. Während in der ersten Zeit der Block knapp über der Förderstrecke vorgerichtet wurde, wird die heutige Vorrichtung des Blockbruchbaues in Amerika von der Förderstrecke weiter entfernt vorgenommen. Die Norm der heutigen Vorrichtung zeigt das Raumbild 2. Von der Förderstrecke führen Erzsturzschächte in entsprechenden Abständen zu der 25 bis 30 m höher gelegenen Rostsohle. Von dieser führen abermals kürzere Sturzschächte bis zu dem 6 bis 8 m höher gelegenen Unterschneidehorizont. Für eine gute Steuerbarkeit des Blockes ist es von großer Bedeutung, daß diese letztgenannten Sturzschächte sich in einem möglichst gleichmäßigen dichten Netz über den ganzen Unterschneidehorizont verbreiten. Der Abstand dieser einzelnen Sturzrollen beträgt 4 bis 5 m in jeder Richtung. Durch Verwendung von Horizontalfördermitteln wie Schrapper, Förder- oder Plattenbänder lassen sich die Sturzschächte von der Rostsohle zur Förderstrecke mehr oder weniger vermeiden. Um den Block gängig zu machen, wird er an seinen senkrechten Begrenzungsflächen durch durchgehendes Schlitzzen oder übereinander angeordneten Perforationsstrecken aus dem übrigen Gebirgsverband gelöst. Sind geeignete natürliche Trennflächen vorhanden, so können diese an Stelle der Schlitzze oder Perforationen verwendet werden. Haben diese natürlichen Trennflächen jedoch flachere Neigungswinkel, so bricht der Block nicht mehr entlang dieser, sondern läuft vertikal aus.

Der Abbau beginnt mit dem horizontalen oder dachförmigen Unterschneiden des Blockes in der oberen Ebene der Sturzrollen. Meist erfolgt dies in Form eines Querbaues, wobei die horizontalen Verbindungen von einer Sturzrolle zur anderen ausgeweitet und der eingeengte Pfeiler zum Schluß abgesprengt wird. Je nach der Bruchfreudigkeit des Gebirges beginnt der so freigelegte Erzkörper auf den Unterschneidehorizont nachzubringen. Aufgabe des Bergmannes ist es nun, so viel Material abzuziehen, daß ein ununterbrochenes Nachbrechen gewährleistet ist. Durch gleichmäßiges Abziehen auf der ganzen Blocksohle wird ein gleichmäßiges Nachbrechen des Erzkörpers hervorgerufen. Ist der Erzkörper bis zum Hangenden bzw. bis zum Deckgebirge (Capping)

durchgelockert, kann der Blockinhalt abgefördert werden. Bei diesem Abziehvorgang ist es möglich, die Schwerkraft für zusätzliche Zerkleinerungsarbeit des Hauwerkes nutzbar zu machen, sowie auch die mehr oder weniger unvermeidliche Vermischung mit Nebengestein in den Kontaktzonen (Erzkörper zu Nebengestein) in einem erträglichen Maß zu halten. Auch der Gebirgsdruck, der auf der Rostsohle in Erscheinung zu treten beginnt, läßt sich durch Beeinflussung des Kontaktwinkels bis zu einem gewissen Grad steuern. Unter Kontaktwinkel wird jener Winkel verstanden, den das gebrochene Erz im Block mit dem aufliegenden Nebengestein (Hangenden oder Deckgebirge) bildet. Dieser Winkel ist von entscheidender Bedeutung für die Verdünnung, worunter die Vermengung von Erz mit taubem Gestein verstanden wird. Durch stärkeres Abziehen an einer Seite kann die Fläche an der Linie AB (siehe Raumbild 2) abgesenkt werden. Je steiler nun die Fläche ABCD zu dem Unterschneidehorizont steht, desto größer ist die Vermengung von Erz und Nebengestein. Die geringste Verdünnung wird dann eintreten, wenn die Fläche ABCD während des ganzen Abziehvorganges möglichst horizontal zum Unterschneidehorizont liegt. In diesem letzteren Falle steigt jedoch der Gebirgsdruck über den ganzen Rosthorizont sehr stark an. In der Praxis wird somit ein Kompromiß zwischen tragbarer Verdünnung und noch erträglichem Gebirgsdruck durch mehr oder weniger Schrägstellung der Kontaktfläche angestrebt werden müssen. Auf einem Großbergbau in Nevada, wo das Erz in größeren Blöcken nachbricht, wurde eine Zerkleinerung dieser Blöcke im Block dadurch erreicht, daß man systematisch einige Schichten auf der einen Seite des Blockes, dann wieder einige Schichten auf der anderen Seite des Blockes forciert abzog. Dadurch kam das gebrochene Erz in seitliche Rutschbewegungen und bewirkte so die gewünschte Zerkleinerung der Blöcke. Diese Feinheiten in der Steuerung eines Blockes sind nur erreichbar, wenn ein möglichst dichtes Netz von Sturzrollen im Unterschneidehorizont vorliegt. Dies mag wohl der Hauptgrund sein, warum man von der seinerzeitigen Vorrichtung nahe der Förderstrecke abging.

Von allen Bruchbauverfahren weist der Blockbruchbau die geringsten Abbauverluste auf. H. Prause, der deutsche Pionier des Blockbruchbaues, beziffert die Abbauverluste für die Lagerstätte Salzgitter mit durchschnittlich 15 0/0. In seiner Eigenart läßt der Blockbruchbau eine selektive Förderung des Hauwerkes nicht zu und muß daher in Zusammenarbeit mit einer mechanischen Aufbereitung angewandt werden. Da er leistungs- und kostenmäßig mit dem Tagbau zu vergleichen ist, ist ein Ansteigen der Gesteinskosten durch den Übergang zum Grubenbau nicht zu erwarten.

Der Etagenbruchbau (Sublevel caving)

Der unregelmäßige Erzkörper der Millstätter Alpe läßt sich nicht ohne Resträume nach dem Blockbruchbauverfahren 100 0/0-ig gewinnen. An den Lagerbegrenzungen würden Erzreste verbleiben, die nach dem Blockbruchbauverfahren nicht mehr gewinnbar sind. Für diese Lagerstättenteile wird als Ergänzung

zum Blockbruchbauverfahren nachstehender Etagenbruchbau zur Anwendung kommen (siehe Raumbild 3). Der Etagenbruchbau, manchmal auch als Scheibenbruchbau bezeichnet, ist unabhängig von Form, Größe und Lage des Erzkörpers anzuwenden. Gegenüber den beiden vorgenannten Verfahren erfordert er wesentlich größere Kosten an Vorrichtung, ist aber bei schlechten druckhaften Gebirgsverhältnissen eine sehr sichere Abbaumethode. Die offen zu haltenden Räume können sehr klein gehalten werden. Die eingebrachte Zimmerung kann zum größten Teil geraubt und wieder verwendet werden. Darüber hinaus läßt er größte Selektivität in der Gewinnung zu.

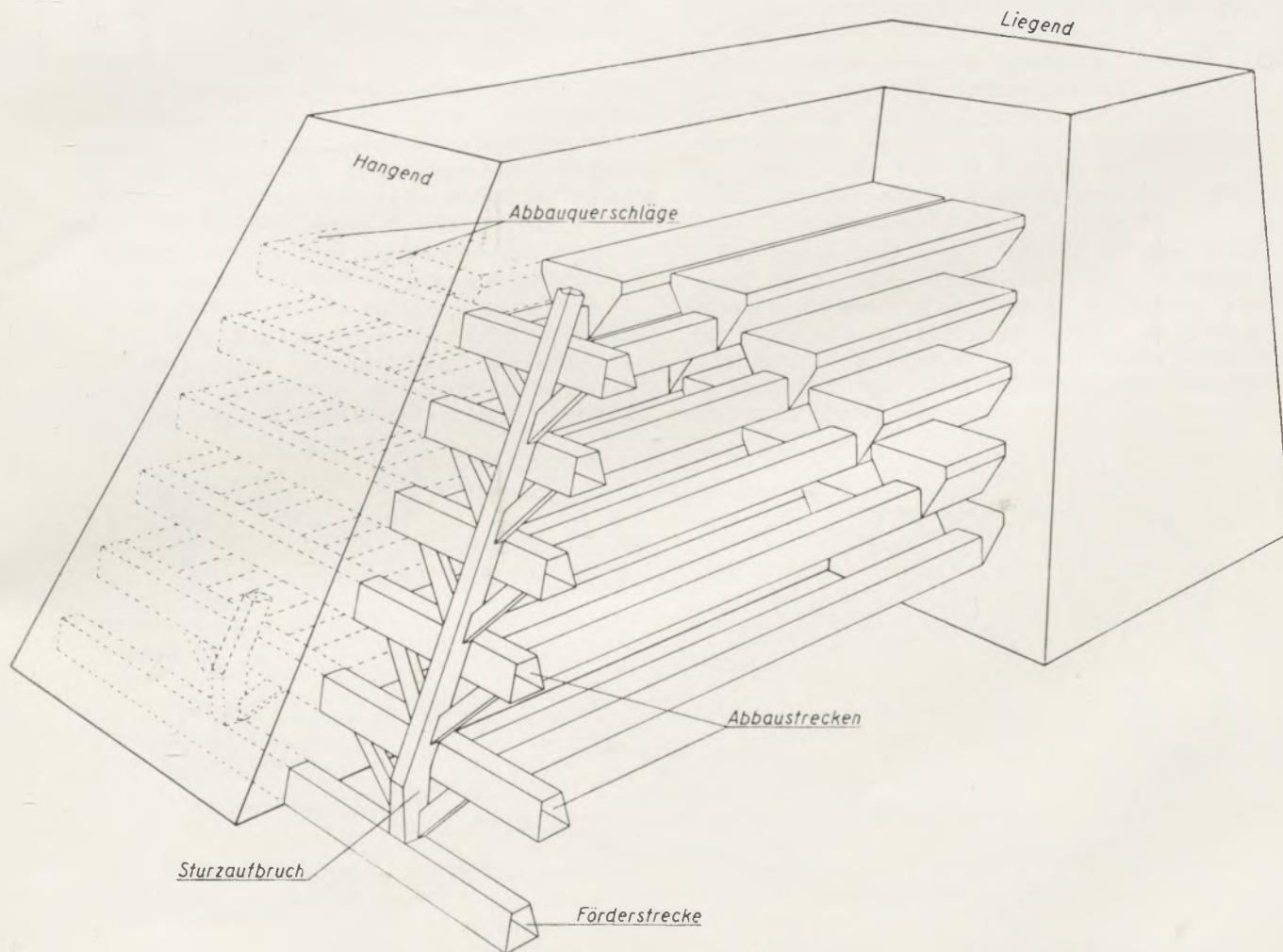
Die Ausrichtung erfordert gleich wie beim Schrägbau eine Förderstrecke im Hangenden der Lagerstätte. Von dieser werden in geeigneten Abständen Aufbrüche entlang des Hangenden in der Lagerstätte vorgegraben. In Abständen von fünf zu fünf Metern wird der Erzkörper zum Liegenden hin mit Querschlägen aufgefahren. Je zwei solcher Querschläge werden auf einen Sturzaufbruch angeschlossen. Mit dem Abbau beginnt man im Liegenden des obersten Querschlages, indem man den Querschlag auf Abbaufeldbreite erweitert, das Hauwerk abfördert und die Firste soweit schwächt, bis sie zu Bruch geht. Ist auf diese Art der Verhieb gegen den Sturzschacht zu so-

weit fortgeschritten, daß das nächste Abbauort daneben bzw. darunter nicht mehr gestört wird, kann dort in gleicher Weise im Liegenden mit dem Verhieb begonnen werden. Auf diese Art kommt eine Staffelung der Abbauorte in horizontaler, vertikaler und verquerender Richtung zustande. Durch Verwendung von Horizontalförderern, wie Schrapper, Förderbänder u. dgl., ist eine wesentliche Leistungssteigerung erzielbar, so daß dieses Abbaumethode trotz der relativ hohen Vorrichtungskosten sich heute noch großer Verbreitung erfreut.

Während der Schrägbau als Versatzbau unmittelbar bis an den Tagbau heranreicht, kommen Blockbruchbau und Etagenbruchbau erst unter dem Versatzpolster zur Anwendung. Der Etagenbruchbau läßt sich in der Verhiebführung auch aus dem Schrägbau entwickeln, stellt aber andererseits die notwendige Ergänzung zum Blockbruchbau dar. Mit der Verwendung von Schrägbau, Blockbruchbau und Etagenbruchbau dürfte das Problem der untertägigen Magnesitgewinnung der Lagerstätte Millstätter Alpe als gelöst gelten.

Zusammenfassung

Die Magnesitlagerstätte „Millstätter Alpe“ bildet eine mit 70° einfallende Platte, deren oberste 80 bis



Raumbild 3

90 m durch tektonische Einflüsse bedingt, bergwärts einfallen. Die Längenausdehnung mißt 750 m. Seit 45 Jahren wird die Lagerstätte nach dem Tagebauverfahren abgebaut. Das ständige Zunehmen der Abraumbewegung erfordert den Übergang von der tagebaumäßigen Gewinnung zum Untertagebau. Um den Tagebau vor untertägigen Abbauauswirkungen zu schonen, kann die Umstellung nur in zwei Etappen erfolgen: dem Tagebau hat ein Horizont-Abbau mit Bergeversatz zu folgen, der dann von einem Bruchbau abgelöst wird. Als Versatzbau wird ein Kammerbau mit schrägem Stoß geübt und hat sich seit 5 Jahren bewährt. Als Bruchbau kommt der auf amerikanischen Großlagerstätten entwickelte Blockbruchbau zur Anwendung, der durch Etagenbruchbau ergänzt wird.

Summary

The magnesite deposit of the „Millstätter Alpe“ is formed by a steeply inclined lense of which the upper part (80 to 90 meters) dips toward the mountain interior at an angle of 70° , this dip being the result of tectonic influences. The deposit is 750 meters in length. For fortyfive years open pit mining has been practiced in this deposit. The increasing amount of stripping, owing to the steadily growing overburden made it necessary to change from open pit mining to underground operations. In order to

avoid disturbance of the open pit operations the change is being made in two stages only. Stopping levels filled with waste material below the open pit are provided, and underneath caving is carried on. The methods used are: inclined cut-and-fill stoping, block caving and sublevel caving. For the past five years cut-and-fill stoping has been practiced with satisfactory results. Block caving, as developed in America, is now being initiated, and in certain locations, where other methods are impracticable, sublevel caving is being resorted to as a complement.

Résumé

Le gisement de magnésie dans les Alpes de Millstatt se présente en lentilles dont la partie supérieure (de 80 à 90 mètres de largeur) est inclinée de 70° dans l'intérieur de la montagne. La longueur du gisement est de 750 m. Depuis 45 ans l'extraction a été effectuée à ciel ouvert. L'accroissement continu du déblai nécessitait de passer à l'extraction au fond. — Afin d'éviter des effets sur l'exploitation à ciel ouvert ce changement aura lieu en deux étapes. L'extraction à ciel ouvert est accompagnée d'une exploitation en direction horizontale suivie d'un remblayage. L'extraction en blocs comme pratiquée en Amérique est effectuée et complétée par l'exploitation par galeries.

Die Rohstoffgrundlagen der Kärntner Zementindustrie

(Zur Betriebsstandortskunde des Landes)

Von Franz Kahler

(Die Kärntner Vorkommen geeigneter Rohstoffe; die ersten Versuche der Nutzung; die Auslese der Betriebe; die Wandlung der Ansprüche an die Lagerstätte; Zeit des Roman- und Naturportlandmergels, Bergbau auf letzteres. Übergang zum Großsteinbruch erfordert Kalkzuschuß; Aufsuchen von Kalkbänken; zusätzliche Kalkbrüche. Möglichst elastische Rohstofflager fördern Entwicklung und Rationalisierung des Betriebes.)

(Carinthian deposits of suitable raw materials. First trials to utilize them. The survival of the works depended on the availability of suitable raw materials. Changing raw material requirements. The time of the Roman and natural portland marl. Mining the latter. The change to large-scale quarrying requires the addition of lime. Search for limestone banks. Additional limestone quarries. A flexible supply of raw material furthers the development and rationalization of the industry.)

(Les gisements exploitables de matières premières en Carinthie; les premiers essais de les exploiter; la disponibilité et la diversité des matières premières exploitables comme condition de la vitalité d'une usine. Changement des exigences sur les gisements à exploiter; l'époque de la marne Roman et la marne portland naturelle; l'exploitation de cette-ci; la transition à l'exploitations sur grande échelle des carrières nécessite l'addition de calcaire; la recherche des couches de calcaire; des carrières supplémentaires de calcaires. La disponibilité en gisements de matières premières exploitables favorise le développement et la rationalisation de l'industrie.)

Die Erzeugung von Zement soll zwar mit der Mischung von Kalk und Ton begonnen haben; in der weiteren Entwicklung zur Großindustrie zeigt sich jedoch meist zunächst die Tendenz, geeignet gemischte Rohstoffe in der Natur selbst zu entdecken, wofür die Suche nach „Roman“- und „Portlandmergel“ bezeichnend ist.

Diese Nachsuche hat außer einer Anzahl kleiner und weniger geeigneter Vorkommen auch zur Entdeckung bedeutender Lagerstätten geführt, von denen als österreichische die Mergellager von Häring in Tirol der Perlmooser Zementwerke und bei Salzburg (Zementwerk Leube) erwähnt sein mögen.

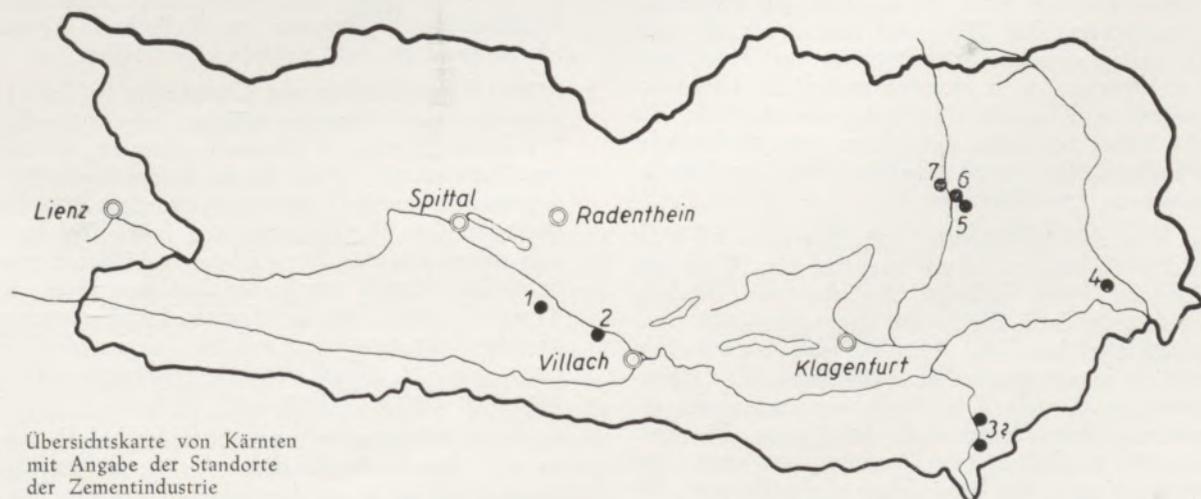
Dennoch ist die Zahl der Werke schon von Anfang klein geblieben als jene der Kalköfen, für die das Gründerinteresse auffallend größer war.

Sehr bald kam es wegen der durch notwendige Modernisierungen erforderlichen Kapitalkaufwendungen zum Übergewicht einzelner Unternehmungen, die sich zum Zementkartell zusammenschlossen.

Wenn wir diese Entwicklung in Kärnten betrachten, können wir erkennen, daß das besonders rohstoffbegünstigte Werk Wietersdorf als einziges bestehen blieb, demnach die harte Auswahl, bei der teilweise beträchtliche Kapitalverluste eintraten, den naturbedingt stärksten Betrieb überleben ließ.

Der ziemlich frühzeitig geschützte Absatzmarkt brachte das möglichst rationell geführte Großwerk hervor, das, an der Bahn gelegen, den bedeutenden Heizstoffbedarf manchmal aus recht entfernten Quellen decken muß, zugleich aber in der Verteilung seines erzeugten Gutes einen bedeutenden, auffallend weitgespannten Kundenkreis bedient.

Die Entwicklung verlief vehementer zum Großwerk als bei den Kalkwerken des betrachteten Kärntner Raumes, in der gerade in jüngster Zeit die Versorgung ziemlich enger Bereiche durch Neugründungen oder Leistungserhöhung älterer Anlagen zu beobachten war, wobei allerdings diese Entwicklung nicht abgeschlossen ist.



Übersichtskarte von Kärnten
mit Angabe der Standorte
der Zementindustrie

- | | | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------|--|
| 1 Feistritz bei Paternion | 3 Eisenkappel | 5 Eberstein | 7 Wietersdorf, das einzige heute bestehende Werk |
| 2 Weißenbach bei Villach | 4 St. Paul im Lavanttal | 6 Hornburg | |

Die Geschichte der Kärntner Zementindustrie ist noch nicht geschrieben, man kann aber deutlich folgende Phasen unterscheiden:

1. Gründung mehrerer kleiner Werke bei geeigneten Vorkommen von Zementmergeln,
2. Erliegen aller Werke mit Ausnahme jener von Wietersdorf,
3. Entwicklung von Wietersdorf zum Großwerk.
 - a) als Naturportlandwerk; zeitweise mit bedeutenden unterirdischen Abbauen in den geeigneten Schichten (1. Periode),
 - b) im Übergang zum Werk mit künstlich zusammengesetztem Rohgut unter Bevorzugung entsprechend kalkreicher Zonen (2. Periode),
 - c) im mechanisierten Steinbruchbetrieb mit besonderer Gewinnung der benötigten zusätzlichen Kalkzuschläge (3. Periode, gegenwärtig).

Trotz der bunten Gesteinsfolgen, die Kärnten in jenen Teilen des Landes aufzuweisen hat, die keiner Umkristallisation erlegen sind, ist die Zahl der Schichtgruppen mit Zementmergeln gering.

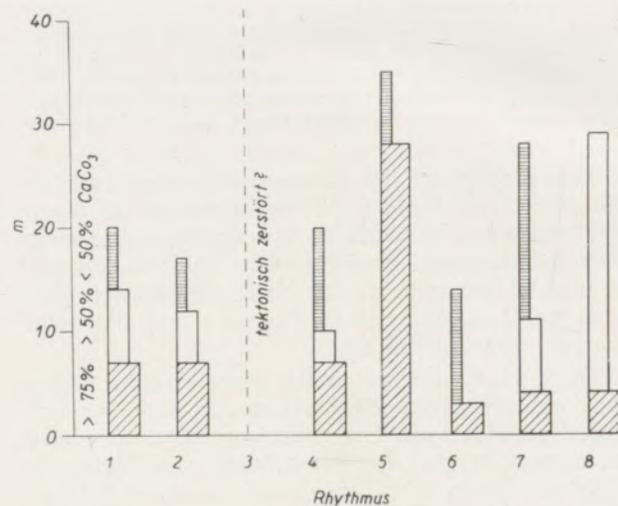
Wir können solche erwarten

- in der Trias: in den Partnachmergeln der Gailtaler Alpen,
 in den Raibler Schichten der Gailtaler Alpen und der Karawanken,
 in den Kössener Schichten der Gailtaler Alpen und der Karawanken,
 in der Kreide des Krappfeldes und der St. Pauler Berge.

Tatsächlich hat man, soweit ich sehen kann, in der ersten Periode dieser Industrie fast alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Ich kenne bisher folgende Versuche:

1. in den Partnachmergeln von Feistritz a. d. Drau: südlich des Ortes lag am Ausgang des Koflergrabens eine Zementfabrik, die auf der kolorierten Spezialkarte 1:75.000 bei P. 536 als solche eingetragen ist. Sie bezog ihren Rohstoff aus einem Bruch in der Schlucht, wobei eine Werksbahn von etwa 750 m Länge die Förderung ermöglichte. Das Werk hat sich durch die sehr frühzeitig einsetzende Erzeugung von Kunststein hervor getan; u. a. wurden zahlreiche Gehsteigplatten in Klagenfurt verlegt, eine Methode, die sich wenig bewährte, wobei eine zwar wechselnde, manchmal aber überraschende Güte des Erzeugnisses zu beobachten ist.
2. in den Partnachmergeln von Weissenbach südlich Gummern. Auch hier lag das Werk am Ausgang einer Schlucht, die der von Bleiberg kommende Bach, der in die Drau einmündet, eingeschnitten hat. Der Steinbruch lag etwa 500 m südlich davon in ziemlich mächtigen, meist dünnplattigen Mergeln. Die Förderbahn ist auf der erwähnten Spezialkarte noch eingetragen. Die Entfernung zur Bahnstation Gummern von etwa 2 km war geringer als beim Werk Feistritz und die mäßige Entfernung von Villach mag ebenfalls zur Gründung gereizt haben.

3. anscheinend in den Raibler Schichten von Eisenkappel. Vermutlich versuchte man die steil gestellten Raibler Schichten bei der Victorhütte nördlich des Ortes zu gewinnen. Infolge der Lagerung quer zur Talfurche hätte hier ein größerer Abbau nie erfolgen können, zumal sich durch spätere Untersuchungen erwies, daß die Raibler Schichten des Obirstockes vielfach arg zerquetscht sind. Der Versuch scheint in die Gründerzeit vor 1873 zu fallen, die bekanntlich häufig moderne Ideen mit unzulänglichen Lagerstätten verband. 1872 bezog der Klagenfurter Unternehmer Anton Ohrfandl den Brennstoff für sein Werk aus dem Kohlenrevier von Penken bei Velden. Wo die Versuche stattfanden, ob in der Victorhütte (der



Sedimentationsrhythmen in der Kreide von Wietersdorf

Aufgenommen von Hans Haberfellner in den Brüchen 1, 3 und 8

Auf stark kalkige Lagen, vielfach als Basiskonglomerate entwickelt, folgen in der Regel Mergel und tonreichere Schichten, alles in mehrfacher Wiederkehr

- großen ehemaligen Bleischmelzhütte) oder beim sogenannten 2. Hammer im Vellachtal, konnte ich bisher nicht mit Sicherheit feststellen.
4. in den Kreidemergeln des Krappfeldes bei Eberstein. Diese Versuche wurden beim stillgelegten Eisenhochofen in Eberstein gemacht, an dessen Ostseite zwei Öfen für die Zementherstellung angemauert wurden. Ihre Reste wurden 1936 abgetragen. Das Werk wurde von Jakob Talakerer und später von der Firma Ghon in Villach betrieben. Der Mergel wurde am östlichen Hang des Klinzer-Besitzes bei der Greule-Bahnübersetzung bei Hornburg gewonnen und per Achse nach Eberstein gebracht. (Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Philipp Knoch.)
 5. in den Kreidemergeln des Krappfeldes bei Hornburg. Das in beträchtlicher Größe aufgebaute Werk, unmittelbar an der Bahnlinie gelegen, hatte in den östlich davon gelegenen Kreidemergeln seine Rohstoff-Grundlage. Der Abbau erfolgte

unterirdisch. Der Betrieb scheint zunächst an der immer größer werdenden finanziellen Schwäche seiner damaligen Besitzer, der Grafen Christallnigg gescheitert zu sein. Er wurde von den Wietersdorfer Zementwerken übernommen, neu in Betrieb gesetzt, dann aber zugunsten des Hauptwerkes stillgelegt.

6. In den Kreidemergeln der St. Pauler Berge kam es meines Wissens nur zu Planungen eines Zementwerkes, besonders nach dem ersten Weltkrieg.
7. in den Kreidemergeln von Wietersdorf im Görtischtal. Das 1893 hier gegründete Werk gewann das Rennen und wuchs zum blühenden Betrieb.

Standpunkt der Rohstoffgrundlage als völlig verfehlt betrachtet werden: es hätte im besten Falle hier nur ein Kleinstbetrieb durch kurze Zeit bestehen können.

Ebenso war der Versuch von Eberstein verfehlt, da der Rohstoff mühsamst zum Werke zu bringen war. Er ist nur von dem Standpunkt aus zu begreifen, daß man ein stillgelegtes Industrierwerk ausnützen wollte, ohne die Gegebenheiten des neuen Betriebes zu beachten, bekanntlich ein häufiger Fehler, den man als „Gründung in Ruinen“ bezeichnen könnte.

Viel bemerkenswerter war die Errichtung des Zementwerkes von Hornburg, zumal hier zunächst ungefähr dieselben Bedingungen wie in Wietersdorf



Sogenannter 2. Hammer im Vellachtal südlich Eisenkappel

Möglicherweise fanden hier die Versuche einer Zementerzeugung statt. Nach jüngsten Erhebungen von W. Fritsch scheint das Zementwerk doch nördlich von Eisenkappel in der Nähe der Victorhütte gestanden zu haben. (Anmerkung während des Druckes.)

Beachtenswert ist die Formschönheit des Bauwerkes, das aus billigem Bruchstein mit Gewölben aus Ziegeln aufgeführt wurde. Diese schlichte Formschönheit zeichnet alle Industriebauten Kärntens im ersten Teil des vorigen Jahrhunderts aus.

Betrachten wir zunächst die Standortsbedingungen der einzelnen Versuche:

Unter den Verhältnissen, die zur Betriebszeit herrschten, lag das Werk Feistritz im Drautal mit rund 3,5 km Straße bis zur Bahn zweifellos von dieser zu weit entfernt, wenn man die bedeutenden Frachtleistungen eines Zementwerkes in Betracht zieht. Auch das Werk Weißenbach hätte sich eine Direktverbindung zur Bahn schaffen müssen, die heute mit einer kurzen Seilbahn zum Industrieleise des Kalkwerkes Gummern möglich wäre. Hier könnte die Ursache des Erliegens in der Unzulänglichkeit der Lagerstätte liegen.

Die Versuche bei Eisenkappel müssen schon vom

vorlagen. Der Rohstoff ist bis zum Ende des Betriebes unterirdisch — mühsam und teuer — gewonnen worden. Als die Rationalisierung der Gewinnung einsetzte, entschloß man sich zur Konzentrierung des Betriebes in Wietersdorf. Man kann also den Übergang zum modernen Steinbruchbetrieb als innere Ursache der Stilllegung des Werkes betrachten.

Die Wietersdorfer Zementwerke Phil. Knoch & Cie., die durch eine Reihe von Jahren als Mitinhaber und spätere Eigentümer der Duritwerke als Wietersdorfer Zement- und Duritwerke Phil. Knoch & Cie. zeichneten, haben sich aus recht bescheidenen Anfängen heraus zu einem beachtenswerten Betrieb entwickelt.

Wenn man versucht, diese Industrieegründung zu rekonstruieren, dann mag die Entdeckung einer starken auf mehrere 100 m gleichmäßigen Portlandmergelbank und das Vorhandensein von Romanmergeln entscheidend gewesen sein. Sehr zu beachten ist dabei, daß man in dieser ersten Betriebsperiode den in mehreren Bänken auftretenden Kalk in einem Kalkofen, der zugleich der Errichtung des Zementwerkes diente, verwertete. Man erzeugte „Naturportlandzement“ in einer verhältnismäßig geringen Schwankungsbreite, wie sie auch später, in der Zeit der Zementnormen, durchaus gestattet war.

Analysen haben gezeigt, daß der Naturportlandmergel aus etwa 41—42 % $\text{CaO} = 77,85 \text{ CaCO}_3$ im Hauptportlandlager, ein „Romanmergel“ jedoch aus 73,74 CaCO_3 bestand.

Bevor wir die weitere Entwicklung der Rohstoff-Nutzung betrachten, sei auf die beim Werk vorhandene Schichtfolge der Kreidemergel verwiesen:

der Wietersdorfer Zementwerke darstellen. In ihren oberen Teilen sind Bänke mit gut gerundeten Quarzgeröllen und schließlich auch feine Foraminiferentone bekannt, die bisher zum Eozän zählten, neuerdings aber von Papp und Küpper jun. noch zur Oberkreide gestellt werden. Die Lücke zwischen Oberkreide und Eozän, ist durch die laramische Gebirgsbildungsphase verursacht und am Nordrand der Vorkommen durch ein anscheinend selbständiges Weitergreifen des Eozäns über das Kreidegebiet hinaus beweisbar; diese Lücke dürfte sich jedoch wahrscheinlich ziemlich einengen lassen.

Von den Schichten des Eozäns sind die Liegendtone mit einem abbauwürdigen Glanzkohlenflöz bergwirtschaftlich interessant. Mit einer recht scharfen faziellen Grenze liegen bei Klein-St. Paul Nummulitenkalke darüber, während am Sonnberg bei Guttaring die Kalke ziemlich tonreich sind. Die Kalke bei Klein-St. Paul werden von den Wieters-



Wietersdorfer Zementwerk.

Hauptbrüche im Kreidemergel, Stand Frühjahr 1953.

Man erkennt die Wechsellagerung von kalkreicheren und kalkärmeren Schichten. Ein alter Stollen aus der Zeit der Naturportlanderzeugung wurde durch den modernen Steinbruchbetrieb angeschnitten.

Das Krappfeld stellt einen schmalen und kurzen Graben in SN-Richtung dar, in dem, tief versenkt, sich Schichten erhalten haben, die im Klagenfurter Becken und seinen Randbergen heute fehlen. Auf Gesteinen des Erdaltertums liegt eine normale Triasfolge. Der Jura fehlt, ebenso die Unterkreide. Mit allen Anzeichen einer Überflutung folgen die Gesteine der Oberkreide. Sie liegen teils in Obertrias auf, teils ist der Einfluß einer Küste aus Schiefen des Erdaltertums (Magdalensbergserie) nachweisbar. In der Hauptsache sind mehr oder weniger kalkreiche Mergel abgelagert worden, die den Rohstoff

der Wietersdorfer Zementwerke als ausgezeichneter Kalkzuschlag abgebaut. Die Vorräte sind außerordentlich groß. Mit diesen Kalken schließt die Schichtfolge. Das Oligozän fehlt in Kärnten vollkommen. In das Miozän werden grobe Schotter gestellt, die bedeutende Hebungen der Saualpe anzeigen und in einigen Teilen des Krappfeldes als unangenehme Überlagerung den Abbau der Kreidemergel unmöglich machen würden.

Die ausgedehnten Steinbrüche der Wietersdorfer Zementwerke gestatten eine Reihe von Einzelbeobachtungen. Der außerordentlich große Mangel an

Versteinerungen hat es bisher verhindert, eine geschlossene, genaue Schichtfolge aufzustellen, doch darf sie aus den noch laufenden Untersuchungen von Papp und Küpper jun. erwartet werden, die die bisher nur ganz vereinzelt beschriebenen, aber nicht ganz seltenen Foraminiferen bearbeiten. Ich hoffe sodann einige Einzelbeobachtungen vorlegen zu können, die von Interesse sein dürften. Beobachtungen aus dem Gebiet der Steinbrüche von Wietersdorf vorwegnehmend, darf ich darauf hinweisen, daß in der vielfach gegliederten Schichtfolge teilweise ein auffälliger Großrhythmus herrscht, der von Kalkkonglomeraten im unmittelbaren Küstenbereich zu gebankten Mergelkalken und schließlich zu vielfach sehr dünnbankigen Kalkmergeln und Tonmergeln, ja selbst zu Tonen führt, die im Stillwasserbereich abgesetzt wurden.

In den Kalkkonglomeraten, die einmal, in der Bank des Bruches 3, mehrere Meter mächtig werden, sind Versteinerungen, die hornförmigen, dicken Brandungsmuscheln (Rudisten) der Oberen Kreidezeit oder ihre Bruchstücke, zeitweise leicht zu sammeln gewesen. Ihre Bearbeitung durch Kühn, Wien, ist im Gange. Auffallend ist die Beimengung von grünlichen, graulichen, manchmal auch rötlich-violetten Schieferstückchen der unmittelbar benachbarten Küste, die fast keine Abrollung zeigen und einen längeren Transportweg auch nicht ausgehalten hätten. Noch auffälliger war das Vorkommen von größeren Geröllen eines lichten Kreidekalkes, der ebenfalls hornförmige Muscheln enthielt. Dieser lichte Kreidekalk war bisher in der Schichtfolge noch nicht nachzuweisen.

Man darf annehmen, daß wir uns am Anfang des Zyklus im unmittelbaren Küstenbrandungsbereich befinden, daß sich hier bereits ältere Kreideablagerungen verfestigt hatten und daß in unmittelbarer Küstennähe das trockene Land aus fast nicht umgewandelten, wahrscheinlich auch nicht gefälten Schiefen des Erdaltertums bestand. Einschüttungen

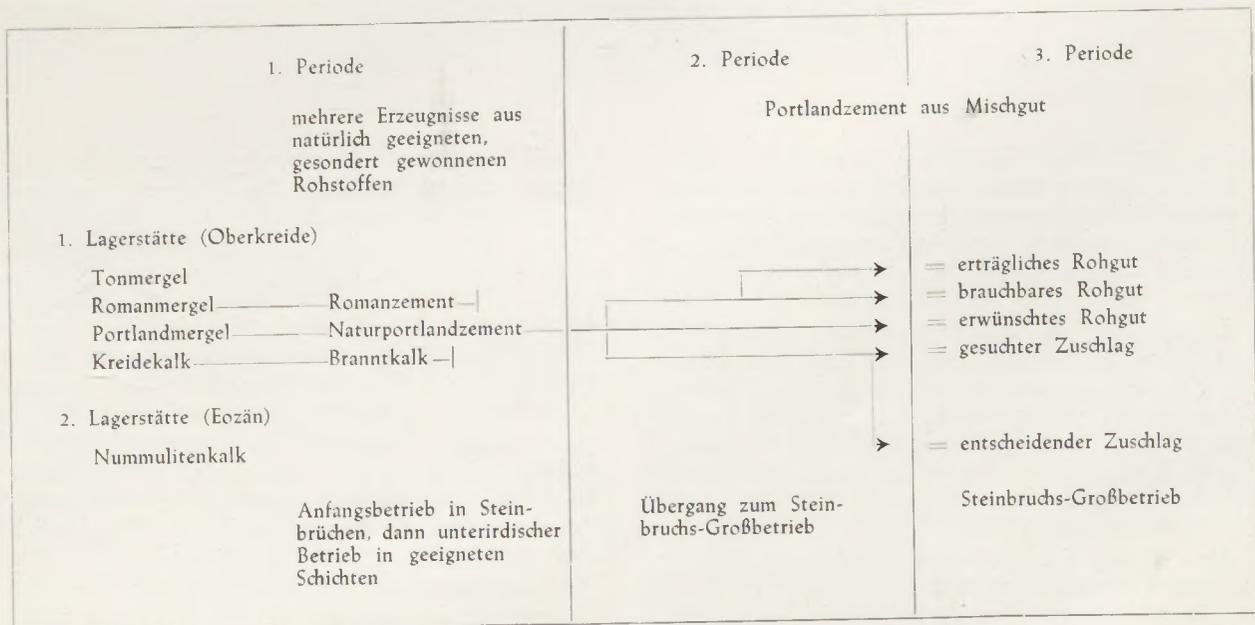
aus größeren Entfernungen sind in diesen Schichten nicht zu beobachten gewesen.

Die darüber liegenden gut gebankten Kalke zeigen in der Stärke der einzelnen Bänke eine wohl nur örtlich geltende Rhythmik, wobei einzelne dickere Bänke das Schichtpaket wenigstens im unteren Teil deutlich gliedern.

Die Aufspaltung einzelner Bänke durch schmale Tonfugen ist mehrfach in der seitlichen Verfolgung zu beobachten. Die alten Schichtfugen sind durch Lösungsvorgänge sehr stark verändert worden und die in ihnen vorkommenden schmalen Tonhäute sind zum größeren Teile Lösungsrückstände. Mit verschieden dicht gestellten und verschieden tief in die Unterbank eindringenden Zapfen (Stylolythen) sind die einzelnen Bänke miteinander verübelt und sind im tektonischen Sinne zu einer dicken, einheitlichen Bank geworden, in der sich die Einzelschichten nur nach Abscherung dieser Zapfen bewegen könnten. Tatsächlich lassen nur die darunter liegenden Küstenkonglomerate verschiedene Bewegungsspuren erkennen.

In den darüber liegenden, verhältnismäßig tonreichen Mergeln ist das Auftreten von Kohlenspreu auf mehreren Schichtflächen bemerkenswert. In diesen Bänken findet man hie und da die Abdrücke, manchmal auch die Schalen von konzentrisch gerippten, für die Kreidezeit sehr charakteristischen Muscheln, den Inoceramen. In den Kreidebänken des Werkes gehören sie anscheinend zu den größten Seltenheiten.

In dem leider durch einzelne Störungen beeinflussten Profil durch die Brüche 1 und 3 erkannte ich vier oder fünf Kalkkonglomerate, von denen allerdings nur das dritte größere Mächtigkeit erreicht. Ebenso sind die über diesem Konglomerat folgenden Kalkmergel die mächtigsten des Profils, während umgekehrt in den tieferen Teilen des Profils die Tonmergel überwiegen.



Aus älteren Untersuchungen von Hans Haberfelner, die mir die Werksleitung freundlichst zugänglich machte, läßt sich eine achtfache rhythmische Wiederholung des Systems: Kalk + Kalkmergel + Tonmergel annehmen. Da aber ein gewisser Wechsel des Einfallens im mittleren Teil des Profils zu erkennen ist, muß eine Besserung der Aufschlüsse abgewartet werden; die Gefahr von Störungen ist in diesem Raum, der sehr nahe dem Görtschitzbruch liegt, sehr groß.

Die Schwierigkeit des Abbaubetriebes lag in der 1. Periode des Werkes in der Gewinnung eines mög-

der, im Bruchbau bedeutende Flächen des Hauptlagers, des Liegendslagers und zweier Hangendlager abbaute. Ein Profil aus dem Ende dieser Periode zeigt, daß man damals die kalkärmeren Mergel durchwegs als Romanmergel bezeichnete und damit wohl schon den Begriff mißverstand.

Der ursprünglich wilde Abbaubetrieb wich bald einer klaren Planung, wobei nur auffallend ist, wie klein man die Pfeiler zum Schutz der Förderstrecken bemaß; 3×3 , ja 3×2 m kommen häufig vor. Ziemlich frühzeitig wendete man auch das System der versetzten Pfeiler an. Von Gebirgsdruck-



Wietersdorfer Zementwerk.

Hauptbrüche im Kreidemergel, Stand Frühjahr 1953.

Infolge der unmittelbaren Nähe des bedeutenden Görtschitztalbruches ist auch die Kreide nicht ungestört. Hier ist eine bedeutende Störung, von links oben nach rechts unten ziehend, erkennbar. Zur Zeit des Naturportlandbetriebes waren solche Verwerfungen, die allerdings recht weiträumig auftreten, höchst lästig.

lichst gleichmäßigen Rohstoffes von richtiger chemischer Zusammensetzung. In der eben kurz geschilderten Schichtfolge lagen außer einigen Romanmergeln auch mehrere Naturportlandmergelbänke, die mit der Gesamtschichtfolge ziemlich flach gegen Westen, also in den Berg fielen.

Der Abbau der Naturportlandbänke entlang dem Hangfuß mag obertags bei dem zunächst kleinen Betriebe möglich gewesen sein, besonders als man in den Anfängen der Zementindustrie auch noch Romanzement aus weniger kalkreichen Mergeln brannte. In dieser Weise dürfte die erste Anlage der großen Steinbrüche entstanden sein, die sich heute am Hangfuß gegen Norden ziehen.

Man mußte sich aber bald entschließen, den gesuchten Portlandmergel untertags abzubauen. Es ist zu einem beträchtlichen Bergbaubetrieb gekommen.

theorien noch ziemlich unbeschwert, unterfuhr man wichtige Sicherheitspfeiler im tieferen Horizont und hat wohl in einigen Strecken Druck bekommen, den man heute vermeiden könnte. Im allgemeinen erwies sich aber das Gestein als sehr standfest; es sollen Hallen bis zu 25 m Spannweite anstandlos gehalten haben. Man hat nicht versucht, die Grenzen der Scholle mit den wertvollen Lagern zu überschreiten und so sind nur geringfügige Sucharbeiten außerhalb von ihr nachzuweisen.

Man entnahm planmäßig der gut aus- und vorgeordneten Scholle den Rohstoff und es ist festzustellen, daß dies mit so geringen Substanzverlusten gelang, daß auch ein modern geführter Abbaubetrieb kaum eine bessere Leistung erzielen könnte.

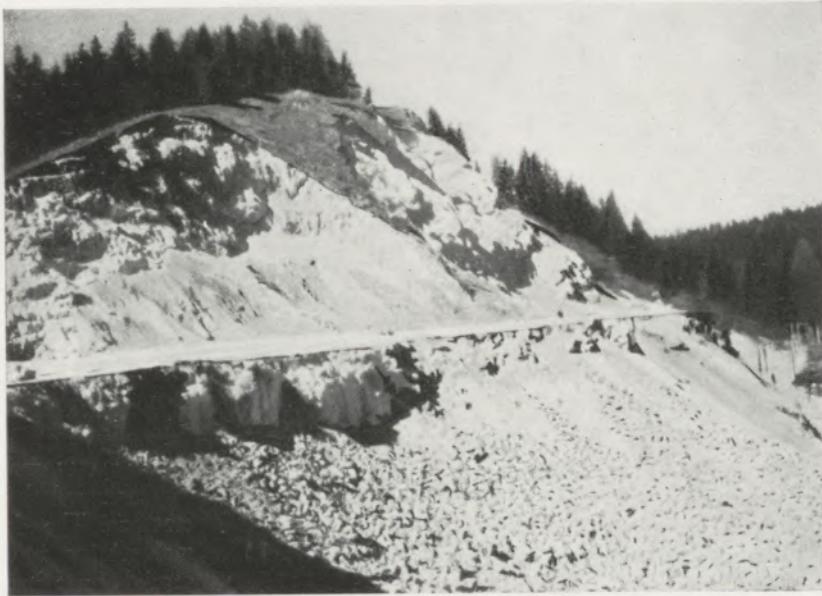
So mag der Schritt zur Modernisierung, zur entscheidenden Verbilligung der Rohstoffgewinnung,

gar nicht leicht gefallen sein. Man mußte dabei ja auch die altgewohnte Erzeugung von Naturportlandzement aufgeben und wie so viele Werke es schon taten, zur künstlichen Mischung des Rohgutes übergehen.

Dies führte erstmals zur höheren Bewertung jener Schichten, für die man bisher keine Verwertung hatte: zum bevorzugten Abbau der Lagerteile, in denen besonders kalkreiche Schichten die Mitverwendung tonreicher Schichtgruppen ermöglichten. Der Romanmergel konnte nun für die Portlandzement-Erzeugung herangezogen werden.

beute nur von einer damals noch ungeklärten Marktlage abhing. Der Vermerk „Mauersteine“ im Profil dort, wo die Kalkbänke einen lagerhaften Stein gewinnen lassen, zeigt, daß man damals für diese Schichten eine ganz andersartige Verwendung suchte. Tatsächlich wurden diese Bänke auch für die Branntkalkerzeugung verwendet.

So ist die geforderte Veränderung in der Lieferung des Rohstoffes infolge der Elastizität der Lagerstätte möglich gewesen, wobei es allerdings zu einigen neuen Brüchen (1—3, 8, 11) im Nordteil des Abbaubetriebes kam, weil hier zwei kräftige Kalkbänder durchziehen.



Wiietersdorfer Zementwerk.

Steinbrüche im Eozänkalk für die Erzeugung des Kalkzuschlages
Stand Frühjahr 1953. Blick nach Norden.

Die untere Etage wurde eben für die Baggerung des Materials abgeschossen. Zu beachten ist die geringfügige Überlagerung des Kalkes, dessen Fortsetzung nach Süden in Felswänden zutage tritt.

Schon nach einer verhältnismäßig kurzen Betriebsperiode in der neuen Richtung ergab sich die Notwendigkeit, die kalkreichen Schichten besonders aufzusuchen, da im Großsteinbruch in der Regel zu kalkarmes Material anfiel.

Hätte die Lagerstätte diesen Anforderungen nicht entsprechen können, dann wäre die Modernisierung der Rohstoffgewinnung und wahrscheinlich damit das Werk gescheitert. Wir erkennen, wie wichtig es ist, in der Lagerstätte eine gewisse Variabilität des chemischen Charakters der einzelnen Schichten zu haben. Beachten wir dabei, daß die Gründer des Werkes den Mergel mit bestimmtem Kalkgehalt suchten, wobei der kalkärmere als Romanmergel ein brauchbarer Rohstoff war, dessen Aus-

Die entscheidende Leistungssteigerung des Werkes, die durch den Drehofenbetrieb eintrat, zeigte jedoch die Notwendigkeit, stets die genügende Kalkmenge zur Erhöhung des Kalkgehaltes im gewonnenen Mergel zur Verfügung zu haben.

Diese Entwicklung führte zu den Abbauen im Eozänkalk auf den Höhen westlich von Klein-Sankt Paul und leitete damit eine neue Periode ein: zu den bisher abgebauten Lagerstätten der Kreidekalke und -mergel trat eine neue, erfreulich große Kalklagerstätte hinzu. An und für sich sind diese Kalke ungemein rein, sie sind aber in den derzeit noch gewonnenen oberen Schichten von zahlreichen Klüften durchsetzt, in die von oben Roterden als Überreste einer tertiären Verwitterung eingeschwemmt worden

sind, die den Kalkgehalt des gewonnenen Rohstoffes geringfügig herabsetzen.

Wieder hat sich in der Entwicklung des Werkes ein entscheidender Schritt tun lassen, weil die natürlichen Bedingungen es zuließen: das Vorhandensein einer hochwertigen Kalktafel in wirtschaftlicher Nähe des Betriebes enthebt diesen der dauernden Sorge um einen zureichenden Kalkzuschlag und vermeidet damit einen Engpaß; die Entwicklung des Werkes ist, von der Rohstoffseite gesehen, völlig ungehindert, zumal eine vorausschauende Betriebsleitung rechtzeitig die notwendigen Grunderwerbungen vornahm.

Wenn wir die Entwicklung dieses Werkes überblicken, sehen wir, wie sich die Anforderungen an die Rohstofflagerstätte verändern, zunächst der Menge nach, so daß ein unterirdischer Abbau auch bei guter Planung den Anforderungen kaum nachgekommen wäre. Wir sehen, daß die maschinelle Entwicklung im Steinbruchbetrieb es nicht mehr gestattete, einzelne, allerdings hervorragend gute Schichten, einzeln auszubeuten, sondern zu einem Mischgut führte, dem Kalk zuzusetzen war. Wir sehen, wie durch die Forderung einer stets vorhandenen Kalkreserve ohne Rücksicht auf die Größe des Abbaues die Grenzen der Leistungsfähigkeit einer Lagerstätte erreicht wurden und nur durch günstige natürliche Verhältnisse die Eröffnung eines neuen Kalkstein-Großbruches ermöglicht wurde, der dem Werk neuerlich die volle Entwicklungsfähigkeit sicherte.

So zeigt die Entwicklung der Wietersdorfer Zementwerke deutlich, wie eine ursprünglich sorgsam ausgesuchte und den Anforderungen voll entsprechende Lagerstätte im Wandel der industriellen Entwicklung unzureichend wurde. Wenn in solchen entscheidenden Augenblicken die Werksleitung nicht die notwendige Wendigkeit besitzt, steht die Erzeugung des Rohstoffes bald an der Obergrenze ihrer Leistung. Dies ist bei stark rohstoffbedingten Betrieben nicht selten zu beobachten.

Im Laufe der Betriebsjahre des geschilderten Werkes haben sich die Anforderungen an das Erzeugnis, den Portlandzement, gesteigert und der Romanzement ist weggefallen. Die Mengensteigerung griff in die Lagerstätte ein. Diese war erfreulicherweise groß genug, und die notwendig werdende Ergänzung durch eine Lagerstätte von reinem Kalk war in unmittelbarer Nähe möglich.

Die ursprünglich hervorragende Güte des Naturportlandmergels, die infolge der gesonderten Entnahme vom Werke voll ausgenützt werden konnte, wich im modernen Steinbruchbetrieb einem Mischgut das, in seiner Zusammensetzung wechselnd, eine entsprechende chemische Kontrolle und Führung des Brenn-, Vorrats- und Mahlbetriebes notwendig machte. Wie immer sank auch hier im Großabbau die Durchschnittsgüte der Förderung. Diese Erscheinung ist überwindbar, wenn die notwendigen stofflichen Ergänzungen möglich sind.

Da die Entwicklung eines Werkes, wie man es an diesem Beispiel erkennt, ursprünglich nicht geahnte

Richtungen annehmen kann, sollte seine Lagerstätte sowohl ihrem Vorrat und leichten Auswertbarkeit, als auch ihrer chemischen Zusammensetzung nach so großzügig als nur möglich sein, denn trotz aller Leistungen der Betriebsführung ist bei so rohstoffbedingten Werken letzten Endes die Nutzbarkeit der Lagerstätte die entscheidende Komponente.

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Kärntner Zementindustrie gibt ein gutes Beispiel für das Überleben des Betriebes mit vorzüglicher Rohstoffgrundlage: Wietersdorf hatte neben einer günstigen Lage ursprünglich hervorragende Portlandmergelbänke zur Verfügung, die der vergrößerte Betrieb aber bald unterirdisch abbauen mußte. Der Übergang auf den billigeren Steinbruchbetrieb brachte die Verschlechterung des Rohstoffes durch mitgewonnene tonreiche Mergel; es entstand die Suche nach Kalkbänken; später wird durch zusätzliche benachbarte Kalkbrüche die volle Betriebsfreiheit wiedererlangt. Je elastischer die Lagerstätte ist, um so leichter wird die Anpassung des Werkes an modernste Betriebsmethoden.

Summary

The development of the Carinthian cement industry is a good example of the survival of the works that have as basis an excellent raw material. Aside from their favorable location, the Wietersdorf works disposed, from the beginning, of Portland marl banks that yielded an excellent raw material. The expansion of the works necessitated the change to underground mining operations. The change to the more economical open cast mining involved a deterioration of the raw material, as it brought about an increase of the clay content of the marl. Thus the search for limestone banks set in. Later on, limestone banks in the vicinity restored the freedom of operation. The more flexible the supply of raw material, the easier the adaption of the works to the most modern operating methods.

Résumé

L'essor de la cimenterie en Carinthie donne l'exemple de la vitalité des usines se basant sur des matières premières excellentes; outre une situation avantageuse la cimenterie de Wietersdorf disposait primitivement des gisements importants des marnes Portland, mais l'agrandissement de l'installation nécessitait bientôt l'exploitation au fond.

Par la transition à l'exploitation poussée et plus économique des carrières la qualité des matières fut détériorée par la marne argileuse extraite en même temps. La recherche de nouvelles couches calcaires devint nécessaire. Plus tard des carrières séparées situées dans les environs permettaient de reprendre les mêmes conditions de service. — L'existence des gisements riches en diverses matières premières exploitables rendent possible l'adaption des méthodes les plus modernes d'opération par l'usine.

LIT eod

Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen*

Eine Einführung zur Karte 1:500.000 der Erz- und einiger Mineral-Lagerstätten

Von O. M. Friedrich

(Erläuterungen zur Lagerstättenkarte; Übersicht über die Vorkommen und deren lagerstättenkundliche Stellung.)

(Explanations to the map of mineral deposits; Review of the occurrences and their locations within the general system of mineral deposits.)

(Explications de la carte de gisements; aperçu sur les gisements.)

„Die Ostalpen sind reich an armen Lagerstätten“; dieser Spruch ist unseren Bergleuten nur zu geläufig, denn sehr groß ist deren Zahl und doch sind davon nur wenige unter den heutigen Verhältnissen bauwürdig. Wie groß aber die Zahl tatsächlich ist, davon macht man sich solange keine richtige Vorstellung, bis man darangeht, sie systematisch zu ordnen und kartenmäßig zu erfassen.

Da nun eine Lagerstättenkarte eine Fülle von Einblicken in großräumige Zusammenhänge gibt, andererseits Lücken in unserer Kenntnis klar aufzeigt und somit anregt, wo neue Untersuchungen etwa anzusetzen wären, entschloß ich mich zur Tagung 1953 eine solche Karte vorzulegen. Sie soll eine möglichst vollständige Unterlage geben für Aussprachen über viele Probleme der ostalpinen Vererzung. Deshalb soll sie die Vorkommen tunlichst lückenlos erfassen und auch den Bau des Gebietes der jeweiligen Lagerstätte in seinem großen Rahmen erkennen lassen. Eine solche Karte kann dann neben dem rein wissenschaftlichen Wert auch dem praktischen Bergbau insofern helfen, als sie es ermöglicht, Bereiche abzugrenzen, die lagerstättenhöflich gegenüber solchen, die als erd-leer anzusprechen sind. Dadurch könnten unter Umständen geophysikalische Untersuchungen angeregt werden, um solche Hoffungsgebiete näher zu erforschen und andererseits vermeiden helfen, solche kostspielige Arbeiten an ungeeigneten Punkten anzusetzen.

In diesem Sinne sind auch die nachstehenden Begleitworte der Karte gedacht: Sie sollen zunächst zeigen, welche Lagerstättentypen in den Ostalpen überhaupt vertreten sind, welche davon häufig vorkommen oder bergbaulich wichtige Großlagerstätten bilden, ferner ob und welche Lagerstätten gerade für unsere Verhältnisse etwa besonders typisch sind. Hingegen sind abschließende genetische Erörterungen nicht beabsichtigt, wenngleich sich gewisse Schlüsse beim Beschäftigen mit einer so großen Zahl von Lagerstätten gewissermaßen von selbst ergeben. Hingegen soll der heutige Stand unserer Erkenntnisse überblickt werden, bisherige Ergebnisse seien besprochen und auf viele noch offenstehende Fragen möge hingewiesen sein, um zu zeigen, wieviel noch zu erarbeiten wäre, bevor wir eine wirklich gesicherte, genetische Deutung der ostalpinen Vererzung geben können.

Jede Lagerstätte hängt mit ihrer Umgebung zusammen, mit dem tektonischen Bau, mit ihren Gesteinen und mit ihren oft sehr kennzeichnenden Stoffwechselfvorgängen. Die Minerale einer Lagerstätte sind schließlich nur Teile der Mineralisation des ganzen Gebietes. Deshalb sollen in den weiteren Aufsätzen dieses Festheftes auch Forscher zu Wort kommen, die sich von ihrem Standpunkt äußern, so daß etwa die Aufsätze von Angel, Clar, Exner und Meixner zusammen mit der Lagerstättenkarte ein abgerundetes Bild unseres heutigen Wissens um die Mineralisation der Ostalpen geben mögen, auf das spätere Arbeiten dort weiterbauen können, wo wir heute stehen.

I. Die Entwicklung der neuen Lagerstättenkarte

Vor nicht allzu langer Zeit noch hatte man jede Lagerstätte als Ding für sich betrachtet, losgelöst aus dem geologischen Verband. Jedes größere Vorkommen bot eine solche Fülle von Einzelheiten, so daß unendlich viel Beobachtungsmaterial zusammengetragen wurde. Aber bald schon stellte sich die Frage ein, wie weit bestimmte Lagerstätten zu einheitlichen Gruppen zusammengehören und man begann sie systematisch zu untersuchen.

Allen voran ist da der Altmeister unserer Lagerstättenkunde F. Posepny (107) zu nennen, der zuerst ganze Bergbaugruppen in klassischer Form untersuchte, so etwa die Goldlagerstätten der Tauern oder die Kupferlagerstätten des Kitzbüheler Gebietes.

Eine erste Lagerstättenkarte auf geologischer Grundlage stammt von einem unbekanntem Verfasser und zeigt im Maßstab etwa 1 : 107.000 die „im Jahre 1847 im Betrieb stehende Bergbaue Tyrols, geordnet nach den sieben Bergerichts-Substitutionen“. Von den vermutlich einst vorhandenen zehn bis zwölf Blättern erhielt ich kürzlich fünf noch erhaltene von Kollegen Perz. Sie zeigen nicht nur die schon bekannten Lagerstätten, sondern beispielsweise unter den Nordtiroler Bleizinklagerstätten allein 14, die auf keiner sonstigen Karte aus neuerer Zeit eingetragen sind oder sonst wie namentlich aufscheinen. Darüber hinaus sind rein geologisch so viele Einzelheiten in dieser Karte dargestellt, beispielsweise Marmore und Serpentine der Schieferhülle bzw. der Matreierzone, daß man sich wundern muß, daß diese Dinge damals bereits bekannt waren.

Trotzdem war für eine regionale Überschau die Zeit noch nicht reif. Es war notwendig, daß sowohl

* Die Karte befindet sich auf der dritten Umschlagseite

die Verhältnisse in den einzelnen Lagerstätten erkannt und festgehalten wurden, wie vor allem aber, daß der geologische Rahmen dazu erst geschaffen werden mußte. Denn unsere Anschauungen über die Genese der Lagerstätten sind mit den jeweiligen Theorien über die Gebirgswerdung der Ostalpen innig verbunden.

Und noch etwas anderes spielte eine große Rolle: Zu den Zeiten, in denen die einzelnen Bergbaue noch betrieben oder zumindest noch bauhaft gehalten wurden, waren die wenigen wissenschaftlich tätigen Bergleute so sehr mit Gutachten, Planungen und Beratungen an den vielen Lagerstätten beschäftigt, daß sie gar nicht Zeit fanden, systematisch an eine regionale Erforschung heranzugehen. Wir können heute immer wieder nur staunen, wie ausgezeichnete Beobachter unsere Vorfahren waren und müssen ihren Eifer bewundern, mit dem sie oft die scheinbar nebensächlichsten Kleinigkeiten festhielten, die sie oft nicht deuten konnten; für unsere heutigen Überlegungen geben sie aber oft die wertvollsten Fingerzeige. Mit welchem Spürsinn richteten sie verworfene Lagerstättenrümpfer aus und verfolgten Ausbisse über Berg und Tal. Ihr Streben und ihre ganze Arbeit waren dem damaligen Zeitgeist entsprechend, vor allem auf die Tiefe gerichtet, während wir heute gezwungen sind, oberflächlich im ursprünglichsten Sinne zu arbeiten und dafür in die Breite zu gehen, da wir ja die allermeisten Gruben verfallen vorfinden, uns nur nach dem allgemeinen geologischen Bild, nach mehr oder minder spärlichen Haldenfunden, Museumsstücken, den überlieferten alten Berichten, Gutachten und Grubenkarten ein mehr oder weniger zutreffendes Bild der einzelnen Lagerstätte machen können.

Es folgte dann ein Abschnitt in der Erforschung unserer Lagerstätten, in der man ziemlich hemmungslos einfach ein benachbartes Erstarrungsgestein als Erzbringer ansprach, ohne regionale Zusammenhänge zu beachten. Aber bereits damals hoben sich gemeinsame Züge bestimmter Lagerstättengruppen heraus, so der „nördliche Eisenspatz“ und gegensätzlich dazu der „südliche“, also jener von Turrach — Hüttenberg — Waldenstein. Um diese Erkenntnis hatten sich namentlich P. Tunner und Hörhager verdient gemacht.

Als die Deckentheorie aufkam, machte B. Granigg (55) den Versuch, die Vererzung der Ostalpen unter diesem Gesichtspunkt zu betrachten. Wenn wir seine Erkenntnisse heute auch nicht mehr teilen, so war es immerhin der erste Versuch einer einheitlichen großräumigen Übersicht, auf der dann W. Petrascheck weiterbauen konnte (103). Dieser betonte, daß die Eisenspat- und die Magnesitlagerstätten einem genetisch zusammengehörigen Vorgang entsprechen und daß darüber hinaus noch ein überaus großer Anteil an Erzvorkommen dieser jungen, jedenfalls alpidischen Vererzung zuzuzählen sei.

Nach dem ersten Weltkrieg begann A. Tornquist verschiedene Lagerstätten erzmikroskopisch durchzuarbeiten und hängte deren Vererzung an verschiedene, meist junge Ergußgesteine. Ich erkannte verschiedene Mängel dieser Arbeitsweise und ent-

schloß mich, systematisch einzelne Gebiete und Gebirgsgruppen durcharbeiten. Dabei ergab sich zwangsläufig, daß gewisse Lagerstätten geschlossene Gruppen bilden, die unter sich enge verwandt, sich von anderen gesetzmäßig unterscheiden. So trennte ich die Goldlagerstätten von Schellgaden von den Tauerngoldgängen ab und stellte sie diesen als eigenen Typus gegenüber.

Zwangsläufig ergaben sich bei dieser Arbeitsweise Beziehungen zwischen Vererzung und den Stoffwechselfvorgängen bei der Metamorphose, andererseits zwischen Vererzung und der Tektonik. Auf die ersten kam E. Clar von der geologisch-gesteinskundlichen Seite her, so daß wir schon 1933 in einer kurzen Notiz darauf hinweisen konnten (20). Namentlich E. Clar hat diese Beziehungen seither ganz wesentlich vertieft (17, 18a).

Um die Wende der Zwanziger- und Dreißigerjahre erschienen zwei Arbeiten, die sich mit der Verbreitung der Elemente Nickel und Kobalt (Hießleitner) (62) und Arsen (Czermak-Schadler) (29) in den Ostalpen befaßten. Sie zeigten ebenfalls wichtige Zusammenhänge auf, ließen andererseits doch auch gewisse Unsicherheiten dieser Arbeitsweise erkennen, die beispielsweise darin liegen, daß ein Element, etwa Nickel, einmal in den Gliedern der alpidischen Hauptvererzung weit verbreitet ist z. B. Zinkwand, Mitterberg, dann aber auch ganz verschieden davon etwa als Pentlandit in Magnetkies der Ultrabasite vorkommen kann (Pfeifenbergeralm, Hirt, Kraubath).

Da vorwiegend durch eigene Arbeiten am Tauern-Ostrand die Vererzung gerade dieses Gebietes einigermaßen gut bekannt war, konnte ich zum Bergmannstag, Leoben 1937, darüber einen Überblick geben und auf Zusammenhänge mit Metamorphose und Tektonik hinweisen (43). Die früher bekanntgemachten großräumigen Lagerstättenkarten befriedigten vor allem deshalb nicht, weil nur ein ganz geringer und dazu meist noch willkürlich ausgewählter Teil der Lagerstätten darin aufgenommen ist. Auch ist der geologische Untergrund dieser Karten meist recht dürftig, so daß vorhandene Beziehungen zum Großbau darin kaum aufscheinen. Die in (43) vorgelegte Karte ging bewußt eigene Wege, indem sie sich auf einen Teilabschnitt (Tauernostende) beschränkt, dafür aber trachtet, in diesem alle bekanntgewordenen Lagerstätten zu erfassen und in einem der Vetter'schen Karte entnommenen geologischen Untergrund darzustellen.

Die damals gewählte Gruppeneinteilung hat sich seither bewährt, wurde zwar inzwischen weiter ausgebaut, konnte aber in den Grundzügen auch diesmal übernommen werden. Das gleiche gilt für den Begleittext. Auch bei diesem können viele angeschnittene Fragen, wie jene über Anordnung im Großraum, Zonenfolge, Höfe, Einfluß tektonischer Linien usw. durchaus noch als gültig angesehen werden.

Als nach dem Anschluß 1938 reichlich Mittel und Mitarbeiter für diese Untersuchungen verfügbar waren, faßte ich die Lagerstätten in eine Karte zusammen, die den ganzen Raum der Ostalpen umfaßt. Sie hatte allerdings nur die topographische General-

stabskarte 1:200.000 als Unterlage, doch beabsichtigte ich schon damals, den geologischen Untergrund dazu zu geben. Als nach dem Krieg das Bundesamt für Vermessungswesen die sogenannten Arbeitskarten im Maßstab 1:200.000 herausbrachte, entschloß ich mich, diese als Unterlage für eine Lagerstättenkarte der Ostalpen zu verwenden und die Lagerstätten aus meiner früheren rein topographischen Karte in diese zu übertragen. Von zahlreichen Fachkollegen, denen ich im Laufe der Jahre meine Karte vorweisen konnte, wie Huttenlocher, Niggli, Ramdohr, Schneiderhöhn u. v. a. ermuntert, entschloß ich mich, zur Tagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft 1953 in Steiermark und Kärnten diese Karte vorzulegen.

Karte übertrug ich die Lagerstätten aus meiner früheren Übersichtskarte. Von diesem Original zeichnete ich die Matrize für den Druck. Bei diesem wurde die Karte dann wieder auf den ursprünglichen Maßstab 1:500.000 verkleinert, um sie nun direkt mit der Vetter'schen Karte vergleichen zu können. Dies halte ich für viele Fragen für vorteilhaft. Nur durch dieses sehr umständliche und zeitraubende Verfahren war es aber möglich, die Lagerstätten wirklich möglichst vollzählig und dort einzutragen, wo sie tatsächlich liegen.

Eine kartenmäßige Darstellung im gewählten Rahmen wäre nicht durchführbar gewesen, wenn nicht schon von vielen Seiten brauchbare Unterlagen zusammengetragen worden wären. Dankbar gedenke



Abb. 1

Tektonisches Geröll, „Walze“ im Talk des Rabenwaldes.

Abbaufeld der 2. Sohle Nord, Mühlederschacht, Talkumwerke Naintsch. Eine Walze ist durch die Strecke angeschnitten, unter ihr liegt eine zweite mit der Spitze rechts hinter dem Stempel im Vordergrund. Der darüberliegende Talk, links oben im Bild, ist stark gestaucht

Als geologische Unterlage wählte ich die Vetter'sche Karte, herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt, die dies in dankenswerter Weise gestattete. Die Gründe, welche für diese Karte maßgebend waren, erörtert Kollege E. Clar nachfolgend.

Um sie möglichst fehlerfrei für den vorliegenden Zweck umzuzeichnen, habe ich sie mit einem Leica-Reproduktionsgerät in 150 Teilaufnahmen, die je ein Spezialkartenblatt umfassen, auf den Maßstab der Arbeitskarten, also von 1:500.000 auf 1:200.000 vergrößert. Da aber für unsere Zwecke die Vetter'sche Karte zu viele Ausscheidungen enthält, die den Druck enorm verteuert haben würden, wurden diese Teile in der Vergrößerung weggelassen, wobei ich mich vieler Ratschläge des Kollegen Clar erfreuen durfte. In die so erhaltene vereinfachte geologische

ich hier der Hilfe, die mir die Arbeiten des Altmeisters der alpinen Lagerstättenlehre, Bergrat F. Posepny boten. Zu nennen sind ferner B. Hacquet, dessen Reisebeschreibungen eine Fülle bergmännischer Notizen enthalten, Canaval, Fugger, Gasser, Hauer-Fötterle, A. Kern, Redlich, Rochata usw. Ungemein wertvolle Hinweise verdanke ich auch dem topographisch-statistischen Lexikon der Steiermark von J. A. Janisch, Graz 1878—1885, der vorzüglichen Darstellung Klebelsbergs in seiner Geologie Tirols. Nicht minder wertvoll aber sind die bergbaugeschichtlichen Werke von Srbik, Wiessner und Fröh.

Faßt man eine Lagerstättenkarte ab, muß man zuerst festlegen, welche Lagerstätten man in sie einzutragen gedenkt. Die Grenze wurde hierbei so gezogen, daß möglichst alle Vorkommen aufgenommen

wurden, die bergmännisch bebaut oder zumindest beschürft worden sind. Rein mineralogische Vorkommen sind daher nicht eingetragen, ausgenommen einige Fundpunkte, die das allgemeine Bild abrunden und ergänzen; sie werden aber als solche ausdrücklich genannt. Auf diese geht ja H. Meixner in seinem Aufsatz ein.

II. Zur Ausscheidung der Lagerstättengruppen

Die Lagerstätten eines so großen und so reich vererzten Raumes sind naturgemäß sehr reichhaltig. Streng genommen entspricht kaum eine völlig einer anderen. Andererseits sind die Ausscheidungsmög-

zu, die, ohne daß man jedes einzelne kennt, kaum richtig zwischen den „alpinen Kieslagern“, heischthermalen Cu-Fe-Lagerstätten usw. aufzuteilen sind. Zweifellos wird sich da ergeben, daß manche Lagerstätte besser in eine andere Gruppe eingereiht worden wäre.

Andererseits ist es nicht möglich, die ausgeschiedene Typenzahl zu sehr zu erhöhen. Dadurch ist es nicht vermeidbar gewesen, verschiedenartiges in eine Gruppe zusammen zu pressen. Ein solcher Fall liegt beispielsweise bei den Magnesit-Talk-Asbestlagerstätten vor. Hier hätten bei den Magnesiten einerseits die eisenarmen, oft mit Talk vergesellschafteten



Abb. 2

Kugelige tektonische Gerölle, die beim Abbau herausgeschält wurden. Blick in den alten Wiedenhofer Tagebau. Talkbergbau Rabenwald.

lichkeiten auf einer Übersichtskarte sehr beschränkt; so daß man die Vorkommen zwangsläufig in Gruppen zusammenfassen muß. Aber schon dabei erkennt man, daß es nicht ohne Zwang abgehen kann. Wohl wird man gewisse, gut bekannte Lagerstätten an die Spitze der einzelnen Gruppen stellen, so etwa die Tauerngoldgänge, die CoNi-Gänge der Zinkwand, die metasomatischen Eisenspatlagerstätten, die Bleizinklagerstätten der Kalkalpen, die Kupfererze Mitterbergs und von Schwaz usw. Aber schon bei selbst gut bekannten ähnlichen Gliedern ergibt sich durch Übergänge immer wieder die Frage, ob das betreffende Vorkommen noch in diese oder in eine andere Gruppe einzureihen ist. Noch viel schwieriger wird dies bei den vielen anderen Vorkommen, die weder neu bearbeitet noch im Literaturverzeichnis hinreichend genau beschrieben sind. Insbesondere trifft das für viele Kupfererzvorkommen der Zentralalpen

Glieder abgetrennt werden müssen, von den eisenreichen, die über Breunnerit zu den Eisenspatbauen überleiten. Dann bilden die Talklagerstätten etwa vom Typus Rabenwald eine eigene Gruppe, die mit den eisenarmen Magnesiten so nahe verwandt ist, daß man sie kartenmäßig nicht trennen kann. Dies zeigt etwa das Vorkommen von Oberdorf a. d. Laming, das von einer Firma auf Magnesit, von einer anderen auf Talk bebaut wird! Eine weitere Untergruppe bilden die Talklagerstätten in und um Serpentin, wieder verschieden, ob tauernmetamorph (Schellgaden) oder nicht (Hirt). Die Hornblendasbestvorkommen um tauernmetamorphe Serpentine etwa der Schieferhütte (Laderding/Hofgastein, Peitler bei Rennweg) bilden eine andere Gruppe für sich, auf vielen Vorkommen aber mit der vorigen verfließend (Fusch, Mittersill). Wieder etwas anderes ist das Chrysotilasbestvorkommen vom Hochgrößen.

Es mußten also sieben Lagerstättentypen durch ein einheitliches Zeichen dargestellt werden. Dafür wollen wir in den nachfolgenden Typenbeschreibungen sie wenigstens textlich auseinanderzuhalten trachten.

Die regionale Bearbeitung der Lagerstätten eines so großen Gebietes, wie es die Ostalpen darstellen, muß auf viele Bausteine gegründet sein, die von vielen Bearbeitern und in jahrzehntelangem Mühen zusammengetragen worden sind. Wollte man warten, bis alle Lagerstätten dieses Gebietes modern bearbeitet sind und erst dann eine Übersicht geben, so würde man kaum jemals zu einer solchen kommen. Andererseits zeigt eine Zusammenfassung unseres gegenwärtigen Wissens, wieviel schon geschaffen ist, wo weitere Arbeiten dringend angesetzt werden müßten, um Lücken zu füllen und Irrtümer zu beseitigen. Auch wird wissenschaftliches Arbeiten immer wieder durch das Lehrgerüst der Theorien gefördert, diese müssen aber durch die jeweiligen neuen Erkenntnisse überprüft, geändert, erweitert oder auch verworfen und durch bessere ersetzt werden.

Wir wollen daher die vorhandenen Lagerstätten zunächst übersichtlich ordnen und gliedern, ihren Metallinhalt und ihre Mineralgesellschaften miteinander und mit den Gesteinen und dem Gebirgsbau vergleichen, um schließlich ein allgemeines Bild über die Genesis dieser Lagerstätten zu erhalten.

III. Übersicht über die Lagerstättengruppen der Ostalpen

Um die Lagerstätten zu ordnen, werden sie nachfolgend zu Gruppen zusammengefaßt. Diese entsprechen soweit als irgend möglich der Systematik, die H. Schneiderhöhn (97) seinen Kurzvorlesungen zugrundegelegt hat. Dabei wollen wir die in der Karte mit einem Zeichen dargestellten Übergruppen voranstellen und sie in Untergruppen getrennt besprechen.

114
114a

71

Damit wir uns ein Bild machen können, wie verbreitet die einzelnen Gruppen sind, will ich auch jeweils angeben, wieviele Lagerstätten etwa in die jeweilige Gruppe fallen und auch betonen, ob die betreffende Gruppe bergmännisch wichtig war und ob noch heute darauf Bergbau umgeht. Es ist klar, daß sich diese Zahlen ändern in dem Maß, in dem sich unsere Kenntnisse mehren, aber ein erster Anhaltspunkt ist damit doch gegeben. Es wurden etwa 1400 Lagerstätten erfaßt. Die Lagerstätten der Schweiz beziehe ich in diese Übersicht nicht ein, da dort ja H. Huttenlocher (62a) im selben Sinne wirkt. Über die Lagerstätten in Italien war mir nur sehr wenig bekannt geworden, hingegen habe ich die Lagerstätten Südtirols möglichst zu erfassen getrachtet. Von den in Südslawien liegenden Lagerstätten des Ostalpenraumes sind wohl nur die größeren und bekannteren eingetragen, darüber hinaus jene in der ehemaligen Untersteiermark und in den von Kärnten abgetrennten Gebieten etwas reichlicher vertreten. Die nach 1919 erfolgte Umbenennung sehr zahlreicher Orte erschwerte eine solche Erfassung sehr erheblich, auch hemmten die bekannten Reise-schwierigkeiten jede Übersichtsbegehung, so daß hier eine Vollständigkeit weder angestrebt noch im ent-

ferntesten auch erreicht wurde. Immerhin lassen die eingetragenen Vorkommen die Grundzüge der Erzverteilung in diesem Gebiet bereits hinreichend erkennen.

A. Lagerstätten der magmatischen Abfolge

a) Chromit in basischen Gesteinen

Chromit wurde bei uns nur in den beiden steirischen Serpentinegebieten von Kraubath und am Hochgrößen abgebaut bzw. beschürft. Bei Kraubath liegen die typischen Schlieren, Platten usw. vor; sie wurden

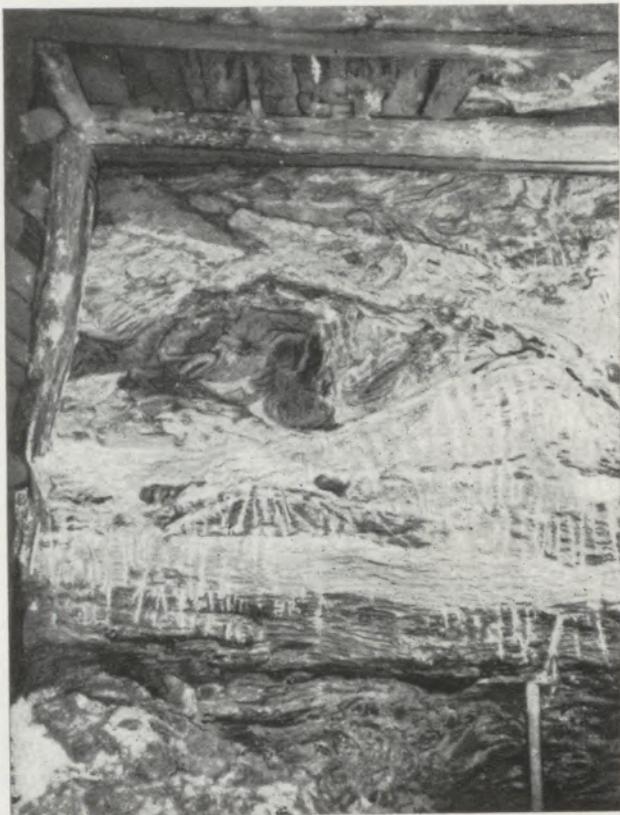


Abb. 3

Tektonisches, linsiges Geröll, in sich stark gestaucht und feingefaltet. Almbiaslgrube, Talkumwerke Naintsch, Aufhauen vom 1. Nordschlag des Glückaufstollens.

Mitte des vorigen Jahrhunderts teilweise abgebaut, sind aber doch zu klein und absätzig. Es sind drei Hauptvorkommen eingetragen, doch wurde an zahlreichen weiteren Stellen geschürft.

Am Hochgrößen tritt der Chromit weniger in derben Massen auf, als vielmehr verteilt im Serpentin, auch ist die Lage fruchtlich sehr ungünstig.

Hiebleitner (61) bespricht dieses Vorkommen kurz.

b) Magnetit in basischen Gesteinen (Diabase).

Diese Gruppe ist nur in den ganz unbedeutenden Vorkommen der Platte bei Graz und in einem analogen bei Bleiburg, möglicherweise auch im Sausal vertreten.

c) *Liquide sulfidische Entmischungs-segregate.*

Meist unter dem Kartenzeichen für „Kieslagerstätten verschiedener Art“ (ein stehendes Dreieck) ausgeschieden.

1. Das örtlich reichlich Pentlandit enthaltende Magnetkiesvorkommen von der Pfeifenbergeralm im Murwinkel und ein ähnliches bei Redlschlag können

entmischungen zurückzuführen sein, beispielsweise Giggler Tobel in den Ötztalern, Kleinlobming, Oswaldgraben bei Kainach, Schaffergaben bei Pusterwald, Utschgraben bei Bruck. Auch sie sind durch die entsprechenden Metamorphosen, die für mehrere der obgenannten der Gleinalmkristallisation Angels entsprechen, weitgehend umgebaut worden. Diese Lagerstätten sind mit dem Zeichen „Kieslagerstätten verschiedener Art“ dargestellt.



Abb. 4

Stark gefaltete und gestauchte Stirne eines Talklagers unmittelbar über dem liegenden Bändergneis, der das untere Bild Drittel innehat. Lichte und dunkle Talklagenwechsel in dünnen Lagen. Talkbergbau Rabenwald, Talkumwerke Naintsch, Tafelmeistergrube, Tagebaustollen 2.

als Vertreter dieser Gruppe genannt werden. Beide liegen im Serpentin.

2. Aber auch ein Teil der an Prasinite und andere Grünschsteine des Tauernhüllbereiches gebundenen „alpinen“ oder „metamorphen“ Kieslager etwa vom Typus der Großarler führt gar nicht selten Pentlandit. Es ist möglich, daß ein solcher sulfidischer Keim durch die darüber hinweggegangene Metamorphose der Tauernkristallisation weitgehend umgelagert, durch neue Zufuhr vergrößert und im Mineralbestand verändert wurde. Ich komme später noch auf diese Gruppe zurück.

3. Ebenso dürften verschiedene Kiesvorkommen in Amphiboliten der Kristallinzonen auf solche Kies-

d) *Kontaktlagerstätten.*

Kontaktlagerstätten fehlen in weiten Gebieten der Ostalpen; vor allem sind solche im ganzen Nordteil und im Tauernraum unbekannt. Lediglich in Südtirol und an den Periadriatikern sind Vertreter dieser Gruppe entwickelt. Wir kommen später noch auf diese durch den Alpenbau bedingte Erscheinung zurück.

Echte Kontaktlagerstätten liegen in Südtirol vor allem in den Bergbauen des Pfundererberges und in den diesen entsprechenden Lagerstätten, beispielsweise Villandersalm, Kaltwasser, Samalpe usw. vor. Die sie erzeugenden „Klausenite“ dürften mit den periadriatischen Granit- und Tonalitintrusionen

(Adamello, Ifinger, Brixen usw.) vergleichbar sein (Klebensberg (74), S. 273).

Ein Teil der an den Tonalitporphyrit des Iseltales gebundenen Lagerstätten (siehe Gruppe 5) ist kontaktmetasomatischer Art, so etwa Schlaiten. Diese kontaktmetasomatischen Lagerstätten sind in der Karte in die Gruppe der heißhydrothermalen Vorkommen einbezogen, da sie sonst schwer unterzubringen waren und genauere neue Bearbeitungen über sie nicht vorliegen.

e) Pegmatisch-pneumatolytische Lagerstätten.

1. Am klarsten ist die pegmatitisch-pneumatolytische Lagerstättengruppe in der Lagerstätte von

der Augitporphyrit-Melaphyrgruppe der ladinischen Stufe der Triasformation abzutrennen und möglicherweise an die Periadriatica anzuschließen sind. Der Charakter und Stoffbestand dieser und auch der zugehörigen hydrothermalen Lagerstätten würde ausgezeichnet zu dieser Annahme passen und sie sogar unterstützen.

2. Das Magnetkiesvorkommen von Lamprechtsberg bei Ettendorf in der südwestlichen Koralm gehört einem hierher zu stellenden Übergangstyp zu kontaktmetasomatischen Lagerstätten an, ist aber durch spätere Vorgänge recht weitgehend umgeformt worden. Gleichartig ist auch das Vorkommen von Lading bei Wolfsberg, das namentlich durch seine Sulfate der Hutzone bekannt



Abb. 5

Goldlagerstätte Schellgaden. Hangendlager, Nordfeld. Schiefer-schollen, etwa Mitte, links, werden durch den Lagerquarz verdrängt. Die Erze dringen entlang der Glimmerlagen vor, bilden dadurch Erzstreifen.

Bedovina bei Predazzo vertreten (Granigg und Koritschoner (59), Lazarevic & Kittl (78), Klebensberg (74), die im Gefolge des dortigen Granites auftritt, reichlich Quarz, Turmalin, Kalifeldspat, auch Flußspat, Titanit und Molybdänglanz führt, wobei Kupferkies, Eisenkies und Scheelit die nutzbaren Erze darstellen. In der Karte sind diese Lagerstätten unter den heißthermalen Lagerstätten ausgeschieden.

Der auch als Werkstein sehr bekannte, schöne rote Granit von Predazzo ist schon an sich sehr reich an Mineralien der Reststoffgruppe (Turmalin usw.), ähnlich wie diese etwa vom Eibenstocker Granit im sächsischen Erzgebirge bekannt ist (Wernicke). Nach Klebensberg (74), S. 352) stellen die Tiefengesteine von Predazzo-Monzoni (Granit, Syenit, Monzonit usw.) junge Plutonite dar, die von den Ergußgesteinen

ist. In der Karte finden sich diese Lagerstätten unter dem Zeichen „Kieslagerstätten verschiedener Art“ (35).

3. Auch die im Zentralgranit aufsetzenden Gänge mit Molybdänglanz, die auf der Alpenkarte während des Krieges eingehend beschürft worden waren, sind in dieser Gruppe anzuführen. Für einen Abbau sind sie aber wohl zu arm. Als Mineralfund sind gleichartige oder ähnliche Vorkommen gar nicht selten zu finden, beispielsweise in der Umgebung von Gastein oder im Gestellsteinbruch zu Schellgaden, wo Molybdänglanz unregelmäßige Nester im Aplitgranit bildet (Meixner (90). Ist als eigener Typus (SSO von Innsbruck) in der Karte ausgeschieden.

4. Als Vertreter der pneumatolytisch-hydrothermalen Übergangslagerstätten sind die Goldlager-

stätten des Typus Schellgaden einzu-reihen; ihrem Mineralbestand nach fallen sie etwa zwischen die Gruppen der Gold-Turmalin-Quarz-gänge und der Gold-Scheelitgänge.

Sie bilden linsige, in s eingeschlichtete Lagergänge von zuckerkörnigem Quarz in den obersten Rand-teilen der Ankogelmasse und begleiten diese etwa von Muhr bis Spittal a. d. Drau. Das Gold tritt teils als Freigold auf, teils ist es neben einem beträcht-lichen Silbergehalt in den Sulfiden Pyrit, Magnet-kies, Kupferkies und Bleiglanz enthalten. Auch Spuren von Te-Erzen kommen vor. Gangarten sind neben Quarz und Karbonaten viel Turmalin in gro-ßen Sonnen und Knauern, Scheelit in faustgroßen, leider sehr absätzigen Nestern, örtlich auch Flußspat; Arsenkies und Verwandte fehlen. Diese Lagerstätten stehen zu den Tauerngoldgängen etwa im selben Verhältnis wie die Zinnwalder Lagergänge zu den echten Zinnsteingängen des Erzgebirges. Literatur-verzeichnis: 45, 46, 109. Es sind 19 Gruben nament-lich bekannt und viele Kilometer Strecken zur Not noch befahrbar; von diesen liegen mir die Gruben-karten vor. Der Stüblbau könnte wegen des Scheelites vielleicht noch einmal untersuchungswürdig werden.

Die metasomatische Verdrängung des vorbestan-denen Silikatgesteins durch die pneumatolytischen Dämpfe und Lösungen läßt sich sehr schön erkennen (s. Abb. 5) und zeigt, daß der oft stark lagige Bau der Lagerstätten auf das übernommene s des Alt-gesteins (Paläosoms) zurückzuführen ist und nichts mit einer sedimentären Schichtung der Lagerstätte etwa in der Art einer fossilen Seife zu tun hat.

f) Hydrothermale Lagerstätten.

Die weitaus größte Gruppe unter allen ostalpinen Lagerstätten sind die hydrothermalen. Stofflich haben wir die ganze Fülle von heißthermalen sehr mineral-reichen echten Gängen bis zu kühlen, oft sehr mineralarmen Imprägnationen vor uns. Dabei fehlen bestimmte Glieder der üblichen hydrother-malen Abfolge, — etwa die Zinnsteine — dem chemischen Charakter unserer Vererzung entsprechend, völlig, dafür sind andere, sonst seltene Glieder, wie die Magnesitlagerstätten reichlich vorhanden. Auch die Lagerstättenform ist dem tektonischen Geschehen unserer Gebirgsgruppe entsprechend, ungemein viel-gestaltig, denn es sind sowohl echte Gänge verbreitet vorhanden, wie etwa die Tauerngoldgänge, der Kupferkiesgang von Mitterberg; metasomatische Formen wie Stöcke, Putzen, Schläuche sind auf den Spat- und den metasomatischen Bleiglanzlagerstätten reichlich vertreten. Besonders vielgestaltig aber sind Formen, die sich ergeben, wenn hydrothermale Mineralbildung und tektonische Durchbewegungen sich gegenseitig beeinflussen. Sie sind als „Lager-gänge“ altbekannt und weit verbreitet. In der Karte sind verschiedene Gruppen der hydrothermalen Lager-stätten getrennt ausgeschieden. Sie werden nach-stehend auch getrennt besprochen.

1. Quarzige Arsenkiesgänge mit Gold, bekannt unter dem Namen Tauerngold-gänge. Sie treten im Gebiet zwischen Ankogel und Sonnblick in zahlreichen, altberühmten

Lagerstätten auf, von denen als Beispiele nur der Radhausberg, der Gangzug Siglitz-Poch-hart-Silberpfennig, der Goldberg, der Hocharn usw. genannt seien. Sie bilden echte, teilweise weithin durchstreichende Gänge, sind mit-unter sehr reich an verschiedenen Mineralien und ändern ihren Stoffbestand auffallend dort, wo diese Gänge etwa aus den Gneisen in die Karbonatgesteine der Kalkglimmerschiefergruppe übersetzen (Silber-pfennig, Erzwas). Auf einen älteren Mineralbestand aus Quarz und Arsenkies folgen vielfach nach einer schwachen mechanischen Zertrümmerung eisenreiche Ankerite, Kupferkies, örtlich auch Bleiglanz usw. Verschiedene Blei-Antimonspießglanze beenden die Sulfidierzufuhr. Spurenweise tritt auch Tellur auf (Siegl 118).

Außer im bekannten Bereich der Ankogel-Sonn-blickgruppe tritt dieser Typus auch sonst immer wie-der in ähnlicher Form auf. Es sei da auf die Gänge in der Kliening, an jene von Pusterwald und Flatschach, von Karchau - St. Lam-brecht oder vom Puchegg bei Vorau verwie-sen. Auf diesen kann zwar der Goldgehalt teilweise zurücktreten, so daß dann früher das Arsen wert-mäßig wichtiger war, doch stimmt der Lagerstätten-charakter und die erzmikroskopisch feststellbaren Abfolgen der Minerale auf allen diesen Vorkommen so weit überein, daß eine genetische Verwandtschaft wohl unstrittig vorhanden ist. Es ist noch ungeklärt und umstritten, ob die Tauerngoldgerze dereinst noch-mals bergmännisch bedeutungsvoll werden können. Insgesamt sind 62 Vorkommen dieser Gruppe in die Karte eingetragen und unter einem Zeichen zusam-mengefaßt, obwohl auch hier einige, etwa Puchegg und Straßbeck nicht mehr ganz dem Typus entspre-chen. Über die südlichen Vorkommen (Gailtal) sind wir zwar geschichtlich unterrichtet, ihre lagerstätten-kundliche Stellung ist noch fraglich. Sie sind hier einstweilen eingereiht, bis sie einmal untersucht sind.

2. Heißhydrothermale Lagerstät-ten mit Cu, Ag, Ni, Co usw.

In diese Gruppe gehören so viele verschiedenartige Untergruppen, daß wir einige getrennt von diesen besprechen können, vor allem, soweit neuere Be-arbeitungen darüber vorliegen. Die wichtigsten dieser sind:

I. Arsenidische Co-Ni-Bi-Ag- Lager-stätten sind in den durch ihre vielen und seltene Mineralien berühmten Lagerstätten der Zinkwand und des Vöttern entwickelt. Durch den fast stets vorhandenen Co-Ni- und Bi-Gehalt der Tauerngoldgänge sind sie einer-seits mit diesen verwandt, andererseits durch alle Übergänge mit den silberreichen, heißthermalen Kupferlagerstätten verknüpft. Sie stellen die ostalpinen Vertreter dieses auch sonst weltweit verbreiteten Typus dar. Es handelt sich um Gänge von Arsenkies, Ni- und Co-Arseniden (Speiskobalt, Chloanthit, Safflorit-Rammels-bergit, Pararammelsbergit, Rotnickelkies, Gers-dorffit), Löllingit, Arsen, Wismut und verschie-dene sulfidische Wismutminerale usw. Gang-

art ist vorwiegend Ankerit, dem Charakter der alpinen Vererzung entsprechend, während auf sonstigen, entsprechenden Gängen meist Quarz und Kalkspat vorherrschen (Schneeberg, Sa, Joachimstal, Kongsberg usw.). Sie bilden echte Gänge in den Schladminger Tauern; an den Scharungskreuzen mit schichtigen „Brandenzonen“ nehmen sie die Co, Ni-Erze auf, während sie außerhalb dieser als Ankerit-Fahlerz-Kupferkiesgänge ausgebildet sind. Hießleitner (64), Friedrich (36).

II. Arsenkieslagerstätten Rotgülden.

In den Marmoren der Silbereckscholle der Hafnergruppe treten ansehnliche Lagerstätten von Arsenkies auf, begleitet von Magnetkies, Chlorit,

III. Silberreiche Kupferkies - Fahlerzlagerstätten der Schladminger Tauern.

Mehrere unter sich sehr nahe verwandte Lagerstätten, teils mit vorherrschend Kupferkies bei Eisenspat als Gangart, teils mit Fahlerz und Quarz. In beiden Untergruppen treten Ni-Co-Arsenide sowie reichlich Turmalin und Albit auf. Sie vermitteln zwischen den Ni-Co-Erzen der Zinkwand und den silberreichen Bleiglanz-lagerstätten des Gebietes. Friedrich (37). Am bekanntesten ist der Bergbau Seekar am Radstädter Tauern. 11 Lagerstätten. Ähnliche, wenn auch vielfach kleinere Lagerstätten sind im gesamten Tauernbereich weit verbreitet, treten auch im Bereich der Seckauermaße usw. auf.



Abb. 6

Goldlagerstätte Schellgaden. Hangendlager, Nordfeld. Gefalteter und gestauchter Lagerquarz (grau) neben taubem Milchquarz (weiß) der Hohlräume und Druckschatten füllt.

Eisenkies usw. Sie sind ausgesprochen an diese geologische Lage gebunden. Die größte und bekannteste Lagerstätte dieser Art, Rotgülden, ist heute noch gut zugänglich, auch stehen Erze noch in recht beträchtlichen Mengen an, doch hat man für Arsenerze keine Verwendung. In den obersten Teufen war Gold (zementativ?) angereichert; der alte Goldschacht in der Ragölen. Gelegentlich trifft man auch in Anschliffen frisch gesammelter Proben reichlich Freigold neben Wismut, Wismutglanz usw.; letztere zeigen, daß auch diese Gruppe enge mit den Tauerngoldgängen verwandt ist. Vier dieser Lagerstätten sind eingetragen.

Es sind insgesamt 28 hierher zu stellende, meist kleine Lagerstätten ausgeschieden.

Im westlichen Teil der Kupferlagerstätten der nördlichen Grauwackenzone treffen wir ebenfalls wieder auf sehr nahe Verwandte, vor allem um Leogang und Kitzbühel, ebenso aber auch im Süden (Tratten bei Kerschdorf, Gailtal).

IV. Heißthermale Kieslagerstätten des Iseltales und der Kreuzeckgruppe.

Im oberen Iseltal treten zahlreiche Lagerstätten auf, die teils auf Edelmetalle, teils auf Arsen

und Kupfer bebaut werden. Sie sind mineralogisch sehr komplex aufgebaut. Ihre oft reichlich vorhandene Zinkblende entmischte den bei uns sehr seltenen Zinnkies (49); örtlich gehen sie in reine Arsenkieslagerstätten über (Michlbachtal 25a), oft zeigen sie Anklänge an kontakt-metasomatische Bildungen der Tonalitporphyritgänge und sind auf das Gebiet beschränkt, das östlich (und westlich) des Rieserferner Tonalitzuges bis in die Kreuzeckgruppe hinein von dessen Porphyritgängen durchschwärmt wird. Hierher gehören die Vorkommen Nr. 66 bis 88 und 10 bis 19 in der Kreuzeckgruppe. Von den westlich an den Rieserferner Tonalit anschließenden Vorkommen ist näheres derzeit noch unbekannt und nur ein Vorkommen gewissermaßen als Platzhalter angedeutet. Es ist aber geschichtlich bekannt (Srbik 120), daß auch hier Bergbau umging.

V. Lagerstätten Schneeberg — Gossensaß.

Bei Schneeberg in Tirol werden seit altersher große Lagerstätten abgebaut, die durch ihre einzigartigen Silikatminerale berühmt sind. Diese stecken hier teils mitten im Erz, teils hüllen sie es ein. Bleiglanz und Zinkblende sind die Haupterze, begleitet von Magnetkies u. v. a.; örtlich sind auch Bleispißglanze angereichert. Ein von mir 1944 in mehrwöchiger Grubenaufnahme aufgesammeltes, sehr reichliches Material für eine erzmikroskopische Bearbeitung ist leider nicht bei mir eingelangt.

Es handelt sich teilweise um Lagergänge an Überschiebungsflächen, teils um echte Gänge. Auf die geologische Stellung am Nordrand des „Schneeberger Zuges“ kommt Clar zurück. Auch die Vorkommen bei Oberberg am Brenner und um Sterzing-Gossensaß gehören etwa hierher. Wichtiges Schrifttum: Granigg (56), (57), (58), Klebelsberg (74), Clar (16), (17).

Die Schneeberger Lagerstätten und verwandte sind vor allem dadurch weit bekannt, daß ihre Gangart hockkristallin ist: Bis faustgroße Granaten, mächtige Tremolitfilze, fingernagelgroße Biotite und viele andere Silikate deuten darauf hin, daß die Vererzung hier unter gesteigerten Bedingungen der Tauernmetamorphose ablief; Clar (16), (17). Und wegen dieser wurde Schneeberg hier eingereiht, während es sonst zu den Blei-Zinkerzlagern der Zentralalpen einzureihen gewesen wäre, wo die sonst ähnlichen Lagerstätten von Ramingstein belassen wurden.

VI. Die durch Granat und Hornblende als Gangartminerale auffallenden Lagerstätten des Nonsberg-Sulzberggebietes sind vermutlich als magmanähe Glieder der Vererzung der Adamello-Intrusion anzusehen. Neue Bearbeitungen aber und nähere Daten sind mir nicht bekannt geworden.

3. Kupferlagerstätten nördlich der Zentralalpen.

In der Karte sind die Lagerstätten dieser Gruppe durch einen Kreis mit einem mittigen Punkt dargestellt. Von Mitterberg ausgehend sind sie zunächst nach Osten gezählt bis Mandling, dann nach Westen zur Zellerfurche und westlich weiter über Leogang, Kitzbühel bis ins Schwazer Gebiet. Das Schiefergebiet zwischen den Kalkalpen im Norden und dem weiteren Tauernrahmen wird vielfach als Westteil der nördlichen Grauwackenzone zusammengefaßt. Zwischen Mandling und dem Brenner wird es von sehr zahlreichen Kupfererzlagern durchschwärmt, die teilweise schon seit vorgeschichtlicher Zeit gebaut wurden und auf denen auch heute noch Bergbau umgeht. Nach der erdkundlichen Lage unterteilt man herkömmlicherweise das Gebiet in drei Bergbau-reviere: Im Osten, etwa zwischen Mandling und der Furche des Zeller Sees scharf sich eine Gruppe um den Bergbau Mitterberg. Daran schließt sich westlich etwa bis gegen Hopfgarten das Revier Leogang-Kitzbühel, auf das westlich dann das Gebiet Brixlegg-Schwaz folgt.

Teilweise handelt es sich um echte Gänge, wie in Mitterberg, zum großen Teil sind die Erze aber als „Lagergänge“ in die Schieferung eingeschichtet. Soweit metasomatisch verdrängbare Kalke und Dolomite vorhanden waren, entstanden auch die dafür kennzeichnenden unregelmäßigen Nester, Putzen, Erzscläuche usw., die im Gebiet um Brixlegg-Schwaz im Bereich des Schwazer Dolomites verbreitet sind.

Arsenidische Nickel- und Kobalterze, wie Gersdorffit, Rammelsbergit-Safflorit und Arsenkies usw. sind in geringer Menge weit verbreitet, reichern sich aber in einigen Gruppen wie in Mitterberg und um Leogang so sehr an, daß sie zeitweise wirtschaftlich bedeutungsvoll wurden. Diese Minerale, sowie die erzmikroskopisch immer wieder feststellbaren Gehalte an Wismut und anderen Wismuterzen, ebenso die Silbergehalte verbinden diese Lagerstätten mit der Gruppe der Schladminger Ag-Cu-Bergbaue. Örtlich steigt der Silbergehalt so stark an, daß es bei Röhrerbühel zu einem für mittelafterliche Verhältnisse wahrhaft phantastischen Bergbau kommen konnte. Bekanntlich wurde dieses Gebiet nach E. Posepny (107) um 1540 entdeckt, 1567 waren sechs Schächte schon an die 700 Meter tief und erreichten bald fast 900 m (886 m), bis der Bergbau an technischen Schwierigkeiten, wie Wasserhaltung und Förderung zugrunde ging. Derzeit wird durch die Tatkraft des Bergdirektors Maczek, Mitterberg, versucht, dort mit neuen Arbeiten einzusetzen.

Auf den Lagerstätten dieser Gruppe überwiegt im östlichen Feld (Mitterberg) der Kupferkies gegenüber dem Fahlerz stark, um Kitzbühel nimmt das Fahlerz immer mehr zu und bei Schwaz-Brixlegg tritt der Kupferkies ganz zurück. Dabei nimmt das Fahlerz neben dem Silber auch noch beträchtliche Quecksilbermengen auf (Schwazit), die sich durch einfaches Abdestillieren gewinnen ließen. Auf einer Lagerstätte (Schwarzenbach bei Dienten) steigt der Eisenkiesgehalt der Ganglagerstätte so sehr an, daß sie als Kiesbergbau abgebaut wurde. Der Bergbau um

Schwaz, Brixlegg ist im „Schwazerbuch“ von zahlreichen Bearbeitern wie Schmidegg (113), Mutschlechner (101), Nöh (102) und Egg (31) neu bearbeitet. Leider stehen erzmikroskopische Untersuchungen noch ganz aus.

In die Karte sind 79 Vorkommen dieser Gruppe eingetragen, davon entfallen 14 auf die Untergruppe Mitterberg, 3 auf die Untergruppe um Leogang, die Nr. 18 bis 25 sind zum Röhrebichler Bergbau zu stellen, die Nummern 26—44 bilden die Untergruppe Kitzbühel, der Rest zählt zum Brixlegg-Schwazer Grubenfeld. Mitterberg und Buchberg werden heute bebaut, andere werden sicherlich künftig wieder untersucht oder bebaut werden.

stättentyp. Eine Gruppe von Lagerstätten dieser Art tritt beiderseits um den Rahmen des Engadiner Fensters auf, mit der Tösseneralpe und Serfaus als bekannteste Vertreter. Andere liegen entlang der Nordgrenze der großen Kristallinmasse der Ötztaler Alpen—Silvretta, etwa von Pians bis zum Rellstal-Bartholomäberg in Vorarlberg reichend. Aber auch im Süden der Ötztaler-Berge und in der Ortlergruppe finden wir einzelne Vertreter. Auch hier gibt es Grenzglieder gegen die Gruppe der Eisenspatlagerstätten. Die Lagerstätte von Gand führt wieder bemerkenswerte Mengen von Quecksilber, was die Parallelen mit Schwaz-Brixlegg betont.

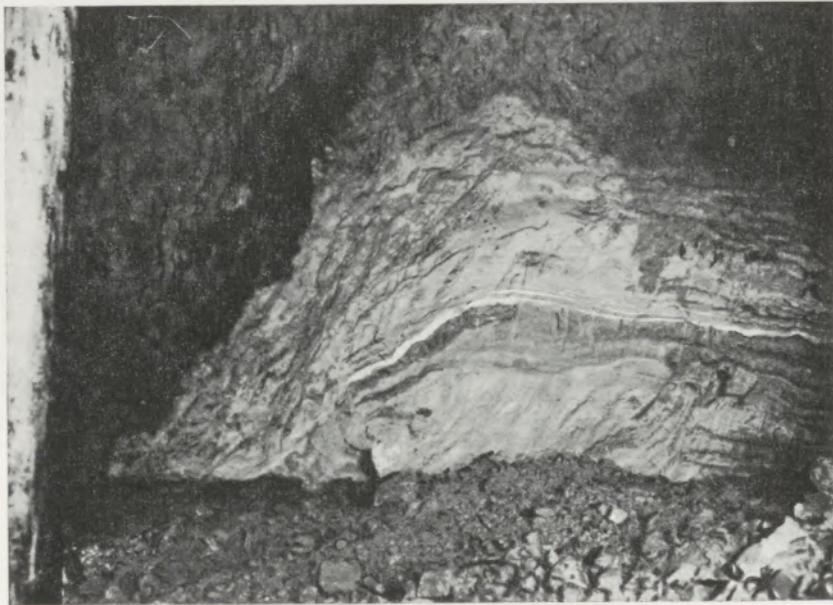


Abb. 7

Brauneisenerz Schäferötzt bei Werfen. Anschoppung von Reibungsletten unter Brauneisenerz (oben).

4. Kupferlagerstätten westlich und südlich des Tauerngebietes.

In der Karte gleich wie die vorige Gruppe durch einen Kreis mit einem mittigen Punkt dargestellt, sind diese Vorkommen im Norden von Vorarlberg weitergezählt und dann zurück zum Engadiner Fenster und südlich weiter. Da hier aber vielfach verwandte Eisenspatlagerstätten nicht scharf abgetrennt werden konnten, ohne jedes Vorkommen einzeln zu begehen, sind diese in die Zählung mit einbezogen. Es wurde aber versucht, die Kupferlagerstätten durch einen mittigen Punkt anzudeuten. Es ist möglich, daß das eine oder andere Vorkommen bei der anderen Gruppe besser einzureihen gewesen wäre, doch kenne ich diese Vorkommen nur sehr wenig, da von uns aus die Anreisen und Aufenthaltskosten sehr kostspielig sind.

Nach Süden und Westen gehend, treffen wir in einzelnen Vorkommen immer wieder diesen Lager-

5. Kupferlagerstätten im Osten der nördlichen Grauwackenzone.

In einigen Gliedern der Eisenspatlagerstätten der nördlichen Grauwackenzone treten Kupferkies oder auch Fahlerz so reichlich auf, daß diese Lagerstätten hier getrennt anzuführen seien. Bei den durchaus fließenden Übergängen ist es aber sehr schwierig, diese auszuscheiden; die wichtigsten sind durch das Zeichen für die Kupfererze aber hervorgehoben, bei der Zählung aber nicht abgetrennt. Bekannte Beispiele sind etwa Trattenbach, Polster, Johnsbach. Weitere Vertreter finden wir vereinzelt in den Niederen Tauern, vor allem im Palten-Liesingtal und im Süden und Westen der Seckauer-Bösensteinmasse, an Störungslinien gebunden.

Ebenso treten im Süden ähnliche Lagerstätten auf, auch hier innig mit entsprechenden Eisenspatlagerstätten verknüpft. Vielfach ist es hier noch nicht möglich, sie von diesen zu trennen.

6. Eisenspatlagerstätten der nördlichen Grauwackenzone.

Die betreffenden Lagerstätten sind durch einen Kreis bezeichnet. Perlenschnurartig ziehen sich vom Semmering bis Liezen die Eisenspatlagerstätten, die das Rückgrat der steirischen Eisenindustrie seit ältesten Zeiten bilden. Unter ihnen befindet sich der steirische Erzberg, der durch seinen großen Tagebau wohl allgemein bekannt ist. Im Nordosten, um Pitten weist der mit einbrechende Magnetit und auch der Kiesgehalt auf höhere Bildungstemperaturen. Häufig mit einbrechende Kupfererze, Kupferkies, zum Teil auch Fahlerz verbinden diese Gruppe mit der vorigen. Örtlich ist der Quecksilbergehalt als Zinnober, Meixner (96), so hoch, daß Vorkommen (Kruppen) als Zinnoberlagerstätten beschürft wurden, in geringeren Mengen ist Zinnober aber auch auf den anderen Lagerstätten dieser Gruppe nicht selten.

Diese Lagerstätten sind früher von Redlich (111), später vor allem durch A. Kern (73) bearbeitet worden. Sie wählen vor allem die Kalkzüge der paläozoischen Schichten aus und bildeten sich darin metasomatisch. Sie treten aber auch in anderen Gesteinen auf, so im Mürtzaler Gneis bei Pitten, im Porphyroid bei Altenberg-Bohnekogel, nur selten im Phyllit. Nicht selten reicht das Eisenerz in die überlagerte Trias und findet sich darin vor allem in der Basis, im Präbichlkonglomerat bzw. in den Werfener Schichten. Nur ganz ausnahmsweise tritt es auch in die untersten Kalke, den Gutensteinerkalk ein (Eibekogel).

Bei Selztal-Liezen schwingt die Perlenkette dieser Lagerstätten an die Ennstalfurche und endet scheinbar an ihr. Etwas westlich davon aber haben wir im Salzkammergut in den Kalkalpen selbst mehrere, allerdings wenig bekannte Eisenspatlagerstätten mit der Telttschen bei Mitterdorf als bekanntestes Glied. Diese Vorkommen sind sehr manganreich, oft feinkörnig bis dicht und nicht selten mit etwas Bleiglanz vergesellschaftet. Es scheint gut möglich, daß wir darin Hinweise erblicken dürfen, daß sich die tiefen Narben, die den Haupterzzug brachten, hier in der Tiefe fortsetzen, durch die Kalkalpen verhüllt.

Es sind 112 Lagerstätten dieser Gruppe in die Karte eingetragen, gebaut wird heute am Erzberg und in der Radmer.

7. Westliche Gruppe der Eisenspatlagerstätten der nördlichen Grauwackenzone.

In der Karte durch das gleiche Zeichen dargestellt, wie die vorige Gruppe (Kreis), beginnt die Zählung bei Annaberg, geht über Flachau nach Johann, weiter über Werfen, Dienten nach Westen, Kitzbühel und Schwaz.

Am Schwemmerberg bei Radstadt setzen die Eisenspatlagerstätten der nördlichen Grauwackenzone wieder ein und begleiten über Kitzbühel-Schwaz die Kupfer-Silberlagerstätten. Sie wechseln mit diesen ab, sind aber in den typischen Gliedern doch deutlich selbständig, so daß sie entweder einer getrennten Vererzungsphase angehören oder, was mir wahr-

scheinlicher scheint, durch Nebengesteinseinflüsse oder Tiefenlagen (P-T-Verhältnisse) von jenen getrennt worden sind. Letzteres scheint aus der Bearbeitung der Schwazer Lagerstätten durch Schmidegg (113) hervorzugehen, der ihre Lage vor allem im Schwazer Augengneis hervorhebt (Parallele zu Pitten!) wo sie an den Grenzlagen gegen die Wildschönauer Schiefer besonders mächtig entwickelt sind, im Gneis aber bald auskeilen. Die auch in den typischen Eisenspatlagerstätten um Schwaz immer wieder mit einbrechenden Minerale Kupferkies, Fahlerz, Arsenkies, Ni- und Co-Arsenide und Silbererze schlagen die Brücke zu den dortigen Kupfer-Silberlagerstätten.

Trauth (129) zeigte, daß die östlichen Vorkommen um Annaberg und Werfen an die Basis der Kalkalpenüberschiebung des Tennengebirges und des Hochkönigstockes (Flachenberg) gebunden sind. Ich verfolgte diese Stellung über die Taghaube weiter nach Westen und zeigte, daß wir hier die Vererzung tatsächlich dem Deckenbau folgend zuordnen können, was für die zeitliche Einordnung der Vererzung sehr wichtig ist. Neuerdings wurde zwar für Werfen diese Stellung angezweifelt; bei einer neuerlichen Befahrung habe ich aber meine seinerzeitigen Angaben überprüft und keine Ursache gefunden, diese aufzugeben. Die geäußerte Meinung über die deszendente Vererzung kam dadurch zustande, daß die Karbonate (vorwiegend Ankerit, weniger Eisenspat) weitgehend durch Tagewässer in Brauneisenerz umgewandelt sind, wobei das Eisen der Ankerite angereichert wurde. Soweit beim Abbau noch unverwitterter Ankerit angefahren wird, läßt man ihn als Pfeiler stehen, da seine Magnesia-gehalte bei der Verhüttung unerwünscht sind. Den durchaus gleichen Erztypus treffen wir um Turrach wieder, ebenfalls wieder weitgehend zu Brauneisenerz umgesetzt.

Wie in der obersteirischen Grauwackenzone wählte auch im Westen die Vererzung gerne die Kalke der paläozoischen Schichten aus und verdrängte sie metasomatisch, so im Pongau und um Kitzbühel.

Ähnlich wie die Kupfer-Silberlagerstätten treten dann hierher gehörige Glieder auch wieder um das Engadiner Fenster und um den Nordsaum der Kristallinmassen Ötztal-Silvretta auf, allerdings nur in unbedeutenden Vorkommen.

Es sind 70 Lagerstätten dieser Gruppe in die Karte eingetragen, davon bebaut man heute nur um Werfen einige kleine für den Eigenbedarf der Konkordia-Hütte in Su'zau-Werfen.

Diese Gruppe wurde von der vorigen hauptsächlich aus rein zeichentechnischen Gründen abgetrennt, um nicht übermäßig hohe Nummern zu erhalten. Auch rechtfertigt die Lücke zwischen Liezen bzw. Telttschen und Annaberg diese Trennung um so mehr, als gerade die Gruppe Annaberg-Werfen von den obersteirischen Erzen merklich abweicht.

8. Schwerspatvorkommen um Kitzbühel.

Zeichen: Kreis mit drei senkrechten Strichen, nur um Kitzbühel ausgeschieden.

An den Hängen des Kitzbüheler Hornes tritt ein Schwarm von Schwerspatvorkommen auf. Schwerspat ist in den Cu-Silber- und in den Eisenspatlagerstätten der nördlichen Grauwackenzone vor allem um Schwaz recht häufig, so daß diese Vorkommen als die nächsten Verwandten dieser Gruppe angesehen werden können.

Es sind sechs Vorkommen in die Karte eingetragen, die Bearbeitung durch Leitmeier (80) enthält wesentlich mehr, die sich aber nicht ausscheiden ließen.

9. Eisenerzlagerstätten des Zuges Turrach—Hüttenberg—Waldenstein.

Kartenzeichen: Wieder wie bei den vorigen Gruppen ein Kreis. Zählung beginnt im Westen bei Innerkrams, geht von dort über Turrach—Hüttenberg nach Osten (Stubalm).

Nordöstlich von Gmünd in Kärnten setzt ein weiterer Eisenerzzug ein und erstreckt sich über Innerkrams (Nr. 1—8), Turrach (Nr. 12, 13) bis auf die Flattnitz (Nr. 15, 16). Nach einer kurzen Strecke über Mettnitz, die erzfrei ist, beginnt ein weiterer Zug bei Friesach (Nr. 23, 24) und erstreckt sich über die Hauptlagerstätte Hüttenberg (Nr. 38—45) ins Lavanttal, Wölch (Nr. 66), Loben (Nr. 55), zieht über Waldenstein (Nr. 57) bis in die Salla (Nr. 69, 70) bei Köflach.

Den Bau des Gebirges um Innerkrams und Turrach haben Thurner (124) und Schwinner (116) in den Grundzügen geklärt, doch hat erst neuerdings Stowasser (123) gezeigt, daß sich die Trias wesentlich weiter nach Osten erstreckt, als die erstgenannten annahmen. Ich zeigte, daß diese westlichen Eisenerzlagerstätten ganz streng an die Überschiebung von Paläozoikum über Kristallin gebunden sind (38), wobei, wie Stowasser kürzlich nachwies, zentralalpines Mesozoikum dazwischen geklemmt ist. Um Innerkrams sind die Erze örtlich reich an Magnetit, leider auch an Magnet- und Eisenkies. Dies deutet auf verhältnismäßig große Wärmehöhen bei der Bildung dieser Lagerstätten.

Um Hüttenberg führen diese Lagerstätten ebenfalls zahlreiche Minerale, die auf recht große Wärmehöhe schließen lassen, beispielsweise Wismut und Wismutglanz, Löllingit, Ni- und Co-Arsenide, aber auch Freigold (ermikroskopisch nachgewiesen). Diese Lagerstätten werden gegenwärtig von E. Clar und H. Meixner modernst und eingehend bearbeitet, so daß wir hoffen können, bald darüber eingehend unterrichtet zu werden.

Im Westen um Innerkrams und Turrach hat die Vererzung in erster Linie den Reibungsgrus (Mylonit) der eingeklemmten Trias erfaßt; die großen Lagerstätten um Hüttenberg-Waldenstein sind an den im dortigen Kristallin vorhandenen Marmorzügen metasomatisch entstanden. Kleine Vorkommen treten hier aber auch gangartig in Glimmerschiefern und Gneisen auf.

Um Waldenstein tritt mehrfach feinschuppiger milder Eisenglanz, sogenannter Eisenglimmer an die Stelle des Eisenspates, begleitet von Eisenkies. Aus

diesem Eisenglimmer stellt man ausgezeichnete Rostschutzfarben u. a. her.

In der Karte sind 84 Lagerstätten dieser Gruppe ausgeschieden; davon gehören 22 dem westlichen Turracher Zuge an, die restlichen der Hüttenberger Gruppe. Viele dieser Bergbaue wurden schon in römischer Zeit betrieben, blühten im Mittelalter und gingen meist Ende des vorigen Jahrhunderts ein. Turrach, wo sich einst die erste Bessemerei der Österreichisch-ungarischen Monarchie befand, wurde 1912 eingestellt, so daß gegenwärtig nur in Hüttenberg und Waldenstein noch abgebaut wird. Einige weitere Lagerstätten dürften aber wohl wieder untersuchungswürdig werden oder in Betrieb kommen.

Über den engeren Lagerstättenzug hinaus sind noch einige weitere hierher zu rechnen, so Oberzeiring (Nr. 73), wo man die um Hüttenberg—Wölch gelegentlich mit einbrechenden edlen Silbererze ursprünglich als Haupterz gewann, später auch Eisenerze abbaute. Ferner Nußdorfscheiben (Nr. 74), ein Vorkommen, das mit Waldenstein vergleichbar ist (Eisenglimmer) und schließlich Winterleitensee-Zirbitz (Nr. 78). Diese Lagerstätten sind ebenfalls meist metasomatisch an Marmore gebunden und an Störungszonen gelegen. Auch in dieser Gruppe leiten einige Vorkommen deutlich zu den Kupfererzlagerstätten über, so etwa die Gänge bei Teufenbach (Nr. 76).

10. Eisenspatlagerstätten südlich der Zentralalpen.

Kartenzeichen: Kreis. Von südöstlich Villach nach Westen gezählt.

Auch südlich der Zentralzone sind von der Untersteiermark bis in die Karnischen Alpen in dem der nördlichen Grauwackenzone entsprechendem Paläozoikum Eisenspatlagerstätten vorhanden. Allerdings weiß man über diese nur sehr wenig. Dem ehemaligen Berghauptmann von Klagenfurt R. Canaval, der sich um die Erforschung wenig bekannter Bergbaue Kärntens sehr verdient gemacht hat, verdanken wir wenigstens die Namen und einige geschichtliche Nachrichten über diese Baue, namentlich über jene des Gailtales. Auch hier sind die Eisenspatlagerstätten wieder mit Kupfererzvorkommen vergesellschaftet, so in Goderschach bei Hermagor (Nr. 13). Durch ihren Gehalt an Ni- und Co-Arseniden in Fahlerz läßt das Vorkommen von Tratten bei Kerschdorf (Nr. 26a) Beziehungen zur Gruppe Leogang-Kitzbüchel erkennen. Einige Vorkommen um Finkenstein bei Villach (Nr. 3—6) sind hier eingereiht, während benachbarte zu den Blei-Zinkerzen gestellt sind (Nr. 17, 18), weil sie diese Erze reichlicher führen. Meines Erachtens liegt hier ein ähnlicher Übergang zwischen Eisenspat-, Kupfer- und Bleierzen vor, wie wir ihn schon bei der Teltschen (Werfen) gesehen haben.

11. Lagerstätten von Magnesit, Talk und Asbest.

Kartenzeichen: Kreis mit schwarzen Ausschnitten rechts und links.

Die Lagerstätten dieser Gruppe sind für die ostalpine Vererzung überaus kennzeichnend. Erst kürzlich habe ich die Probleme dieser Gruppe ausführlich behandelt (48).

Wie schon im Abschnitt II (S. 373) auseinandergesetzt, sind in der Karte mit einem Zeichen recht verschiedene Untergruppen gemeinsam dargestellt. Unter diesen sind die Spatmagnesite zweifellos die wichtigste Untergruppe. Sie bildet in der nördlichen Grauwackenzone einen langen Zug vom Semmering (Nr. 2, 3) über Veitsch (Nr. 6), Wald (Nr. 32), Sunk (Nr. 36), Leogang (Nr. 86), Fieberbrunn (Nr. 88) bis nach Lanersbach im Zillertal (Nr. 91, 92). Über das letztgenannte Vorkommen findet sich eine moderne Bearbeitung in diesem Festheft aus der Feder unseres Altmeisters F. Angel. Auch sie lassen sich je nach den Eisengehalten unterteilen in sehr eisenarme Glieder, die dann in der silikatischen Nachphase Talk führen und lückenlos zu den reinen Talklagerstätten überleiten. Der bekannteste Vertreter dafür wäre Oberdorf an der Lammung (Nr. 15), ferner Wald (Nr. 32). Die wichtigsten Glieder, etwa Veitsch (Nr. 6), Sunk (Nr. 36), Lassing (Nr. 40) haben mittlere Eisengehalte, während auf einigen, etwa um Wagrain, die Eisengehalte so sehr ansteigen, daß der Mesitinspat von Thurnberg bei Flachau schon zu den Eisenspatlagerstätten gestellt wird (Nr. 12) und ein wichtiges Übergangsglied zu den Eisenspatlagerstätten darstellt, wie H. Meixner (86b) zeigt.

Im Süden der Zentralzone sind ebenfalls Magnesitlagerstätten vorhanden. Von diesen ist die Großlagerstätte auf der Millstätter Alm (Nr. 50) eisenarm; auf sie ist das Magnesitwerk Radenthein gegründet. — Eisenreich ist hier der Magnesit vom Stangensattel (Nr. 49) und von St. Oswald (Nr. 47).

Als jüngere Nachschübe kennt man auf vielen dieser Magnesitlagerstätten Quarzgänge mit Sulfiden, vor allem Fahlerz, aber auch Bleispießglanze (Eichberg am Semmering), ja selbst Zinnober (Siegl 119).

In den eisenarmen Gliedern folgt auf die Magnesitbildung sehr häufig eine Umwandlung dieses Minerals zu Talk, worüber uns prächtige Pseudomorphosen aufklären, die H. Welser (112) auf fand. Dadurch leiten die Magnesit- zu den Talklagerstätten über, die ebenfalls bei uns sehr verbreitet sind. Die Hauptvorkommen liegen unstreitig am Rabenwald in der Oststeiermark (Nr. 18—22); die verwickelte Entstehung dieser Lagerstätten konnte ich in mehrjähriger Arbeit klären (47). Weitere Vorkommen dieser Art liegen im Lammungtal (Oberdorf Nr. 16), bei Mautern (Nr. 33), dem in der Literatur am meisten genannten Talkbergbau unseres Landes und bei Wald (Nr. 32).

Die bisher besprochenen Typen werden schon seit W. Petrascheck (103) als Glieder der Vererzung der „Grauwackenzone“ angesehen und enge an die Eisenspatlagerstätten angeschlossen. Es ist aber noch nicht eindeutig geklärt, ob sie auf eine eigene Vererzungsphase zurückgehen oder nur eine Sondergruppe der

Eisenspatvererzung darstellen, wofür die eisenreichen Übergangsglieder sprechen. Die eisenarmen Glieder bilden Talk als Nachphase oder Leuchtenbergit-Grochaut, Hödl (65), der seinerzeit „Rumpfit“ genannt wurde, die eisenreichen Magnesite dafür normale grüne, also eisenhaltige Chlorite. Dies ist eine weitere Parallele zwischen beiden Spatlagerstättengruppen.

Eine andere Gruppe von Talklagerstätten gehört den Serpentinhöfen namentlich der Tauernschieferhülle an oder ist vom Serpentin auch ein Stück weit in die Kalkglimmerschiefer hinausgewandert. Hierher gehören die Lagerstätten bei Schellgaden (Nr. 51), Fusch (Nr. 53) und im Felbertal (Nr. 99), um einige bekannte Vorkommen zu nennen. Viele dieser Lagerstätten enthalten neben dem Talk mehr oder minder große Mengen von Tremolitasbest, der sich in einigen Fällen so sehr anreichert, daß er das Hauptmineral bildet, so in der Rastetzen bei Hofgastein (Nr. 54) oder beim Peitler oberhalb Rennweg (Nr. 52). H. Meixner (81) hat diese Gruppe von Talklagerstätten am Beispiel des Vorkommens Schellgaden mineralogisch bearbeitet. Sie leitet zum Typus „Greiner“ der Redlich'schen Gliederung über und ist mit der Tauernkristallisation enge verbunden, bei der Serpentine randlich so weitgehend verändert wurden, daß kleine Serpentinlinsen vielfach völlig verdaut wurden (Schellgaden). — Treten in den reagierenden Lösungen Ca-Ionen reichlich auf, so bildet sich neben oder an Stelle von Talk und Magnesit reichlich Hornblende (Strahlstein oder Tremolitasbest) und Do'omit bis Breunnerit. Dies ist vor allem im Bereich der Kalkglimmerschiefer der Tauernschieferhülle der Fall.

Doch sind solche Serpentinhofreaktionen durchaus nicht auf die Bereiche der Tauernkristallisation beschränkt, sondern können sich überall bilden, wo Serpentine mobilisiert werden. Das zeigt uns der Talkbergbau von Hirt bei Friesach (Nr. 96), (103a) oder der technisch „Mikroasbest“ genannte Tremolit von Rechnitz im Burgenland (Nr. 98).

Von diesen Tremolitasbestvorkommen gänzlich verschieden ist das Vorkommen von Chrysotilasbest, das im Serpentin des Hochgrößen (Nr. 100) mehrfach beschürft wurde und in dem man im letzten Krieg eine geringe Menge guten Asbestes auch abbaute. Echter Chrysotil füllt hier das im Serpentin aufgerissene Kluftnetz, ist durch eine nachträgliche, schwache mechanische Verformung teilweise zu eigenartigen, zwiebeligen Zapfen verformt worden.

Genetisch gänzlich anders geartet sind die Gänge von dichtem Magnesit im Serpentin von Kraubath (1—4). Sie füllen teilweise sehr mächtige Spalten oder verkitten ein Kluftnetz im Serpentin zu einer Brekzie (sogenannter „Scheck“). Sie sind entstanden durch die Einwirkung von kohlen-säurehaltigen Thermen auf den Serpentin, wobei das Eisen des Serpentin zur Ferriform oxydiert und vom Magnesit getrennt wurde. Die Thermen hängen mit den tiefen Bruchspalten des Fohnsdorfer Beckens zusammen und fördern heute noch teilweise bekannte

Sauerwässer, beispielsweise Fentsch oder Thalheim. Clar (14), Meixner (88), (89) und auch Leitmeier (79), haben sich mit diesen Lagerstätten befaßt und ihre Genese erklärt. Lagerstätten dieser Art treten sowohl nördlich der Mur in der Gulsen und bei Feistritz auf, wie auch südlich im Sommergraben, bei Preg und in der Lobming. Ihr eisenfreier Magnesit wird abgebaut und in Kraubath zur kaustischen Magnesia gebrannt, die im Bauwesen verwendet wird (Steinholzböden usw.).

Wieder ganz anders geartet ist das Magnesitvorkommen im Kaswassergraben bei Großreifling (Nr. 4), Machatschki (83). Es steckt mit Anhydrit und Gips im Salzton des Haselgebirges unter dem Tamischbachturmzug und ist wohl salinärer, also sedimentärer Entstehung, ähnlich wie dieses Mineral auch in der Salzlagerstätte zu Hall in Tirol gelegentlich gefunden wird.

Das manchmal als Talk angeführte Vorkommen von Kleinfestritz nördlich der Stubalm geht

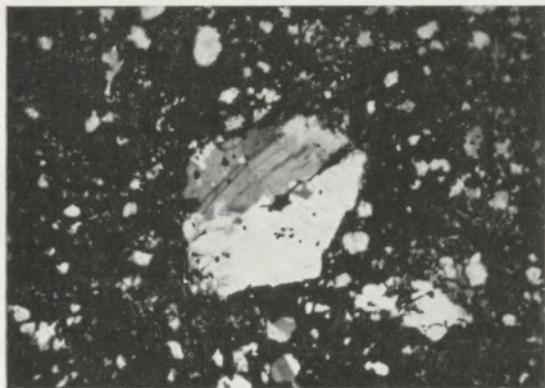


Abb. 8

Dünnschliff, gekreuzte Nicol, 75:1. Bleischweif, Duisitzbau. Schladming. Großer, gut lamellierter Albit neben kleinen Quarz- und Ankeritkörnchen in Bleiglantzgrundmasse.

nicht auf Talk um, sondern baut eine Lage von Leukophyllit (Weißstein) ab. Ein ähnliches Gestein begleitet auch den Talk des Rabenwaldes („Kornstein“), ist in Tauerngneisen gar nicht selten (siehe den Aufsatz von Exner) und wird in einer viel feinkörnigeren Form auch bei Aspang als „Kaolin“ abgebaut. Diese sind in der Karte nicht eingetragen.

Einige Lagerstätten von Magnesit und Talk stellen richtige Großvorkommen dar, die auch weltwirtschaftlich bedeutungsvoll sind und zu den wichtigsten Lagerstätten der Ostalpen zählen.

In neuester Zeit erwägen Leitmeier (81) und Llarena (82) wieder, ob die Spatmagnesitvorkommen nicht doch noch sedimentär gebildet worden seien. Es sind mir aber so viele Hinweise für die metasomatische Entstehung bekannt, daß ich keinen Grund sehe, von der geäußerten Anschauung abzugehen. Da diese Übersicht aber nicht geeignet ist, diese Frage eingehend zu erörtern, gedenke ich gelegentlich darauf zurückzukommen.

12. Alpine Kieslager.

Kartenzeichen: Kreis mit eingeschriebenem K.

Zu den wichtigsten Lagerstätten der Ostalpen zählen seit alters die „alpinen Kieslager“, die sowohl als Schwefel- wie auch als Kupfer- und Silberbergbau eine große Rolle spielten. Sie treten im ganzen Ostalpenbereich vom Burgenland bis zur Brennerfurche auf und stellen in die Schieferung (s) eingeschichtete „Lager“ dar, mit Eisenkies als Haupterz, neben dem Kupferkies, besonders in randlichen Teilen, stark angereichert ist. Untersucht sind vor allem jene im Großarlal um Hüttschlag, die als Typusbeispiel gelten mögen.

Da sie vorzugsweise an basische Grüngesteinszüge in epimetamorpher Fazies gebunden sind, an Prasinit, Grünschiefer usw., da sie weiters erzmikroskopisch nicht selten reich an Titanmineralien wie Ilmenit, Rutil oder Titanit usw. sind, dürfte ihre Entstehung auf eine ursprüngliche Magnetkiesanreicherung in diesen basischen Gesteinen zurückgehen, wie wir sie schon in der Gruppe A c kennengelernt und auf sie verwiesen haben. Damit stimmt auch gut überein, daß diese Lagerstätten gar nicht selten etwas Pentlandit führen. Diesem also möglicherweise vorhandenem Kieskeim wurden hydrothermal Stoffe zugeführt, vor allem Eisenkies in sehr beträchtlichen Mengen, ferner Kupferkies und edle Silbererze, sowie verbreitet Bleispißglanze. Gleichzeitig kristallisierte die ganze Lagerstätte mit ihrem Nebengestein regionalmetamorph um, so daß wir heute das typische Bild eines „metamorphen Kieslagers“ vor uns haben. Gelegentlich wird aber auch sedimentäre Entstehung angenommen und eine darauffolgende metamorphe Umprägung. Wie dem auch sei, ist die hydrothermale Stoffzufuhr doch so überwiegend, daß es gerechtfertigt ist, diese Lagerstätten hier unter den hydrothermalen Bildungen zu besprechen.

In einigen Gegenden treten diese Lagerstätten auffallend gehäuft auf, so im nördlichen Tauernrahmen zwischen Großarl, der Rauris und dem Pinzgau. Ein weiterer Zug tritt im Mölltal auf und folgt dem südlichen Tauernrahmen, mit Großfragant (Nr. 37) als dem größten Vorkommen. Dieser südliche Zug streicht etwa von Mallnitz dem Tauernrahmen entlang südlich der Venedigergruppe mit den Ahrntaler Vorkommen (Prettau Nr. 94) bis gegen den Brenner durch. In diesem Zug haben wir auch zahlreiche Übergänge vor uns, einerseits gegen die Gruppe der heißthermalen Kupfer-Silberlagerstätten und zu den Lagerstätten des Tonalitgefolges Af 5. In manchen Fällen ist es schwer, ohne genaue Einzeluntersuchung die betreffende Lagerstätte richtig einzureihen, so daß es da und dort noch zu Änderungen kommen kann.

Eine letzte hierher gehörige Gruppe bildet im Pustertal der Kieszug von Anraß—Tessenberg—Panzendorf bis Villgraten (Nr. 116—120). Auch in diesem Zug sind Anklänge an die tonalitischen Kieslagerstätten des Iseltales möglich, aber nicht sehr ausgeprägt.

Es sind 126 Vorkommen eingetragen; einige von diesen bildeten einst sehr große und reiche Bergbaue wie Walchen (Nr. 25), Teichen (Nr. 19), jene des Großarltales (Nr. 59—74), Fragant (Nr. 37) usw., um die wichtigsten zu nennen. Derzeit steht nur Panzendorf (Nr. 119) in Abbau, aber einige weitere haben sicherlich noch eine Zukunft.

13. Andere Kieslagerstätten.

Kartenzeichen: Dreieck.

Außer der weit verbreiteten Gruppe der alpinen Kieslager, gibt es aber in den Ostalpen noch verschiedene andere Kieslagerstätten, die hier des Zusammenhanges halber kurz besprochen seien. Einige solche haben wir schon kennengelernt, beispielsweise den pegmatitisch-kontaktmetasomatischen Kiesstock von Lamprechtsberg im Lavanttal, der in unsere Gruppe Ad 2 zu stellen war. Weiters gehören hierher die tonalitischen Kieslagerstätten des Iseltales, unsere Gruppe Af 5, wieder andere bilden Grenzfälle der Gruppen Af 8, Af 9 und Af 10. Einen noch anderen Typus stellt der Kiesstock von Agordo (Nr. 24) dar, der als hydrothermales Gefolge der Intrusion des Cima d'Asta-Granits angesprochen wurde, Tornquist (107). Wieder andere Kieslagerstätten gehen auf sedimentäre Kiesanreicherungen zurück, nachträglich fast stets metamorph umgeprägt, so etwa die Vorkommen in Marmoren, wie jene von Nöcklberg bei Murau (Nr. 7), Seetal-Gstoder (Lungau Nr. 11), Großsölk (Nr. 5) usw. Eine weitere Gruppe zählt zu den metamorphen Kiesnestern in den Amphiboliten, etwa Lobming bei Knittelfeld (Nr. 8), Laitenkofl/Mölltal (Nr. 14) und wahrscheinlich etliche Vorkommen in den Öztaler- und Stubai Berg. Eisenkies ist ein so häufiges Mineral und kann sich auf so verschiedenartige Weise bilden, daß es ausgeschlossen ist, hier alle diese oft kleinen und unbedeutenden Vorkommen zu studieren. Der Eisenkies heißt nicht umsonst bei uns deutschen Bergleuten der „Hans Dampf in allen Gassen“. Mehrmals werden wir noch auf solche Vorkommen rückverweisen, ohne irgendwie Vollständigkeit anzustreben.

14. Blei-Zinkerzlagertstätten.

Diese treten uns einerseits entgegen in den nördlichen Kalkalpen (Gruppe I), in den Kalkalpen südlich der Zentralzone (Gruppe II) und in recht verschiedenartigen und auch verschiedenwertigen Lagerstätten in den übrigen Gesteinszonen, die wir zunächst übersichtshalber unter Gruppe III zusammenfassen wollen.

Gruppe I. Blei-Zinklagerstätten in den nördlichen Kalkalpen.

Kartenzeichen: Kreis links, halbseitig schwarz.

Im Osten liegen, etwa vom Semmering angefangen, nur kleine Streuvorkommen, wie etwa Türnitz (Nr. 2), Annaberg (Nr. 3) oder Rauschenberg i. B. (Nr. 10—12). Reichlicher treten diese Lagerstätten erst um Innsbruck auf, etwa vom Vompertal (Nr. 26) angefangen. Sie sind dann im Gebiet um Imst-Fernpaß ersichtlich gehäuft. Nach Westen

nimmt ihre Dichte sichtlich wieder ab, wird um den Arlberg herum wieder dichter. Weiter nach Nordwesten klingen diese Vorkommen allmählich ab. In die Karte sind 69 Vorkommen eingetragen. Die größeren etwa um Imst, werden wohl wieder einmal in Betrieb kommen.

Gruppe II. An Kalkgestein gebundene Bleizinklagerstätten südlich der Zentralzone.

Kartenzeichen wie für Gruppe I.

Auch diese treten in den verschiedenen Gebirgsabschnitten sehr verschieden dicht auf. Eine nicht geringe Zahl, die tatsächlich noch höher ist als in der Karte dargestellt, liegt ganz im Osten, in der Untersteiermark und in Krain, offensichtlich an die Züge der dortigen älteren Gesteine (etwa Karbon) gebunden bzw. an Störungs- und Grenzzonen dieser Gesteine. Neue Bearbeitungen dieser Erze sind mir außer den Notizen von Tornquist (128) nicht bekannt geworden. Dicht gestreut sind Blei-Zinkerzlagertstätten in der Trias des Petzen-Mießgebietes in Unterkärnten und um den Obir.

Westlich von Villach ist der nördliche Triaszug von der Villacheralm über Reißkofel in die Lienzer Dolomiten, der unter dem Namen „Drauzug“ bekannt ist, dicht von diesen Lagerstätten durchschwärmt. Hier liegen die bekannten Lagerstätten von Bleiberg (Nr. 23, 24), Rubland (Nr. 26), Kreuzen (Nr. 29), Jauken (Nr. 41) usw., um nur die bekanntesten zu nennen. Sie sind ja das Arbeitsgebiet der Bleiberger Bergwerksunion und von Holler (67—69) und Tschernig (130) bearbeitet. Die Lagerstätten dieses Zuges greifen auch auf die nördlichen, von der Drau abgetrennten Triasschollen bei Dellach und Oberdauburg über; Kolm (Nr. 45), Scheinitzen (Nr. 46).

Hingegen sind in den südlich der Karnischen Alpen liegenden Kalkalpen auffallend weniger solche Lagerstätten vorhanden, dafür aber die sehr große Lagerstätte von Raibl (Nr. 20), die neustens Colbertaldo ausgezeichnet untersucht hat.

Auf einigen Lagerstätten tritt Gelbbleierz in so ansehnlichen Mengen auf, daß es ein wichtiger Bestandteil der Erzförderung ist, so etwa in Bleiberg und Mieß. Vereinzelt war Gelbbleierz auch in den Nordtiroler Blei-Zinklagerstätten gewinnbar. Seit H. Holler in Bleiberg Jordisit auffand, den H. Meixner (92) näher bearbeitete, ist es wahrscheinlich, daß dieser als primärer Molybdänträger anzusprechen ist, denn das Gelbbleierz (Wulfenit) ist stets ein Huterz.

In der Karte sind 98 Vorkommen eingetragen; unter diesen wird heute noch in Bleiberg-Kreuth, Raibl und Mieß gearbeitet, weitere sind wohl als Reserven anzusprechen.

Gruppe III. Bleizink (Silber)-Lagerstätten in anderen Gesteinsserien.

Kartenzeichen: Kreis, rechte Hälfte vollschwarz.

In dieser Gruppe sind wieder sehr verschiedenartige Typen vereint worden, da es nicht möglich ist, diese in der Karte getrennt auszuscheiden, wie es eigentlich wünschenswert wäre. Wir wollen sie

daher wenigstens hier in getrennten Gruppen besprechen.

1. Grazer Bleizinklagerstätten.

Im Paläozoikum nördlich von Graz treten verschiedene Bleizinklagerstätten auf, wie Wollak zeigen konnte, an tektonische Flächen gebunden. Neben älteren Arbeiten von Setz usw. sind sie von Clar (15), Tornquist (125), Wollak (135), Seewann (117) bearbeitet worden; neuerdings befaßt sich Flügel (32) mit ihnen. Sie treten uns im Kleid einer schwachen Epimetamorphose entgegen, was sich beispielsweise darin äußert, daß auf einigen Lagerstätten dieser Gruppen die Blei- und Zinkerze mit Magnetit verwachsen sind. Die Silbergehalte sind mäßig hoch, steigen örtlich an, dann tritt auch fast stets etwas Fahlerz (Tetraedrit) auf. An Gangarten fällt auch auf, daß sie neben vorwiegend Ankerit gar nicht selten etwas Schwerspat führen, der gelegentlich bergmännisch gewinnbar wird. Die bekanntesten Vorkommen sind Rabenstein (Nr. 16), Schrems (Nr. 11), Arzwald (Nr. 18), Burgstall (Nr. 8), Arzberg-Haufenreith (Nr. 7). Es ist noch nicht erwiesen, aber wohl wahrscheinlich, daß diese Lagerstättengruppe in die alpidische Hauptvererzung gehört, denn sie könnte auch älter sein. Es wäre aber wohl auch möglich, daß diese Gruppe sich zu den anderen ähnlich verhält, wie der Hüttenberger Eisenspatzug zu den Eisenspaterzen der nördlichen Grauwackenzone, d. h., daß sie einer größeren Teufenlage der alpidischen Vererzung entspräche.

Diesen Grazer Blei-Zinklagerstätten vergleichbar sind einige weitere, wie etwa Offberg-Remsnigg (Nr. 23) und solche im mittleren Kärnten mit Meiselding (Nr. 40), Moosburg (Nr. 61), Umberg (Nr. 56) usw. sowie im Metnitztal (Nr. 45, 46). In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß die Lagerstätte Umberg viel Eisenspat enthält, so daß sie zeitweise als Eisenlagerstätte gebaut wurde, worauf mich H. Meixner freundlichst aufmerksam machte.

2. Den Ruhm, als Ort reicher Silberbergbaue zu gelten, verdankt Schladming u. a. seinen verschiedenen sehr silberreichen Bleilagerstätten des Obertales. Diese treten hier an den Grenzflächen der Radstädter Quarz-Phyllite zu den Gneis- und Glimmerschiefergebieten auf. Diese Vorkommen, wie etwa Kronbach, Eschach, Duisitz, Eiskar (Nr. 31—37) usw. führen reichlich Fahlerz, Bleiantimonspießglanze, Turmalin, bei vorherrschend ankeritischer Gangart. Oft recht beträchtliche Gehalte an Kupfer- und Nickel-Kobaltmineralen verbinden sie lückenlos mit den dortigen Kupfer-Silberlagerstätten. Das Silber scheint zum Teil an den Bleiglanz, zum größeren Teil an das reichlich vorhandene Fahlerz gebunden zu sein. Gediengen Silber und edle (Rotgültig-) Erze konnten in den jetzt aufsammelbaren Stufen zumindest nicht gefunden werden. Wie ich zeigen konnte (34) treten auch diese Lagerstätten im Kleid einer erststufigen Metamorphose auf und führen oft reichlich Albit und Chlorit, sowie als jüngeres Gangfolge nicht selten auch Bergkristall und Zeolithe, die die Verbindung zu den alpinen

Kluftmineralen herstellen. Von den 10 Lagerstätten ist derzeit keine im Betrieb.

3. Im Tauernrahmen treten uns ebenfalls immer wieder Lagerstätten dieser Art entgegen, ebenfalls meist silberreich, nicht selten auch mit Flußspat (Achselalm) als Gangart (Matz 86). Im allgemeinen sind aber alle diese Lagerstätten recht bescheiden. Gelbbleierz tritt auf diesen nur ausnahmsweise auf, Meixner (91). Zum Teil sind diese Lagerstätten ebenfalls unter dem Zeichen der heißthermalen Lagerstätten in der Karte ausgeschieden, so die bekannte auf der Achselalm im Hollersbachtal, die als Nr. 52 aufscheint.

4. Am Arlberg greifen die in den Kalkalpen vorhandenen Blei- und Zinkerzlagerstätten auch auf das südliche Kristallin über; bekannt ist hier vor allem die Lagerstätte von Christoph am Arlberg (Nr. 73). Diese ist in der Karte den kalkalpinen zugeschlagen.

5. Analog treten solche Erze auch im Rahmen des Engadiner Fensters auf, wo derzeit die Lagerstätte von Tösens (Nr. 110) wieder untersucht wird.

6. Hier wären auch die in Mineralogenkreisen ob ihrer schönen Stufen berühmten Lagerstätten von Schneeberg in Tirol, Gossensaß und Obernberg anzuschließen. Wegen ihrer hochkristallinen silikatischen Gangart und ihres „metamorphen“ Charakters sind sie aber schon unter den magmanahen Bildungen erwähnt worden. Ihnen ähnlich sind Vorkommen bei Ramingstein (Nr. 48—50), die ebenfalls durch ihre grobkörnigen Silikate auffallen (111).

7. Sehr reich an Blei-, Zink- und Silberlagerstätten ist auch Südtirol. Hier haben wir einmal die Vorkommen im Bozener Porphyry, etwa Terlan (Nr. 82) oder Nalserberg (Nr. 83) als Beispiele anzuführen und vor allem die durch ihre prächtigen Flußspäte bekannte Lagerstätte Rabenstein (Nr. 80), die wohl mit den periadriatischen Intrusionen zusammenhängt (Klebelsberg). Vor allem aber treten im Süden des Bozener Porphyrygebietes und seines Schiefersaumes bei Lavis-Trient ungenügend viele solcher Lagerstätten auf. Teilweise mögen diese mit dem Granit der Cima d'Asta zusammenhängen (?), teilweise auch den Tiefenlinien, wie der Suganerlinie unter anderem zuordenbar sein. Die bekannten Lagerstätten am Calesberg bei Trient (Nr. 61—63) finden sich in den Bellerophon-schichten. Neue Bearbeitungen dieser Lagerstätten sind mir nicht bekanntgeworden.

15. Antimonlagerstätten.

Antimonglanz tritt lagerstättenbildend in den Ostalpen nicht gerade häufig auf. Einerseits kennen wir ihn vom Ostrand der Alpen bei Schlaining (Nr. 1) und Maltern (Nr. 3), von wo er über Perneck zu den Lagerstätten der Slowakei überleitet.

Andererseits tritt er in der Untersteiermark und in Krain mehrfach auf, etwa zu Trojane (Nr. 23) bei Schönacker (Nr. 24), Labenik bei Bischoflack (Nr. 25).

Ein weiteres Antimonerzgebiet liegt im Drautal etwa zwischen Nikolsdorf und Sachsenburg, wo dieses Metall früher mehrfach abgebaut wurde und R. Canaval (12) darüber berichtet. Die wichtigsten Vorkommen sind hier Leßnig (Nr. 7), Siflitz (Nr. 6) und die Johannisgrube (Nr. 11). Ein Vorkommen, das als Neufund einiger osttiroler Schürfer anzusehen ist (Rabant Nr. 10), schloß ich zu Beginn des Krieges weitgehend auf; es wurde später von der Bleiberger Bergwerksunion übernommen. In die gleiche sehr magmaferne Vererzung ist vielleicht auch das Auripigmentvorkommen von Schloß Stein bei Dellach zu stellen, das als reines Mineralvorkommen, nicht als Bergbauobjekt inserent ist (14). Es ist ähnlich wie der Antimonit der Rabant an die Drautal-Linie gebunden.

Aber auch im obersten (Tiroler) Lesachtal finden wir bei Obertilliach (Nr. 17) und auf der anderen Talseite ober Abfaltersbach (Nr. 16) Baue auf Antimonit.

16. Quecksilberlagerstätten.

Zinnober und Quecksilberfahlerz treten uns lagerstättenbildend in mehreren Typen entgegen. Das Vorkommen vom Krumpensee (Nr. 1) gehört den Eisenspatlagerstätten der nordöstlichen Grauwackenzone an, das Quecksilberfahlerz von Schwaz ist ein Glied der dortigen Kupferlagerstätten. Die Schurfbau am Dalakberg bei Rein (Nr. 3) und das Quecksilberfahlerz am Wetterbauernsattel (Nr. 2) (Hohl 58) bespricht H. Meixner in seinem Aufsatz. Die Lagerstätten vom Rinsennock (Nr. 4) und von der Rotrasten (Nr. 5) lassen sich als magmaferne Glieder der Turracher Eisenspat-Kupfervererzung ansprechen (40).

Darüber hinaus aber kennt man neben der Großlagerstätte von Idria (Nr. 20) zahlreiche Klein- und Mittelvorkommen aus Kärnten und Krain. Sie beginnen ganz im Süden unserer Karte mit der Großlagerstätte von Idria (Nr. 20), über die wir durch die Bearbeitungen von Kossmat (75) und Kropac (77) unterrichtet sind. Sie leiten dann über Annanemarktl (Nr. 11) nach Bad Vellach (Nr. 7) und Eisenkappel (Nr. 6) über. Weitere kleinere Vorkommen sind in diesem Teil der Karawanken verstreut.

Nach einer langen Unterbrechung treten uns Zinnoberlagerstätten erst wieder in der Goldeckgruppe bei Stockenboi (Nr. 15) (50) und dann im Drautal bei Dellach (Nr. 14) entgegen, beide im Drauzug gelegen.

Weit im Westen liegt dann auf der Suganerlinie das Vorkommen von Valalta-Sagron (19), Klebelsberg (74).

Höchst kennzeichnend führen der Eisenspat von Tobadill bei Pians (Nr. 95) und die Lagerstätten von Gand (Nr. 89) und Fladalm-Thialspitz (Nr. 96) in Westtirol Quecksilberfahlerz. Wie das Vorkommen vom Zingeltobel bei Tafamunt (19) mitten im Ferwall einzuordnen ist, ist noch ganz unbekannt (Tiefe Störung, die Herd anzapft?).

g) An Ergußgesteine gebundene Lagerstätten.

Lagerstätten, die sicher an Ergußgesteine geknüpft sind, konnten bisher nur vereinzelt in unserem Gebiet nachgewiesen werden, wengleich Tornquist und W. Petrascheck einen sehr großen Teil der ostalpinen Lagerstätten jungen Ergußgesteinen zuordnen wollten (Basalte, Andesite u. dgl.).

Zur Gruppe der exhalativ-sedimentären Roteisenerze vom Typus der Lahn-Dillerze konnte ich in der Lagerstätte Heuberg bei Mixnitz (Nr. 49, (30) einen Vertreter nachweisen, allerdings klein, heute unbauwürdig, sonst aber in vielen Einzelheiten typisch.

Quarzkeratophyr ist bei uns als „Porhyroid“ oder als „Blasseneckgneis“ zwischen Selztal und dem Semmering weit verbreitet und es fällt auf, daß die zugehörigen Lagerstätten der Keratophyreisenerze so sehr fehlen. Wohl ist es möglich, daß das eine oder andere kleine Vorkommen von Magnetit, etwa jenes von der Adnerkuchl oder das von der Rötz ursprünglich hierher gehört haben mag, durch spätere Umprägungen aber so stark verändert wurde, daß diese Herkunft heute ohne eingehende Sonderbearbeitung nicht mehr kenntlich ist. Solche waren zwar durch K. Matz begonnen, sind aber wegen des Krieges nicht mehr zu Ende gekommen.

Vom Bösenwinkel bei Reifnig im Bacher liegen mir eigenartige Magnetite mit Granatfels vor, die ich etwa vor zwei Jahrzehnten von Kollegen Kieslinger erhalten hatte. Bei der geologischen Stellung dieses sonst im alten Schrifttum nur spärlich erwähnten Vorkommens (B. Hacquet) nahe der Grenze von Schieferen und Andesit wäre es möglich, daß hier eine kontaktmetasomatische Äußerung des Andesits vorliegt. Andererseits ist mir aber nicht bekannt, daß der Andesit irgendwo kontaktmetasomatisch Granatfels erzeugt, so daß eine andere Bildungsweise wohl wahrscheinlicher ist, etwa ähnlich wie Wollanig bei Villach u. a.

Was von den Südtiroler Lagerstätten etwa an den Bozener Quarzporphyr, was dem basischen Triasvulkanismus des Ladin etwa von Monzoni-Predazzo angehört, ist im einzelnen auch noch nicht näher untersucht.

B. Lagerstätten der sedimentären Abfolge

Lagerstätten dieser Art sind in den Ostalpen nicht gerade selten, aber durchaus klein und unbedeutend. Mir sind bisher etwa folgende Beispiele bekannt.

a) In die Gruppe der Erzanreicherungen der Oxydations- und Zementationszone älterer Vererzungen gehören viele ehemals bebaute Brauneisenerzlagerstätten. Als Beispiele dafür verweise ich auf die Eisenerze von Glanzrein bei Scheinitzen (Drautal), wo man den eisernen Hut der Markasite einer armen Blei-Zinklagerstätte als Eisenerz abbaute (Canaval). Ähnliche Verhältnisse liegen auch am Golsernock, in Gössering im Weißbriachtal oder in Breitenstein am Semmering vor, wo man noch 1950 aus der Hutzone kiesiger Karbonschiefer 1200 t Brauneisenerz gewann.

b) In der Gruppe der Seifen- und Trümmerlagerstätten ist darauf hinzuweisen, daß in Tragin bei Paternion ein regelrechter Stollenbergbau auf eine diluviale Goldseife umging, daß man im Stubai Goldseifen verwusch und daß in der Salzach unter Lend immer wieder bis in die neueste Zeit hinein (1939!) Versuche gemacht wurden, Gold aus den Salzachsanden zu waschen, s. E. Preuschen (108). Auch habe ich selbst noch gesehen, daß Zigeuner unter Graz bis gegen Radkersburg hinunter in der Mur Gold wuschen. Das gleiche wird vom Drautal berichtet, Cornu (28) und ist auch von der Donau bekannt. Lohnend werden solche Versuche aber in einem Lande, in dem jeder Quadratmeter Boden wertvoll und Privatbesitz ist, kaum jemals werden.

c) Hingegen sind Verwitterungslagerstätten nach der Art der Bauxite in den Alpen teilweise noch heute wirtschaftlich wichtig. Manche von den Bauxiten enthalten so beträchtliche Mengen an Eisen, daß sie einstens als Roteisensteinlagerstätten abgebaut werden konnten. Deshalb sind diese Lagerstätten von Bauxit auch mit dem Zeichen der sedimentären Eisenerzlagerstätten in die Karte eingetragen. Bekannte Lagerstätten dieser Art liegen in der Laussa vor, an der steirisch-oberösterreichischen Grenze mit den Vorkommen vom Präfinkogel, Blahberg, Sandl (Nr. 23 bis 25), Höllgraben und Weißbach bei Hieflau (Nr. 26), Dreistätten bei Wiener Neustadt, Untersberg-Großgmain (Nr. 143) und Grödig, im Westen in der Eisenspitze-Fliersch (Nr. 125) der Parseiergruppe.

In den Südalpen sind Bauxitlagerstätten seit langem aus der Wochein und aus dem Sanntal bekannt, Dittler (26) und auch wirtschaftlich recht bedeutend.

d) Ohne scharfe Grenze leiten die Bauxite zu den lateritischen Eisenerzen über, die in kleinen Vorkommen ungemain verbreitet sind, so daß sie kaum in eine Übersichtskarte aufgenommen werden können. Manche von ihnen werden als Ocker abgebaut, wie beispielsweise in Dirnsdorf unter dem Reiting (Nr. 96), um nur einen Vertreter zu nennen.

e) Der Serpentin von Kraubath ist im Jungtertiär an der damaligen Landoberfläche tiefgründig verwittert. Magnesia und Kieselsäure wurden weggeführt, Eisen, Nickel und Chrom angereichert. Dabei entstanden flächig ausgebreitet Brauneisenerz-Lagerstätten (Nr. 70, 71), die seinerzeit den Hochofen zu St. Stefan mit Erz versorgten. Leider ist hier das Nickel nicht so weit angereichert, daß Lagerstätten von der Art der Garnieriterze entstanden wären, sondern es tritt bloß in geringen Anteilen im Brauneisenerz auf, dieses dadurch zusammen mit dem aus dem Serpentin übernommenen Chromit für viele Zwecke minderwertig machend. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß die dortigen Lagerstätten einstens noch auf Sondereisen, etwa auf rostarme Stähle oder ähnliches abgebaut werden können, da die Mengen ganz ansehnlich sind, wie Bohrungen nach 1938 erwiesen. Ruttner (95) hat über das Vorkommen berichtet, eingehender K. Matz (78).

f) Toneisensteine sind in den Gebieten mit jungen, vor allem jungtertiären Schichten weit verbreitet. Als willkürlich herausgegriffene Beispiele seien Lockenhaus (Nr. 1), Rabnitz bei Radegund (Nr. 44), Komberg bei Hengsberg (Nr. 59) westlich von Wildon, Haunsberg nördlich Salzburg (Nr. 29) und Edelsbach bei Drachenburg in der Untersteiermark genannt. Auch der Toneisenstein von Thon bei Grafenstein, Tommermoos (Nr. 140) ist hier zu nennen.

g) Bohnerze finden sich in geringer Menge auf den Kalkhochflächen der Kalkalpen, ohne daß es sinnvoll wäre, sie in die Karte einzutragen. Auf der Villacher Alpe (Dobratsch) wurden sie mehrfach beschürft und bebaut.

h) Karsteisenerze wurden während des Krieges am Buchkogel bei Graz (Nr. 58) beschürft und abgebaut. Ähnliche Vorkommen liegen in der Umgebung mehrfach und werden teilweise als Farberde seit langem gewonnen, so in Thal (Nr. 56). Viele der kleinen Eisenerzlagerstätten der Kalkalpen im Norden und im Süden mögen hier einzureihen sein, etwa Arzberg bei Reichraming (Nr. 20), Wendbach bei Ternberg (Nr. 21), Stambachgraben bei Goisern.

i) Ein Vertreter der ariden Kupferanreicherungen des Red-Bed-Typus liegt im Oboiniggraben bei Eisenkappel (Nr. 1) vor, das ich 1938/39 bergmännisch untersuchte und worüber mein damaliger Mitarbeiter Krajicek (76) berichtete. Diese Lagerstätte ist mit einem eigenen Kartenzeichen: Kreis mit umschriebenem Quadrat in der Karte eingezeichnet.

k) Zu den Eisenausscheidungen aus Wässern gehören die Sphärosiderite, die sedimentären Eisenspatablagerungen, die in den Ostalpen noch nicht neu untersucht sind, für die aber doch recht mannigfache Beispiele vorliegen: In den anthrazitführenden Karbonschichten der Stangalm fand ich sie schon vor langem, ebenso sind sie aus dem Ameisgraben in der Breitenau bekannt, von Arzberg östlich Waidhofen/Ybbs und von Hainfeld. In Großraming liegt Sphärosiderit im unteren Flöz der Pechgrabener Kohle, im Pechgraben liegt er in den Grestener Schichten, in Turri südlich des Wörthersees in neogenen Tonen; bei Fursil und Posalz unterhalb Buchenstein in den Dolomiten ist dieses Mineral aus den Bellerophon-schichten bekannt (Klebersberg). Nirgends aber tritt es in bauwürdiger Form auf.

l) Manganerzlagerstätten sedimentärer Herkunft sind ebenfalls seit langem aus den Ostalpen bekannt. Einige sind in der Karte durch ein eigenes Zeichen (Quadrat bis zur Diagonale geschwärzt) hervorgehoben, so beispielsweise Roxol-Glöcklalm (Nr. 22a), Gaisberg bei Molln (Nr. 22), wo sie an Hierlatzkalke gebunden sind. Die Mangananreicherungen in den Strubbergschiefern des Lammertales (Abtenau) sind neuestens von Plöching (90) beschrieben worden, nachdem sie während des Krieges beschürft wurden. Weitere hierher zu stellende Manganerze von der Walderalm (Nr. 111) und vom Fichterberg (Nr. 112) so-

wie von der Eisenspitze (Nr. 125) wurden während des Krieges von meinem seinerzeitigen Mitarbeiter E. Preuschen untersucht (unveröffentlichte Berichte). Auf allen diesen bestanden ältere Bergbaue oder Schürfe. In den Südalpen gehören zu den sedimentären Manganerzlagerstätten vor allem jene des Poludnig (Nr. 91). Am Friedlkogel und am Draxlerkogel in der Veitsch liegen Manganlagerstätten vor, die Rhodonit, Manganspat, Friedelit, Tephroit usw. führen (Nr. 37a).

Einige dieser Manganerzlagerstätten liegen durch spätere Umprägungen verändert vor; wir kommen bei den metamorphen Lagerstätten darauf zurück. Kolsbergeralm bei Tweng, Meixner (85).

m) Wichtiger als alle bisher besprochenen sedimentären Lagerstätten sind die Eisenglanz-Magnetit-Chamositlager mit meist stark quarziger Gangart („saure Eisenerze“), die in altpaläozoischen Schichten über die Erde verbreitet und weltwirtschaftlich ungemein wichtig sind. In den Ostalpen haben wir verschiedene Vertreter dieser Gruppe vor uns, alle aber halten sich leider hinsichtlich der Erzmengen in einem sehr bescheidenen Rahmen. Wegen ihrer an sich guten Erze geben sie immer wieder Anlaß zu Schurfpekulationen. Für einen modernen Eisenerzbergbau sind sie aber viel zu beschränkt ausgedehnt. Genannt seien der Plankogel (Nr. 47) und das zugehörige Vorkommen beim Granitzer in der Weiz (Nr. 48), Pöllau bei Neumarkt (Nr. 76), mehrere Vorkommen um St. Veit/Glan (Nr. 83, 84), Reichenau (Nr. 78, 79), Hoher Burgstall im Stubai (Nr. 127). Diese Lagerstätten sind in den Ostalpen allermeist schwach metamorph geworden, so daß sie vielfach als Hämatit-Magnetit-Quarzit vorliegen. In einigen Fällen steigt die Umprägung so stark an, daß wir bei den metamorphen Lagerstätten kurz auf sie zurückkommen werden.

n) Sedimentäre Kieslagerstätten sind in den Ostalpen auffallend selten und nur kümmerlich entwickelt, zumal die Gruppe der „alpinen Kieslager“ hier ausscheidet. Es sollen hier bloß Kiesanreicherungen in Schiefergesteinen angeführt werden, die früher vielfach als „Alaunschiefer“ abgebaut wurden, so zu Dietmannsdorf, Enneberg und Wolfsgruben bei Kammern als Beispiele, die sich selbstverständlich beliebig vermehren ließen.

C. Metamorphe Lagerstätten

Nach Schneiderhöhn bezeichnen wir solche Erzlagerstätten als metamorph, die in kristallinen Schiefen — Metamorphiten — liegend, einen prämetamorph vorhandenen Erzbestand in umgeprägter Form enthalten, ohne daß dabei wesentliche Metallmengen zugeführt worden sind. Nach dieser Fassung fallen alle jene Lagerstätten nicht unter die metamorphen, die durch eine Stoffzufuhr unter den Bedingungen einer Metamorphose entstanden sind, wo also mit der Stoffzufuhr gleichzeitig das Gepräge eines kristallinen Schiefers entstand. Dadurch scheiden viele ostalpine Lagerstätten hier aus, beispielsweise jene von Schneeberg in Tirol oder Ramingstein, aber auch die alpinen Kieslager, also Gruppen, die man auf den ersten Blick ohne weiteres als metamorph ansprechen möchte.

Metamorph in dem oben dargelegten Sinn sind bei uns also vor allem einige sedimentäre Lagerstätten, die meist erststufig umgeprägt, entgegnetreten, so die meisten der Hämatitquarzite und einige Manganerzlagerstätten, darunter jene von der Kolsbergeralm bei Tweng (Nr. 99), deren Genesis H. Meixner (85) klärte. Metamorph sind aber auch die älteren Kiesbestände in vielen Amphiboliten und Marmoren, oft im Kleide einer zweitstufigen (Gleinalmkristallisation im Sinne Angels), seltener einer drittstufigen Metamorphose (Koralmkristallisation). Als Beispiele für die ersteren seien nochmals jene genannt, die schon unter der Gruppe Af 18 angeführt erscheinen: Kleinlobming (8), Oswaldgraben bei Krainach, Schaffergraben bei Pusterwald, Utschgraben, Giggertobel usw. Zu den metamorphen Kiesanreicherungen in Marmoren zähle ich den Nöcklberg bei Murau und Hirnkogel bei Pusterwald.

Richtige metamorphe Lagerstätten in diesem Sinne sind aber die Graphitlagerstätten, und zwar sowohl die außeralpinen ganz im Norden der Karte, die dem Böhmerwaldtyp angehören, wie auch die „steirischen“, unter denen der Zug von Kaisersberg-Leims nach dem Sunk am wichtigsten ist. Diese waren vormetamorph richtige karbonene Kohlenflöze. Wie ich gezeigt habe (37), kann man in ihnen mit guten Anschliffen das alte Zellgefüge vielfach noch deutlich erkennen. Sie treten an Orten gesteigerter Metamorphose auf, wie etwa im Zuge des Palten- und Liesingtales, während andernorts wie auf der Turracher Höhe oder im Stubai die Inkohlung nur bis zum Anthrazit führte.

Polymetamorphe Lagerstätten, wie wir sie aus Skandinavien oder Kanada usw. kennen, sind in den Ostalpen unbekannt.

Überblicken wir rückschauend die in den Ostalpen vorhandenen Lagerstättengruppen, so sehen wir, daß recht viele der theoretisch überhaupt möglichen Gruppen vorhanden sind, daß andererseits aber gewisse Gruppen fehlen.

III. Verzeichnis der in der Karte dargestellten Lagerstätten

Die Lagerstätten und Bergbaue sind sehr verschiedenartig benannt. Für manche wird der Name eines Stollens oder eines Grubenfeldes verwendet, wie Robblei, oder Claralager, für die meisten aber eine geographische Örtlichkeit bezogen. Hierzu wird bald ein Hausname verwendet, wie bei den Magnetiten von W. H. Granitzer/Weizklamm, bald ein Alm- oder Flurname wie Pfeifenbergeralm, Kotalm, Stangensattel, Duisitzsee. Am zweckmäßigsten erscheint es mir, den Namen der Gemeinde, des Tales oder Berges zu verwenden, insbesondere dann, wenn diese in den amtlichen Karten aufscheinen. Ich habe mich bemüht, vorzugsweise solche Namen zu gebrauchen, die zumindest auf den Meßtischblättern, also auf den Karten 1:25.000 ermittelbar sind. Wo sich aber ein anderer Name schon eingebürgert hat, wurde dieser beibehalten.

Die Richtungen der Zählung sind bei den größeren Gruppen kurz angeführt. Es wurde getrachtet, von einem Vorkommen ausgehend, in stetiger Richtung

weiter zu zählen. Das ging im allgemeinen, so lange ich die Vorkommen aus meiner früheren Karte übertragen konnte. Da ich aber nachträglich verschiedene Karteien, Übersichtskarten, Ortslexika, berggeschichtliche Werke usw. durchgearbeitet habe, ergaben sich oftmals sprunghafte Nachträge. Da die verfügbare Zeit sehr kurz bemessen war, konnte nicht daran gedacht werden, alles nachträglich noch einmal umzuzeichnen, wie es wünschenswert gewesen wäre. In einigen Fällen wurde eine schon bezifferte Lagerstätte später in eine andere Gruppe eingereiht, so daß dann die betreffende Nummer in der früheren Gruppe leer

bleibt. Die Gruppeneinteilung wählte ich so, daß, wenn möglich, zweistellige Ziffern ausreichten, was meist, aber nicht immer gelang.

In den großen Sammelgruppen, beispielsweise den Eisenerzen außer Eisenspat zählte ich fortlaufend, wie die Eintragung erfolgte. Das Verzeichnis dürfte aber brauchbarer sein, wenn man es nach den Untergruppen ordnet, so daß dann bei diesen die jeweiligen Nummern herausgegriffen wurden. Hierbei ließ es sich nicht vermeiden, daß sich die Nummern sprunghaft ändern.

Chromerze:

1. Gulsen
2. Sommergraben
3. Preg
4. Hochgrößen

Liquidmagmatische Magnetite in Diabas.

In Gruppe: Eisenerze außer Eisenspat, die Nummern:

- 46. Platte bei Graz
45. Neustift bei Andritz
88. Hamun bei Bleiberg

Ni-FeS-Entmischungen in basischen Gesteinen.

Unter Kieslager verschiedener Art.

16. Pfeifenbergalm im Murwinkel
7. Redlschlag

Molybdänglanz im Zentralgranit:

1. Alpeinerscharte, Geraerhütte

Goldlagerstätten Typus Schellgaden:

1. Muhr-Blöbeck
2. Mayrhofer
3. S Mayrhofer
4. Birgeck
5. Jägerhalt
6. Sigmundstollen
7. Schulterbau
8. Stübelbau
9. Schelchwand
10. Pramleiten
11. Maradlwand
12. Oberdorf-Zaneischg
13. Südl. Oberdorf
14. Wolfsbachgraben
15. Faschaun-Lasörn
16. Feistritz-Maltaberg
17. Dornbach
18. Radlgraben
19. Altersberg

Tauerngoldgänge:

1. Mererstuhlawald
2. Parisstollen
3. Kniebeißgang
4. Radhausberg
5. Paselstollen
6. Kreuzkogel
7. Radeck
8. S. Radeckalm
9. Gamskar-Steinbachkogel
10. Feldseekopf
11. Waschgang
12. Erzwies
13. Silberpfennig
14. Silberpfennig S
15. Pockhard
16. Pockhardscharte

- 17., 18. Siglitz
19. Weinflaschkopf
20. Kolm-Saigurn
21. Neubau (Hoher Goldberg)
22. Riffel
23. Grieswies-Schwarzkogel
24. Hochahrn-Goldzeche
25. Sonnblick-Goldzechkopf
26. Zirmsee-Seeleiten
27. Hirtenfuß
28. Brettsee-Pilatus
29. Eckkopf-Freudental
30. Zirknitz
31. Kölnbrein Lanisch
32. Kölnbrein
33. Eisenspitz-Lanisch
34. Riedbock-Riecken
35. Hohe Leier-Reifbeck
36. Tresdorf
37. Weißbriach
38. Walzentratten
39. Rohrberg-Zell
- 40., 41. Heinzenberg
42. Schwendau
43. Plettental
44. Pusterwald N
45. Samer-Kotgraben
46. N Samer
47. Goldloch, Lichtengraben
48. Roßbachgraben
49. Mischlinggraben
- 50., 51., 52. Kliening
53. Sommerau
- 54.—56. Flatschach
57. Tremmelberg
- 58., 59. Blasen-Karchau
60. Straßbeck
61. Puchegg
62. Zinzberg bei Gerlamoos

Heiß-hydrothermale Cu-Ag-FeAs-usw. Lagerstätten:

1. Fressenberg NO Seckau
2. Maierangersberg bei Seckau
3. Brandstättertörl
4. Lorenzen-Schwarzenberg bei Trieben
5. Dratschhube-Margarethen
7. Mitteregg-Ritzmannsdorf S Wörschach
6. Hochgrößen Ost
8. Donnersbach
9. Prebersee
10. Zlanitzbach-Kreuzeck
11. Stalleralm Kreuzeck
12. Politzberg-Lamnitztal
13. Bärenthal-Lochalm
14. Scharnick-Mockerspitz
15. Fundkofel
16. Striedenalm
17. Assamalm, Gnoppnitztal
18. Teuchl
19. Dechant

20. Zandacherhütte, Riecken
21. Stellkopf
22. Kluidalm
23. Gjaidtroghöhe, Fleißtal
24. Pasterzenzunge
25. Brennkogel
26. Hochtor
27. Seegut-Großarl
28. Rotgülden
29. Silbereck
30. Schurfspitz
31. Lanisch-Lieserursprung
32. Bärenbad bei Sachsenburg
33. Zinkwand, steir. Seite
34. Zinkwand, salzb. Seite
35. Vöttern
36. Giglerbaue
37. Neualm
38. Seekar
39. Krombach
40. Glocker, Obertal
41. Schipflehnerbrücke
42. Krahbergzinken
43. Bärfallalm
44. Hochwurzten
45. Frebold-Preuneegg
46. Gaßlalm-Preuneegg
47. Mosermandl-Ursprungalm
48. Draugstein
49. Filsmoosalm
50. Roßfeldeck
51. Gehrkopf-Pinzgau
53. Sonnenspitze, Wattenstal
54. Innerschmirn
55. Füßendraß
56. Krimmler Tauernhaus
57. Gerlosplatte
58. Häusling-Zillertal
59. Ahornspitz
60. Mayrhofen
61. Thorhelm
62. Kampriesenalm, Sulzbachtal
63. Habachtal
64. Breitkogel
65. Larinkogel
66. Straniska-Kals
67. Leibnig
68. Michlbachtal
69. Rudnig-Huben
70. Zwenewald
71. Fürstkogel
72. Dolach N Hopfgarten
73. Zwenewaldalm
74. Görttschach N St. Veit
75. S St. Veit
76. Leppetalalm

77. Gassen
78. Tögisch
79. Feistritz-Tögischtal
80. Blindis
81. Hinter Stallaalm
82. Schlaiten
82a. Hochalm, Debanttal
83. Alkus
84. Thurn bei Oberlienz
85. Schönbichl
86., 87. Lienzer Schloßberg
88. Leisach
89. Oberberg am Brenner
90. Weißwandspitz
91. Ast
92. Pontigl
93. Flans-Steckholz
94. Moarer Weißen
95. Schneeberg
96. Seeberalm-Königkogel
97. Penserjoch-Schönlei
98. Puntleit
99. Flaggental
100. Ultental S Meran
101. Taufers
102. Samalpe W Taufers
103.—106. Pfundererberg
107. Campo di Tassulo
108. Revò
109. Lavacalm
110. Monte Pin, Scalettalpe
111. Polinar (Piazzola)
112. Drignano
113. Comasine
114. Campanei-Peجو
115. Ossana
116. Cespede
117. Giuggia
118. Bisina (+HgS)
120. Nardis
121. Bedole, Val di Genova
122. S. Maria di Viezzena
123. Monte Mulatto bei Predazzo
124. Someda
125. Allochet
126. Col Sento bei Sours
127. Monte d'Arzon
128. Monte Asinozza
129. Transaqua
130. Strigno
131. Castel Tesino
132. Monte di Cave (Pb+Cu)
133. San Oswaldo
134. Cinque Valli—Monte Bror
135. Frontegraben, Levico
136. Vattaro
137. Val Conseria
137. Val Sorda
140. Mühlwaldertal W Rieserferner
141. Winkl (Brixener Granit)
- Kupfer-Silber'agerstätten (+FeCO₃)
Mitterberg-Schwaz.**
- Mitterberggang
 - Götschen
 - Buchberggang
 - Brandnergang
 - Burgschweiggang
 - Burgsteingang
 - Hammergraben
 - Giellach
 - Igelsbach
 - Floitensberg
 - Ginau
 - Arzberglehnen
 - Sonnhalb/Hütten
 - Schwarzenbach/Dienten
 - Nöcklberg
16. Schattbach
17. Weikersbach
18. Sausteigen
19. Lengriß
20. Röhreerbichl
21. Fuggerbau
22. Eggergrube
23. Kräuterberg-Going
24. Lauzertal
25. Weißenbach
26. Kirchberg
27.—34. W Kitzbühel
35. Aschbach
36. Aurachwildbach
37. Kelcha'm
38. Kupferplatte
39. Zeilmoos
40. Jochberg
41. Pernstein
42. Aurach
43. Windau
44. Kelchsau
45. Kürzer Grund
46. Langer Grund
47. Sempeljoch
48. Oberau
49. Kragenjoch-Schlagelwald
50. Auffach
51. Thierbach
52. Luegg
53. Schatzberg
54. Mauknerötzt
55. Mauken
56. Sommerau
57. Geyer
58. Gratlspez
59. Kaspar-Bürgl
60. Silberberg-Winkl
61. Hygna
62. Matzenköpfl
63. Kleinkogel
64. Klauseck
65. Bruckerberg
66. Pankrazberg
67. Weißer Schrofen
68. Reichental
69. Ringenwechsel
70. Palleiten
71. Schwaboden
72. Kellerjoch
73. Falkenstein
74. Burgstall
75. Rotenstein
76. Bruderwald
77. Bertagrube
78. Vikartal
79. Griffalm-Knappenkuchl
80. Christberg/Dalaas
81. Silberberg
82. Bartholomäberg
83. Rellstal, Montafon
84. Lech-Ameshorn
85. Klösterle-Nenzigast
86. Gafluner Winterjochl
87. Gafluner Putzkammer
88. Feli-Jakob
89. Gand (Fahlerz + Hgt)
90. Pettneu
91. Krabachjoch
92. Gafluneralm
93. Fliersch-Kohlwald
(Cu, Fahlerz, FeCO₃)
94. Alperschon
95. Pians N
96. Fladalm-Thialspitz (Hgfahlerz)
97. Giggalm-Wiesberg
98. Schwarzwald-Gallmig
99. Ob'ladis
100. Komperdell-Serfaus
101. Furkajoch
102. Hexenkopf-Arrezjoch
103. Blauer Thälücken
104. Blauwand
105. Piz Mondin
106. Neutzalm, Piz Lad
107. Stablins N Nauders
108. Gaderer Joch Nauders NO
109. Preiskopf bei Pfunds
110. Alpalm-Glockturm-Radurschl
111. Tschaybach N Hochjoch
112. Zösneralpe
113. Fislad
114. Waldrast
115. Blaseberg
116. Schlicktal
117. Gschnitz
118. St. Magdalena-Gschnitztal
119. Schludern
120. Tartschneerbüchl
121. Gomagoi
122. Gamperhöfe, Sulden
123. Afertal, Mittelberg
124. Froy
125. St. Georg-Afers.
126. Zufallkapelle-Ortler
127. Madritschtal
128. Madritschjoch
129. Lufital
130. Ruden bei Völkermarkt
131. Gorentschach bei Völkermarkt
- Andere, verschiedenartige Kieslagerstätten:**
- Lamprechtsberg
 - Johann-Lavanttal
 - Lading, Lavanttal
 - Pölling
 - Großölk (Marmor)
 - Tröglhütte, Scharnitz (Marmor)
 - Nöcklberg/Murau (Marmor)
 - Lobming (Amphibolit)
 - Steinplan (Amphibolit)
 - Seetal-Gstoder (Marmor)
 - S Prebersee
 - Sifflitzbach/Drau (Marmor)
 - Laitenkofel-Rangersdorf (Amphibolit)
 - Kreuzhöhe-Heiligenblut
 - Pfeifenbergeralm-Murwinkel (NiKies)
 - Wurfa'm, Stubach (NiKies Serp.)
 - Sellrain
 - Ade'hof Axams
 - Mathon-Paznaun
 - Aperer Pfaff
 - Walten ober Meran
 - Schelesno SO Wöllan
 - Agordo
- Alpine Kieslagerstätten:**
- Redlschlag
 - Bernstein
 - Bergwerk i B.
 - Mönichwald
 - Glashütten
 - Netting bei Neunkirchen
 - Dissau
 - Fröschnitztal-Pürschtingl
 - Arzbach-Vorau
 - Utschgraben
 - Naintsch
 - Johann-Herberstein
 - Groß-Stübing
 - Oswaldgraben-Kainach
 - Arzberg-Waldbach
 - Gastumeralphöhe
 - Reiterek-Zinkenkogel
 - Stallhofen-Obervellach

19. Teichen-Kalwang
20. Büschendorf
21. Singsdorf
22. Sonnwendberg bei Rottenmann
23. Strechengraben
24. Gaal-Ingerring
25. Walchen
26. Niederöblarn
27. Bärenbach-Sifflitz
28. Kleinsölk, Sagschneider
29. Schwarzensee
30. Weiße Wand, Untertal
32. Mandling
33. Mairalm-Mandling
34. Glückerberg
35. Oschenikalm-Fragant
36. Grafenberg-Fragant
37. Großfragant
38. Hochgrubenkopf
39. Apriach-Mölltal
40. Unholden-Gößnitztal
41. Krokhar-Gößnitztal
42. Guttal-Glocknerstraße
43. Teischnitzkees, Lucknerhütte
44. Tristinger, Kapruner Tal
45. Bauernbachkogel-Fusch
46. Gamskarl-Hierzbach
47. Hierzbach-Fusch
48. Schiedbach-Fusch
49. Weichselbach-Fusch
50. Rote Wand, Sulzbach, Fusch
51. Kitzloch
52. Hirschkogel-Rauris
53. Neudegg-Rauris
54. Hubeck-Rauris
55. Unterberg-Gastein
56. Harbach-Gastein
57. Laderding-Gastein
58. Remsach-Gastein
59. Aigenalm-Großarl
60. N Harbach
61. Ofleck-Harbach
62. Bacheralm, Gamskar
63. Astentofern
64. Gamskarkogel
- 65., 66. Reitalm-Hödegg
67. Colleg. Stegenwacht
68. Kardeis
69. Aschau
70. Kree
71. Kreealm
72. Nebelkareck
73. Bloseek
74. Blankowitzspitze
75. Sprinzgassen
76. Limberg-Bruckerberg
77. Aufhausen
78. Piesendorf
79. Scheidegg S. Niedersill
80. Wildbrechtshausen, Stubachtal
81. Felbenalm
82. Pihapp, Felbertal
83. Rettenbach, Mittersill
84. Hollersbach
85. Brennkogel
86. Pfitscherjoch
87. Jakob im Pfitschtal
88. Plerchwald
89. Leitnerwald
90. Luttach
91. Johann im Ahrntal
92. Klausen im Ahrntal
93. Peter im Ahrntal
94. Prettau
95. Neukirchen im Pinzgau
96. Knappenwand, Sulzbachtal
97. Spittal-Schöbwend (Felbertal)
98. Brustkogel-Stubachtal
99. Tauernkogel-Felbertal
100. Innergschlöß

101. Geralscharte
102. Matreier Tauernhaus
103. Raneburgalm
104. Nussing N Matrei
105. Stein
106. Zedlach
107. Rabenstein-Virgen
108. Bobojach
109. Großschober, Umbaltal
110. Laßnitzenalm-Hinterbichl
111. Becherkogel
112. Mullitzbach
113. Steinkarbach S Virgen
114. Reiterboden
115. Burg N Mittewald
116. Mühlbach-Anras
117. Stulperast
118. Tessenberg
119. Panzendorf
120. Villgraten
121. Unterwalden
122. Turntaler
123. Stückberg
124. Mollbrück S Sillian
125. Toblach
126. Sajat bei Prägraten

Eisenspat-Cu, Nördliche Grauwackenzone:

1. Gespitzter Riegl, Pitten-Walpersberg
2. Eichbüchel
3. Schleinz
4. Pitten W
5. Pitten
6. Schiltern
7. Arzberg-Leiding
8. N Arzberg
9. Heidenberg
10. Gleißenfeld
11. Kirchau
12. Kirchberg a. W.
13. Maiersdorf-Stallhof
14. Stixenstein-Sieding
15. Johann Steinfeld
16. Grasteil-Tannschach
17. W. Vöstenhof
18. Gloggnitz-Schlöglmühle
19. Schwarzenberg-Bürg
20. Priggwitz
21. Payerbach-Wernigg
22. Otter-S-Hang
23. Wartenstein N Raach
24. Pfaffengraben-Trattenbach
25. SW Sonnwendstein
26. Fröschnitzgraben
27. Steinhaus
28. Spittal/Semm., unten
29. Spittal/Semm., Berg
30. Hirschwang
31. Großbau-Schendlegg
- 31a. Kleinau-Schendlegg
32. Naßwald
33. Altenberg-Bohnekogel
34. Bohnekogel
35. Neuberg
36. Neuberg-Sümpfen
37. Debrin
38. Dürrgraben
39. Veitschalm
40. Eckalm
41. Brunnalm
42. Rotschl
43. Niederalpel
- 44., 45. Gollrad
46. Turnaueralm
47. Fladenalm
48. Eibelkogel
49. Hochanger
50. Dürrsteinkogel/Veitsch
51. Langenwang-Treibach
52. Fölzstein

53. Tragöb-Oberort
55. Pönegg-Patschen. N. Kapfenberg
56. Thalerkogel-Rötz
57. Hieselegg
58. Kohlberg
59. Leobnerhütte
60. Polster (Hg-Fahlerz)
61. Gsollgraben-Glanzberg
62. Erzberg
63. Grübel-Rößl
64. Krumpen (Hg!)
65. Lins
66. Tullriegl-Tulleck
67. Radmerhals
68. Finstergraben-Radmer
69. Gründriedl usw. Radmer
70. Radmer-Hasel
71. Antonikreuz-Zeiritzkampfl
72. Zeiritzalm
73. NW Zeiritzkampfl
74. Rothwand
75. Leobner
76. Johnsbach-Plonauerwald (Cu)
77. Johnsbach-Placken (Cu)
78. Grieskogel-Scheibenalm
79. Hochwurf, Hocheck, Ohnhardskogel
80. Hochkogel
81. Spielkogel
82. Treffneralm
83. Kaiserau (mit Eisengl.)

84. Rötelstein-Admont
85. Admont-Wolfsbachgraben
86. Admont-Kaltenbrunnalm
87. Admont-Edergraben
88. Pesendorfer'sche Erzgruben
89. Dürrnschoberl
90. Pleschberg
91. Ardning
92. Salberg bei Liezen

93. Allerheiligengraben Mürzthal
94. Eywegsattel
95. Hafning-Kurzheim
96. Wolfsgruben-Kammern (Cu)
97. Rannach-Mautern (Cu)
98. Bärentalsattel (Cu)
99. Büschendorf (Cu)
100. WH Nagelschmiede, Admont
101. Einöd O Rottenmann (Cu)
102. Selztal Fe

103. Rötelstein-Kamp (Mn)
104. Rötelstein-Teltschen
105. Sandling
106. Reinfalzal
107. Stambach-Agatha O Goisern
108. Chorinskyklause W Goisern
109. Eisenauer N Schafberg

110. Ginglalm-Katschtal (Cu)
111. Hartelsgraben bei Kaisersberg
112. Brettstein (Cu)

Eisenspatlagerstätten Turrach-Hüttenberg und verwandte:

1. Heiligenbach
2. Grünleiten-Leopold
3. Grünleiten-Viktoria
4. Silberstuben
5. Altenberg
6. Andreas-Rudolfbaue
7. Sorgeralm
8. Mattehans NO (Mehrlhütte)
9. Schönfeld-Knappenriegel
10. Kendlbuckergraben
11. Reißsack
12. Steinbach
13. Turrach Rohrerwald
14. Allachalm

15. Sumperalm-Flattnitz
16. Flattnitz-Mayrhoferalm
17. Turrach-Schafalm
18. Schwarzsee-Saureggen
19. Kotalm-Stangensattel
20. Paalgraben
21. Stadl
22. N Kendlbruck
23. Salvator bei Friesach
24. Gaisberg-Zeltschach
- 25., 26. Olsa
27. Mauritius-Grafenstein
28. Kullmitzen
29. Michaelistollen
30. Ostrog
31. Wildbachgraben NO Straßburg
32. Wildbacher
33. Martisbaue
34. Margarethen-Silberberg
35. Caroli u. Cordula
36. Martin a. Silbersberg
37. Ekwiese am Zossenkogel
38. Heft
39. Johann-Georg-Bartlmä
40. Olga
41. Ferdinand und Jonsen
42. Löllingerberg
43. Bärenbach
44. Knappenberg
45. Gossen
46. Kalmertratte
47. Wieterlinghütte
48. Seewiesen
49. Hohenwart
50. Weitensbach
51. Lichtengraben
52. Schneeberg
53. Planeben-Bergkogel
54. Schrottkogel
55. Loben
56. Schiefeling
57. Waldenstein
58. Schönixbaue
59. Twimberg
60. Jacklebauer, Gotthard, Koch
61. Amtmann
62. Wilhelmbaue
63. Polster
64. Abtmaurer
65. Theißenegg
66. Wölch
67. Preitenegg
68. Pack
69. Kligenstein-Salla
70. Salla-Kohlbach
71. Enzersdorf W Pöls
72. Kurzheim-Pölschhof
73. Oberzeiring
74. Scheiben-Nußdorf
75. Lind bei Scheifling
76. Teufenbach (Cu)
77. Perchau
78. Seetal-Zirbitz-Winterleitensee
79. Kathalschmied-Obdachegg
80. Reiflingerberg bei Obdach
81. Weißwandl Ramingstein
82. Kuster-Mettnitz
83. Glasgraben
84. Wellitzen W Pfann-Nock (in Trias)

Eisenspatlagerstätten Annaberg-Werfen und westlich:

1. Wirtsötz, Mandlsötz, b Annaberg
2. Digrub
3. Gwehenberg
- 4., 5. Häfenschier
6. Schreckenbergl (O Werfen)
7. Sattelbach, Fritztal

8. Unter Gerzkopf
9. Arzberg N Hackplatten
10. Schwemberg bei Radstadt
11. Urbaislehen bei Altenmarkt
12. Thurnhof/Flachau
13. Höch-Reitdorf
14. Schwaighof
15. Wagrein W
16. Moosgut-Lungötz
17. Ahornkar
18. Reitlehen, Kleinarl
19. Einödlehen
20. Rettenstein O Johann
- 20a. S Plankenau
21. Weiding (Lichtensteinklamm)
22. Eulersberg bei Hütten
23. Winkler-Raidlgraben
24. Buchberglehen
25. Flachenberg Ost
26. Flachenberg West Höllgraben
27. Schäferötz-Windringberg
28. Pointlehen, Hochglocker
29. Karbach W. Mühlbach
30. Taghaube
31. Kohlmannsegg
32. Langegg-Dienten
33. Dacheben-Dienten
34. Klingspitz
35. Eschenau-Trattengraben
36. Filzensattel
37. Kühalm S Hochseiler
38. Bachwinkel
39. Gries bei Salfelden
40. Viehofen (3 Vorkommen)
- 41.—44. Pilleersee usw.
45. Gebra bei Kitzbühel
46. Reichenkendl
47. Foidling
48. Dürnberg bei Stuhlfelden
49. Puderlehen N Uttendorf
- 50., 51. Hochkogel O Mittersill
52. Hartkaser S Scheffau
53. Feuring S Brixen
54. Luisenbau S Brixen
55. Zinsberg
56. Hohe Salve
57. Savenberg N Hopfgarten
58. Hopfgarten
60. Falkenstein
61. Schwader Eisenstein
62. Radaun
63. Weithofen
- 63a. Schwazer Eisenstein
64. Heiligenkreuzzeche
65. Fisingrund, Gilferberg Lawasseralm
66. Nurpenbach Innerst
67. Volderberg
68. Wattenstal
69. Mölserberg
70. Arzthal S Patscherkofel

Eisenspat(kupfer)lagerstätten der Zentralalpen und südlicher Gebiete (Kartenzeichen: Kreis, wenn Cu. darin ein Punkt.

1. Schwabegg
2. Reichenbruggeralm N Abling
3. Latschach-Faakersee
4. Finkenstein
5. Pogöriach-Mallestig
- 5a. Mallestig
6. Zlan
7. Tratten bei Kerschdorf (Fahlerz u. Co)
8. Mellweg, Gailtal
9. Kameritsch, Gailtal
10. Lassendorf-Weißbriachtal
11. Sausengalm S Sattelnock
12. Stranigeralm-Hochwipfel

13. Bachachalm. Obere, bei Goderschach
14. Nölblingalm
15. Siegelberg bei Dellach/Gail
16. Leifling bei Dellach/Gail
17. Dellach-Gail
18. Kötschach
19. Dellacheralm-Zollnerhöhe
20. Kronhofbach
21. Wurmlacheralm
22. Hoheck-Timau
23. Plöcken
24. Valentinalm
25. Forni Avoltri
26. Raimundalm S Plenge
27. Silberbach-Gailberg
28. Polinik-Raggalm
29. Radlbergalm bei Lengholz
30. Gurskantor-Scharnik
31. Kaning bei Radenthein
33. Mitterberg bei Tamsweg
34. Mauterdorf. Tauernstraße
35. Rubland-St.Oswald S Sillian
36. Valparoline bei Tezze, Brentatal
37. Planina unter Wochein (Cu)
38. Podjelovbrdo (Cu)
39. Rude b. Samobor
40. Judengras S Birnbaum

Blei-Zinkerze der nördlichen Kalkalpen und verwandte:

1. Alland-Triestingtal
2. Schwarzenbach bei Türritz
- 2a. Schwarzenberg bei Türritz
3. Annaberg
- 3a. Gösing
4. Proles S. Student
5. Gaming
6. Rieserschneid-Steirbach
7. Arikogel
8. Gartenau bei Hallein
9. W Hoher Göll
10. Torrenerjoch, Königsbergalm
11. Hoher Staufen
12. Buchberg-Ilgen-Bodenbauer
13. Silberkaralm-Schladming
14. Torstein SW Pfeiler
15. Zauchsee, Faulwand, Gamskogel
16. Frommeralm-Koreinberg
17. Fallsteinwand bei Werfen
18. Voglau-Lammertal
19. Enghard-Lammertal
20. Redtenbachalm-Blühnbachtal
21. Rauschberg-Inzell
22. Auerbach W Bayr. Zell
23. Zwillingwand O Mosermandl
24. Brandenbergal-Schwaz
25. Tristkogel bei Pertisau
26. Vomperloch
27. Überschall
28. Lafatsch
29. Repts
30. Gleirsch
31. Christeneck
32. Pfeisalm-Stempeljoch
33. Rhaurberg-Arzt
34. Hötting-Hafezereck
35. Zirlerklamm-Schloßbachgr.
36. Roßloch-Karwendel
37. Ahrntal
38. Angeralm-Vogelkarspitz
39. Hinterrif
40. Telfs
41. Feldernalm O Ehrwald
42. Zugspitze S
43. Biberwier
44. Säbertal
45. Fernpaß
46. Fernstein
47. Mariaberg
48. Haverstock

49. Blasiental
50. Hochwart
51. Nassereith
52. Gafleintal
53. Brunwald
54. Tegestal
55. Berwang-Gartnerwand
56. Reißenschuh-Heiterwand
57. Rudispitz bei Namlos
58. Maldoneralm-Heiterwand
59. Sparchetkopf Tarrenz
60. Lagerberg-Imst
61. Karrösten
62. Tschirgant
63. Memmingerhütte N Parseierspitze
64. Kaisertal
65. Almejur
66. Nasserein
67. Valluga-Edlespitz
68. Zug-Omeshorn
69. Davenna-Anton/Vorarlberg

Aus der alten Tiroler Karte sind einige (14!) Lagerstätten noch in die Lagerstättenkarte eingetragen, doch ohne Nummern.

An Kalk gebundene Blei-Zinklagerstätten südlich der Zentralalpen.

1. Gutenstein
2. Jankouz
3. Schwarzenbach-Mieß
4. Helena-Mieß
5. Mieß
6. Unterpetzen
7. Siebenhütten
8. Petzen
- 8a. Topiza
9. Leppen-Koprein
10. Remschnig
11. Löbnig bei Kappel
- 11a. Blasnitzen-Oistra
12. Rechberg bei Kappel
13. Obir
14. Obir-Fladung
15. Oswald-Oberseeland
16. Mitterwinkel bei Waidisch
- 16a. Baba
17. Windisch-Bleiberg
18. Latschach
19. Korbtsch bei Fürnitz
20. Raibl
21. Bartolograben/Saifnitz
22. Zwölferrnoch S Bleiberg
23. Bleiberg
24. Kreuth
25. Rubland. Ebenwald
26. Rubland
27. Pöllau
28. Aichach
29. Kreuzen
30. Golsernock
31. Kovesnock
32. Windische Höhe
33. Tschekelnock
34. Köstendorferalm
35. Forchtnersee
36. Förolach
37. Spitzegel-Tscherniheim
38. Radnig
39. Nockberg bei Steinfeld
40. Reißkoff
- 40a. Gössering
41. Jauken
42. Bärenboden
43. Pirknergraben
44. Scheinitzen
45. Kolm
46. Oberdrauburg-Zwickenberg
47. Rosenberg bei Oberdrauburg
48. Hochstadl S Prikergraben

49. Drei Vork. ober Auronzo
50. Monte Rosiana
51. Ostl. Valbona
52. Höhlenstein-Dreizinnen
53. Knappenfuß
54. Eisengabelspitz-Dol. Nodara vedla
55. Spessa-Wengen
56. Pins-Campill
57. Monte Giau
58. Tolghe Pianetti O Gardasee
59. Bedole
60. Pressano
61. Lavis
62. Monte Corona
63. Meano
64. Valesberg bei Trient
65. Pra longo
66. Monte Gallina
67. Monte San Colomba
68. Val calda
69. Roncogno
70. Doss della Greve
71. Ravizola (Ost Adamello)
72. Selvatal (in Jurakalk)
73. Val Sella S Borgo
74. Cortina d'Ampezzo
75. Stranje
76. Sabakoje bei Lichtenwald
- 76a. Petztl bei Lichtenwald
77. Groß-Scherun
78. Laak
79. Gimpel
80. Tretelno
81. Jablanitz
82. Littai
83. Robbüchl
84. Schönstein
85. St. Florian
86. Srednik S Ratschach
87. Trnovec-Knapovce
88. Laze
89. Descen
90. Waatsch
91. Reschise
92. Rassiek
93. Kraxen
94. Kerschstetten
95. Kleiner Obir
96. Töplische bei Rubland
97. Klamm bei Rubland
98. Vellach
99. Pistolnigalm
100. Kristallnigalm
101. Grafensteineralm
102. Jelen
103. Trabenta
104. Knieps
105. Ursula

Blei-Zinklagerstätten in Nichtkalkgesteinen:

1. Krumbach O Aspang
2. Kleiner Pfaff
3. Prinzenkogel-Retteneegg
4. Sonnleitberg-Gassen
5. Reschenkogel-Gassen
6. Kathrein am Offenegg
7. Arzberg-Hauffenreith
8. Burgstall
9. Rumpl-Niederschöckl
10. Rechberg
11. Schrems
12. Tasche bei Peggau
13. Laufnitzdorf
14. Deutschfeistritz
15. S Deutschfeistritz
16. Rabenstein
17. Arzwaldgraben
18. Waldstein
19. Übelbach

20. Groß-Stübing
21. Graschnitz
22. Stiwill
23. Remschnig-Fresen
24. Nikolai-Sausal
25. Koralm SW
26. Pusterwald
27. Vorberg S Wörschach
28. Hachau-Mandling
29. Fastenberg-Schladming
30. Bodensee-Seewigtal
31. Patzenkar
32. Bromriese
33. Robblei
34. Sagalm-Duisitz
35. Fleheralm-Neualm
36. Eiskar
37. Untere Gigleralm
38. Oswald-Eberstein
39. Kosmas W. Treibach
40. Meiselding
41. Kulmberg-Kraig
42. Altenmarkt-Griffen
43. Zweinitz-Gurktal
44. Grades-Mettnitztal
45. Mettnitz
46. Mödring-Mettnitztal
47. Flattnitzer Höhe
48. Ramingstein-Altenberg
49. Dürrenrain
50. Weißwandl

51. Beierdorf bei Neumarkt
52. Zeutschach
53. Treffen bei Villach
54. Landskron
55. Vassach-Ruprecht
56. Umberg-Wernberg
57. Rudnig/Drau
58. Kathrein/Drau
59. Plescherken
60. Albersdorf-Windische Höhe
61. Moosburg
62. Ponfeld
64. Wandelitzen bei Völkermarkt
65. Zorn-Thumersbach/Zellersee
66. Tarzens S Patscherkofel
67. Schönachtal S Gerlos
68. Mullwitzaderl
69. Prags-Dolomiten
70. St. Vigil-Pineid
71. Untermoi O Peitlerkofel
72. Silberberg-Inntal
73. Christoph am Arlberg
74. Maroijoch
75. Kaunserberg
- 75a. Puschlinalpe
76. Innerberg-Kauns
77. Tschenglerberg-Fislad
78. Pinnistal-Stubai
79. SW Habicht
80. Rabenstein Sarntal (+Flußspat)
81. Naif-Meran (+Flußspat)
82. Terlan
83. Nalsberger
84. Gall-Nalsberger
85. Völlan
86. Lagar
87. Vetzan
88. Fora
89. Laasertal
90. Tschengels
91. Eirs
92. Stils
93. Mauknerkessel N Bozen
94. Villanders
95. Kampenn bei Bozen S

96. Deutschenhofen-Laab
97. Aldein
98. Grimmelalpe bei Radein
99. Erzerlahn bei Welschnofen
100. Altenburg SW Bozen
101. Doss della Greve
102. Monte Brada
103. Rigol-Canezza
104. Gronleit
105. Val die Valena, Palù
106. Tregiovo N Cles
107. Lanergraben, Monte Dian
108. St. Antonio N Cles
109. Breguzzo
110. Tösens
111. Rakowitz

Antimonlagerstätten und einige Auripigmentvorkommen.

1. Schlaining
2. Ober Glashütten
3. Maltern
4. Veleni
5. Rainberg NO Lauffen, Salzburg
6. Guginock-Lind
7. Lessnig
8. Radlberg
9. Gurserkammer
10. Rabant
11. Johannisgrube
12. Feistritz/Dellach
13. Laßnig bei Dellach
14. Stein bei Dellach (A)
15. Weißwände-Sifflitz
16. Abfaltersbach S
17. Obertilliach
18. Leiten
22. SW Trins im Gschnitztal
23. Trojane
24. Schönacker
25. Labnik bei Bischoflack
26. Brezje SO Hrastnig
27. Znojila O Cenisnek
28. Kühnburg O Hermagor (Gail)

Quecksilberlagerstätten.

1. Krumpfen
2. Wetterbauernsattel
3. Dalakberg-Rein
4. Hohes Kohr-Rinsennock
5. Rotrasten-Reichenau
6. Eisenkappel
7. Vellacher Kotschna
8. Trögern
9. Setitsche bei Zell-Pfarre
10. Waidisch
11. Anna-Neumarkt
12. Loibl
13. Thörl-Gail
14. Dellach/Drau
15. Stockenboi Wiederschwing
16. Feistritz/Drau (Seife)
17. Kerschdorf-Gail
18. Stegenwacht (Lichtensteinklamm)
19. Valalta-Sagron
20. Idria
21. Gozd NO Stein in Krain
22. Mantsche bei Wippach (O Görz)
23. Wöllmersdorf bei Judenburg (HgS-Fund + BaSO₄ in Marmor)
24. Zingeltobel bei Tafamur
25. Tobadill bei Pians (FeCO₃ = HgS)
26. Radmannsdorf
27. Magdalensberg

Lagerstätten von Spatmagnetit, Talk und Asbest.

- I. Spatmagnetit:
 2. Klamm-Schottwien

3. Eichberg-Gloggnitz
5. Arzbach bei Neuberg
6. Sattlerkogel-Veitsch
7. W Veitsch
8. Pretal-Stübing
9. Moßinggraben
14. Hintergraben-Lamming
- 15., 16. Wiesergut, Hohenburg
17. Laintal
23. Breitenau
28. Dionysen
29. Häuselberg
30. Jassing
32. Wald
36. Sunk
40. Lassing
42. Trautenfels
43. Martin Grimming
46. Tragail
47. Oswald
48. Kothalm
49. Stangensattel
50. Millstätteralm (Radenthein)
58. Blumeck
59. Schainghof
60. Wagrain N
61. Seidlalm
62. Wagrain
63. Rettenstein
64. Schneeberg
- 65.—85. Goldeck-Dienten-Urslau
86. Inschlagalm
87. Spielberg
88. Schwarzenbach
89. Schmerlalm
90. Spießnägell
- 91., 92. Lannersbach
93. Ambergerhütte
94. Nöblacherzsch
95. Stiereck-Ortler

II. Magnetit Typus Hall (salinar):

4. Kaswassergraben

III. Talklagerstätten:

1. Puchegg bei Vorau
10. Postmühle, Freßnitzgraben
11. Büchsegg-Thörl
12. Jakob im Wald
13. Pfaffeneck
- 18.—22. Rabenwald
24. Mitterriegel
25. Graschnitz
26. Rehkogel
31. Michael
33. Mautern
34. Timmersdorf
35. Rannach
37. Himmeleck
38. Bärensohlsattel
39. Einöd
41. Lassing
44. Waldbachalm

IV. Talk in Serpentinshöfen:

27. Weißenbach
51. Schellgaden
53. Fuschertal
55. Tremmelberg
57. Lessach
96. Hirt
99. Felbertal

V. Tremolit-Asbest in Serpentinshöfen:

45. Torscharte
52. Peitler-Rennweg
54. Rastezen
98. Rechnitz

VI. Chrysolitbest in Serpentin:

106. Hochgröben

VII. Dichter Magnetit in Serpentin:

101. Feistritz
102. Gulsen
103. Preg
104. Sommergraben
105. Lobming

VIII. Leukophyllite:

97. Kleinfestritz
- Aspang (nicht in der Karte)

Graphitlagerstätten der Karte.

A. Typus Passau. Böhmerwaldmassiv (außer alpin, aber noch in der Karte).

1. Schönbühl bei Melk
2. Eckhardsberg, Dunkelst.-Wald
3. Hohenegg
4. Kornig
5. Weitenegg W Melk
6. Artstetten
7. Auratsberg
8. Loja
9. Persenbeug
10. Hengstberg

B Typus Sunk.

1. Edlach-Reichenau
2. Kreuzberg-Breitenstein
3. Raxental-Preiner Gscheid
4. Stojan bei Kapellen
5. Neuberg-Krampen
6. Thörl
7. Retteneegg
8. Kathrein-Hauenstein
9. Allerheiligen-Mürztal
10. Graschnitzgraben
11. Pischberg bei Bruck
12. Emberg/Lamming
13. Untertal/Lamming
14. Aich bei Bruck
15. Kleinveitschgraben N Sommerberg
16. Waxenegg-Anger
17. Maintschgraben Anger
18. Gasen
19. Freising/Mahrenberg
20. Jassing/Michael
21. Kaisersberg
22. Preßnitzgraben
23. Leims
24. Magdwiesen
26. Aichdorf bei Prävali
27. Rannach
28. Teichen-Kalwang
29. Wald
30. Treffengraben-Mödlingerhütte
31. Gaishorn
32. Dietmannsdorf S (Anthrazit)
33. Dietmannsdorf W (Anthrazit)
34. Bärenndorf
35. Sunk
36. Sunk-Hochschurf
37. Lorenzen
38. Rottenmann
39. Burgfried-Lassing
40. Lassing
41. Singsdorf
42. Rabenstein b. St. Paul, Lavanttal
43. Arnoldstein
44. Agoritschach bei Arnoldstein
45. Feld am Brennsee
46. Dellachgraben S Radenthein

Eisen- und Manganerzlagerstätten (außer Eisenspat)

In der Karte sind diese Lagerstätten teilweise unterteilt in magmatische an basischen Gesteinen (Typus Platte), sedimentäre Hämatit-Quarzitlagerstätten des Paläozoikums (Typus Stubai) und in Bauxitlagerstätten, die wegen ihres Rot- oder Brauneisengehaltes früher mehrfach als Eisenerze abgebaut worden sind. Da aus dem Schrifttum vielfach nur „Eisenerz“ zu entnehmen ist, mögen diese ausgeschiedenen Lagerstätten

nur als Beispiel angesehen werden. Auch einige Manganerzlagerstätten sind als solche dargestellt; auch dieses Element ist in vielen anderen Eisenerzen enthalten, so daß es auch hier schwierig ist, richtig abzutrennen. Möglicherweise gehört ein Teil der Brauneisenerzlagerstätten richtiger in die Spatgruppe als eiserner Hut.

- | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Lockenhaus | 55. Krems | 111. Walderalm bei Vomp. Mn |
| 2. Lebing bei Vorau | 56. Tal bei Graz | 112. Fiechterberg |
| 3. Wöllersdorf | 57. Feliferhof-Steinberg | 113. Martin-Hallstal |
| 4. Willendorf | 58. Buchkogel | 114. Acherkogel-Ötztal |
| 5. Puchberg am Schneeberg | 59. Kehldorf-Hengstberg | 115. Haderlehen-Sautens |
| 5a. Breitenstein-Adlitz | 60. Steinriegel-Kitzeck | 116. Arzl-Wenns |
| 5b. Prein-Griesleiten | 61. Brudersegg | 117. Erzbach-Ammerwald-Reutte |
| 6. Klein-Mariazell | 62. Maierhof | 118. Kleintal N Reutte |
| 7. Köcherberg W Alland | 63. Mantrach | 119. Karettschrofen-Vils |
| 8. Perchtoldsdorf NW Mödling | 64. Klein | 120. W Hoher Ifen |
| 9. Kleinzell | 65. Tieschen | 121. Schönbauer Ifen |
| 10. Zeislalm bei Kleinzell | 66. Reifnig-Bösenwinkel | 122. Andelsbach |
| 11. Tafern-Zögersbach | 67. St. Primon | 123. Amberg bei Feldkirch |
| 12. Eisenstein N Türritz | 68. Saldenhofen | 124. Galgentobel bei Bludenz |
| 13. Ulrichsberg | 69. Achnerkuhl bei Kallwang | 125. Eisenspitze Parseier Mn |
| 14. Halltal-Mariazell | 70. Kraubath, Rablstollen | 126. Nederkogel-Ötztal W Kurzlehn |
| 15. Nestelberg | 71. Kraubath, Ederstollen | 127. Hoher Burgstall, Stubai |
| 16. Steingrabenkreuz/Lackendorf | 72. Großsölk | 128. Fursil-Dolomiten |
| 17. Perneck N Lunzersee | 73. Sommereck bei Sölk | 129. Folgana Melignin |
| 18. Großau W Waidhofen | 74. Hansental-Sölk | 130. Tosstonda |
| 19. Naglergut-Großbraming | 75. Reifling bei Judenburg | 131. Laone |
| 20. Arzberg-Reichraming | 76. Pöllau bei Neumarkt | 132. Pireschitz W Cilli |
| 21. Wendbach bei Molln Mn | 77. Mühldorf bei Neumarkt | 133. Olimje bei Sopote |
| 22. Gaisberg bei Molln Mn | 78. Ebene Reichenau | 134. Peilenstein |
| 22a. Glöcklalm-Roxol Mn | 79. Ebene Reichenau Ost | 135. St. Veit |
| 23. Bodenwies Bauxit | 80. Moosburg | 136. Neudegg |
| 24. Präfingkogel Bauxit | 81. Adam-Miesdorf | 137. Sobotschevo |
| 25. Unterlaussa Bauxit | 82. Christof/Philippen NO Klagenfurt | 138. Eisern |
| 26. Dürrenkogel/Hieflau | 83. Zwain | 139. Franz bei Cilli |
| 27. Schwarzmooskogel, Totes Gebirge | 84. Schaumboden | 140. Grafenstein bei Klagenfurt |
| 28. Rußbach W Ischl | 85. Pisweg | 141. Röttelstein bei Dornbirn |
| 29. Pankraz N Haunsberg | 86. Mitterdorf NW Gurk | 142. Scesaplana-Douglabühne |
| 30. W Torrenjerjoch | 87. Dürnstein bei Friesach | 143. Untersberg-Großgmain |
| 31. Rositten-Untersberg | 88. Neuhaus bei Lavamünd | 144. Wandelitzen bei Völkermarkt |
| 32. Scheffau Mn | 89. Begunschitza SW Loibl | 145. Wollanigberg bei Villach |
| 33. Lammertal Mn | 90. Hochstuhl | |
| 34. Strubberg Mn | 91. Poludnig Mn | |
| 35. Triklfall Mn | 92. Stockenboi | |
| 36. Friedlkogel + Draxlerkogel Mn | 93. Tiebelgraben | |
| 37. Lärchkogel/Langenwang | 94. Bocksattel | |
| 38. Göritz-Parschlug | 95. Mallnitzer Tauern | |
| 39. Brandberg-Leoben | 96. Dirnsdorf (Ocker) | |
| 40. Tollingergraben | 97. Edling (Ocker) | |
| 41. Hinteregge-Rabenwald S | 98. Rötz | |
| 42. Landschakogel-Weiz | 99. Kolsbergeralm bei Tweng | |
| 43. Haselbach W Weiz | 100. Schüttbachalm sed. | |
| 44. Rabnitz-Rinegg | 101. Steinfeldspitz W | |
| 45. Neustift bei Andritz | 102. Buchstein | |
| 46. Platte bei Graz | 103. Brandstattötzt bei Eben | |
| 47. Plankogel | 104. Neukirchen-Gschwend Bayern | |
| 48. Granitzer-Weiz | 105. Eisenärzt Bayern | |
| 49. Heuberg-Mixnitz | 106. Arzmoor-Bayrischzell | |
| | 107. Thiersee | |
| | 108. Dabernitzkogel | |
| | 109. Eisenofenaln W Falzarego | |
| | 110. Settsass | |

Raumlage

Die Verteilung der Lagerstätten im Raum, ihre Häufung in bestimmten Zonen, denen andererseits auffallend erzarme Gebiete gegenüberstehen, bespricht anschließend E. Clar. Dieser hat auch jüngst erst die Beziehungen zwischen Vererzung und Tauernkristallisation eingehend dargelegt (20); dadurch erübrigt es sich, auf diese hier einzugehen.

Einige weitere Fragen mögen folgend kurz erörtert werden:

Bindung der Erze an den bestimmten Ort

Die Lage im Großraum gibt zunächst nur eine Voraussetzung dafür, daß überhaupt eine Lagerstätte entstehen kann. Ob dann aber tatsächlich eine solche gebildet wird, und wie diese beschaffen ist, hängt von den rein örtlichen Gegebenheiten ab, von der

Kleintektonik, vor allem aber davon, ob ein geeignetes Trägergestein vorhanden ist, wie dieses liegt usw. Sehr bekannte Beispiele dafür liegen in den Branden des Zinkwand- und des Vötterngbietes in den Schladminger Tauern vor oder werden dadurch sinnfällig angezeigt, daß die Goldgänge des Siglitz-Pochhart-Gangzuges dort in Eisenspatgänge übergehen, wo die Gänge in Marmorlagen der Schieferhülle übersetzen.

Alle genauen Untersuchungen an hydrothermalen Lagerstätten bestätigen immer wieder, daß oft feinste Einzelheiten für die Beschaffenheit einer Lagerstätte maßgebend sind oder das Zusammenfallen mehrerer günstiger Umstände, die sich in ihrer Wirkung dann verstärken. Holler (67) hat beispielsweise für Bleiberg in mühevoller, aber von Erfolg gekrönter Arbeit diese Feinheiten sowohl hinsichtlich der Stratigraphie der Schichten, wie auch im Hinblick auf die Tektonik herausgearbeitet. Für Raibl und Auronzo besorgte dies Colbertaldo (25), (26). Auch bei allen anderen ostalpinen Bergbauberatungen zeigt sich grundsätzlich ähnliches immer wieder, so in Hüttenberg (Clar), Waldenstein, Rabenwald usw.

Welcher Art diese Feinheiten sind, ist von Fall zu Fall verschieden. In kalkigen Gesteinen sind es oft tonige Bänkechen oder Schichten (Raibler Schichten), die stauend auf die aufsteigenden Lösungen wirkten, oder der Wechsel von Kalk zu Dolomit, oder aber die Korngröße, das Porenvolumen usw. Unterschiedliche Festigkeit lockert das Gestein verschieden stark auf, wenn es mechanisch beansprucht, zertrümmert wird und macht es dadurch verschieden wegsam. Diese Feinheiten, welche oft erst nach mühsamen Untersuchungen erkennbar werden, sind wohl auch die Ursache dafür, daß von der Vererzung immer wieder ganz bestimmte Kalkhorizonte auffallend bevorzugt werden. Das kann so weit gehen, daß oft nur ganz bestimmte Schichten sonst anscheinend gleichartiger Kalke vererzt werden, wodurch nicht selten der Eindruck hervorgerufen wird, als ob die Erze tatsächlich schichtgebunden, also sedimentärer Art seien. Colbertaldo (27) hat damit zusammenhängend darauf hingewiesen, daß in den südlichen Ostalpen vor allem drei Horizonte bleierzführend sind, nämlich außer dem allgemein bekannten Wettersteinkalk der Bellerophonkalk und Kalke der mittleren anisischen Stufe. Andererseits wies F. Kahler (71) jüngst auf Störungszonen hin, die in den Karawanken die Vererzung ermöglichen.

Stoffbestand

Die Lagerstätten der alpidischen Vererzung weisen einen sehr kennzeichnenden Stoffbestand auf. Er ist jenem vergleichbar, den G. Berg (8) als typisch für die Natrongranitreihe ansieht, bei der Goldlagerstätten gegenüber Zinnstein-Fluorgänge mit Wolframit, Topas, Lithionglimmer usw. herrschen, denn diese Gruppe ist in den Ostalpen nicht vertreten. Wolfram tritt uns nur als Scheelit entgegen und auch dieser ist auf Lagerstätten selten; etwas häufiger ist er in den Mineralvorkommen des Tauernbereiches. Das Molybdän tritt uns in vielen Apliten und anderen Gesteinen der Zentralgneisgruppe des Tauernbereiches

als Molybdänglanz entgegen (Alpeinerscharte), sonst als Gelbbleierz oder als Ilsemannit in den kalkalpinen Blei-Zinklagerstätten. Erst in neuester Zeit wurde es auch als Jordisit (von Meixner und Holler) in Bleiberg entdeckt (68), (92).

Das Arsen tritt uns vor allem kiesig entgegen, als Arsenkies, Löllingit, Ni- und Co-Arsenide. Verbindungen des Arsens mit anderen Metallen, etwa in der Art des Enargits oder des Domeykites sind in unseren Lagerstätten äußerst selten, so ist Enargit nur vom Matzenköpfl bei Brixlegg und Domeykit aus den Gold-Silbergängen von Flatschach bekannt. Auripigment und Realgar fehlen als primäre Lagerstättenminerale ebenfalls in unseren Lagerstätten nahezu; in geringer Menge tritt Realgar im weiteren Hüttenberger Bereich (Stelzing) in geringer Menge als Glied der dortigen Vererzung in einem Marmor auf (24). Sonst bildet Auripigment in Stein bei Dellach das bekannte Mineralvorkommen und färbt den Opal („Forcherit“) bei der Ingeringbrücke nördlich Knittelfeld.

Hingegen sind hohe Magnesiagehalte (Dolomit, Ankerit, Chlorite usw.) Titan, Chrom, Nickel und Kobalt für nahezu alle alpidischen Lagerstätten des tieferen Bereiches sehr kennzeichnend. Dies hat man ja auch schon durch die „alpine Titanformation“ betont. Geochemisch weist die Gesellschaft von viel Magnesia neben Spuren oder kleinen Mengen von Chrom, Nickel und Kobalt bei stets reichlich vorhandenem Titan und Phosphor (als Apatit, der fast keiner Lagerstätte fehlt) einen deutlich basischen Einschlag auf. Die Magnesia läßt sich als Hauptmetall sowohl der Magnesit- wie auch der Talklagerstätten ebenso wie ihr oft massenhaftes Vorhandensein als chloritische Gangart (Chloritfelse!) oder als Ankerit in der nötigen Konzentration wohl kaum von einem rein sauren Erzpender ableiten. Chrom tritt uns verbreitet als Fuchsit entgegen, aber auch als grünes Färbemittel vieler Talke, Meixner (97). In gleicher Weise finden wir es auch regional in tauernmetamorphem Gesteinen verbreitet, wo es aber auch als Chromzoisit vorkommt, beispielsweise in der südlichen Venedigergruppe (Wallhornalm). Schon 1935 hatte ich (Canaval-Festschrift) aus Gesteinen der Tauernschieferhülle bei Gmünd gezeigt, daß Nickel und Chrom aus einem Serpentin auswanderten und in den benachbarten kalkigen Schiefen als Schuchardtit und Millerit begleitet von Fuchsit wieder ausfielen. Dadurch ist die Mobilisation und Wanderung dieser „basischen“ Elemente bei der Tauernmetamorphose erkannt und nachgewiesen worden.

An den Talklagerstätten des Rabenwaldes habe ich ein eigenartiges Wechselspiel von Kalimetasomatose (Kornsteinbildung) Natron- und Magnesiawanderung bekanntgemacht (51). Wir finden es in sehr ähnlicher Weise in Tauerngesteinen wieder, wie der Aufsatz Exners zeigt.

Mineralparagenetische Verhältnisse

Die Mineralparagenese, also das Zusammenvorkommen bestimmter Minerale wird, seit es eine Lagerstättenlehre gibt, als besonders wichtig und ausschlaggebend für viele Fragen angesehen. So

gründet sich beispielsweise die in Sachsen gültige Einteilung der Vererzung in einzelne „Erzformationen“, etwa der edlen Silber- oder der barytischen Bleiformation auf alten Erfahrungen sächsischer Bergleute. Auch in den Ostalpen treffen wir diese altbekannten Erscheinungen wieder, wie viele Beispiele zeigen, die F. Angel anführt (1), (4), angeglichen an die typisch alpinen Verhältnisse. In zahlreichen Arbeiten ist hierüber sehr viel Material zusammengetragen worden, so für die Tauerngoldgänge von Tornquist, auch Siegl (118), für Mitterberg von Böhne (9) oder für die südalpinen Blei- und Zink-

erzlagerstätten der nördlichen Grauwackenzone und zur Schladminger Vererzung. Dies gilt aber nicht nur für die Lagerstätten um den engeren Tauernbereich, sondern für die ganzen Ostalpen! So können Stufen von Trattenbach (Ottertal, Semmering), von Bartholomäberg-Rellstal in Vorarlberg oder auch von Schwabegg im Drautal oder Tratten bei Kerschdorf nicht von den Mitterberger oder den Kitzbüheler Stücken unterschieden werden, weder im Handstück noch bei einer erzmikroskopischen Durcharbeitung. Die verschiedensten Glieder der „Tauerngoldgänge“ im weiteren Sinne, also die Edelmetall füh-



Abb. 9

Kieslagerstätte Lamprechtsberg, Lavanttal. Dünnschliff, gekreuzte Nicol, 40:1. Magnetkies (schwarz, oben) und Kalifeldspat (dunkelgrau, in Dunkelstellung gedreht) mit feinsten Glimmerschüppchen, umgeben von einem breiten Myrmekitsaum.

erze von Holler, Tschernig und Colbitaldo, um nur einige zu nennen. Es zeigt sich dabei immer wieder, daß die Haupterze recht einförmig sind, daß sich bestimmte Abfolgen immer wieder auffinden lassen, die mit dem tektonischen Schicksal der Lagerstätte innig zusammenhängen und es gestatten, eben den Bereich herauszuschälen, der üblicherweise als die ostalpine Hauptvererzung angesehen wird.

Die Tauerngoldgänge und die Arsenkieslagerstätten der Art Rotgülden hängen mit den Schladminger Nickel-Kobaltlagerstätten, diese mit den benachbarten Silber-Kupfer und den Silber-Bleilagerstätten innig zusammen, und zwar sowohl hinsichtlich ihres Mineralbestandes wie auch bezüglich des Gefüges. Dies ist in zahlreichen Arbeiten im einzelnen belegt.

Die Kupfererze von Mitterberg und den sonstigen Pongauer Vorkommen leiten ebenso lückenlos einerseits zu den Vorkommen von Leogang-Kitzbühel-Brixlegg-Schwaz über, andererseits aber zu den Eisen-

renden Arsenkiesgänge sind in allen paragenetischen Einzelheiten untereinander durchaus vergleichbar, sowohl in ihrem Gefüge, wie auch im Verhältnis zu einzelnen tektonischen Phasen usw. überraschend gleichartig. Die Erze der Arsenkiesgruppe (Arsenkies, Löllingit, Ni-Co-Kiese usw.), das Gold selbst, die fast nie fehlenden Wismuterze, begleitet von Magnetkies, Kupferkies und Spuren von Zinkblende, die jüngeren Blei (\pm Cu)-spießglanznachschiebe usw. sind völlig gleich geartet, gleichgültig, ob man Erze der Tauerngänge selbst, oder solche von Pusterwald, Kliening, Kothgraben (Stubalm), Straßeck nördlich des Hochlantsch, Puchegg bei Vorau oder aus dem Klausgraben bei Ternitz (Semmering) untersucht.

Die Silber-Antimon-Kupferparagenesen der Schladminger Silber-Bleilagerstätten (36), (37), (38) mit ihrer Verwachsung von Bleiglantz, Bournonit, Boulangerit, Jamesonit usw., mit den Eisen-, Nickel- und Kobaltarseniden usw. treffen wir gleichartig sowohl

im Vorkommen am Offberg bei Mahrenberg (Drautal), im Prinzenkogel bei Rettenegg (Semmeringgebiet) und bei Tösens in Westtirol. Aber auch auf den Hüttenberger Eisenspatlagerstätten treffen wir dieselbe Gesellschaft in geringer Menge aber durchaus gleichartiger Verwachsung wieder. Diese Eisenerzgruppe um Hüttenberg, die E. Clar und H. Meixner derzeit eingehend modern untersuchen, weist durch diese Co-Ni-Mineraie, durch den Löllingit, Wismut, eindeutig darauf hin, daß sie heißer gebildet wurde, „magmanäher“ als die entsprechenden Glieder der nördlichen Grauwackenzone. Es sind da von der Neubearbeitung eingehende Erörterungen zu erwarten. Andererseits enthalten die westlichsten Lagerstätten dieses Zuges um Innerkrems örtlich ziemlich viel Magnetit neben Eisenspat, hier ebenfalls Hinweise auf größere Wärmehöhen.

Unsere Bleizinkerze sind — wenn man von den Erstlingsarbeiten Tornquist's absieht, noch nicht systematisch durchgearbeitet, aber was ich von Anschliffen der Bleiberger oder der nordtiroler Bleizinkerze kenne, ist durchaus vergleichbar mit Einzelheiten, die Colbertaldo von Raibl und Auronzo beschrieben hat.

Diese Paragenesen helfen den Kreis der alpidischen Lagerstätten von den anderen Vererzungen abzutrennen.

Faziestypomorphe Gangarten

Gesteinskundlich betrachtet sind die Haupterzminerale typische Durchläufer und eignen sich nicht dazu, Zusammenhänge zwischen Vererzung und Metamorphosen zu verfolgen. Gut gelingt dies aber mit den Gangarten, die diese Brücke bilden:

In Lamprechtsberg (35) ist der Magnetkies durch eine breite Übergangszone mit einem Pegmatit verbunden; soweit Marmor zugegen ist, tritt das Erz in diesem mit einem breiten Skarnmantel auf, während es in den Glimmerschiefer ohne Salband eindringt, diesem aber Oligoklas, Granat und Apatit bringt. Die Grenzzone des Erzstockes gegen den Glimmerschiefer ist teilweise pegmatitartig reich an Oligoklas und Mikroklin. Dieser führt teilweise dicke Säume von prächtigem Myrmekit (Abb. 9) und viel Schachbrettalbit. Im Derberz selbst kommt viel Granat vor, reichlich Diopsid, Klinozoisit, Mikroklin, Schachbrettalbit, Oligoklas, Biotit in großen, frischen Tafeln, Muskowit, Apatit, Hornblende usw. Hier stimmen die Gangarten im Erzkörper selbst mit den Mineralien des Nebengesteins faziesmäßig überein: Die Vererzung erfolgte hier durch eindringende Pegmatite und deren Gefolge in einem Tiefenbereich, der in der unteren Meso- oder vielleicht sogar schon Katazone (Eklogite der Koralm) einsetzt und in die obere Mesozone aufsteigt. Diese Lagerstätte zählt nicht zu dem alpidischen Vererzungsbereich, sondern gilt für älter, vielleicht für variskisch, denn Clar (Vortrag bei der Frühjahrsagung der Fachgruppe für Mineralogie, Klagenfurt 1953 (24a) und Metz (100) brachten neuestens ganz schwerwiegende Gründe für eine varistische Metamorphose der Gesteine dieser Serien vor.

Im schärfsten Gegensatz dazu stehen die Pegmatite, die in der Eisenglimmerlagerstätte von Waldenstein

im Derberz eingeschlossen sind (Friedrich 1928). Es handelt sich dabei um große, oft viele Meter lange Pegmatitschollen, die nur noch an ihren typischen Quarzen und den großen, vergrünten Muskowitafeln kenntlich sind. Die Feldspäte sind völlig umgesetzt, in eine weiche talkig-serizitisch-chloritische Masse umgewandelt. Die Biotite sind bei der Vererzung in Waldenstein völlig chloritisiert worden, oft hat sich dabei prächtiger Sagenit neu gebildet. Aber nicht nur die Pegmatite sind in Waldenstein bei der Vererzung umgewandelt worden, wenn bei ihnen auch die Verhältnisse am augenfälligsten sind, sondern auch alle anderen Gesteine des engeren Lagerstättenbereiches: Der Biotit der Glimmerschiefer und Gneise, die Hornblenden der Amphibolite, die Granaten usw. sind chloritisiert, und zwar immer nur an den dortigen Lagerstätten des Waldensteiner Erzzuges, gleichgültig, ob es sich um die Baue in Waldenstein selbst handelt oder um die Schönixbaue, um jene der Wölch, Theissenegg oder Pack. Dabei erfaßt diese Umwandlung stets nur Bereiche von Zehnern an Metern um die Lagerstätte herum. Außerhalb dieses Hofes sind die Gesteine ganz frisch und wir können sehen, daß es sich um durchaus gleichartige Gesteine handelt, die auch im selben geologischen Bereich (Koralm-Westabfali) nur etwas südlicher die Lagerstätte von Lamprechtsberg umschließen. Die voralpidische, und wie wir heute annehmen (24a) wahrscheinlich variskische Vererzung von Lamprechtsberg stimmt hinsichtlich ihrer P-T-Bedingungen wenigstens zu Beginn der Vererzung mit den Gesteinen überein, die alpidische Vererzung von Waldenstein erzeugt aber eine Gangartgesellschaft, die bedeutend von jener der Gesteine abweicht und etwa der Prasinitfazies im Sinne Angel's (2) entspricht. Würde diese Gesteinsumprägung nicht nur auf Meterbereiche um die Lagerstätte beschränkt sein, sondern flächig ausgreifen, so würde sie als Diaphthorese bezeichnet werden. Diese Umwandlung aller Gesteine an der Lagerstätte, gleichgültig ob es sich um Pegmatite oder Amphibolite, um Glimmerschiefer oder um Phlogopit oder Biotit der Glimmermarmore handelt, ist dort so auffällig, daß die Bergleute diese Chloritfelse als „Erzmutter“ bezeichnen und sie als Anhaltspunkte beim Aufschluß benützen! Die Vererzung erfolgte hier also unter wesentlich anderen P-T- usw. Bedingungen als die Metamorphose der Gesteine, und zwar unter Bedingungen, die einer erststufigen Kristallisation entsprechen.

In den Lagerstätten vom Typus Rotgülden finden wir als Gangarten Albit, Chlorit (Leuchtenbergit und Klinochlor), Titanit, neben nichtssagenden Durchläufern, wie Quarz, Dolomit, Kalkspat usw. Auch hier haben wir, wie in Waldenstein, örtlich richtigen Chloritfels als Nebengestein. Von den Kieslagerstätten des Großarltales führte ich an, daß die Kupferkies-Quarz-Ankeritnester, die die Lagerstätte vor allem an den Ausspitzungen begleiten, auch apophysenartig ins Nebengestein eindringen, viel Chlorit und Apatit enthalten und oft reichlich klaren Albit umschließen. Dabei konnte dort gezeigt werden, daß diese Nester ohne scharfe Grenzen in Drusen übergehen, die den alpinen Mineralklüften

durchaus vergleichbar sind. Das gleiche fand ich auf vielen Lagerstätten um Schladming. Dort zeigen jene, die in stärker metamorphen Gesteinen auftreten, ähnlich wie wir es oben bei Waldenstein gesehen haben, deutliche Anzeichen einer rückschreitenden Umprägung an der Lagerstätte, während jene Vorkommen, die in wenig metamorphen Gesteinen, etwa in den Ennstalphylliten liegen, durch ein deutliches Ansteigen des Metamorphosegrades an der Lagerstätte gekennzeichnet sind, so etwa die Gänge vom Fressold im Preuneggatal.

In den Schladminger Blei-Silber-Lagerstätten ist der Bleischweif weitgehend rekristallisiert, ähnlich wie dies Huttenlocher von Goppenstein im Wallis gezeigt hat (70). Viel Albit tritt in diesem Bleischweif auf (Abb. 8) und bildet darin deutliche Porphyroblasten, die auch Bleiglanz und andere Erze umschließen. Die Lagerstätten tragen hier das Kleid tauernkristalliner Gesteine.

Hier hat sich auch noch eine weitere Beziehung auffinden lassen: In diesen Blei-Silberlagerstätten treten uns gar nicht selten Quergänge entgegen, mit Heulandit, Bergkristall, Chlorit auf Bleiglanz, Zinkblende oder Kupferkies. Vom normalen Erz ausgehend erkennt man, daß in mehrere Zentimeter breiten Bereichen die Erze, auch der Bleischweif gegen diese Klüfte hin grobkörniger werden, Quarz und Ankerit wächst stengelartig in die Klüfte hinein, ähnlich wie wir dies von den Feldspäten und den Quarzen der miarolithischen Hohlräume der Granite kennen. Dadurch sind Zusammenhänge zwischen den Erzlagerstätten und den alpinen Klüftmineralen gefunden worden, die kürzlich in der Zeolithführung der Radhausberger Gänge in der Sohle des während des letzten Krieges aufgefahrenen Paselstollens ihre Parallele gefunden haben. Dabei konnte in den Schladminger Lagerstätten festgestellt werden, daß diese Mineralgänge teilweise Stoffe aus dem Nebengestein in der Art der „Lateralsekretion“ auslösen können und sie dazu verwenden, neue Minerale aufzubauen. Dadurch wird der Anreiz des „Bodenkörpers“, wie der Chemiker sagen würde, oder der Einfluß des Nebengesteins leicht erklärlich. Wir erkennen, daß diese Klüftminerale aus den letzten kühlen Nachzüglern der Tauernkristallisation entstanden, die auf die vererzenden Lösungen nachfolgten, nicht aber auf absitzende Tagewässer zurückzuführen sind.

Auch in Schellgaden konnte gezeigt werden, daß die Vererzung an Aplite anhängbar, dem pegmatitisch-hydrothermalen Übergangsbereich zuzuzählen ist und unter Bedingungen der Tauernkristallisation erfolgte.

Die Beispiele dieser Art könnten beliebig vermehrt werden, so daß wir zusammenfassend für die hier zu betrachtenden alpidischen Lagerstätten festhalten wollen, daß diese Vererzung in tiefstufigen Gesteinen stets mit Umbildung der empfindlichen Fe-Mg-Gangartmineralen, wie Biotit, Granat, Hornblende einhergeht, die jener Umbildung gleichzusetzen ist, die in der Gesteinskunde als Diaphthorose bezeichnet wird. In nicht oder nur ganz wenig metamorphen Gesteinen erkennen wir ein deutliches Ansteigen der Meta-

morphose in jene Bereiche, die der Tauernkristallisation Sanders gleichzusetzen sind.

Der Faziesbereich der alpidischen Hauptvererzung ist dadurch nach oben hin gegeben durch die Mineralgesellschaft Albit-Chlorit-Tremolit, entspricht also etwa der Prasinitfazies im Sinne Angels. Nach unten kann er örtlich bis in die oberen Bereiche der zweiten Tiefenstufe ansteigen, wie wir etwa an den Lagerstätten von Schneeberg sehen können. Clar (16), (17) hat für diese Lagerstätte gezeigt, daß die dortigen Erze fahlbandartig mit dem Nebengestein verwachsen und mit ihm isometamorph sind. Auch in den Erzen selbst ließ sich dort durch das Auftreten von Cubanit im Kupferkies ein Hinweis auf verhältnismäßig hohe Temperaturen der dortigen Vererzung erkennen. Die auf nicht alpidischen Lagerstätten erkennbare Altersreihe ist gerade in Schneeberg durch eine typisch kristalloblastische Reihung ersetzt. Die Faltung des Liegendlagers erfolgte durch Differentialbewegungen im s der Schiefer. Sie ist vor- bis parakristallin in Bezug auf die Tauernkristallisation, die aber nicht rein kinematisch, sondern regionalmetamorph anzusprechen ist. Dabei zeigte Clar, was seither immer wieder bestätigt werden konnte, daß die Erze weit früher und stärker umkristallisieren als die Gangartminerale. Auch konnte er zeigen, daß die Tiefenstufeneinordnung und das Verhältnis von Durchbewegung und Kristallisation voneinander gut zu trennen sind. Nach Clar's Bearbeitung konnte ich im letzten Kriegsjahr in einer mehrwöchigen Grubenaufnahme seine Schlüsse immer wieder bestätigt finden. Am auffallendsten war mir, daß man in allen untersuchten, oft sehr langen Querschlägen immer schon voraussagen konnte, wann man sich einem Erzlager näherte, denn immer zeigte sich, daß um die Lagerstätte herum das Gestein in Bereichen von einigen Metern deutlich gröber kristallin wird. Die sonst oft recht feinkörnigen Glimmer werden nahe den Lagerstätten gröber schuppig, die Granaten wachsen von Erbsen- bis zu etwa Kirschgröße.

Trotzdem Schneeberg sowohl im Mineralbestand mit seinen großen Granaten, Biotit, Tremolit usw.



Abb. 10

Geologische Karte des Flachenberges bei Werfen.

im Erz, wie auch im Gefüge durch die kristalloblastische Reihe typisch metamorphes Gepräge aufweist, ist diese Lagerstätte dennoch nicht als metamorph zu bezeichnen, denn es handelt sich hier nicht um eine metamorphe Umprägung einer älteren, vorher schon bestehenden Lagerstätte, sondern die Lagerstätte wurde hydrothermal neu gebildet allerdings unter Druck- und Wärmehöhenbereichen, die einer (Tauern)-Metamorphose entsprechen.

Alle Hinweise auf die Temperatur- und Druckverhältnisse bei der Vererzung führen auf regional-metamorphe Ursachen, die man etwa mit plutonischen Ereignissen vergleichen kann, kein einziger Hinweis aber wurde für die hier besprochenen Erzlagerstätten dafür gefunden, daß ein Vulkanit, also ein Ergußgestein diese Vorgänge irgendwie ausgelöst haben könnte, so daß weder Basalte noch Andesite als Erzsponder irgendwie begründet herangezogen werden können.

Gefüge alpidischer Erze

Naturgemäß läßt sich das Gefüge etwa eines Arsenkiesganges in Gneisen nicht mit jenem einer kalkalpinen Blei-Zinklagerstätte vergleichen und ein metasomatischer Magnesitstock kaum mit einem Zinnobergang gefügekundlich in Beziehung bringen. Trotzdem heben sich unter den alpidischen Erzen mancherlei gemeinsame gefügekundliche Züge heraus, allerdings meist auf dem Umweg über tektonische Verformung, Durchbewegung und Rekristallisation. Dies läßt sich vor allem an Lagerstätten erkennen, die in schiefrigen Gesteinen auftreten und die vielfach als „Lagergänge“ ausgebildet sind. Auf diesen sehen wir immer wieder, daß die später vererzten Bereiche zunächst von einer Durchbewegung erfaßt werden, die sehr oft das Nebengestein erst entsprechend zerkleinert und für die Erze überhaupt aufnahmefähig macht, sie also gewissermaßen „vorbehandelt“. Dieser erste tektonische Akt bestimmt Ort und Art der Lagerstätte, denn er öffnet die Zufuhrwege. In seinen letzten Teilvorgängen setzt die Vererzung ein, die auf sehr vielen Lagerstätten in Schiefergesteinen noch durchaus fließende, stetige Verformbarkeit vorfindet. In mehreren ruptuellen Einzelakten klingt dann die Durchbewegung immer mehr und mehr ab und wird von der Kristallisation überdauert, die den letzten Bewegungszustand abbildet.

Einen solchen Akt haben wir auf sehr vielen Lagerstätten nach der ältesten Erzgeneration, die bei quarziger Gangart meist aus Arsen-, Eisen- und Ni-Co-Kiesen besteht. Nach einer weiteren schwachen Durchbewegung, die die zuvor gebildeten Minerale zerbricht, örtlich auch weitgehend zermalmt oder verschiefert, folgt eine Phase mit Kupferkies, Magnetkies, Eisenspat, Wismut und Wismuterzen. In dieser Phase schlägt die Gangart meist von Quarz zu Ankerit um. Nach einer neuerlichen, aber wiederum schwächeren Verformung folgen die Blei- und die Silberminerale mit dolomitischer Gangart oder Kalkspat.

Inzwischen ist das Gebirge verfestigt, die Gebirgsbildung im wesentlichen abgeschlossen worden. Ge-

ringe nachfolgende Bewegungen mehr germanotyper Art führen dazu, daß noch einzelne Spalten aufreißen: Sie stellen die Verwerfer, Störungen oder Klüfte usw. dar, die die Lagerstätten zum Leidwesen des Bergmannes oft verstellen, zerstückeln oder abschneiden. Ein letztes geringes Nachsitzen der ganzen Gebirgsmasse öffnet da und dort Zerrklüfte, in die das letzte Gefolge der vererzenden Lösungen eindringt, oft mit den Gesteinswänden reagiert und die alpine Kluftmineralparagenese entstehen läßt. In Schellgaden kennt man beispielsweise tausende von solchen Quernähten mit einzelnen Kiesen, vor allem aber Bergkristall, Ankerit, Kalkspat und meist als jüngste Bildung darauf Aragonit. Auf anderen Lagerstätten treffen wir auch die schon erwähnten Zeolithe.

Die Periadriatica sind jungalpidisch, interferieren aber noch mit der Tauernkristallisation einerseits (Angel), mit dem Schlingen- und Faltenbau andererseits (Schmidegg). Das Verhältnis dieser Vererzung zu den Tauernerzen dürfte sich wahrscheinlich in der Kreuzeckgruppe am ehesten klären lassen, weshalb geplant ist, diese Lagerstätten in nächster Zeit zu untersuchen.

Noch weiter im Südosten treten im Bereich der Dinariden Andesitergüsse auf. Da in diesem Raume verschiedene Zinnober- und Antimonlagerstätten vorhanden sind, sind diese mehrfach auf sie zurückbezogen worden. Da wir in den Karnischen Alpen und anderen südlichen Gebieten eine deutliche Eisenspat-Kupfer-Vererzung kennen, die durchaus jener der nördlichen Grauwackenzone entspricht und auch die Blei-Zinklagerstätten der Südalpen als entsprechende Glieder betrachten können, scheint es mir aber möglich und wahrscheinlich, auch die Antimon- und Quecksilberlagerstätten als herdfenster Ausläufer der alpidischen Vererzung anzusprechen.

Sehr häufig zeigen diese Lagerstätten durchaus das Gefüge eines kristallinen Schiefers. Clar hat in seiner Schneeberger Bearbeitung wohl als erster darauf hingewiesen, daß die sonst übliche Altersreihe ersetzt oder zumindest stark beeinflusst erscheint durch eine kristalloblastische Reihe. Daher fehlen die schönen Stufen der echt hydrothermalen Erzgänge, wie sie etwa von der Trepca, von Schemnitz, dem Harz oder von Pulacayo usw. allbekannt sind, unseren ostalpinen Lagerstätten völlig.

Weniger bekannt ist, daß die Zerreibungsmasse der tektonischen Hauptphase durch die auf den Bewegungsbahnen strömenden Lösungen weitgehend rekristallisierten. Es gehen daraus zum Großteil dichte Chloritfilze, oft mit Albit- oder Ankeritporphyroblasten hervor, Chloritfelse oder aber, es bildet sich durch eingewanderten Ankerit ein zunächst unscheinbarer Chlorit-Ankeritmylonit, oft mit reichlich Epidot oder Tremolit, der seine wahre Natur erst erkennen läßt, wenn die betreffenden Stücke auf Halden etwas anwittern. Dadurch wird dann die oft ungemein starke Verknetung und Zerreibung, gefolgt und verheilt durch die Kristallisation unter Stoffzufuhr, erst deutlich sichtbar. Ich habe solche, mitunter fast den Pseudotachyliten vergleichbare Gesteine von verschiedenen Lagerstätten um Schladming, von Rotgülden usw. beschrieben und sie seit-

her sehr verbreitet auf vielen Lagerstätten der Zentralzone gefunden.

Die Vererzung im Süden und Südosten

Ganz anders geartet als die alpidischen Lagerstätten der nördlichen Ostalpen sind gewisse Lagerstätten südlich des Tauern-Hauptkammes. Zunächst fällt uns da der Zug von vorwiegend Kieslagerstätten auf, der östlich an den Rieserferner Tonalit anschließt. Von einem kleinen Vorkommen ober Schlaiten im Iseltal konnte ich zeigen (48), daß hier Tonalitporphyrit eine deutlich kontaktmetasomatische Lagerstätte erzeugte mit Skarn aus Diopsid, Zoisit, Epidot, trübem Plagioklas u. a. (s. Abb. 11). Solche Lagerstätten sind aus dem ganzen bisher besprochenen nördlichen Bereich alpidischer Lagerstätten unbekannt, denn das mehrmals genannte Lamprechtsberg zählt ja nicht zu den alpidischen Lagerstätten in unserem Sinne. Zudem ist das Gefüge dieser Erze

Vergleichen wir unsere heutigen Anschauungen mit jenen von 1937, als der letzte große Überblick über die ostalpine Vererzung gegeben werden konnte (43), so sehen wir, daß die wichtigsten der damaligen Ergebnisse heute in gleicher Weise gelten. Seither hat Angel neue Gedanken über die Herleitung der Metalle Mg und Fe geäußert (3). Er leitet die Magnesia der Spatmagnetit- und Talk-, Vererzung“ aus den Ultrabasiten ab, die in Serpentin umgewandelt werden. Bei der Diaphthorese von Fe-Mg-Mineralen wie Granat, Staurolith und Biotit zu Chlorit würden weiters hinreichende Eisensmengen frei, um die Eisenspatvererzung zu ermöglichen.

Das Lehrbuch der Lagerstättenkunde von H. Schneiderhöhn (114a) regte eine Kritik von R. Schwinner an, die eine ausführliche Aussprache auslöste, an der sich vor allem E. Clar (18), Schneiderhöhn und der Verfasser (5) beteiligten.

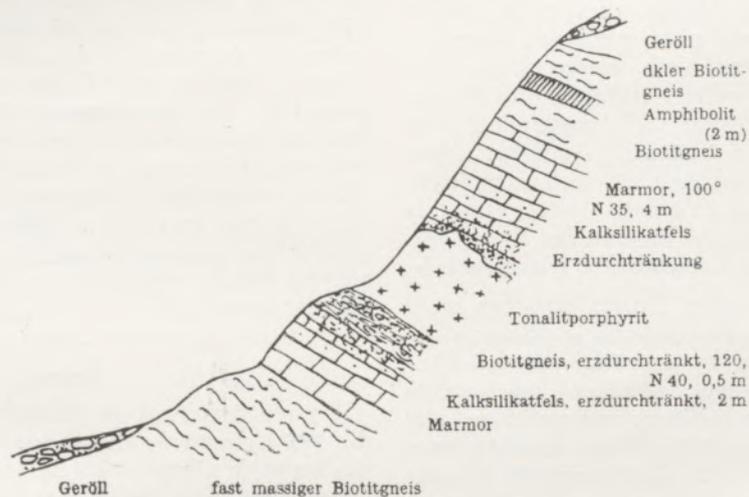


Abb. 11

Profil durch das Magnetkiesvorkommen Schlaiten, Osttirol.

von allen bisher besprochenen Lagerstätten völlig verschieden, denn es zeigt deutlich die normale hydrothermale Abfolge bei sehr steilem Wärmegefälle (ausgesprochenes Einschieben). Auch chemisch bzw. mineralparagenetisch fallen diese Erze sehr stark auf, denn in ihrer Zinkblende tritt teilweise recht reichlich Zinnkies entmischt auf (53), der sonst bei uns sehr selten ist. Das zugehörige Ganggefüge und auch die Vererzung ziehen vom Rieserferner durchs Iseltal etwa über Lienz bis in die Kreuzeckgruppe; ja noch viel weiter östlich werden etwa im Klagenfurter Becken bestimmte Ganggesteine diesem Herd zugerechnet.

Schlußwort

Bekanntlich wird der Rieserferner-Pluton zu den „periadriatischen Intrusiva“ gezählt, denen auch der Brixener Granit, der Tonalit des Adamello und der schmale Zug von Eisenkappel angehören.

In den Jahren 1938 bis etwa 1944 wurden sehr viele ostalpine Lagerstätten mineralogisch, geologisch, aber auch bergmännisch untersucht. Die Fülle der Aufgaben und andere Rücksichten brachten es mit sich, daß davon kaum etwas veröffentlicht werden konnte. Man erkannte damals, daß die Periadriatica eigene Vererzungen auslösten, und zwar zum Unterschied von den vorher bekannten alpidischen Vererzungen auch echte Kontaktmetasomatosen (48). Auch konnten einige Lagerstätten nicht alpidischer Entstehung nachgewiesen werden, darunter beispielsweise das Kupfererzvorkommen von Oboinig (76). Ferner wurden u. a. zahlreiche Antimon- und Zinnvorkommen untersucht, ein Teil dieser damaligen Ergebnisse, auch des Verfassers, faßte Hießleitner (64) zusammen. Die Zinnerlagerstättenarbeiten werden, soweit sie in Kärnten liegen, derzeit vom Verfasser und seinen Mitarbeitern abgeschlossen.

Nach dem Krieg erschienen wohl einige Arbeiten, die zu Kriegsende beendet waren, so etwa 18, 51, 53, 64, 105, doch waren viele und gerade die besten Forscher durch die österreichischen Verhältnisse auf fast ein halbes Jahrzehnt von jeder fachlichen Tätigkeit ausgeschaltet. Dadurch unterblieb so manche wertvolle Arbeit.

Ein neuer Impuls in der Erforschung unserer Ostalpenvererzung ergab sich aus dem Vortrag von H. Schneiderhöhn über genetische Lagerstättengliederung in Klagenfurt 1951, bzw. aus der entsprechenden Veröffentlichung (115). Die daraus entsprungenen Aussprachen führten u. a. zum Vortrag von E. Clar 1953 in Mainz (20), in dem vor allem die geologischen Momente zusammengefaßt sind.

Die Zusammenarbeit des ostalpinen Arbeitskreises, vor allem bestehend aus Angel, Clar, Kahler, Meixner und dem Verfasser neben zahlreichen anderen wurde durch die mit der Erstellung der Karte verbundenen Aussprache neu angeregt, neue Probleme wurden aufgezeigt oder klarer erkannt. So wollen wir hoffen, daß die Karte nicht nur einen Überblick über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse gibt, sondern auch für weitere Arbeiten sich fruchtbar erweist. Ich bin dankbar für Hinweise auf etwa unterlaufene Fehler und Irrtümer. Auch hat schon einmal eine sachliche Kritik gerade einer Lagerstättenkarte neue Überlegungen gefördert (1942); es würde mich freuen, wenn auch die hiermit der Öffentlichkeit zugänglich gemachte Karte ähnlich wirken würde.

Die nächsten zu lösenden Fragen betreffen wohl das Verhältnis der auf die Tauernkristallisation zurückgeleiteten Vererzung zu jener, die mit den Periadriatikern zusammenhängt; darüber liegen schon einige Gedanken vor, auf die wahrscheinlich bei der Tagung zurückgekommen wird. Dann ist zu klären, inwieweit Erzlagerstätten im Südosten etwa tatsächlich durch die tertiären Vulkanite (Andesite usw.) gebildet sein könnten. Umstritten ist weiters auch die „Grazer“ Bleizinkvererzung. Unsere Bleizinklagerstätten sollten gründlich erzmikroskopisch durchgearbeitet werden. Eine eingehende Bearbeitung der Lagerstätten von Panzendorf-Tessenberg müßte klären, ob diese Lagerstättengruppe den alpinen Kieslagern vom Typus Großarl angehört oder ob sie dem von den Tonaliten (Periadriatikern) ausgehenden Kieslagerstättenkreis (Typus Lienzer Schloßberg) nahesteht. In der Kreuzeckgruppe scheint letzterer dem andern örtlich besonders nahezu kommen. Hier dürften sich am ehesten die Unterschiede beider Gruppen herausarbeiten und ihre gegenseitigen Beziehungen ermitteln lassen. So gibt es rundum viele noch ungelöste Fragen für künftige Arbeiten.

Der Österreichisch-Amerikanischen Magnesit A. G. sei auch hier nochmals herzlichst dafür gedankt, daß sie die hohen Kosten, die der Druck der Karte erforderte, übernahm und daß sie darüber hinaus auch noch das Festheft herausgab, das den nötigen Raum für die wissenschaftlichen Aufsätze bot.

Weiter danke ich den Freunden Clar und Meixner für viele Ratschläge bezüglich der Ausscheidungen auf der Karte. Sie haben sich auch der großen Mühe

unterzogen, sie eingehend durchzusehen und einige Irrtümer richtig zu stellen.

Zusammenfassung

Einleitend wird die Lagerstättenkarte, welche etwa 1400 Vorkommen umfaßt, hinsichtlich ihrer Entwicklung und der Ausdehnung erläutert. Daran schließt eine Übersicht über die in den Ostalpen vorhandenen Lagerstättentypen, gefolgt von einem Verzeichnis der in die Karte eingetragenen Lagerstätten. Die letzten Abschnitte behandeln die Bindung der Erze an bestimmte Orte und mineralparagenetische Verhältnisse, die faziestypomorphe Gangarten und das Gefüge der Erze. Daraus ergibt sich, daß neben den Metamorphosen erzeugenden Vorgängen, die die alpidische Hauptvererzung auslösten, auch die Periadriatica Erze brachten.

Summary

By way of introduction the map of mineral deposits, which comprises 1400 occurrences, is explained with respect to its amplification and extension. A review of the types of deposits of the Eastern Alps follows, and a list of the recorded deposits is appended. The last chapters deal with the dependence of occurrences of ores upon certain locations and mineralo-paragenetic conditions, and with the facies-typomorphic „Gangarten“, as well as the textures of the ores. This shows that the processes causing the metamorphoses that gave rise to the primary alpidic mineralization, also yielded the periadriatic ores.

Résumé

L'auteur explique le développement et l'étendue des 1400 gisements de sa carte. Il donne un aperçu des types de gisement qui se trouvent dans les Alpes Orientales, avec index des gisements mentionnés dans sa carte. — Les derniers chapitres traitent la présence des minerais dans des endroits déterminés et les conditions minéralo-paragénétiques, les gangues faciestymorphes et la structure des minerais. Il en résulte qu'en même temps avec les processus produisant les métamorphoses et qui causent à leur tour la minéralisation alpidique principale, la periadriatica fournit également des minerais.

Literaturverzeichnis

- (1) Angel, Fr., Ziele und Aufgaben der Paragenesenforsch. Scienta, 1935, 409.
- (2) Angel, Fr., Mineralfazien und Mineralzonen in den Ostalpen. Jb. Univ. Graz, 1. 1940, 251—300.
- (3) Angel, Fr., Der Kraubather Olivinfels- bis Serpentin-körper als Glied der metamorphen Einheit der Gleinalpe. Fortsch. Min. 23, 1939, XC-XIV (römische Seitenzahlen 90—104).
- (4) Angel, F., und R. Scharizer. Grundriß der Mineralparagenese. Springer, Wien 1953.
- (5) Angel, F., und R. Staber. Migmatite der Hochalm-Ankogelgruppe. Min. petr. Mtg. 49, 1937, 117—167.
- (6) Angel, F., und R. Staber, Gesteinswelt und Bau der Hochalm-Ankogelgruppe. Wiss. Alpenvereinshefte, 13, 1952.
- (7) Awerzger, A., und F. Angel, Die Magnesitlagerstätte auf der Millstätter Alpe bei Radenthein (Kärnten). Radex-Rdsch. 1948, 91—95.

- (8) Berg, G., Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe. Akad. V. G., Leipzig, 1929.
- (9) Böhne, E., Die Kupfererzgänge von Mitterberg in Salzburg. Arch. L. F. 49, 1932.
- (10) Canaval, R., Die Goldseifen von Tragin bei Paternion. Jb. geol. R. A. 35, 1885, 105–122.
- (11) Canaval, R., Notizen über die Eisenbergbaue Oberkärntens I. Gail- und Gitschtal. Car. 81, 1891, 11–22.
- (12) Canaval, R., Die Goldvorkommen von Walzentritten und Räderzeche bei Weißbriach im Gitschtale (Kärnten) Bg. hm. Jb. 74, 1926, 139–152.
- (13) Canaval, R., Die Antimonvorkommen des oberen Drautaales. Mont. Rdsch. 26, 1934.
- (14) Clar, E., Mikroskopische Untersuchungen an der Magnesitlagerstätte von Kraubath. Zt. prakt. Geol. 36, 1928, 97–102.
- (15) Clar, E., Neue Beobachtungen über die jüngeren Stufen Paläozoikums von Graz. Verh. geol. B. A. 1929, 190–196.
- (16) Clar, E., Zwei Erzermischungen von Schneeberg in Tirol. Centrbl. Min. A. 1931, 147–153.
- (17) Clar, E., Schneeberg in Tirol. Centrbl. Min. A. 1931, 105–124.
- (18) Clar, E., Ostalpine Vererzung und Metamorphose. Verh. geol. B. A. 1945, 29–37.
- (19) Clar, E., Über die sedimentären Fe- und Mn-Erze in der Breitenau und bei Mixnitz. Mittg. natw. Ver. Stmk. 66, 1929, 150–151.
- (20) Clar, E., Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung geol. Rdsch. 1953 (im Druck).
- (21) Clar, E., Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau. Verh. geol. B. A. 1953, 93–104.
- (22) Clar, E., und H. P. Cornelius, Geologie des Großglocknergebietes. Abg. geol. B. A. 25, 1939.
- (23) Clar, E., und O. Friedrich, Über einige Zusammenhänge zwischen Vererzung und Metamorphose in den Ostalpen. Zt. prakt. Geol. 41, 1933, 73–79.
- (24) Clar, E., und H. Meixner, Die Arsenvererzung in der Stelzing bei Lölling, Saualpe, Kärnten. Bg. hm. Moh. 96, 172–174.
- (24a) Clar, E., Metamorphes Paläozoikum im Raume Hüttenberg, Karinthin 22, 1953, 225–230.
- (25) Colbertaldo, D. di, Il giacimento piombo zincifero di Raibl in Friuli C. R. 18. Geol. Congr. London, 1948.
- (26) Clar, E., I giacimento piombo zinciferi di Grigna e Pian da Barco nelle Alpe Orientale. C. R. 19. Geol. Congr. Algier, 1952.
- (27) Colbertaldo, D. di., Sul calcare metallifero alpino. Ind. Min. Okt. 1952.
- (28) Cornu, F., Untersuchung eines goldführenden Sandes von Marburg an der Drau. Ö. Zt. Bg. Hw. 55, 1907, 389–391.
- (29) Czermak, Fr., u. J. Schadler, Die Vorkommen des Elementes As in den Ostalpen. Tsch. Min. petr. Mittg. 44, 1953, 1–81.
- (30) Dittler, E., u. O. Kühn, Die Genesis der Sanntaler Bauxite. Chem. d. E. 8, 1933, 462–495.
- (31) Egg, H., u. A. Atzl, Die Schwazer Bergwerkshalden. Schwazer Bergbuch, 136.
- (32) Flügel, H., Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbau des Grazer Paläozoikums. Bg. hm. Moh. 97, 1952, 61.
- (33) Freh, W., Der Eisenbergbau im Lande ob der Enns. Oberösterr. Heimatbl. 3, 1949, 193–205.
- (34) Friedrich, O. M., Die Roteisenlagerstätte im Heuberggraben bei Mixnitz. Verh. geol. B. A. 1930, 203–208.
- (35) Friedrich, O. M., Eine alte, pegmatitische Erzlagerstätte der Ostalpen (Lamprechtsberg). N. Jb. Min. 65, Beilbd. 1932, 479–508.
- (36) Friedrich, O. M., Die Erze und der Vererzungsvorgang der Kobalt-Nickel-Lagerstätte Zinkwand-Vöttern in den Schladminger Tauern. Bg. hm. Jb. 81, 1933, 1–14.
- (37) Friedrich, O. M., Über Kupfererzlagerstätten der Schladminger Tauern. Bg. hm. Jb. 81, 1933, 54–61.
- (38) Friedrich, O. M., Silberreiche Bleiglanz-Fahlerzlagerstätten in den Schladminger Tauern und allgemeine Bemerkungen über den Vererzungsvorgang. Bg. hm. Jb. 81, 1933, 84–99.
- (39) Friedrich, O. M., Über den Vererzungstypus Rotgülden. Sitzber. Wr. Akad. I. 143, 1934, 85–108.
- (40) Friedrich, O. M., Wismutglanz und Freigold von Rotgülden. Ebenda, 144, 1935, 1–6.
- (41) Friedrich, O. M., Über den Aufbau und das Gefüge steirischer Graphite. Bg. hm. Jb. 84, 1936, 131–137.
- (42) Friedrich, O. M., Über die Vererzung des Nockgebietes. Sitzber. Wr. Akad. I. 145, 1936, 227–258.
- (43) Friedrich, O. M., Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Zt. Bg. H. Sw. D. R. 85, 1937, 241–253.
- (44) Friedrich, O. M., Notizen über kärntnerische und steirische Quecksilbervorkommen. Bg. hm. Moh. 87, 1939, 207–210.
- (45) Friedrich, O. M., Zur Geologie der Goldlagerstättengruppe Schellgaden. Bg. hm. 83, 1935, 1–19.
- (46) Friedrich, O. M., u. K. Matz, Der Stübelbau zu Schellgaden. Bg. hm. Jb. 87, 1939, 34–39.
- (47) Friedrich, O. M., Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Bg. hm. Moh. 90, 1942, 131–136.
- (48) Friedrich, O. M., Notizen über ein Magnetkiesvorkommen bei Schlaiten im Iseltal, Osttirol. Bg. hm. Moh. 89, 1941, 101–102.
- (49) Friedrich, O. M., Überschiebungsbahnen als Vererzungsfächen. Bg. hm. Moh. 93, 1948, 14–16.
- (50) Friedrich, O. M., Mikroskopische Untersuchung des „Funkerzes“ von Bleiberg. Car. II, 1938, 30–32.
- (51) Friedrich, O. M., Die Talklagerstätten des Rabenwaldes, Oststeiermark. Bg. hm. Moh. 92, 1947, 66–85.
- (52) Friedrich, O. M., Zur Genese ostalpiner Spatmagnesit- und Talklagerstätten. Radex-Rdsch. 1951, 281–298.
- (53) Friedrich, O. M., Erzmikroskopische Untersuchungen an Kärntner Lagerstätten. Karinthin 4. 51. ff.
- (54) Friedrich, O. M., u. E. Krajicek, Der ehemalige Zinnoberbau im Buchholzgraben bei Stockenboi. Car. II. 142, 1952, 133–149.
- (55) Granigg, B., Über die Erzführung der Ostalpen. Mittg. geol. Ges. Wien, 5. 1912. 458–344.
- (56) Granigg, B., Ein Beitrag zur Kenntnis der Tektonik der Erzlagerstätten am Schneeberg bei Sterzing in Tirol. Ö. Zt. Bg. Hw. 55, 1907, 329.
- (57) Granigg, B., Die stoffliche Zusammensetzung der Schneeberger Lagerstätten. Ö. Zt. Bg. Hw. 56, 1908, 329.
- (58) Granigg, B., Die Bauwürdigkeit der Schneeberger Lagerstätten. Ö. Zt. Bg. Hw. 56, 1908, 533.
- (59) Granigg, B., und Koritschoner, Die turmalinführende Kupferkies-Scheelitlagerstätte am Monte Mulatto bei Predazzo (Südtirol). Zt. prakt. Geol. 21, 1913, 481.
- (60) Hegemann, Fr., Die geochemische Bedeutung von Kobalt und Nickel im Pyrit. Zt. angew. Min. 4, 1942, 121–239.
- (61) Hiebleitner, G., Serpentin- und Chromerzgeologie der Balkanhalbinsel. Jb. geol. B. A. Sonderband 1. 1951.
- (62) Hiebleitner, G., Sulfidisch-arsenidisches NiCu auf alpinen Erzlagerstätten. Zt. prakt. Geol. 37, 1929, 1–8.
- (63) Hiebleitner, G., Das Nickelerzvorkommen Zinkwand-Vöttern in den Niederen Tauern bei Schladming. Bg. hm. Jb. 77, 1929, 104.
- (64) Hiebleitner, G., Die geologischen Grundlagen des Antimonbergbaues in Österreich. Jb. geol. B. A. 92, 1947, 1–92.
- (65) Hödl, A., Über Chlorite der Ostalpen. N. Jb. Min. A. 77. Beibd. 1941, 1–72.
- (66) Hohl, O., Die Fahlerzlagerstätte im Wetterbauergraben bei Mixnitz (Steiermark). Mittg. natw. Ver. Stmk. 66, 19, 186–200.
- (67) Holler, H., Die Tektonik der Bleiberger Lagerstätte. 7. Sonderh. Car. II, 1936.
- (68) Holler, H., Molybdän in der Bleiberger Lagerstätte. Karinthin 4. 56–59.

- (69) Holler, H., Zur Frage des Niedersetzens der Mitterberger Blei-Zink-Vererzung (Kreuzen). Bg. hm. Moh. 95. 1950, 89–92.
- (70) Huttenlocher, H., Die Blei-Zinklagerstätten von Goppenstein (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 16. 1931, Heft 2.
- (71) Huttenlocher, H., Vortrag auf der Tagung 1953 der Geolog. Vereinigung, Mainz.
- (72) Kahler, F., Der Bau der Karawanken und des Klagenfurter Beckens 16. Sonderh. Car. II. Klagenfurt 1953.
- (73) Kern, A., Raumform und Raumlage der Erzführung der nördlichen Grauwackenzone von Liezen bis Payerbach und ihre Bedeutung im Rahmen der übrigen, für die Lagerstättenbildung maßgebenden Einflüsse. Dissert. Mont. Hochsch. Leoben 1943.
- (74) Klebelsberg, R. v., Geologie von Tirol. Bornträger, Berlin 1935.
- (75) Kossmath, Fr., Über die geologischen Verhältnisse des Bergbaugesbietes von Idria. Jb. geol. R. A. 49, 1899, 259–286. Über den Quecksilberbergbau von Idria mit einigen Bemerkungen über Almaden. Zt. ö. Ing. Arch. Ver. 59. 1907. 377. Geologie des Idrianer Quecksilberbergbaues. Jb. geol. R. A. 61. 1911., 339–383 und Verh. geol. R. A. 1913, 363.
- (76) Krajicek, E., Notiz zu einem Kupfererzvorkommen im Obojnikgraben (Karawanken). Bg. hm. Moh. 88. 1940, 47–53.
- (77) Kropač, Über die Lagerstättenverhältnisse des Bergbaugesbietes Idria. Jb. mont. Hochsch. Leoben 1912. 97–146.
- (78) Lazarevic, M., u. E. Kittl, Einige Untersuchungen der kupferkiesführenden Mineralgänge am Monte Mulatto bei Predazzo, Ö. Zt. Bg. Hw. 61, 1913, 407–421.
- (79) Leitmeier, H., Über amorphen Magnesit. Mont. Rdsch. 6, 1914, 319.
- (80) Leitmeier, H., Die Barytvorkommen am Kitzbüheler Horn. Tsch. M. P. M. 47. 1935, 1–25.
- (81) Leitmeier, H., Die Magnesitvorkommen Österreichs und ihre Entstehung. Mntztg. 67. 1951, 133–153.
- (82) Llarena, J. G. de, Über die sedimentäre Entstehung des ostalpinen Magnesites „Typus Veitsch“. Montztg. 69. 1953, 55–62.
- (83) Machatschki, F., Das Magnesitvorkommen im Kaswassergraben bei Großreifling. Centrbl. Min. 1922. 11–18.
- (84) Matz, K., Apatit und Strontianit von der Magnesit-Talklagerstätte Oberdorf an der Lamming, Steiermark. Zentrbl. Min. A. 1939, 135–142.
- (85) Matz, K., Die Magnesit-Talklagerstätte im Obertal bei Oberdorf a. d. Lamming (Steiermark). Fortschr. Min. 23. 1939.
- (86) Matz, K., Genetische Übersicht über die österreichischen Flußspatvorkommen. Karinthin. 21. 1953. 199–217.
- (87) Matz, K., Die Toneisenstein-Lagerstätte am Liechtensteinerberg bei St. Stefan-Kraubath. Unveröff. Bericht. Leoben 1939.
- (88) Meixner, H., Kraubather Lagerstättenstudien I.: Zentrbl. Min. A. 1938, 5–19. II: Tsch. MPM. 49. 1937, 461–465. III: Zentralbl. Min. A. 1938, 115–120.
- (89) Meixner, H., Die Minerale des Serpentinegebietes im Kraubath. Fortschr. Min. 23. 1939. 81–89.
- (90) Meixner, H., Die Talklagerstätte Schellgaden im Lungau, Salzburg, sowie dort neu aufgefundener Molybdänglanz und Zirkon. Zt. angew. Min. 1938. Ein Besuch der Talklagerstätte Schellgaden im Lungau usw. Fortschr. Min. 23. 1939, 25–28.
- (91) Meixner, H., Wulfenit von der Gehrwand, einem alten Blei-Zink-Bergbau des Typus Achselalpe (Hohe Tauern, Salzburg) und Bemerkungen über 42, die Molybdän-Paragenesen in den Ostalpen. Bg. hm. Moh. 95. 1950. 34.
- (92) Meixner, H., Über Jordisit (amorphes Molybdänsulfid) von Bleiberg in Kärnten. Car. II. 1393/140. 1950. 39–51.
- (93) Meixner, H., Das Mineral Lazulith und sein Lagerstätten-typus. Bg. hm. Jb. 85. 1937. 1–39.
- (94) Meixner, H., Eine neue Manganparagenese vom Schwarzsee (Kolsberger Alpe) bei Tweng in den Radstädter Tauern (Salzburg), N. Jb. Min. 69. Beilbd. A. 1935, 500–514.
- (95) Meixner, H., Beitrag zur mineralogischen Kenntnis der Magnesitlagerstätte Oberdorf a. d. L. bei Bruck a. d. M., Steiermark. Karinthin 17. 1952. 102–112.
- (96) Meixner, H., Ein ungewöhnlicher Zinnoberkristall vom steirischen Erzberg. Heidelberger Beitr. 2, 1950, 195–209.
- (97) Meixner, H., Bestätigungsreaktionen an einigen neueren österr. Funden von Fuchsit, grünen Glimmern und Talk. Centralbl. Min. A. 1931. 318–322.
- (98) Meixner, H., Das angeblich „Fournetit“-artige Fahlerz aus der Magnesitlagerstätte Veitsch. Zentralbl. Min. A. 1942, 4–8.
- (99) Meixner, H., Piemontit aus Osttirol usw. N. Jb. Min. Mh. 1951, 174–178.
- (100) Metz, K., Die stratigraphische und tektonische Baugeschichte der steirischen Grauwackenzone. Mittg. geol. Ges. Wien. 44. 1951. 1–84.
- (101) Mutschlechner, G., Vom alten Bergbau am Falkenstein. Schwazer Bergbuch usw. Wagner, Innsbruck. 1952, 113–125.
- (102) Nöh, A., Bergbau Alte Zeche und Zapfenschuh. Schwazer Bergbuch. 126–135.
- (103) Petrascheck, W., Metallogenetische Zonen in den Ostalpen. C. R. 14 Geol. Kongr. Madrid 1928, 1–13.
- (104) Petrascheck, W., Die Magnesite und Siderite der Alpen. Sitzber. Wr. Ak. I. 141, 1932, 195–242.
- (105) Petrascheck, W., Die alpine Metallogene. Jb. geol. B. A. 90. 1945, 129–149.
- (106) Plöschinger, B., Der Tennengebirgsnordrand mit seinen Manganerzen und die Berge im Bereich des Lammertales. Jb. geol. B. A. 95. 1952, 145–225.
- (107) Posepny, F., Die Erzlagerstätten von Kitzbühel in Tirol und dem angrenzenden Teile Salzburgs. Archiv prakt. Geol. 1. 1880, 257–440.
- (108) Preuschen, E., Die Salzburger Schwemmlandlagerstätten. Bg. hm. Moh. 86.
- (109) Ramdohr, P., Einige neue Beobachtungen an Erzen aus den Ostalpen. Karinthin 1952, 99–161.
- (110) Redlich, K. A., Die Genesis der kristallinen Magnesite und Siderite. Zt. prakt. Geol. 21. 1913, 90–101.
- (111) Redlich, K. A., Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagerstätten. Springer, Wien 1931.
- (112) Ruttner, A., Die Eisenerze auf dem Kraubather Serpentinzug. Arch. Lgfg. 75. 1942, 58–60.
- (113) Schmidegg, O., Die Erzlagerstätten des Schwazer Bergbaugesbietes, besonders des Falkenstein. Schwazer Buch. Wagner Innsbruck 1951, 36–58.
- (114) Schneiderhöhn, H., Erzlagerstätten. Kurzvorlesungen. Piscator-Verlag, Stuttgart 1949, 2. Auflage.
- (114a) Schneiderhöhn, H., Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde I. 1941.
- (115) Schneiderhöhn, H., Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage. N. Jb. Min. Moh. 1952. 47–89.
- (116) Schwinner, R., Das Karbongebiet der Stangalpe C. R. Strat. Carb. Heerlen 1938, 1171–1257.
- (117) Seewann, L., Die Blei-Zinkerz-Lagerstätte von Haufenreith-Arzberg in der Oststeiermark. Mittg. natw. Ver. Stmk. 64. 1928, 236–253.
- (118) Siegl, W., Erzmikroskopische Studie des Glaserzes vom Radhausberg bei Gastein M. P. M. 2. 1951, 131–143.
- (119) Siegl, W., Zur Vererzung einiger Magnesite. Karinthin 1953, 238–240.
- (120) Srbik, R. v., Bergbau in Tirol und Vorarlberg in Vergangenheit und Gegenwart. Wagner, Innsbruck, 1929.
- (121) Srbik, R. v., Geologische Bibliographie der Ostalpen von Graubünden bis Kärnten. Oldenbourg. München, 1935, 3 Bände.
- (122) Sterk, G., Die Talklagerstätte Hirt bei Friesach in Kärnten. Univ. Diplom-Arbeit. Leoben 1952.

- (123) Stowasser, H., Zur Schichtfolge, Verbreitung und Tektonik des Stangalm-Mesozoikums (Gurktaler Alpen). Verh. geol. B. A. 1945. 199—214.
- (124) Thurner, A., Geologie der Berge um Innerkrems bei Gmünd in Kärnten. Mittg. natw. Ver. Stmk. 63. 1927, 26—44.
- (125) Tornquist, A., Die Blei-Zinkerzlagerstätte von Rabenstein bei Frohnleiten im Murtales. Mittg. natw. Ver. Stmk. 63. 1927, 3—25.
- (126) Tornquist, A., Der Kiesstock von Agordo. Sitzber. Wr. Akad. I. 1942. 1933, 263—273.
- (127) Tornquist, A., Vererzung und Wanderung des Goldes in den Erzen der Hohen-Tauerngänge. Sitzber. Wr. Akad. I. 1942. 1933, 41—80.
- (128) Tornquist, A., Die Blei-Zinkerzlagerstätte der Savefalten vom Typus Litija (Littai) Bg. hm. Jb. 7. 7. 1929, 1—27.
- (129) Trauth, Fr., Geologie der nördlichen Radstädter Tauern und ihres Vorlandes. Denkschr. W. Akad. 100, 1926 und 101, 1927.
- (130) Tschernig, E., Über Gebirgsschläge in den Kärntner Bleizinklagerstätten. Bg. hm. Jb. 80. 1932, 79—86, 117—135 und 85. 1937, 421—426.
- (131) Weiß, P., Die Blei-Silber-Lagerstätte Ramingstein. Bg. hm. Moh. 96. 1951, 141—151.
- (132) Welser, H., Über Pseudomorphosen von Talk nach Pinolith. Bg. hm. Moh. 86. 1938, 78—79.
- (133) Wießner, H., Geschichte des Kärntner Bergbaues. Klagenfurt, 1950, 1951.
- (134) Wolfskron, M. v., Die alten Goldwäschen am Salzachflusse in Salzburg. Archiv. prakt. Geol. 2. 1894, 485—498.
- (135) Wollak, O., Geologie der Bleizinkerzlagerstätten im Paläozoikum von Graz. Bg. Jb. 78. 1930, 133—147.
- (136) Zeleny, V., Ein Magnetkiesvorkommen in der Lobming bei Knittelfeld. Tsch. M. P. M. 23. 1904, 413—414.

Geologische Begleitbemerkungen zu O. M. Friedrichs Lagerstättenkarte der Ostalpen

Von E. Clar

(Lagerstättenuntersuchung der Ö.A.M.G., Knappenberg)

(A. Kurze Erläuterung zur Gliederung der geologischen Grundlage der Lagerstättenkarte.

B. Geologische Betrachtungen über die Beziehung zwischen der Anordnung der Lagerstätten einerseits, den alpidischen und variszischen Bauzonen andererseits.)

(A. Brief explanation of the grouping of the basic geological features of the map of mineral deposits.

B. Geological considerations regarding the relation between the distribution of the deposits on the one hand, the alpidic and the hercynian structures on the other.)

(A. Explication de la division de base géologique de la carte de gisement.

B. Considérations géologiques sur les rapports d'une part de la répartition de gisement et les zones de structure alpidique et hercynienne d'autre part).

A) Zur geologischen Kartengrundlage

In Fortsetzung früheren wiederholten Meinungsaustausches hatte der Verfasser Gelegenheit, mit Kollegen Friedrich die Wahl der geologischen Grundlage für die Eintragung der Lagerstätten und der hierfür zweckmäßigen Ausscheidungen zu besprechen, sowie den ersten Entwurf der Lagerstättenkarte von geologischen Gesichtspunkten aus durchzusehen.

Trotz Anerkennung der mannigfaltigen Beziehungen der meisten alpinen Lagerstätten zur Tektonik oder zu tektonischen Einheiten war es bald klar, daß nicht eine der vorhandenen tektonischen Übersichtskarten dafür zu wählen sein wird, sondern daß ohne Zweifel wegen der möglichst deutungsfreien Objektivität ihrer Ausscheidung und auch wegen ihres Maßstabes die offizielle „Geologische Karte der Republik Österreich“ von H. V e t t e r s (Geologische Bundesanstalt Wien 1933) die geeignetste Unterlage darstellt.

Aus Gründen der technischen Wiedergabe, nicht minder aber der Übersichtlichkeit trotz zusätzlicher Aufnahme der Lagerstättenzeichen, war es notwendig, nicht nur die topographische Unterlage, sondern auch die geologischen Ausscheidungen weitestgehend zusammenzuziehen und zu vereinfachen. Wie bekannt, sind, je größer das Gebiet und je weitgehender die Vereinfachungen, um so mehr gewisse Gewaltlösungen nicht zu vermeiden, die die Kritik von Fachgenossen herausfordern oder deren wohlwollendes Verständnis für Ziel und Sinn des Vorganges verlangen. Jedenfalls war es nicht der Sinn, durch grobe Vereinfachung des ausgezeichneten Werkes der V e t t e r s - Karte eine neuartige geologische Übersichtskarte der Ostalpen zu zeichnen, sondern nur, die vorhandene rein topographische Lagerstättenübersicht mit einer geologischen Unterlage zu versehen, die — dem Maßstabe gemäß — die Anordnung der hier erstmalig mit einer solchen Vielzahl von Einzelvorkommen belegten Lagerstätten-Gruppen in den größeren geologischen Baugliedern besser hervortreten läßt.

Für die Art der Darstellung und Ausscheidung war dabei die, auch für ein sinngemäßes Lesen der

Karte wichtige Einsicht maßgebend, daß die gesamten stratigraphischen und tektonischen Bedingungen der Einzellagerstätten im gegebenen Maßstabe von vornherein, auch bei noch so genauer Ortseintragung und noch so eingehender Gliederung der geologischen Grundlage, nicht zureichend dargestellt werden können. Denn sie gehen vielfach auch aus guten Obertagaufnahmen 1:25.000 noch nicht hervor und verlangen sogar nach ihrer Erkennung oft noch Planmaßstäbe für ihre Darstellung. Für die Untersuchung oder Erkenntnis der genaueren geologischen Stellung und Herkunft soll und wird die Lagerstättenkarte vor allem anregend wirken, indem sie die Einzellagerstätten als Glieder von Gruppen hinsichtlich Inhalt oder geologischen Baugliedern erscheinen läßt, dadurch erkannte oder vermutete Zusammenhänge belegt und auf neue hinweist, aber auch die Untersuchung neuer Gliederungsmöglichkeiten nahelegt.

In den zwanzig Jahren seit dem Erscheinen der Geologischen Karte von Österreich sind naturgemäß in manchen Teilgebieten durch geologische Neuaufnahmen und den Fortschritt des Einblickes Verbesserungen in der Grenzziehung und der Ausscheidungsart möglich geworden. Es entstand die Frage, ob solche Änderungen in einem durchgeführt werden müssen und es wurde darauf verzichtet. Einerseits wäre es uns doch unmöglich gewesen, solche Änderungen als wirkliche Verbesserungen mit angemessenem Aufwande in einiger Gleichmäßigkeit über den ganzen Kartenraum hin auszuführen; andererseits aber glaubten wir zu erkennen, daß sie bei der sehr vereinfachten Ausscheidung und im gewählten Maßstabe für den Zweck einer Übersicht der Lagerstättenverteilung doch nur von geringer Bedeutung oder unmaßgeblich wären. So sind grundsätzlich zwischen den gewählten, zusammengezogenen Ausscheidungen die Grenzen der V e t t e r s - Karte übernommen, wobei der gleiche Maßstab es erleichtern soll, bei Bedarf jeweils auf diese Karte und von ihr auf geologische Karten anderen Maßstabes überzugehen. Die Lagerstätten sind im allgemeinen mit der topographischen Lage ihrer sichtbaren Einbaue verzeichnet und die geologische Grundlage ist dazu

auf gleichen Maßstab gebracht, es ist aber nicht systematisch überprüft — dazu fehlen sehr oft die Unterlagen — ob sie dabei auch ihre wahre geologische Lage wiedergeben. Beim gewählten Maßstabe und der starken Vereinfachung der geologischen Grundlage entstehen so zumeist keine Fehler. Eine auffällige Diskrepanz zeigt auf diesem Wege jedoch z. B. der Bereich Schwaz—Rattenberg, wo ein Teil der Lagerstätten mit den Mundlöchern der Unterfahrungsstellen in der Trias verzeichnet werden mußte.

Zur Wahl der Ausscheidungen sind einige Erläuterungen notwendig. In ihr war neben der Vereinfachung der Darstellung der Wunsch maßgebend, die Unterscheidungen, die für die Lagerstätten-Verteilung voraussichtlich unmaßgeblich sind oder deren Einfluß auf die Lagerstätten im gegebenen Maßstabe nicht zureichend zum Ausdruck kommen kann (wie z. B. Stratigraphie der Kalkalpen oder Unterscheidung von Kalken und Schiefen im Paläozoikum) fallen zu lassen, hingegen aber erkannte, vermutbare oder naturgemäß noch zu prüfende großräumige Beziehungen nicht zu unterdrücken. Die Art der Ausscheidungen stützt sich ferner im allgemeinen nur auf den österreichischen Anteil der Karte und ist auf die mitgezeichneten Gebiete jenseits der Grenzen nur sinngemäß anzuwenden versucht.

In den Sedimentärformationen sind nur die allergrößten Abschnitte orientierend zum Ausdruck gebracht, ohne eine Berücksichtigung fazieller oder tektonischer Gegebenheiten zu versuchen. Jungtertiär und Quartär sei die letzte transgredierende Gruppe, in der, abgesehen von einigen Mineralvorkommen, deren Zuordnung noch zu untersuchen ist, epigenetische Lagerstätten nicht mehr vorkommen und die daher zumeist als jünger als die Lagerstätten betrachtet wird. Eine Darstellung der jungen Braunkohlenlager lag ja nicht im Plane des Vorhabens. Die Abtrennung der Gruppe Oberkreide—Alttertiär, Flyschzone im allgemeinen, sollte vor allem die letztere als Ganzes hervortreten lassen und in den Nordalpen eine gewisse orientierende Gliederung durch Ausscheidung der Gosauschichten bzw. des Cenomans im Westen erreichen. Mit der Schwierigkeit einer Abgrenzung gegen die folgende Gruppe, die mit Rücksicht auf den großen Sedimentationsabschnitt in den Nördlichen Kalkalpen gewählt werden mußte, hatte sich schon Vettters auseinanderzusetzen und die vorliegende Karte folgt seinen Ausscheidungen. In der großen Gruppe Trias-Neokom der Nördlichen Kalkalpen hätte darstellungsmäßig wohl die Möglichkeit weiterer Unterteilung bestanden. Lagerstättenkundlichen Einblick hätte — bei Unmöglichkeit der Hervorhebung von Einzelhorizonten der Sedimentärlagerstätten — dabei aber in erster Linie eine Abgrenzung der Werfener Schichten oder eine Eintragung der größten tektonischen Grenzen gegeben; erstere wären nicht ohne allzugroße Übertreibungen darstellbar gewesen, letztere führt in noch offene, rein tektonische Fragen und hätte außerdem zur Vermeidung wesentlicher Fehler sinnvollerweise eine Überprüfung der tektonischen Stellung der Ein-

zellagerstätten erfordert, die durch die Karte erst angeregt werden soll.

Die Gruppe Karbon-Perm faßt die entsprechenden Vettters-Ausscheidungen zusammen, enthält also z. B. in der steirischen Grauwackenzone neben dem Graphitkarbon auch die als Träger der dortigen Spatmagnetitlagerstätten wichtigen Unterkarbon-Kalke sowie das Unterkarbon von Nötsch, dort wie in den Karnischen Alpen aber nicht die wieder einigermaßen problematischen Hochwipfelschichten oder das Karbon im Grazer Paläozoikum. Im Altpaläozoikum, besonders der Grauwackenzone, sind die Ausscheidungen der Porphyroide und der Abkömmlinge basischer Massengesteine übernommen, nicht aber die Trennung kalkiger und schieferiger Anteile. Diese ist im Maßstabe doch nicht so darzustellen, daß die Stellung der einzelnen Lagerstätten daraus einigermaßen zureichend entnommen werden kann. Unverändert übernommen ist auch die Ausscheidung Quarzphyllit und verwandte Gesteine im vollen Bewußtsein, daß dies eine Kompromißausscheidung ist, in der durchaus nicht alle Glieder dem Muster des Innsbrucker oder Brixner Quarzphyllites gleichgehalten werden können, in der aber mangels von Neuuntersuchungen auch verbesserte Lösungsvorschläge (wie Karte Schwinner in der „Geologie von Österreich“) noch nicht endgültig sein werden.

Die Schieferhülle der Hohen Tauern ist als Ganzes, unter Beibehaltung ihrer Grenzen in der Vettters-Karte, mit den Bündner Schiefen des Unterengadin und dem Prättigauflysch vereinigt, was deren Parallelen zur Oberen Schieferhülle und den Vergleichen der tektonischen Stellung Rechnung trägt. Ebenso aber ist den petrographischen Befunden gemäß die Gleichsetzung von Schneeberger Zug und Unterer Schieferhülle beibehalten, ohne daß aus der so entstandenen Farbanordnung der Versuch einer neuartigen tektonischen Deutung herausgelesen werden möge. In den Tauern und im Unterengadin umfaßt die Ausscheidung teilweise auch einen Großteil der tektonisch stark gemengten Randzonen, die meist nicht mehr zur Schieferhülle gerechnet werden.

Die Marmore, soweit sie größere Züge und Schwärme von solchen bilden, sind außer Serpentin als einzige besondere Ausscheidung in den Massen des sogenannten „Altkristallin“ übernommen, weil sie offenbar eine Eignung haben, Erzlösungen durch lagerstättenbildende Reaktionen abzufangen. Gleich der Vettters-Karte sind damit auch hier die zum Teil sicher mesozoischen Marmore der Tauernschieferhülle und der Klammkalke vereinigt, ebenso wahrscheinlich triadische Kalke in Ostkärnten, während sich in den Marmoren des Altkristallin wenigstens teilweise auch Paläozoikum verbergen dürfte.

Mit diesen Ausnahmen wurde das „Altkristallin“ zu einheitlichen Flächen zusammengezogen, also Glimmerschiefer, Schiefergneise, Amphibolite usw. und das Ergebnis dürfte die Berechtigung dieses Verfahrens für den vorliegenden Zweck bestätigen. Die Orthogneise hingegen wurden mit der folgenden Überlegung nur zum Teil ebenfalls in diese Ausscheidung einbezogen.

Der Gesichtspunkt, vorhandene und zu prüfende großräumige Zusammenhänge von geologischer Umgebung und Lagerstätten nicht durch die Art der Ausscheidung zu unterdrücken, sondern möglichst hervortreten zu lassen, verlangte im allgemeinen eine weitgehende Übernahme auch flächenmäßig unbedeutender magmatischer Gesteine in die geologische Grundlage. Daß dabei eine Zusammenfassung zu sehr wenigen Ausscheidungen vielleicht nicht immer die glücklichste Lösung bringt und fallweise einen Rückgriff auf die Literatur nötig machen wird, ist verständlich.

Bei der Gruppe der Granite, Granitgneise und verwandten war jedoch als der einzigen Gruppe eine stärkere Abweichung von der Ausscheidungsart der Vettters-Karte angezeigt, um durch eine, der Fragestellung besser angepasste Ausscheidungsart nicht die vorhandenen räumlichen Beziehungen zu verschleiern oder verlorengehen zu lassen. Die dort gebrauchte, unverbindlich korrekte, wengleich ebenfalls vom örtlichen Beschreibungsgebrauche noch abhängige Gegenüberstellung von „Orthogneis“ gegen „Granite und verwandte Gesteine“ bringt anerkanntermaßen in größeren Bereichen unserer Karte geologische Körper, die gegenüber den Erzlagerstätten Ungleichwertiges darstellen, miteinander in Verbindung und trennt örtlich auch Zusammgehöriges.

Einem Vorschlag des Verfassers folgend, hat Friedrich in dieser Gruppe die folgenden Unterscheidungen gemacht: Die Orthogneise des „Altkristallin“, die sogenannten „Alten Gneise“, sind nicht ausgeschieden, um die durch gemeinsame Metamorphose mit ihnen verschweißten großen Massen des „Altkristallin“ besser in ihrem Charakter als alpidisch nur wenig verformte Blöcke hervortreten zu lassen. Eine Nachschau über ihre Verbreitung in der Vettters-Karte wird bestätigen, daß wenigstens im Übersichtsmaßstabe keine räumliche Beziehung zwischen ihnen und ausgeschiedenen Lagerstättengruppen erkennbar ist. Folgerichtig wurden auch die größten dieser Gneis-„Kerne“, der Gleinalpenkern, die Antholzer Gneismasse und der Bachergranit nicht ausgeschieden.

Unter den übrigen granitischen Körpern werden drei Gruppen unterschieden, von denen jeweils wenigstens ein kennzeichnender Teil in verschiedenartiger Weise schon in der großen Übersicht Beziehungen zur Lagerstättenbildung erkennen oder vermuten läßt. Die Lagerstättenkarte soll dadurch anregen, auch umgekehrt die Lagerstättenbegleitung als ein zusätzliches Merkmal bei der noch offenen Zuordnung einzelner dieser Granite zu verwenden. Das sind:

1. Die Zentralgneise der Hohen Tauern, schon durch ihre Lage unabhängig von jeder Deutung zweifelsfrei als Gruppe abgegrenzt.

2. Die „Periadriatica“, unter der Bezeichnung Spätalpidische saure Intrusiva und Gefolge als die Gruppe der diskordanten alpidischen Granite und Verwandten. Abweichend von der Vettters-Karte angeschlossen wurde ihnen jedoch auch mit gleicher Farbgebung das ihnen zugeschrie-

bene Gangefolge von Porphyriten usw., wobei im wesentlichen die Zusammenstellung von H. P. Cornelius (7) Grundlage war, soweit die Vorkommen in der Vettters-Karte ausgeschieden sind. Wieweit das zugehörige Gangefolge ausgedehnt werden darf, war dem Verfasser gegenwärtig nicht befriedigend überblickbar und müßte Gegenstand eigener Erhebungen sein. Mit gleicher Farbe bezeichnet ist ferner der Granit des Martelltales und der von Predazzo, während die als vorpermisch geltende Masse der Cima d'Asta an die folgende Gruppe angeschlossen wurde.

3. Andere Granit- und Granitgneismassive, also solche, die nicht mit Sicherheit entweder den „Alten Gneisen“ oder einer der beiden vorigen Gruppen angeschlossen werden können. Die Gruppe ist vor allem für die Reihe Schladminger Masse — Bösenstein — Seckauer Kern — Mürztaler Grobgnese — Aspang aufgestellt, insbesondere aus dem Gesichtspunkt heraus, daß für sie die Frage voralpidischer und alpidischer Aktivität heute noch offen bleiben soll (Angel-Heritsch, Lit. 1). In gleicher Weise bezeichnet ist ferner der Ammering-Kern, der Schwazer Augengneis, der Granit von Villach und — wobei die gleichartige Ausscheidung vor allem nur auf der Nichtvereinbarkeit mit den anderen Gruppen beruhen soll — die Granite im Unterostalpin Graubündens, im Unterengadin und auch die Cima d'Asta. Dem Verfasser sind keine zwingenden Gründe bekannt, weitere Granitmassen aus dem westlichen Oberostalpin hier einzuordnen.

Die Ausscheidung Serpentin und Peridotit folgt der Vettters-Karte; hingegen war es wegen der Verhältnisse in Kärnten und bei Kitzbühel zweckmäßig, die Diabase aus der Ausscheidung der basischen Ergußgesteine herauszunehmen und eine Sammelausscheidung Diabase, Grünschiefer, Prasinite zu schaffen, während die eigentlichen basischen Tiefen-, Gang- und Ergußgesteine der Vettters-Karte als Gabbro, Monzonit, Melaphyr und Basalt zusammengefaßt sind. Auch bei der Ausscheidung „Saure Erguß- und Ganggesteine“ war es für die Fragestellung einer Lagerstättenkarte notwendig, den Bozener Quarzporphyr von der tertiären Gruppe Andesit—Liparit im Südosten zu trennen; der erstere konnte aber, nun auch für Fernerstehende ohne Irrtum unterscheidbar, die gleiche Farbe erhalten, wie die im Alter nächststehenden metamorphen Porphyroide der Grauwackenzone bei Kitzbühel und im Osten unter der Bezeichnung: Quarzporphyr (Südtirol), Porphyroide (Grauwackenzone, Graubünden).

Die bessere Kenntnis anderer Fachkollegen wird voraussichtlich manchen entgangenen Fehler in der Durchführung dieser Gliederungsgedanken aufdecken können. So sei diese geologische Grundlage der Lagerstättenkarte einer, Zweck und Schwierigkeiten ermessenden Beurteilung empfohlen in der Hoffnung, daß sie ihrer alleinigen Bestimmung, bei der Erforschung geologischer Zusammenhänge der ostalpinen Lagerstättenbildung zu helfen, gerecht wird.

B) Geologische Betrachtungen zur Großanordnung der Lagerstätten

Es ist notwendig, sich bei Betrachtung und Auswertung einer Lagerstättenübersichtskarte bewußt zu bleiben, daß sie zu den Hauptfragen der Genese zwar wichtige, aber keineswegs erschöpfende Auskunft geben können, sondern, daß sie nur in Verbindung mit anderen, mehr ins Einzelne gehenden Untersuchungen zu verwerten sein wird. Darum soll hier einbegleitend nur auf einige auffallende Züge in der Anordnung der Lagerstätten aufmerksam gemacht werden, ohne eine Erörterung abschließender Deutungen zu versuchen.

Die sicher oder wahrscheinlich sedimentären Lagerstätten mögen hier außer Betracht bleiben; die Auswertung ihrer Lage kann nicht von so groben stratigraphischen Zusammenfassungen ausgehen, wie sie hier in der geologischen Grundlage der Darstellung gemacht werden mußten. Als Beispiel eines Beitrages der Karte in dieser Richtung sei hier nur auf die zum Teil mit Grünschiefern verbundenen, wahrscheinlich altpaläozoischen Magneteisensteinlagerstätten verwiesen, die nach einer auswählenden Einzeluntersuchung der genetischen Gleichartigkeit stratigraphisch und faziell ausgewertet werden könnten, so wie dies schon E. Haberfelner (14) versucht hat.

Bei den epigenetischen Lagerstätten ist zu berücksichtigen, daß kein zweiter größerer und sehr verschiedenartige Lagerstätten umfassender Teilbereich so gründlich und zahlenmäßig vollständig in Mineralbestand und geologischer Stellung untersucht ist, wie der Umkreis des Tauernostendes durch O. M. Friedrich (10 und folg.). Die Abgrenzung der einzelnen Lagerstättengruppen beruht daher noch nicht auf einer gleichmäßigen Durcharbeitung aller Vorkommen, sondern teilweise auf einer recht großzügigen Zusammenfassung der bekannt gewordenen Metallgesellschaften. Es werden sich also noch Zuordnungen mit dem Fortschreiten der Untersuchung verschieben und genetische Untergruppen mit größerer Selbständigkeit abzeichnen können.

Die Lagerstättenkarte versucht nicht, die einzelnen Lagerstätten nach dem geologischen Alter bzw. nach ihrer Zugehörigkeit zu unterscheidbaren Vererzungsperioden aufzugliedern. Das ist sinngemäß; denn daß der Großteil von ihnen, auch in den Zentralalpen, im Zusammenhang mit der alpidischen Gebirgsbildung entstanden sein muß, ist zwar unausweichlich, wenn man der Verwandtschaft innerhalb größerer Gruppen und zwischen diesen Rechnung trägt und so den Gültigkeitsbereich des an Einzellagerstätten geführten Altersnachweises erweitert; aber es ist ebensowenig zu bezweifeln, daß untergeordnet auch voralpidische Lagerstätten vorhanden sind, ohne daß sie bisher wirklich systematisch ausgegliedert werden konnten; und ebenso ist eine altersmäßige Untergliederung der alpidischen Abfolge (alt- und jungalpin nach W. Petrascheck, 26) nicht so gesichert durchgeführt, daß sie in einer Übersichtskarte der vorliegenden Vollständigkeit aufgenommen werden könnte.

Es darf also beim Lesen der Karte nicht von vornherein die Annahme einer genetischen bzw. geolo-

gischen Zusammengehörigkeit aller eingetragenen epigenetischen Lagerstätten gemacht werden, sondern die Karte soll vielmehr selbst weitere Versuche zur Aufgliederung anregen.

Trotz dieser Vorbehalte tritt in der dichteren Häufung der Vorkommen zunächst die bekannte zonare Anordnung klarer in Erscheinung als auf allen bisherigen Karten. Sie muß jedenfalls erklärt werden, gleichgültig, ob man sie als Metallzonen im Sinne von W. Petrascheck (24) deuten will oder dies anders versucht. Als Beispiel ist der interessante, weil erste, Versuch einer Deutung von B. Granigg 1912 (13), der in Anwendung der damals neuen Deckenlehre bestimmte Lagerstättentypen bestimmten Decken zuordnete, dadurch widerlegt, daß solche Lagerstätten sich als jünger erwiesen als der Deckenbau und ihre Gruppen die Deckengrenzen übersetzen. Die Symmetrie dieser Anordnung ist zwar keineswegs vollkommen, aber doch in den ganz großen Zügen unverkennbar. Sie ist ferner in den äußeren Bauzonen, nämlich den Kalkalpen und der Grauwackenzone bzw. den diesen im Schichtaufbau vergleichbaren Baugliedern südlich der Zentralalpen, nicht einfach als Ummantelung einer der sichtbaren großen Intrusiv-(oder Extrusiv-)Massen oder Reihen von solchen verständlich, sondern nur auf eine gedachte zentrale Achse des Ostalpengebietes beziehbar. Die Reihe der Tauerngranite hat rein geometrisch nur dann die Stellung einer Zentrallinie dieser Anordnung, wenn man sie in eben einer solchen Gebirgsachse im Untergrunde über den aufgeschlossenen Bereich hinaus fortgesetzt denkt.

In den inneren Zentralalpen hingegen heben sich die Tauern selbst in ihrer Lagerstättengesellschaft recht deutlich gegen die tektonisch höheren Bauglieder westlich und östlich von ihnen ab und man kann zugleich mit dem Untertauchen der Tauernkuppel neben einem gewissen Zusammenrücken der inneren Erzzonen auch eine stärkere Verschachtelung dieser ablesen, wobei sich örtlich hofartige Anordnungen entwickeln (siehe O. M. Friedrich, 10).

Nicht weniger untersuchungswert als die zonare Anordnung als Ganzes sind deren Abweichungen von einer theoretischen Idealform, da sich in ihnen die geologisch bedingte Inhomogenität in der Verteilung der Herkunftsbereiche, der Zufuhren und des geologischen Aufbaues überhaupt widerspiegeln muß.

Die auffälligste Erscheinung in dieser Hinsicht ist, allgemein gesehen, die verschiedene Verteilungsdichte der Lagerstätten. Auch bei der starken Vereinfachung unserer geologischen Grundlage ist schnell zu erkennen, daß dieser Wechsel der Verteilungsdichte nicht einfach aus den Verschiedenheiten der Gesteinszusammensetzung verständlich wird, denn sie sind in verschiedenen Faziesgebieten der Kalkalpen nicht minder betont als in den älteren Gesteinen der Grauwackenzone und des Südens oder im sogenannten Altkristallin. Jedenfalls sind für ihr Zustandekommen wesentlich tektonische Voraussetzungen des Deckgebirges und noch mehr des tieferen Untergrundes maßgebend.

Der betonteste und bekannteste Streifen solcher Lagerstättenhäufung ist der der nördlichen Grauwackenzone. Nur roh als Häufungsstreifen unabhängig von Inhalt und Baugrund betrachtet, zieht er zunächst fast geschlossen vom Semmering bis zum Ende der steirischen Grauwackenzone bei Liezen. Bekannt ist die Abbildung ihrer tektonischen Zweiteilung durch die „norische Überschiebung“ (siehe K. Metz 23) in den Lagerstätten, indem die Siderite im allgemeinen im Altpaläozoikum über ihr, die Magnesite, im Karbon unter ihr erscheinen und dabei die Sigmoide der Trofaiachstörung mitmachen. Bekannt ist auch (W. Petrascheck 25) die Verdoppelung der Sideritzone am Semmering und östlich davon und daß die Sideritlagerstätten auch innerhalb der höheren Grauwackeneinheit scharf an deren Nordrand, die Auflagerung der Triasbasis der Kalkalpen drängen (O. M. Friedrich (10), A. Kern (21), unter der Bezeichnung „Nordgerichtete Bruch- und Abkippungszone“, leider ohne daß diese tektonische Heraushebung eingehender beschreibend belegt wird). Zwischen Gollrad und Eisenerz setzt der Streifen mit der Vorbuchtung der Kalkalpen fast aus, doch schlagen in gerader Fortsetzung wenige Lagerstätten in der Trias eine Brücke entlang der Störung, die den Hochswab von seinen Vorlagen trennt. Zwei bemerkenswerte Leerbereiche in diesem Streifen bildet das Troiseck-Kristallin und die Berge südlich Eisenerz, die die größte, in der Grauwackenzone erhaltene Scholle mit variscischen Querstrukturen bildet (K. Metz 23).

Mit dem Abschneiden der höheren Grauwackenzone durch die Kalkalpen bei Liezen endet zwar auch eine gleichartige Lagerstättenhäufung, aber die Andeutung einer Fortsetzung im Streichen kann in den Vorkommen bei Aussee in den Kalkalpen gesehen werden. Über Abtenau kehrt die wohlbetonte Lagerstättenhäufung in dieiedereinsetzende Grauwackenzone westlich Schladming zurück, während die dichte und nicht ganz gleichartige Lagerstättengruppe südlich Schladming außerhalb steht. Gegen Westen nimmt wieder die anschwellende Grauwackenzone den ganzen Häufungsstreifen auf und die anschließenden Kalkalpen bleiben frei. Die im Osten gute Trennung von Magnesit und Siderit ist hier sowohl in der räumlichen Anordnung, wie bezüglich des Nebengesteins nicht mehr scharf, denn auch Magnesit verdrängt hier sicher altpaläozoischen Kalk.

Dann übersetzt der Häufungsstreifen ganz deutlich mit dem neuerlichen Abschneiden der Grauwackenzone bei Schwaz die Kalkalpengrenze und zieht in diesen als Gruppe der Nordtiroler Blei-Zinkerzlagerstätten weiter, bis er schließlich am Arlberg und westlich davon (im Einflußbereich dortiger SW-NO-Strukturen?) offenbar wieder aus ihnen abschwenkt und in die Zentralalpen mit einem spärlichen Rest von Grauwackengesteinen übertritt.

Was also in ganz großen Zügen als ein horizontal ausgebreiteter Zonarbau erscheint, erhält bei der Betrachtung dieses auffälligsten, erst in der vollständigen Darstellung von Friedrich so stark hervortretenden Häufungsstreifens ein etwas anderes

Gesicht. Nämlich das einer sozusagen faziellen Abwandlung der Lagerstättenart innerhalb eines bevorzugten Vererzungsstreifens, dessen Verbreitung nicht genau zusammenfällt mit der ober-tägig sichtbaren Verbreitung und den Grenzen der einzelnen großen Bauglieder. Es ist wohl nur natürlich, daran zu denken, daß dieser Häufungsstreifen eine, in bezug auf den Zutritt oder die Sammlung ascendenter Lösungen bevorzugte Baulinie des tieferen, nicht sichtbaren Untergrundes mit Hilfe der Lagerstätten ins Deckgebirge durchpaust.

Die Art der in dem Streifen gebildeten Lagerstätten ist angenähert, aber nicht streng, in Beziehung zum stofflichen Aufbau oder der tektonischen Höhenlage der Bauglieder, in dem sie abgesetzt werden. Das kann als Teufenunterschied im strengen Sinne gedeutet werden, entsprechend einer im Streichen des Streifens auf- und absteigenden Lage der Isothermen der Lösungen und des Nebengesteins zur Vererzungszeit, auch durch verschiedene Tiefenlage einer gedachten Herdlinie; ferner ist als Erklärungsmöglichkeit zweifellos der Gedanke an jüngere, morphologisch überprüfbar, gegenseitige Veränderungen der Höhenlage, den R. Brinkmann (2) näher ausgeführt hat, weiter in Evidenz zu halten.

Wahrscheinlich aber spielen bei einigermaßen zutreffender Teufenlage auch unmittelbare Nebengesteinseinflüsse herein, im großen, wie im bekannten kleinen Beispiel des Silberpfennig, wo die Tauerngoldgänge beim Übersetzen in Marmor der Schieferhülle in eine Siderit-Bleiglanz-Zinkblende-Vererzung abwandeln (R. Pošepny 1879).

Nach diesem Beispiel können nun ähnliche Grundzüge leicht auch in Anordnungen südlich der Zentralzone gesehen werden. Ein vergleichbarer Streifen der Häufung von Lagerstätten zieht im Südosten durch die Nordkette der Karawanken mit ihren Blei-Zinklagerstätten. Seine internen Häufungen sind vermutlich mit F. Kahler (19) auf das Eingreifen von Querstörungen beziehbar. Dieser Streifen durchzieht anscheinend noch breit das Becken von Villach, in dem die weiten Überdeckungen von Tertiär und Quartär die Zahl der bekannt gewordenen Lagerstätten vermindern und in dem in nicht-kalkalpinen Baugliedern die Art der Mineralfüllung etwas abwandelt. Den ungezwungenen Anschluß gegen Westen bilden die dichtgedrängten Blei-Zinkerzlagerstätten des Drauzuges mit Bleiberg, die jedoch diesem nicht in ganzer streichender Länge folgen. Die Häufung an sich, wieder ohne stoffliche Unterschiede betrachtet, nimmt Verbindung mit den noch zu erwähnenden Kieslagerstätten des Kreuzeck-Kristallins im Norden, wendet sich aber ansonsten gegen Südwesten und verändert beim Übertritt in die Gailtaler Phyllitzone und in die Karnischen Alpen ihren Metallinhalt. Ob auch die Vorkommen der Südtiroler Dolomiten hier noch angeschlossen werden sollen, sei dahingestellt, wie überhaupt der skizzierte Häufungsstreifen Anlaß gibt, darauf hinzuweisen, daß vor allen weitergehenden Schlüssen erst das gleiche alpidische Alter der darin enthaltenen Lagerstätten und ihre genetische Verwandtschaft auf anderem Wege überprüft sein müßte. Der Wert

der vervollständigten Lagerstättenkarte ist schon damit bewiesen, daß solche eigenartige Lagerstättenanordnungen überhaupt erst durch sie bemerkbar werden.

Ein drittes Beispiel solcher Art ist der sogenannte südliche Eisenerzzug Turrach—Hüttenberg—Waldenstein. Er beginnt im Westen vor allem mit der perlschnurartig vererzten, durch Einklemmung von Trias als alpidisch erwiesenen Überschiebungsbahn unter dem Turracher Karbon (O. M. Friedrich 10, 12), setzt gegen Osten im Metnitztal unter Änderung des Erzinhaltens nur fast aus und bildet dann die bekannte Häufung von Eisenerzlagerstätten um Hüttenberg und im Lavanttal mit der Goldlagerstättengruppe von Klienung in variszisch metamorphem „Altkristallin“ und Altpaläozoikum. Es ist bemerkenswert, daß bislang hier keine große, O-W-streichende alpidische Störungszone nachgewiesen werden konnte, der dieser Häufungsstreifen folgen würde, sondern nur, daß in ihm die Teilbereiche dichtester Lagerstättenhäufung bei Friesach, im Görtischtal bei Hüttenberg und im Lavanttal jeweils von großen tertiären Querstörungszonen geschnitten werden, längs denen weitere Lagerstättengruppen nach Norden und Süden vorstoßen.

Ganz andere Gruppen auffällender Lagerstättenhäufungen bildet der Großteil der mit schwarzen Punkten bezeichneten Gruppe von Kieslagerstätten der vorliegenden Übersichtskarte, die allerdings vielleicht oder wahrscheinlich mit dem Fortschritt der Untersuchungen in stofflich und altersmäßig trennbare Teilgruppen aufspaltbar sein wird. Sie sind in der Karte weit überwiegend, wenn auch nicht ausnahmslos, an Bereiche gebunden, in denen die in der geologischen Grundlage ausgeschiedenen sauren Intrusiva und Verwandten auftreten, während sie offenbar keine Beziehung zeigen zu den nicht ausgeschiedenen „Alten Gneisen“. Wir sehen sie räumlich in Verbindung mit den Massiven des Adamello, der Iffinger und Brixener Masse, des Rieserferner Tonalites mit der Reihe der Porphyritgänge bei Lienz und in der Kreuzeckgruppe, also im Großteil des Zuges der „Periadriatica“; weiter an der Cima d'Asta, bei Predazzo und Klausen; aber auch in den Tauern mit Südwest-Fortsetzung bis Schneeberg in Südtirol, am Schladminger Granitgneis, in der Bösenstein- und Seckauer Masse.

Die genannten Intrusiva sind nach heutiger Kenntnis in ihrer geologischen Geschichte und in ihrem Intrusionsalter keineswegs einheitlich und es wäre naheliegend, in diesen Lagerstättenschwärmen jeweils selbständige und getrennte, der betreffenden Kern-Intrusion zugeordnete Vererzungen zu sehen. Doch kann die räumliche Anordnung allein, so oft dies auch geübt werden mag, noch nicht Beweis genug sein. In den Untersuchungen von O. M. Friedrich (10) am Tauernostende und bei Schladming haben sich diese Lagerstätten nicht aus der großzonaren alpidischen Vererzung herauslösen lassen. Nur wenn in diesem Falle zugleich Tauerngneis und Schladminger Masse alpidische Intrusionen enthalten, kann diese Verteilung als örtliche Besonderheit im Rahmen der großräumigen Zonarvererzung mit dem Bilde der Abspaltung aus einem intrusiven

Massen kein alpidisches Intrusiv, so wird die Magmapluton erklärt werden. Ist nur eine dieser Frage spruchreif, inwieweit auch ältere Intrusiva im Rahmen der Vererzung mobilisiert werden und anordnungsmäßig gleichartige Bilder hervorrufen können. Gedanken dieser Richtung hat schon R. Schwinner (29, S. 69), wengleich in Ablehnung einer „unitarischen“ (einheitlichen) Erklärung der ostalpinen Vererzung, angedeutet.

Auffallende Schwärme bilden auch die in der Karte mit eingeschriebenem „K“ bezeichneten Kieslagerstätten. Wohl umgrenzt und in der Übersichtskarte in ihren engen Beziehungen zu den Grünschiefern der Tauernhülle gut erkennbar ist davon durch Friedrichs Untersuchungen die Gruppe der „Kieslager nach Art der Großarler“. An anderen Gruppen dieser Bezeichnung sind aber wohl die Einzeluntersuchungen noch zu wenig ausgedehnt, um aus der Karten-Anordnung tektonische Beziehungen herauszulesen.

Den Bereichen besonders dichter Lagerstättenhäufung stehen ausgesprochene Leer-Bezirke gegenüber, auf deren Vorhandensein ebenfalls schon Friedrich (10) in seiner Zusammenfassung im Gebiete des Tauernostendes aufmerksam gemacht hat; Innenteile des Hochalm-Ankogel-Massivs im Gegensatz zu den reich vererzten Randteilen, Armut an Lagerstätten in den Radstätter Tauern und besonders im Lungauer Kristallin. In der großen Übersichtskarte erscheinen aber noch viel ausgedehntere Leerbezirke. Neben großen Teilen der Kalkalpen, bei denen eine Erklärung durch die Entfernung von den vermutlichen Herdgebieten der Erzlösungen nicht schwer fällt, sind wesentlich bemerkenswerter die großen erzfreien Räume im Altkristallin z. B. der Öztaler im Westen oder der Koralpe und Gleinalpe im Osten, obwohl sie granitische Massen (bzw. in der Koralpe Pegmatite) reichlich enthalten, nämlich die in unserer Kartengrundlage nicht ausgeschiedenen „Alten Gneise“. Die Gleinalpe wird in diesem Zusammenhang besonders bemerkenswert, weil ihr wohlentwickelter Granodioritkern heute bereits mit großer Wahrscheinlichkeit als variszisch angesehen werden darf.

Wir müssen in diesen Leerbezirken den Hinweis auf eine beachtenswerte Unproduktivität dieses, allein sicher voralpidischen, Anteiles unserer ostalpinen sauren Intrusiva sehen. Denn es liegen in diesen Bereichen keine Hinweise darauf vor, daß etwa einst darin vorhanden gewesene Erzlagerstätten im Sinne der Gedankengänge von H. Schneiderhöhn (28) bei der alpidischen Gebirgsbildung in ihnen mobilisiert und abgewandert sein könnten. Die Gesteinsmassen haben recht ungestört ihren in voralpidischer metamorpher Kristallisation erworbenen Zustand bewahrt und sind keineswegs regional, sondern höchstens in abgrenzbaren Streifen durch alpidische Durchbewegung mit Diaphthorose „umgerührt“ worden. Es liegt vielmehr der Gedanke nahe, daß diese Gebiete deshalb erzarm geblieben sind, weil sie bei der alpidischen Gebirgsbildung mehr oder minder als unverformte Blöcke bewegt und daher nicht in das

Netz der Aufstiegswege der alpidischen Vererzung einbezogen worden sind.

Dies wieder lenkt die Aufmerksamkeit auf die Frage, inwieweit überhaupt nach dem Zeugnis der neuen Karte große alpidische Bewegungsbahnen von Erzlagerstätten besetzt sind. Seit W. Petrascheck (25) ist wohl kaum umstritten, daß ganze größte Gruppen der ostalpinen Erzlagerstätten jünger sind als der Deckenbau; daß auch alpidische Überschiebungsbahnen selbst entgegen mancher theoretischen Erwartung die Vererzung an sich ziehen, zeigte O. M. Friedrich überzeugend an den Eisenerzen von Turrach, der Gruppe von Werfen und am Talk des Rabenwaldes (12), während eine Verbindung von Vererzung und jungen Bruchstörungen im einzelnen zum Beispiel durch die Untersuchungen von H. Holler in Bleiberg (18 und früher) nachgewiesen und von R. Schwinner (29) oder für Kärnten neuerdings von F. Kahler (19) auch in großräumigem Maßstabe nahegelegt wurde. Tektonische Beziehungen zu solchen großen Baulinien oder Störungen können allerdings auch dann bestehen, wenn an diesen keine dichteren, in der Übersichtskarte hervortretenden Häufungen von Erzlagerstätten auftreten, sind dann aber eben nur in Untersuchungen anderen Maßstabes erkennbar und belegbar. Anscheinend hält sich der Erzabsatz lieber an die kleinen, schwerer nachweisbaren Nebenstörungen und Zerrüttungen der großen Bewegungsbahnen als an diese selbst.

Eines der schönsten und ältesten Beispiele, wie Erzlagerstätten die Nähe einer großen alpidischen Baulinie aufsuchen, ist der Rand des Unterengadiner Fensters, dessen Lagerstättenreihe auch auf der Übersichtskarte trefflich ins Auge springt (W. Hammer 15). Ein angenähert gleichwertiges Beispiel gibt der Westrand der Hohen Tauern und vielleicht die Nordgrenze des Schneeberger Zuges, nicht aber mehr der Süd- und Nordrand der Tauern, wenn nicht die Kieslager ihm zuzuordnen sind; am Ostende der Tauern ist offenbar nicht besonders die große Überschiebungsbahn des Oberostalpin, sondern der untertauchende Rand der Granitgneismasse in besonderer Weise mit den Goldlagerstätten des Typus Schellgaden dichter besetzt. Das Beispiel der Bindung der Turracher Eisenerzlagerstätten an die dortige Überschiebungsbahn ist schon erwähnt, ebenso die Lagerstättenhäufung an der Görtschitztaler (Noreialinie Schwinner und an der Lavanttal—Pölsler Störungszone. Die interessanten Querstrukturen der westlichen steirischen Grauwackenzone (K. Metz 23) kommen im Maßstabe nicht mehr zur Geltung. Ebenso erwähnt ist die Lagerstättenhäufung an der Auflagerungsgrenze der Nördlichen Kalkalpen auf die Grauwackenzone; aber es ist trotz nachgewiesener Verschuppungen wegen der teilweisen Erhaltung transgressiver Verbände wohl zweifelhaft, ob man diese sicher wichtige Grenze auch unter die großen alpidischen Bewegungsbahnen einreihen soll.

Sonst aber ist überraschend, wie sehr manche wichtige alpidische Bewegungsbahnen in der Lagerstättenverteilung nicht oder geradezu unterbetont sind, sofern sie nicht gerade Lagerstät-

tenschwärme, die anscheinend nichts mit ihnen zu tun haben, schneiden. Hier fällt zunächst — wenn auch dort die Lagerstätteneintragung nicht vollständig sein mag — die schwache Besetzung entlang der Judikarienlinie auf, noch mehr aber die Leere entlang der Pusterer-Linie, wenn nicht die eigenartig isolierte Kieslagerstättengruppe von Tesenberg-Panzendorf mit ihr in Verbindung stehen sollte. Erst nach ihrem Ostende östlich Lienz (H. P. Cornelius 8) stehen die Antimonitlagerstätten nach G. Hiebleitner (17) mit der (tektonisch kompleteten) Drautallinie in Verbindung. Ebenso unbesetzt ist die schnurgerade Nordrandstörung der Karnischen Alpen im Gailtale oder die Mölltallinie oder der südliche Teil in der triasbesetzten Westgrenze der Gurktaler Berge, die im Norden so dicht vererzt war. Die Beispiele lassen sich leicht vermehren.

Vielleicht werden sich bessere Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen, wenn es gelingt, die wichtigsten alpidischen Baulinien des Deckenbaues und seiner Bruchzerstückelung systematisch auf Grund genauer Kartierungen in Übersicht zu bringen und altersmäßig zu gliedern: dann werden sich wohl besser die Beziehungen der Lagerstätten nur zu einem Teil der Bewegungsbahnen und nur von bestimmten Lagerstättengruppen zu bestimmten Störungen übersehen lassen. In Übersicht ist heute wohl nur zu erkennen, daß die Lagerstättenverteilung nicht einfach das gesamte Netz der alpidischen Bewegungsbahnen abbildet, sondern ein viel verwickelteres Wechselspiel herrschen muß, in dem nicht wenig auch die Lage tieferer, nicht obertägig kartierbarer Bauflächen zu Worte kommt.

Im Hinblick auf den von H. Schneiderhöhn (28, hiezu auch Lit. 2 u. 22) entwickelten Gedanken, daß die alpidischen Lagerstätten aus der Mobilisation älterer variszischer stammen, wäre hier schließlich noch zu bedenken, ob die betrachtete Großanordnung der Lagerstätten vielleicht gar nicht die Charakterzüge des alpidischen Gebirges trägt, sondern mit Gründen als Abbild einer vorgegebenen, schon variszischen Anordnung angesehen werden könnte. Trotz der großen Fortschritte, die seit den wegweisenden Arbeiten von F. Heritsch (16 u. a.) besonders durch K. Metz (22, 23) und im Grazer Paläozoikum durch H. Flügel (9) erzielt worden sind, ist eine für den vorliegenden Zweck befriedigende, umfassende Synthese der variszischen Gebirgsreste in den Ostalpen noch nicht gelungen. Der Weg dazu ist aber vielleicht dadurch geöffnet, daß die weitverbreitete „Gleinalpenkristallisation“ des „Altkristallin“ zunächst in Teilgebieten gleichlaufend mit Belegen von K. Metz als eine Metamorphose der variszischen Gebirgsbildungsära nachweisbar wurde (E. Clar 5).

Zur Auswertung muß man allerdings vorläufig auf die mühevoll errungene Trennung in bretonisch und sudetisch geformte Anteile verzichten und sich mit variszisch im allgemeinen begnügen. Dann aber wird vermutlich zu den verstreuten, in alpaläozoischen Sedimenten bewahrten variszischen Strukturen als weitspannendes Verbindungsglied nach Abzug alpidischer Verformungen der Großteil dessen hinzuge-

fügt werden können, was R. Schwinner als die Gebirgsreste seiner, als vorkambrisch angenommenen „Cetiden“ verfolgt und dargestellt hat [(30), Abb. 9, S. 174]. Das alles scheint nun zur metamorphen Zone und zum Rückgrat des variszischen Gebirges der Ostalpen zu werden.

Was Schwinner in der zitierten Zeichnung auf dem Rücken der „Cetiden“ als „Geosynklinalen“ der Sedimentation des Paläozoikums skizziert, das wird nun zu eingefalteten Sedimentärzonen im Rahmen dieses variszischen Gebirges und gäbe dessen beherrschende Strukturlinien wieder. Nach Wegnahme der Tauern als eines erst alpidisch von Norden her unterschobenen, dem variszischen Gebirge also noch nicht zugehörigen Baugliedes, lassen sich über die heutigen Hohen Tauern hinweg innerhalb der ihnen auflagernden oberostalpinen Großeinheit die gleichen Verbindungen als variszisches Großgefüge annehmen, die Schwinner bereits einträgt. Das wäre also in dem für unsere Betrachtung wesentlichen Mittelabschnitt, entsprechend dem im „Altkristallin“ weitgehend erhaltenen WNW-Streichen, die ungefähren Verbindungen: Quarzphyllit bei Lienz bzw. wohl auch südliche Gurktaler — Innsbrucker Quarzphyllit, Nördliche Gurktaler — Wildschönauer Schiefer, Murau (mit Arkoseschiefern und Porphyroid) — Kitzbühel. Dabei fällt es anscheinend leicht — das sei hier nur nebenbei angefügt — diese letztere Zone entsprechend den jüngsten, wichtigen Feststellungen von F. Karl (20) so gegen Nordwesten weiterreichend zu denken, daß sie dann in alpidischer Verschiebung in die Tauernhülle des Zillertaler Abschnittes eingebaut werden kann und schließlich in der Schweiz den Untergrund des helvetischen Sedimentationsraumes erreicht.

Hier wesentlich ist aber wohl nur das eine: daß wir nämlich dem variszischen Gebirge in diesem Mittelabschnitt, soweit überhaupt Anhaltspunkte vorhanden sind, ein Streichen zuschreiben müssen, das spitzwinkelig die betrachtete Zonarordnung der alpidischen Erzlagerstätten überschneidet. Wenn daher die obige Betrachtung zu der Vorstellung geführt hat, daß sich in der Anordnung der Erzlagerstätten teilweise auch unbekannte Baulinien der Tiefe abbilden dürften, so läßt sich hier noch dazu ergänzen, daß diese Baulinien eben mit Wahrscheinlichkeit nicht die variszischen sind, sondern ebenfalls alpidische. Die Großanordnung der Lagerstätten ist damit kaum durch eine Art „Durchpausen“ einer vorgegebenen variszischen Anordnung zureichend erklärbar. Sondern wenn die alpidischen Metallkonzentrationen aus einer Mobilisation vorgegebener variszischer Gebirgsanteile stammen — was in dieser Betrachtung ansonsten nicht zu untersuchen war — so ist diese Mobilisation eben in einer alpinotypen Regeneration nach Schneiderröhren vor sich gegangen, daß die Anordnung einem Diktat des alpidischen Gebirgsgefüges gehorcht und demgemäß wohl auch aus neugebildeten, alpidischen Stoffkonzentrationen besteht. Passende tektonische Vorstellungen hiezu hat der Verfasser (4; 6) vor kurzem zu begründen versucht.

Zusammenfassung

Der erste Teil erläutert die Gesichtspunkte, nach denen die geologische Grundlage der Lagerstättenkarte vereinfachend und zusammenfassend gegliedert worden ist und bespricht die Abgrenzung der unterschiedenen Gesteinsgruppen gegeneinander.

Im zweiten Teil folgen geologische Betrachtungen zur Großanordnung der Lagerstätten. Die bekannte, aus weit weniger zahlreichen Lagerstätten abgeleitete zonare Anordnung wird mit einigen schon hervor gehobenen Besonderheiten auch durch die viel größere Zahl der eingetragenen Vorkommen bestätigt und befestigt. In ihr aber stehen ausgesprochenen Leer-Bezirken Streifen dichter Lagerstätten-Häufung gegenüber, die mehrfach die Grenzen großer geologischer Bauzonen überschreiten und wahrscheinlich Strukturlinien des tieferen Untergrundes abbilden. Die ungleiche Besetzung sichtbarer alpidischer Baulinien mit Lagerstätten wird diskutiert. Es wird weiter wahrscheinlich gemacht, daß auch die in Häufungsstreifen abgebildeten tiefliegenden Strukturlinien dem alpidischen und nicht schon dem variszischen Gebirgsbau zugeordnet werden müssen, für dessen Rekonstruktion neue Hinweise gegeben werden.

Summary

In the first part the author explains in a simple and summary manner the points of view according to which the basic geological features of the map of deposits have been grouped, and discusses the lines of delimitation between the different groups. The second part contains geological considerations regarding the general distribution of the deposits. The well-known zoning derived from a far lesser number of deposits is now confirmed by a far greater number of recorded deposits. In these zones areas characterized by an entire absence of deposits alternate with dense accumulations of deposits which, in several cases, intersect the boundaries of commanding tectonic elements, and probably indicate the tectonic lines of the deeper seated underground. The non-uniform distribution of deposits on visible alpidic structures is discussed. The probability that also the structural lines farther down that are perceptible in the bands of densely accumulated deposits must not be assigned to hercynian but rather to alpidic mountain building, is pointed out, for the reconstruction of which suggestions are made.

Résumé

Dans la première partie l'auteur discute les points de vue suivant lesquels les bases géologiques de la carte des gisements ont été groupées aussi la délimitation entre les groupes différents. La seconde partie de l'article comporte des considérations géologiques sur la répartition générale des gisements. La disposition zonaire comme se basant sur un nombre restreint de gisements est confirmée par le plus grand nombre de gisements enregistrés. Dans ces zones des régions caractérisées par l'absence totale de gisement alternent avec des accumulations denses de gise-

ments qui passent à travers des limites d'éléments tectoniques dominants. La répartition irrégulière de gisements dans des structures nettement alpidiques est discutée. Suivant l'auteur il est probable, que les structures plus basses, perceptible des les bandes de l'accumulation des gisements, appartiennent à la tectonique alpidique plutôt qu'à la hercynienne; des nouvelles indices pour la reconstruction de celle-ci sont donnés.

Literaturverzeichnis

- (1) Angel, F., und F. Heritsch, Das Alter der Zentralgneise der Hohen Tauern; Cbl. Mineral., 1931 B, S. 516—527.
- (2) Brinkmann, R., Gipfflur und Lagerstättenstockwerke in den Alpen; Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-nat. Kl. 1928.
- (3) Clar, E., Kurzer Bericht und Randbemerkungen über H. Schneiderhöhns neue „Genetische Lagerstättengliederung...“; Erzmetall V., 1952, S. 70—72.
- (4) Clar, E., Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau; Verh. Geol. Bundesanstalt Wien 1953, S. 93—104.
- (5) Clar, E., Metamorphes Paläozoikum im Raume Hüttenberg; Der Karanthin, Folge 22, Knappenberg 1953, S. 225—230.
- (6) Clar, E., Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung; Geolog. Rundschau, 41 1953, im Druck.
- (7) Cornelius, H. P., Die Herkunft der Magmen nach Stille vom Standpunkt der Alpengeologie; Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., I., 158 1949, S. 543—570.
- (8) Cornelius, H. P., Gibt es eine „alpin-dinarische Grenze“? Mitteil. Geol. Ges. Wien, 36-38 (1943—45) 1949, S. 231—244.
- (9) Flügel, H., Die stratigraphischen Verhältnisse des Paläozoikums von Graz; Neues Jb. Geol. Pal., Monatsh. 1953, S. 55—92.
- (10) Friedrich, O. M., Überblick über die ostalpine Metallprovinz; Zs. Berg-Hütten-Sal.-W. 85 1937, S. 241—253.
- (11) Friedrich, O. M., Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen; Berg-Hüttenm. Monatsh. Leoben 90 1942, S. 131—136.
- (12) Friedrich, O. M., Überschiebungsbahnen als Vererzungsflächen; Berg-Hüttenm. Monatsh. Leoben 93 1948, S. 14—16.
- (13) Granigg, B., Über die Erzführung der Ostalpen; Mitt. Geol. Ges. Wien, 5 1912, S. ?
- (14) Habermelner, E., Die Geologie der österreichischen Eisennetzlagerstätten; Zs. Berg-Hütten-Sal.-W. 85 1937, S. 226—240.
- (15) Hammer, W., Über einige Erzvorkommen im Umkreis der Bündnerschiefer des Oberinntales; Zs. Ferdinandeum Innsbruck, III. Folge 59 1915, S. 63—94.
- (16) Heritsch, F., Die Karnischen Alpen; Geol. Inst. Universität Graz 1936, S. 1—205.
- (17) Hiebleitner, G., Die geologischen Grundlagen des Antimonbergbaues in Österreich; Jahrb. Geol. Bundesanst. Wien 92 1949, S. 1—92.
- (18) Holler, H., Die Tektonik der Bleiberger Lagerstätte; Carinthia II, 7. Sonderheft, Klagenfurt 1936, S. 1—82.
- (19) Kahler, F., Der Bau der Karawanken und des Klagenfurter Beckens; Carinthia II, 16. Sonderheft, Klagenfurt 1953, S. 1—78.
- (20) Karl, F., Das Geinfeldkonglomerat bei Bischofshofen und seine Beziehungen zu einigen Konglomeraten in den Tauern und den Westalpen; Anz. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. 1953, S. 5—8.
- (21) Kern, A., Die Eisenerzlagerstätten der Österreichisch-Alpinen Montangesellschaft; in Symposium sur les gisements de fer du monde, II., 19. Congr. Géol. Int. Alger 1952, S. 41—47.
- (22) Metz, K., Zur Frage voralpidischer Bauelemente in den Alpen; Geol. Rundschau 40 1952, S. 261—275.
- (23) Metz, K., Die stratigraphische und tektonische Baugeschichte der steirischen Grauwackenzone; Mitteil. Geol. Ges. Wien 44 (1951) 1953 S. 1—84.
- (24) Petrascheck, W., Metallogenetische Zonen in den Ostalpen; C.-R. 14. Congr. Géol. Int. Madrid (1926) 1928 S. 1—13.
- (25) Petrascheck, W., Die Magnesite und Siderite der Alpen; Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. I 141 1932, S. 195—242.
- (26) Petrascheck, W., Die alpine Metallogene; Jahrb. Geol. Bundesanst. Wien 90 1945, S. 129—149.
- (27) Petrascheck, W. E., Zu H. Schneiderhöhns neuer Auffassung der alpinen Metallogene; Berg-Hüttenm.-Monatshefte, Leoben 97 1952, S. 108—110.
- (28) Schneiderhöhn, H., Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundalge; Neues Jb. Mineral., Monatsh. 1952, S. 47—89.
- (29) Schwinner, R., Die Verbreitung des Elementes Arsen in ihrer Beziehung zum Gebirgsbau der Ostalpen; Min. petr. Mitt. 46 Leipzig 1934, S. 56—72.
- (30) Schwinner, R., Die Zentralzone der Ostalpen; in F. X. Schaffer: Geologie von Österreich, 2. Aufl., Wien 1951, S. 105—232.

Zum Zentralgneis-Problem der östlichen Hohen Tauern

Von Ch. Exner, Wien

(Besprechung der stratigraphischen und tektonischen Grundzüge im Bau der östlichen Hohen Tauern. Der variszische Granit mit seinen Migmatiten und Ganggeföge wurde im Zuge der alpidischen Orogenese regeneriert. Beobachtungen über die verschiedenen Teilerscheinungen der Regeneration werden mitgeteilt: Blastomylonite, Alkalimobilisation, Reaktivierung des Ichors, junge Feldspatgeneration im Gegensatz zu den alten Granitfeldspaten, Probleme der Deformation und Regeneration alter Migmatitzonen, Zentralgneisproblem.)

(Discussion of the stratigraphic and tectonic characteristics of the structure of the Eastern Tauern Range. The hercynian granite with its migmatites and dyke swarms (Ganggeföge) was regenerated in the course of the alpidic orogenesis. Observations regarding the various phases of the regeneration: Blastomylonites, alkali mobilisation, reactivation of the ichor, more recent feldspar generation in contrast to the old granite feldspars, problems of the deformation and regeneration of old migmatite zones the central gneiss problems.)

(Discussion des caractéristiques stratigraphiques et tectoniques de la structure de montagnes des Tauern orientales; Le granit hercynien avec ses migmatites et ses gangues est régénéré au cours de l'orogénèse alpine. Des observations sur les phases et phénomènes différents de la régénération sont indiquées. Blastomylonites alcalimobilisation, réactivation de l'ichor, la génération plus récente de feldspath en contraste avec les vieux feldspaths graniteux; problèmes de la déformation et de la régénération de vieilles zones de migmatites. le problème du gneiss central.)

Die grundlegenden Untersuchungen über das Verhältnis zwischen differentieller Gesteinsdurchbewegung und Kristallisation sind bekanntlich vom Tauern-Westende (B. Sander) ausgegangen. Eine Reihe neuerer Arbeiten von B. Sander und seinen Schülern befassen sich im westlichen Teil des Tauernfensters mit Deformations- und Kristallisationserscheinungen, wobei der Stand der Kenntnisse bereits weit vorgeschritten und als Vorbild für ähnliche Untersuchungen in anderen Gebieten stets mit Erfolg heranzuziehen ist.

Ähnlich wie in den westlichen Tauern, so herrscht auch in den östlichen Hohen Tauern, auf die wir uns im folgenden beschränken wollen, tiefentektonische Walz- und Gleitdeformation während der alpidischen Orogenese mit Regionalmetamorphose (Tauernkristallisation) in der Epidotamphibolit- bis Grünschieferfazies.

Durch geologische Aufnahmen und petrographische Untersuchungen war es möglich, auf die genetische Abfolge der Gesteinsprägungen des Gebirgskörpers der östlichen Hohen Tauern einiges Licht zu werfen. Räumlich läßt sich ein tieferes Stockwerk (innere Regionen des Hochalm-Ankogel-Massivs und Sonnblick-Kernes) mit alpidischer Einengungstektonik und Starkwirkungsbereich der alpidischen Regionalmetamorphose unterscheiden von einem höheren Stockwerk mit alpidischer Tangentialtransport-Tektonik und Schwachwirkungsbereich der alpidischen Regionalmetamorphose.

Zeitlich tritt recht deutlich der Unterschied zwischen der alpidischen Hauptorogenese und den späten, bloß lokal ansetzenden Bewegungsphasen und Störungszonen in Erscheinung. Die Vorgänge der alpidischen Hauptorogenese in den östlichen Hohen Tauern entsprechen jener Zeit, als der Gebirgskörper noch tief in der Erdkruste versenkt war. Für diesen Zeitabschnitt sind stetige Deformationen und Kristallisationen, welche die differentielle Gesteinsdurchbewegung zeitlich überdauerten, charakteristisch. Mit der Hebung des Gebirgskörpers und der Reduktion der auflastenden Gesteinsdecken

nimmt die Regenerationsfähigkeit des Gebirgskörpers ab. Differentielle Gesteinsdurchbewegung wird nun nicht mehr durchwegs von Rekristallisation der Gesteinsgemengteile überholt. Es kommt zur Ausbildung postkristallin gequälter Gneise. Es bilden sich zahlreiche lokale Phyllonitisationszonen, wobei die Regenerationsfähigkeit der alten Granitfeldspate abnimmt und hauptsächlich nur mehr Albit, Quarz, Muskowit, Chlorit und Karbonate rekristallisieren. Endlich wird der ganze Gebirgskörper so spröde, daß die Entstehung von Hohlräumen möglich wird. Nun klaffen Reißklüfte und Fugen auf, in denen die Kluftminerale und diskordante Goldquarzgänge zum Absatz gelangen. Noch später stellen sich Zerrüttungszonen und Verwerfungen mit Sprunghöhen in der Größenordnung von Meterzehnern ein.

Diese zeitliche Skizze gilt in ihrer Gesamtheit für das tiefere Stockwerk und die südlichen Gebiete. Die höchsten Lagen des oberen Stockwerks und die nördlichen Gebiete gelangten bei der alpidischen Hauptorogenese gar nicht in den Starkwirkungsbereich der Tauernkristallisation.

Von stratigraphischen und tektonischen Überlegungen ausgehend, wird im folgenden der Versuch unternommen, an konkreten Beispielen die alpidische Regeneration des variszischen Grundgebirges der östlichen Hohen Tauern zu illustrieren. Bezüglich der Blastomylonite und Alkalimobilisationen herrscht heute wohl Einigkeit unter den Forschern, die sich mit den östlichen Hohen Tauern befassen oder befaßt haben. Die zeitliche Stellung der Gneisgranite, worunter ich annähernd regellos körnige (Biotit zeigt jedoch meist flächiges Parallelgefüge) Vertreter des granitischen Gesteinsstammes aplitischer bis tonalitischer Zusammensetzung verstehe, mit ihren Migmatitzonen und basischen Gängen ist noch Gegenstand der Diskussion. Ich betrachte sie in Analogie zu den Zentralgraniten des Aarmassivs als variszische Granite, die jedoch in den tektonisch tieferen Zonen der Tauern alpidisch remobilisiert und reaktiviert wurden. Diese Auffassung habe ich während meiner Studien-

jahre vor 1939 gewonnen und seit 1946 systematisch in Detailstudien verfolgt. Der Problemkreis kann noch lange nicht als abgeschlossen und in allen Einzelheiten geklärt betrachtet werden. Viele mineralogisch-petrographische Detailfragen sollten noch gründlich untersucht werden, was jedoch die Arbeitskraft eines einzelnen mit feldgeologischen und tektonischen Untersuchungen beschäftigten Geologen überschreitet. Wertvolle neue Beobachtungen liefert derzeit vor allem G. Frasl (Wien).

Die folgenden Ausführungen stützen sich auf geologische und petrographische Arbeiten in den östlichen Hohen Tauern von F. Becke, M. Stark, L. Kober, A. Winkler-Hermaden, H. P. Cornelius und E. Clar, F. Angel und R. Staber, O. M. Friedrich, A. Kieslinger, S. Prey, E. Braumüller, G. Frasl und Verfasser. Da diese Gelegenheitsschrift bloß den Zweck hat, einige Beispiele für Regeneration im Tauerngneis vorzuführen, das Problem der Gneisgranite kurz zu skizzieren und allenfalls den Exkursionisten im Anschluß an die Leobener Mineralogentagung 1953 als Behelf zu dienen, muß auf tief-schürfende Betrachtungen, historische Darstellung des Zentralgneisproblems (24), Abwägung und Zitieren der verschiedenen derzeitigen Meinungen, sowie Darstellung des für die gesamte Fragestellung sehr wichtigen allgemeinen geologischen Entwicklungsbildes der Tauern im Rahmen der Alpen verzichtet werden. Dazu sei auf die großen Monographien mit den zugehörigen geologischen Karten (53) (6) (16) und auf kurze neuere zusammenfassende Arbeiten (14) (17) (18) (19) (33) verwiesen.

Gneismassive, periphere Schieferhülle und Gneisdecken

Um auch den der Alpengeologie fernerstehenden Mineralogen das Eindringen in den geologisch-tektonischen und geologisch-stratigraphischen Fragenkreis, ohne den die Behandlung der Regenerationserscheinungen ja gar nicht möglich wäre, zu erleichtern, wurde die schematische Kartenskizze Abb. 1 angefertigt. Auf dieser sind die komplizierten Innenstrukturen des Hochalm-Ankogel-Massivs und Sonnblick-Kernes weggelassen, damit zunächst der wichtige Kontrast zwischen Gneismassiven und peripherer Schieferhülle erfaßt werden kann. Nimmt man dazu die prachtvolle, eben erschienene geologische Karte des Ankogel-Hochalm-Gebietes von F. Angel — R. Staber (6) in die Hand und überblickt den ungemein komplexen Aufbau dieses Massivs aus kompliziert gewundenen Schiefer-, Migmatit- und Granitdecken, überlegt man sich dann, wie diese ichoretisch durchdrungenen Internstrukturen des Massivs in den Alpenbau einzuordnen sind, dann steht man unmittelbar vor dem Zentralgneisproblem der Tauern, mit dem sich schon so viele Forscher abgegeben haben, angefangen von E. Weinschenk und F. Becke bis zu meinen Lehrern L. Kober und F. Angel. Und jetzt geht es wieder in unserer Generation weiter. Erfreulich daran sind die unleugbaren Fortschritte in der Kenntnis dieses interessanten polymetamorphen Gebirges.

Aus der Abb. 1 ersieht man den Aufbau der östlichen Hohen Tauern aus dem breiten Hochalm-Ankogel-Massiv, ferner aus dem Sonnblick-Gneiskern, der mit NE-Vergenz gegen das Hochalm-Ankogel-Massiv gepreßt ist (Abb. 2), und der peripheren Schieferhülle, die mantelförmig den Gneismassiven aufliegt. Die periphere Schieferhülle ist im Norden der Gneismassive (nördliche Tauernschieferhülle) und im Westen (Großglocknergruppe) tektonisch angeschopt; im Süden und Osten ist sie geringmächtig und tektonisch reduziert. Zwischen Hochalm-Ankogel-Massiv und Sonnblick-Kern bildet die periphere Schieferhülle eine nach SE einfallende Synklinale (Mallnitzer Mulde), auf die der Sonnblick-Gneiskern mit seiner radförmigen, über 1000 m hohen Stirnwalze aufgeschoben ist (Abb. 2).

Die periphere Schieferhülle enthält Schichtglieder, die als Trias und Bündnerschiefer (Jura bis Kreide), stellenweise mit paläozoischen Schichten (Casannaschiefer, Permo-Karbon und Älteres) gedeutet werden (P. Termier, V. Uhlig, L. Kober, H. P. Cornelius, E. Clar u. a.). Bisher ist bloß ein einziges bestimmtes Fossil in der peripheren Tauernschieferhülle gefunden worden (*Perisphinctes spec* im Hochstegenkalk bei Mayrhofen im Zillertal, R. v. Klebelsberg, 1940 [51]). Die Schieferzonen in den Gneismassiven erwiesen sich als fossilfrei. So ist die Stratigraphie in den Hohen Tauern bezüglich detaillierter Gliederungsversuche mehr oder weniger unsicher. In großen Zügen jedoch besteht heute unter den Geologen eine weitgehende Übereinstimmung der Meinungen: Als Trias gelten geringmächtige (Größenordnung von Meterzehnern) Serien, die unten mit Quarzit beginnen; darüber folgt der wichtige Leithorizont des gelblichen bis farblosen Dolomits oder Dolomitmarmors mit Rauhwaacke, Gips und darüber Schwarzphyllit und Kalkmarmor. Als Bündnerschiefer werden mehrere 100 m mächtige Schwarzphyllite, Dolomitbreccien-führende Phyllite und Quarzite, Kalkphyllite, Kalkglimmerschiefer, Kalkmarmore und eingeschaltete Grünschiefer und Serpentine betrachtet. Mehr oder weniger fraglich ist es, wie man die mächtigen kalkarmen Phyllite, Glimmerschiefer, Graphitphyllite, Graphitquarzite, Paragneise mit dünnen Kalkbänken (z. B. Siglitztal), Paragneise mit konglomeratischen Lagen, sowie mit diesen Serien verknüpfte Grünschiefer stratigraphisch einordnen soll. Im allgemeinen teilt man sie dem Paläozoikum zu. Diese vermutlich paläozoische Serie ist auch in den Massiven sehr verbreitet, wo ich sie als zentrale Schieferhülle bezeichne, im Gegensatz zur peripheren Schieferhülle, in deren Gesteinsverband das Mesozoikum steckt. Die Grundfrage des Zentralgneisproblems und die Hauptursache, derentwegen eine exakte Lösung der Altersfragen immer wieder aufgeschoben werden muß, liegt in der Natur der zentralen Schieferhülle. Diese im Massiv eingequetschten und migmatisierten Schiefer usw. sind metamorph und metasomatisch einigermaßen verändert. Fossilien sind keine vorhanden und es ist dem Geschmack des Beobachters überlassen, ob er in diesen Schiefen usw. metamorphes Paläozoikum oder metasomatisch verändertes (entkalktes, — der Kalk-

spat kann ja bei der Orogenese in Lösung gegangen und fortgeführt worden sein —) Mesozoikum (Bündnerschiefer) sehen will. Geologisch-stratigraphisch gesehen ist das Zentralgneisproblem also hauptsächlich das Problem der Alterseinstufung der zentralen Schieferhülle. Aus dem Gebirgskörper der Hohen Tauern heraus kann man das wohl schwer lösen. Betrachtet man das Problem im Rahmen der gesamten Alpen, so scheint die Einstufung der zentralen Schieferhülle als Paläozoikum einen gewissen Grad an Wahrscheinlichkeit zu besitzen.

Betrachtet man die von Trias ummantelte Nordflanke des Hochalm-Ankogel-Massivs westlich Badgastein (Abb. 2 — siehe: Erzwies — Türchlwand —), so erhält man den Eindruck, daß die Trias hier transgressiv einem alten granitischen Grundgebirgsgneis aufliegt, wobei die Transgressionsfläche alpidisch sekundär verschuppt, verknestet und umkristallisiert ist. Trotz Schuppen, Falten und disharmonischen Bewegungen im Kleinbereich findet man längs 10 km Erstreckung auf dem stark tektonisierten granitischen Gneis eine regelmäßige Anordnung folgender Schichten von unten nach oben: Quarzit, Dolomit mit Rauhwaacke, Kalkmarmor (Angertalmarmor), Schwarzphyllit, Kalkglimmerschiefer mit Kalkmarmorbändern und Grünschiefern. Offensichtlich liegt hier Trias mit darüberfolgenden Bündnerschiefern transgressiv auf prätriadischem Gneis des Hochalm-Ankogel-Massivs auf. Geologische Kartierungsarbeiten, die ich in den letzten Jahren dort durchführte, werden publiziert werden und diese Auffassung detailliert illustrieren. Alpidische Durchbewegung und Metamorphose hat Gneis und periphere Schieferhülle gemeinsam erfaßt und teilweise im kleinen geschuppt und gefaltet, ohne jedoch den ursprünglichen sedimentären Schichtverband gänzlich zu zerstören. Andere Meinungen erscheinen mir zur Erklärung dieser Sachlage weniger geeignet, obgleich sie theoretisch denkbar sind und als Hypothesen auch in die Diskussion des Zentralgneisproblems Eingang gefunden haben (tangentialer Ferntransport mit Überschiebungsfläche justament zwischen Gneis und Trias; oder „Intrusion“ des Zentralgranits ausgerechnet regelmäßig immer wieder unter der bloß wenige Meter mächtigen Trias, einer physikalisch doch sicherlich gegenüber mehrere 1000 m mächtigen Lavaströmen bedeutungslosen Haut; oder aufsteigende metasomatische Granitisationsfront, die das Kunststück vollführt, stets genau an der Triasbasis zu stoppen).

Sonst sind die Flanken der Gneismassive in den östlichen Hohen Tauern meist steiler geneigt und die Grenzverhältnisse zwischen Massiv und peripherer Schieferhülle durch Scherflächen, Schuppen und Falten so kompliziert, daß sich die ursprüngliche transgressive Schichtfolge nur mehr ahnen läßt. Da kommt es dann häufig zur Ausbildung tektonischer Gneislamellen und Gneisdecken, die vom Massiv mechanisch abgetrennt und in die periphere Schieferhülle tektonisch verfrachtet wurden. Grandiose Beispiele liefern die Gneislamellen der Rote Wand-Modereck-Decke (Abb. 1 und 2), die aus dem Rücken des Sonnblick-Kernes abgeschert, in die periphere Schieferhülle vorgetrieben sind und sogar

noch stirnförmig von oben (A. Winkler-Hermaden) in die Mallnitzer Mulde eintauchen (Abb. 2). Es handelt sich um wenige Meterzehner mächtige aplitische und granitische Gneise (Blastomylonite, siehe unten!), welche auf 25 km Erstreckung „wurmformig“ über Berg und Tal streichen. Abb. 3 zeigt ein anderes Beispiel für solch eine tektonisch verfrachtete blastomylonitische Gneisdecke. Sie schwebt über Phylliten der peripheren Schieferhülle (Bündnerschiefer) und ist von Süden über diese geschoben worden. Es handelt sich um die Mureckdecke („Hochalmdecke“ L. Kobers). Auf Abb. 1 sind noch eine Reihe anderer kleinerer Gneislamellen in der peripheren Schieferhülle rund um das Hochalm-Ankogel-Massiv eingetragen. Besonders bemerkenswert ist, daß sich der Sonnblick-Gneiskern in Form einer schmalen Gneislamelle längs des Mölltales innerhalb der peripheren Schieferhülle in südöstlicher Richtung fortsetzt und der SW-Flanke des Hochalm-Ankogel-Massivs parallel streicht. Diese Sonnblick-Lamelle und die kleine Lonza-Gneislamelle in der Mallnitzer Mulde werden auf der betreffenden Exkursion (Mallnitz) als Beispiele tektonisch ausgewalzter granitischer Gneise (die Lonza-Lamelle repräsentiert den „M-Gneis“-Typus des Verfassers) studiert werden können.

Rekristallisation der Gneismylonite

In den Gneismyloniten der Hohen Tauern findet sich Regeneration und Neuspaltung von Kalinatronfeldspat. Der neugebildete Kalinatronfeldspat erweist sich als perthit- und zwillingsfreier Mikroklin. Die Regeneration alter Granit- und Gneis-Kalinatronfeldspate erfolgt mit Veränderungen der Optik (Orthoklas → Mikroklin) und Umlagerung der perthitischen Substanz (Entmischungspertit → Sekundärperthit). Das Korn der regenerierten alten Kalinatronfeldspate zeichnet sich durch häufig spiegelklares Auslösen unter gekreuzten Nicols aus. Die mechanischen Rupturen und Beanspruchungen des Kristalls sind in vielen Fällen völlig ausgeheilt, also rekristallisiert oder regeneriert. Natürlich findet man in den Zonen postkristalliner Deformation während der späten Bewegungsakte der alpidischen Orogenese auch nicht regenerierte, stark undulöse und scharf gegitterte Mikrokline. Doch das ist ein sekundäres Beiwerk, hysterogen bezüglich der alpidischen Hauptorogenese und Tauernkristallisation.

Gegensätzlich zu den Hohen Tauern zeigen die alpidisch deformierten Mylonitzonen in den altkristallinen ostalpinen Schubmassen um den Tauernoststrand keine Regeneration und keine Neubildung von Kalinatronfeldspat.

Den NE-Rand des Tauernfensters bilden die Dolomit- und Kalkberge (unterostalpinen Mesozoikum) der Radstädter Tauern (Abb. 1 und 7). Den Ostrand des Tauernfensters baut die unterostalpine Schollenzone des Katschberges auf. Den Südrand bildet die Matreier Schollenzone. Stets liegen die unterostalpinen Dolomite, Kalke, Quarzite und Phyllite über der peripheren Tauernschieferhülle (L. Kobers). Über den unterostalpinen meso- und paläozoischen Gesteinen liegen die mächtigen Schubmassen des ostalpinen Kristallins (Schladminger Masse, Nockgebiet,

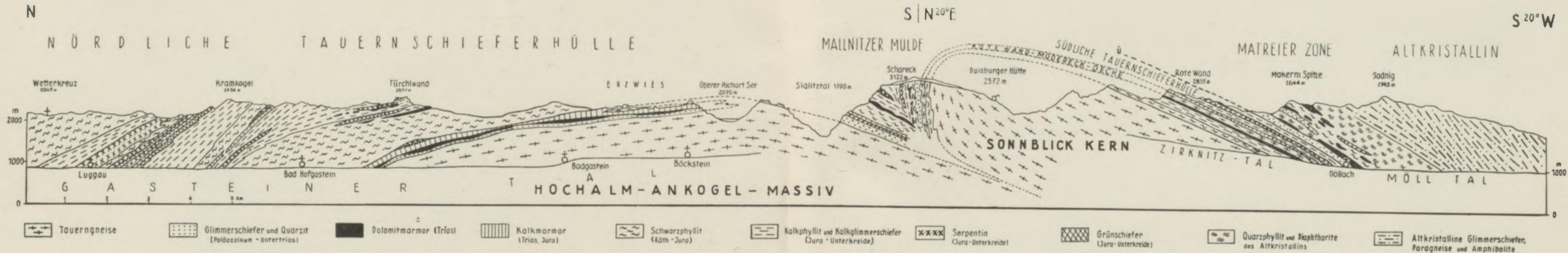


Abb. 2: Querschnitt durch die Hohen Tauern zwischen Gastein und oberem Mölltal

Kreuzeck- und Schobergruppe). Die ostalpinen Kristallin-Schubmassen scheinen sich bei der alpidischen Orogenese als starre Blöcke mit lokalen Quetsch- und Überschiebungszonen verhalten zu haben; allerdings sind diesbezügliche Beobachtungen rings um das Tauern-Ostende noch spärlich und werden gegenwärtig vom Verfasser betrieben. Eine einheitliche alpidische Regionalmetamorphose von der Art der Tauernkristallisation fehlt jedenfalls diesem Kristallin-Komplex, der sich hauptsächlich aus Paragneisen, Glimmerschiefern, Amphiboliten, vereinzelt Orthogneiszügen, Kalkmarmoren und Phylliten aufbaut. Alpidische Umkristallisation beschränkt sich auf lokale Bewegungsbahnen. Im großen und ganzen ist die vormesozoische Prägung erhalten geblieben. Deshalb der Name: „Altkristallin“. Die Basis der altkristallinen Schubmassen über dem Tauernfenster wird durch eine Diaphthoritzone markiert, die sich gürtelförmig um das Tauern-Ostende herumlegt und aus postkristallin deformiertem Altkristallin und Phylliten besteht (Abb. 1). Hierher gehören das Gurpitscheck-Kristallin und das klassische Diaphthoritgebiet (F. Becke) des Twenger Kristallins in den Radstädter Tauern; ferner die Katschberg-Diaphthorite der Zone Aineck—Rennweg—Gmünd—Altersberg im Osten des Tauernfensters; endlich südlich der Matreier Zone die Diaphthorite der Sadniggruppe und des Nordrandes der Schobergruppe (S. Prey, H. P. Cornelius und E. Clar).

Der Mauterndorfer Gneismylonit (in den Radstädter Tauern bei Mauterndorf im Lungau) ist ein solcher altkristalliner granitischer Augengneis mit zertrümmerten Kalinatronfeldspaten, die keine Rekristallisation aufweisen. Es handelt sich um scharf gegitterten Mikroklin mit Fleckenperthit. Der Achsen-

winkel $2V_z$ schwankt zwischen 74 und 90° . Der Kalinatronfeldspat ist mitunter in schmale Späne zertrümmert, die noch dazu verbogen sind.

Hingegen zeigen also, wie eingangs erwähnt, die Kalinatronfeldspate der granitischen Augengneise im Innern des Tauernfensters gewöhnlich eine deutliche Rekristallisation des Kornes (Blastomylonite mit verheilten alten Kalinatronfeldspaten).

So sind z. B. die granitischen Augengneise der Rote Wand-Decke (60) (25) Blastomylonite bezüglich Albit, Muskowit und Quarz. Ihre Kalifeldspate erweisen sich als zertrümmerte alte Körner (eckige Umrisse, einzelne zerrissene Späne), die jedoch im Gegensatz zum Mauterndorfer Gneismylonit bereits eine gewisse Rekristallisation mitgemacht haben. Eine randliche Regeneration (S. Prey) ist daran kenntlich, daß Risse verheilt und daß die während der Deformation in das Kalifeldspatkorn auf Rissen und Klüftchen eingetriteten Fremdkörper vom ausheilenden Kalifeldspat umschlossen wurden. Auf eine innere Veränderung des regenerierten Kalifeldspatkornes weist die Tatsache hin (25), daß perthitische Substanz und sonstige Albiteinschlüsse absolut fehlen. Der Achsenwinkel $2V_z$ schwankt zwischen 64 und 101° . Häufig finden sich Körner mit Achsenwinkeln $2V_z > 90^\circ$ (optisch positiver Mikroklin). Das stimmt mit Erfahrungen von A. Köhler (56) überein, welcher schreibt: „Je stärker der Kalinatronfeldspat in kristallinen Schiefen umgewandelt wird und je kräftiger Kristallisatoren mitwirken, desto mehr verliert er den isomorph eingebauten Albit, der sich letzten Endes überhaupt selbständig macht. Gerade solche Na-arme Mikrokline zeigen die höchsten Werte von $2V_z$ “.

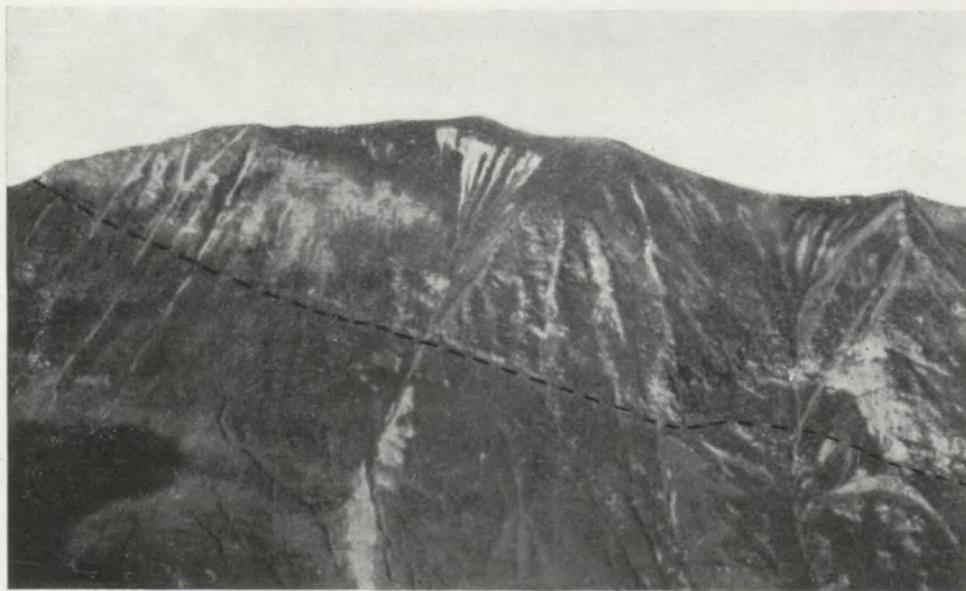


Abb. 3

Aplitischer und granitischer Gneis der Mureck-Decke über den Bündnerschiefern der Silbereckmulde. Nordflanke des Liesertales. Blick aus dem Süden. Die Kammregion (Oblitzen, 2652 m) über dem hellen Gneisband der Mureck-Decke wird aus Amphiboliten der B-Gneis-Serie aufgebaut. Photo: Exner 1938

Im Gegensatz zu den nicht rekristallisierten, postkristallin deformierten, gequälten Gneisphylloniten an der Basis des ostalpinen Altkristallins (z. B. Katschberg) zeigen gewisse Gneisphyllonite im Tauerngneis vollkommen rekristallisiertes Korn. So finden sich häufig in granitischen Augengneisen der Tauern einige Meter mächtige Muskowitschieferlagen, die sogenannten „Weißschiefer“ (R. Schwinner); hervorgegangen sind sie an besonders intensiven Durchbewegungslagen aus granitischem Gneis durch Verglimmerung der Feldspate, teilweise Abwanderung von Alkalien, wobei sich ein Tonerdeüberschuß ein-

Übergang. Dort kommen als Analoga zu den Muskowitschiefern auch Muskowit-Biotitschiefer und Chloritschiefer (z. B. in granosyenitischem Gneis) als Gneisphyllonite vor. Und in der Gasteiner Gegend fand ich in derartigen Muskowit-Biotitschiefern neu gesproßten Kalinatronfeldspat mit internem Reliktgefüge (30). Es handelt sich um rundlichen oder in s gelängten Mikrokline ohne Perthit- und Zwillingsbildung; sein Achsenwinkel $2V_x$ beträgt 70 bis 76°. Das ist der typische, bei der alpidischen Orogenese neu kristallisierte, also in dem betreffenden Phyllonit neu gesproßte Kalinatronfeldspat.



Abb. 4

Absonderungsflächen in granitischem Gneis mit einer Muskowitschieferlage (Hammer!). Daber. Kees-Westflanke. Granatspitzgruppe. Photo: Exner 1939

stellt, der sich in Disthen-Porphyrblasten anzeigt (7). Diese Weißschiefer wurden besonders von H. P. Cornelius und E. Clar im Granatspitzkern studiert. Die Abb. 4, 5 und 6 zeigen Weißschiefer, auf die mich Hans Peter Cornelius einst aufmerksam machte, als ich ihn mehrere Tage im Granatspitz-Kern bei seinen geologischen Aufnahmen begleiten durfte. Abb. 4 zeigt die platten- bis keilförmige Absonderung in granitischem Augengneis, die nach A. Kieselinger im Zentralgneis auf Quetsch- und Scherflächen zurückzuführen ist. Lagerweise wird der granitische Augengneis zu Muskowitschiefer phyllonitisiert. Die intensive Fältelung des Gneises (Abb. 6) innerhalb solcher Muskowitschieferlagen war für H. P. Cornelius eine Bestätigung der Ansicht, daß es sich um Zonen besonders intensiver Verformung handelt. Auf den Abb. 4 und 5 ist die Grenze zwischen granitischem Augengneis und Muskowitschiefer scharf und unvermittelt. In der Gasteiner Gegend beobachtete ich häufig makro- und mikroskopisch einen allmählichen

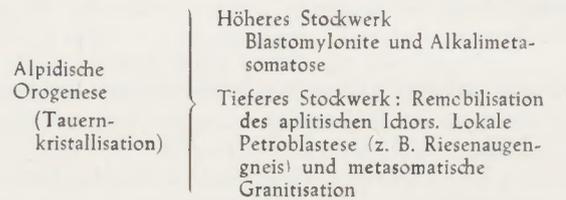
Remobilisation des aplitischen Ichors

Zur Zeit der intensiven geologisch-petrographischen Feldbeobachtungen F. Beckes vor 50 Jahren hielt die Mehrzahl der ostalpinen Geologen noch an den alten Vorstellungen eines paläozoischen (nicht mesozoischen) Alters der peripheren Tauernschieferhülle fest. Becke sah ein breites Feld der Übergangsbeziehungen zwischen magmatischen Intrusionserscheinungen und metamorphen Umprägungen in den östlichen Hohen Tauern. Etwas später berichtet er dann von den bedeutenden metasomatischen Stoffwanderungen. Alle diese Erscheinungen deutete Becke naturgemäß als Teilvorgänge eines einzigen einheitlichen zeitlichen Ablaufes „vermutlich im Anschluß an die Intrusion“ des Granits. Durch die neue Stratigraphie (metamorphes Mesozoikum: Trias und Bündnerschiefer in der peripheren Tauernschieferhülle. P. Termier, E. Sueß, V. Uhlig, L. Kober u. a.) und im Zuge der Vergleichsmöglichkeiten mit den weniger metamorphen Massiven der

Westalpen (helvetische Zone und hochpenninische Decken) mußte eine Umdeutung dieser zwar einfachen und sehr plausiblen monogenetischen Interpretation Beckes zu einem komplizierten polymetamorphen geologischen Entwicklungsbild erfolgen. Vorgänge, welche von mineralogisch-petrographischer Seite bisher als zusammengehörig betrachtet wurden, mußten auseinandergerissen und auf verschiedene Orogenesen (vorvariszische, variszische und alpidische) aufgeteilt werden. Jahrmillionen sollten nun zwischen jenen Erscheinungen liegen, deren natürliches Übergangsbild eines der wesentlichen Tauern-Merkmale ausmacht. Im Gegensatz zu den Geologen, welche bloß die Notwendigkeit dieser Auseinanderreißung erkannten, sich aber um das mineralogisch-petrographische Detail weniger bekümmerten, hat B. Sander die interessante petrologische Problemstellung, welche sich hier bietet, erfaßt und mit der Typisierung der verschiedenen Albit-Ausbildungen im Jahre 1912 auch schon den Weg aufgezeigt, wie man die Trennung mineralogisch-petrographisch durchführen kann (62). Im selben Jahre findet sich auch schon in dem kleinen Exkursionsführer (63) der Grundzug jener Sander'schen Deutung (64): Wiederaufwärmung eines alten Grundgebirges im Zuge orogener Tiefenversenkung mit Granitisation, welcher heute nach 40 Jahren eigentlich erst in seiner ganzen Bedeutung erfaßt wird, nachdem schon F. Angel, H. Leitmeier und der Verfasser in den letzten 15 Jahren mehrfach solche Ideen der Remobilisation und Reaktivierung ausgesprochen haben. Gegner dieser Auffassungen zitieren gerne F. Becke. Sie irren jedoch, wenn sie meinen, daß Becke solchen Ideen ganz abhold war (siehe unten das Becke-Zitat, Seite 426). Becke

war vorsichtig in seinen genetischen Schlußfolgerungen.

Um verständlich zu sein, will ich ein Schema aufzeichnen, wie wir uns den zeitlichen Ablauf der geologischen Ereignisse vorstellen:



Ablagerung der mächtigen Bündnerschiefer (Jura bis Kreide) mit Ophiolitintrusionen und -extrusionen

Transgression der Trias (Permo-Trias); stellenweise unmittelbar über dem variszischen Granit

Ablagerung jungpaläozoischer Schichten

Variszische Orogenese mit mesozonaler Metamorphose und mächtigen Granitintrusionen, Pegmatiten, Apliten und Kersantiten

Altpaläozoische und präkambrische Gesteine (heute als Paläosom der B-Gneise und zentralen Schieferhülle erhalten)

Die Remobilisation des aplitischen Ichors dort, wo man vom höheren Stockwerk ins tiefere eintritt, ist feldgeologisch am Tauern-Ostende in der Silbereckmulde nachgewiesen (22) (25). Bevor ich auf das Tatsachenmaterial näher eingehe, sei kurz erläutert, daß die Bezeichnung: Ichor (Sederholm), welche mein Lehrer F. Angel in den östlichen Hohen Tauern zur Anwendung brachte, hier in rein beschreibendem Sinne für aplitischen Lösungsumsatz, ohne Vorwegnahme einer genetischen Deutung gebraucht



Abb. 5

Muskowitschieferlage in granitischem Gneis. Aus der Nähe betrachtet (Pickel!). Daber Kees-Westflanke. Granatspitzgruppe. Photo: Exner 1939

sei. Es ist eine müßige Streitfrage und ein Kampf um des Kaisers Bart, ob man diesen Ichor als Anfangslösung der alpidischen Wiederaufwärmung des tatsächlich in den östlichen Hohen Tauern sichtbaren vormesozoischen Granitkörpers, oder ob man ihn als metasomatische Front (nach oben diffundierte Restlösung) eines in orogenen Tiefen steckenden hypothetischen alpidischen Zentral-„Magma“-Topfes deutet. Theoretisch sind wir uns wohl ziemlich klar darüber, daß die einstmals im Jungpaläozoikum erstarrten Restlösungen des variszischen Granits dann im Zuge der alpidischen Orogenese als erste, somit als Anfangs-Lösungen wieder mobil werden. Meiner feldgeologischen Erfahrung in den östlichen Hohen

wurden, anwesend war, optimale Bedingung für metasomatische Gesteinsumprägung. Man muß also nicht alles aus dem Magma-Topf in der Tiefe beziehen, von dem man dann wohl mit Recht die alpidisch spätrogenen Intrusionen der periadriatischen Granite und Tonalite ableitet (Bergell, Rieserferner usw.). Ich überlasse es der Meinung des Lesers, ob er mehr für die venitische oder mehr für die areritische Genese des Ichors eintritt. Ich selbst glaube, daß die venitischen Anteile (Lateralsekretion, Ausschwitzung des Gesteines im Zuge der Wiederaufwärmung) hier sehr beträchtlich sind. Jedenfalls haben wir ein Erdkrustenstück vor uns, das noch viel zu hoch liegt und viel zu kalte Mineralfazies zeigt, um



Abb. 6

Gequälte und gefaltete Gneisslamellen in einer Muskowitschieferlage. Der Pickel markiert die Liegendgrenze dieser Muskowitschieferlage im granitischen Augengneis. Daber Kees-Westflanke. Granatspitzgruppe. Photo: Exner 1939

Tauern entspringt die Meinung, welche ich bisher stets vertreten habe, daß es Magma-Ströme während der alpidischen Orogenese im heute von der Erosion und den künstlichen Tunnels aufgeschlossenen Gebirgskörper überhaupt nicht gegeben hat. Betrachten wir doch die niedrige Mineralfazies sämtlicher Gesteine! Unter solchen Bedingungen kommt es höchstens zu Mobilisationen leichtlöslicher und leichtflüchtiger Bestandteile. Die Hauptmasse des Gesteines bleibt fest. Bloß der Ichor zirkuliert, die Feldspat sprossen, das Gestein ist wie in ein Bad getaucht, alle Poren sind durchtränkt mit dem gelösten Ichor. Es herrscht unter dem hohen allseitigen Druck (Gesteinsauflast über 10 km Mächtigkeit schätzen H. P. Cornelius und E. Clar) und der Anwesenheit von Wasser, das wohl reichlich in den marinen mesozoischen Sedimenten, die hier in die Tiefe versenkt

Herdgebiet palingener Magmatogenese zu sein. Areritischer Ferntransport aus unbekanntem orogenen Tiefen wird natürlich eine gewisse Rolle spielen und sich mit dem lateralsekretionären Ichor vermischen.

Die Silbereckmulde ist ein Teil der peripheren Tauernschieferhülle am NE-Rande des Hochalm-Ankogel-Massivs. Sie dürfte den Mitgliedern der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, die im Sommer 1938 unter Führung von Prof. F. Angel (1) Gesteine und tektonische Lage der Silbereckscholle (= Silbereckmulde) kennenlernten, noch in schöner Erinnerung sein. Über dem Gneisgranit des Massivs bauen mehrfach wechsellagernde und gefaltete Quarzite, Kalkmarmore, Glimmerschiefer, Kalkglimmerschiefer und Schwarzphyllite (Glanzschiefer) die Silbereckmulde auf (Profil 4, Seite XIII in: (1). Am

Silberek selbst (Abb. 7) stellen sich noch dazu Dolomitmarmore (Trias), Kalkglimmerschiefer mit Dolomitgeröllen (Lias) und Grünschiefer ein. Die ganze Serie zeigt eine recht bedeutende Metamorphose, die von F. Angel eingehend beschrieben wurde (Tauernkristallisation). Auf Grund des Gesteinsbestandes kann kein Zweifel bestehen, daß es sich um diejenigen Schichtglieder handelt, welche in den Tauern als Trias und Bündnerschiefer bezeichnet werden. Auch die tektonische Lage spricht eindeutig dafür, denn es handelt sich im großen betrachtet auch um die Fortsetzung jenes Triasbandes, das wir schon westlich Badgastein (Abb. 2) über dem Gneissmassiv kennengelernt haben. Abb. 7 zeigt links die tektonische Verteilung zwischen dem granitischen Gneis im Liegenden der Silberekmulde und dem basalen Kalkmarmorband der Silberekmulde. In dem Kalkmarmorband befinden sich metasomatische Kieslagerstätten, die O. M. Friedrich eingehend untersucht und als Lagerstättentypus: Rotgülden beschrieben hat (38) (41). Über dem Schichtpaket der Silberekmulde lagert isoklinal die Mureck-Gneisdecke. Darüber folgt die Hauptserie der Bündnerschiefer, auf welchen die unterostalpinen Dolomit- und Kalkberge der Radstädter Tauern auflagern; in der Ferne sieht man den oberostalpinen Dachstein (Abb. 7).

Verfolgen wir die Silberekmulde nach Süden (Abb. 1), so löst sie sich südlich des Liesertales in 6 liegende Falten auf, deren Synklinalschlüsse teilweise prächtig im Melnikkar aufgeschlossen sind (22) mit geologischer Karte und Profilen). Es stellen sich also innige Verfaltungen zwischen aplitischem Gneis und den mesozoischen Gesteinen der Silberekmulde ein. Dabei sind die Kalkmarmore der Silberekmulde mit aplitischem Gneis intensiv verknütet und werden von aplitischer Substanz durchdrungen. In großem Reichtum finden sich Falten- und Schollenmigmatite aus Kalkmarmor und aplitischem Gneis (Exner 1939 (21): Abb. 3 und 4; 1940 (22): Abb. 7 und 8; 1949 (25): Abb. 1, 2 und 3). An

einer Lokalität im Melnikkar fanden F. Becke und später F. Angel und R. Staber Aplitapophysen, die quer durch den Kalkmarmor gangförmig durchsetzen (F. Angel — R. Staber † 1952 (6): Abb. 3 auf Tafel 3).

Das geologische Verformungsbild im Melnikkar (siehe Abbildungen in: (21, 22) zeigt eindeutig, daß das Gesteinsmaterial wesentlich als „fester Körper“ verformt wurde. Die Teilbeweglichkeit bei der Verformung war jedenfalls viel größer als im nördlichen Abschnitt der Silberekmulde (nördlich vom Liesertal). Die Liegendfalten im Melnikkar erinnern an die Liegendfalten im Simplongebiet. Die Teilbeweglichkeit dürfte in beiden Gebieten ähnlich gewesen sein. W. Schmidt (68) hat bekanntlich das Verformungsbild der Siplondecken experimentell mit Sand und Öl nachgeahmt. Dieses breiförmige tektonische Fließen, das in dem zähen Material dann zum Aufeinanderstapeln liegender Falten führt, setzt bereits einen wesentlich mobilen Zustand voraus.

Aus dem geologischen Zusammenhang geht hervor, daß die Kalkmarmore der Silberekmulde im Melnikkar dem Mesozoikum angehören, so wie der Angertalmarmor und der Hochstegenkalk (siehe oben!). Die Verfaltung dieser Kalkmarmore mit dem Gneis des Hochalm-Ankogel-Massivs erfolgte also während der alpidischen Orogenese. Dasselbe gilt dementsprechend auch für die aus Kalkmarmor und aplitischem Gneis bestehenden Schollenmigmatite und für die Aplitapophysen im Kalkmarmor. Im prätriadischen Gneis, der mit dem mesozoischen Kalkmarmor innigst verknütet und verfaltet ist, fand also im Zuge der alpidischen Orogenese eine Remobilisation des Ichors statt. Nördlich des Liesertales fehlen diese Erscheinungen. Wenn man in der Silberekmulde vom Liesertal nach Süden geht, kommt man in Gebiete höherer Teilbeweglichkeit, höherer Metamorphose



Abb. 7

Das Silberek mit dem Silberek-NE-Kamm. Blick vom Gipfel der Oblitzen. An = Granitischer Gneis des Ankogelmassivs. Ma = Kalkmarmor der Silberekmulde. Ph = Bündnerschiefer der Silberekmulde. Ho Gn = Aplitischer bis granitischer Gneis der Mureckdecke. Ho S = Bündnerschiefer über der Mureckdecke. Unt O = Unterostalpinen Triasdolomit der Hochfeindgruppe in den Radstädter Tauern. Ob O = Oberostalpine Trias der nördlichen Kalkalpen, Dachsteingruppe, im Hintergrund. Photo: Exner 1938

(die Bündnerschiefer werden zu grobkörnigen Glimmerschiefern) und Mobilität des Ichors.

Angesichts dieser Sachlage hatte schon F. Becke 1925 [9] auf die Möglichkeit einer alpidischen Remobilisation hingewiesen, indem er schrieb: „Wer nicht annehmen will, daß die Metamorphose des von Uhlig und Kober als mesozoisch angesehenen Angertalmarmors und Hochstegenkalkes im Zusammenhang mit der Intrusion des Zentralgneismagmas vor sich gegangen sei, ist dann genötigt, anzunehmen, daß in einer Periode lange nach der Intrusion des Zen-

einander verträglich sind, ohne spezifische Kontaktreaktionen miteinander zu ergeben. Neben Mikroklin-führenden Apliten (F. Angel) finden sich als Apophysen im Melnikkar auch Albitaplite; dazu gehört z. B. Beckes Handstück aus der Aplitapophyse im Melnikkar, das im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Wien aufbewahrt ist und das ich mit freundlicher Erlaubnis des Herrn Institutsvorstandes H. Leitmeier untersuchen konnte. Die Korngröße dieses Aplites bleibt unter 2,2 mm. Hauptgemengteile sind: Albit (63,2 Vol%), Muskowit (24,6 Vol%) und Quarz (11,9



Abb. 8

Polierter Anschliff, annähernd senkrecht zur Faltenachse.
Aus Faltenmigmatit mit gegenseitiger stofflicher Durchdringung von aplitischem Gneis (farblos) und mesozoischem Kalkmarmor (grau). Rechts ist eine Gneiswalze im Kalkmarmor angeschnitten. Links. Diffuse Mischungszonen von Aplit und Kalkmarmor.
Kollektion: Exner 1938. $\frac{3}{4}$ der natürlichen Größe

tralgneises Verhältnisse eingetreten sind, die die Gesteine abermals in einen reaktionsfähigen Zustand brachten“¹⁾)

Um einen Einblick in die stoffliche Zusammensetzung und Mineralausbildung der aplitischen Mobilisate im Melnikkar zu geben, seien noch einige bisher unveröffentlichte Details zusammengestellt:

Schon F. Angel (2) wies darauf hin, daß aplitisches Mobilisat und Kalzit im Melnikkar neben-

Vol%) dazu: Apatit (0,3 Vol%), etwas Biotit, Chlorit mit Sagenit und Klinozoisit. Der Albit ist xenomorph und meist nicht verzwillingt. Treten Zwillinge auf, so handelt es sich um Einfachzwillinge nach Albitgesetz oder um polysynth. Zwillinge mit wenigen (höchstens 6) Lamellen. Der Muskowit zeigt schwachen Pleochroismus (farblos bis hellgrünlich) und ist mitunter etwas verbogen, im allgemeinen aber mechanisch unversehrt. Quarz ist schwach undulös.

Abb. 8 zeigt im polierten Anschliff (annähernd senkrecht zur Faltenachse) einen Kalkmarmor-Aplitgneis-Migmatit aus dem Melnikkar.

¹⁾ Im Original nicht ausgezeichnet.

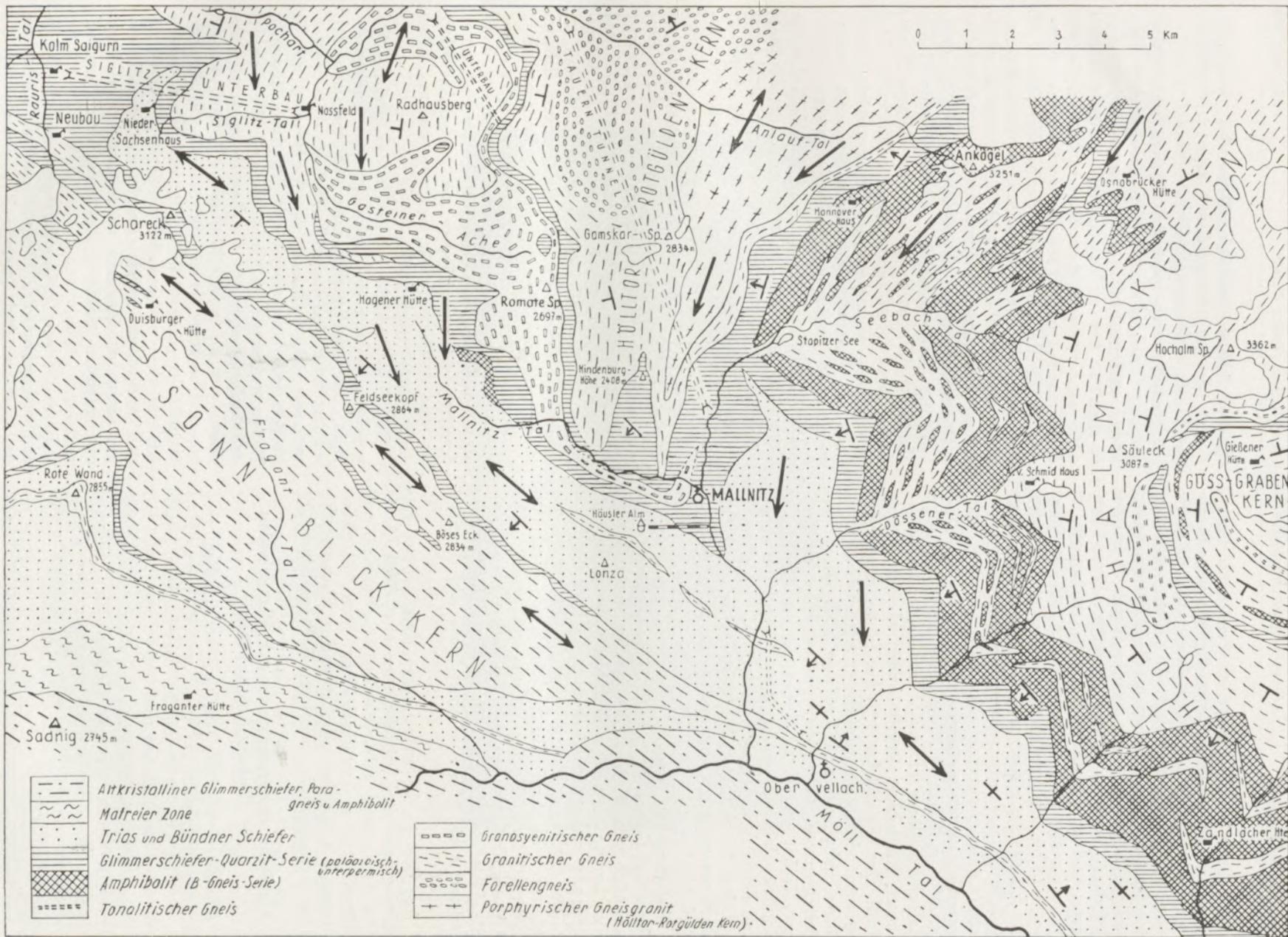


Abb. 9
 Beziehungen zwischen Innengefüge der Gneismasse und sicher alpidisch durchgewerter peripherer Schieferhülle (Trias und Bündner Schiefer) im Raume um Mallnitz. Die dicken, großen Pfeile zeigen die Orientierung des linearen Parallelfüßes an (Walzen-, Stengel-, Faltenachsen und Strömung)

Die Untersuchung einer 1 cm breiten Mischungszone zwischen grobkörnigem Kalkmarmor (Korngröße: 5 mm) und aplitischem Gneis ergab eindeutig jüngeres Kristallisationsalter des Albits gegenüber dem Kalkspat. Und zwar grenzt der Albit an einigen Stellen idiomorph gegen Kalzit; ferner findet sich Kalzit in Form von Grundgewebseinschlüssen (verlegtes und unverlegtes reliktisches Interngefüge) in Albit. Daneben tritt aber auch Kalzit auf, der jünger ist als Albit und entweder in sekundären Klüftchen des Albitkornes eingedrungen ist, oder in Form von Kalkfitter im Randsaum des Albits angereichert erscheint. Der Aplitgneis (Korngröße: 5 mm) zeigt folgende Zusammensetzung: Albit (71 Vol⁰/o), Quarz (20 Vol⁰/o), Kalzit (3 Vol⁰/o), Muskowit (3 Vol⁰/o), Kalinatronfeldspat (2 Vol⁰/o) und Epidot (1 Vol⁰/o). Ferner: Klinochlor, Titanit, Apatit, Graphit, Zirkon Rutil. Der Albit (2 bis 9 % An) ist xenomorph und mitunter schwach inverszonal; er zeigt nicht verzwilligte Individuen und Zwillinge nach Albit- und Periklingesetz. Mikrolithenschwärme von Hellglimmer, Epidot und Kalzit finden sich im Albit. Der Kalinatronfeldspat besitzt flauwe Mikroklingitterung und Perthitflecken; sein Achsenwinkel 2V_z schwankt zwischen 71 und 85°. Die Kristallisation sämtlicher Gesteinsgemengteile überdauerte die Deformationen. Bloß Muskowit ist mitunter schwach gequält.

Ergänzend sei darauf verwiesen, daß auch im Gasteiner Gebiet (27) (30) Feldspatisierung wahrscheinlich mesozoischen Kalkmarmors vorhanden ist. Hier konnte auch eine Neubildung des Mikroklin eindeutig nachgewiesen werden. Es finden sich bis 3 cm große perthitfreie Mikroklinindividuen mit internen reliktischen Einschlüssen von Muskowit, Biotit, Chlorit, Kalzit, Titanit und Apatit. Der Achsenwinkel 2V_z beträgt zwischen 52 und 78°. Die Albite in diesem feldspatisierten Kalkmarmor besitzen 6 bis 8 % An-Gehalt (siehe Abb. 3 und 4 in: (30)).

Aus dem in die mesozoischen Kalkmarmore eingedrungenen Ichor kristallisierten also Albit (2 bis 9 % An; wenige polysynth. Zwillingslamellen) und Mikroklin (ohne Zwillingsbildung; flauwe Mikroklingitterung; perthitfrei oder schwacher Fleckenperthit (also metasomatisch umgelagerter Sekundärperthit)).

Alpidische Bewegungszonen und Migmatization im Hochalm-Ankogel-Massiv

Betrachten wir nun auf der vorzüglichen geologisch-petrographischen Karte von F. Angel — R. Staber † 1952 (6) die komplizierten Innenstrukturen des Gneismassivs!

Amphibolitische Zonen (B-Gneis-Serie) und Glimmerschieferbänder (zentrale Schieferhülle) schlingen sich zwiebelschalenförmig um einzelne größere Gneisgranitkerne (einschließlich: aplitische, syenitische und tonalitische Gesteine).

Stellenweise liegen die Glimmerschiefer unter den Gneisgranitmassen, so daß regelrechte Gneisgranitdecken entwickelt sind, die auf viele Kilometer langen Strecken über den Glimmerschieferlagen schweben: Z. B. der Lappen des Hochalmkernes über den Schiefen des Gößgrabens und Maltatales. Oder

die aus Abb. 9 ersichtliche Decke des granosyenitischen Gneises (Romatedecke) über den Schiefen des Woiskentales und Radhausberges.

Untersucht man nun das flächige und lineare Parallelgefüge der Gesteine und geologischen Teilkörper, so bemerkt man eine allgemeine Konformität zwischen den Strukturen in und außerhalb des Massivs. Im Gebiete Mallnitz—Badgastein (26) hat der Verfasser derartige Untersuchungen bereits durchgeführt (Abb. 9). Der größte Teil des Massivs, vor allem die östlichen Gebiete, sind bezüglich der linearen Parallelgefüge (Faltenachsen) noch kaum untersucht.

Die Strukturen der peripheren Schieferhülle außerhalb des Massivs wurden sicherlich während der alpidischen Orogenese geprägt. Der einfache Beweis dafür liegt überall dort, wo fossilführende Trias (Radstädter Tauern) auf den Bündnerschiefern aufliegt und zusammen mit diesen konform bewegt wurde (z. B. Gebiet um den Tappenkarsee).

Die Kapitalfrage lautet nun: Was bedeutet die Konformität zwischen den Internstrukturen des Massivs und den sicher alpidisch geprägten Strukturen der peripheren Schieferhülle? Darauf die Antwort: Diese Tatsache des konformen Bewegungsbildes macht es sehr wahrscheinlich, daß ein gemeinsamer alpidischer Bewegungsakt das gemeinsame Bewegungsbild erzeugt hat. Tatsächlich haben M. Stark 1912 (72) und L. Kober 1922 (53) damit begonnen, den Falten- und Deckenbau des Hochalm-Ankogel-Massivs zu entziffern. L. Kober 1922 hat gezeigt, daß im Hochalm-Ankogel-Massiv alpidische Deckentektonik vorliegt. Durch die Aufnahmen von F. Angel — R. Staber wurde ein ungemein interessantes, kompliziert verschlungenes Detailbild der alpidisch transportierten Gneisgranitdecken mit trennenden Schiefer- und Amphibolitbändern genauer und mit vielen neuen Einzelheiten erfaßt.

Das Bewegungsbild im Innern des Hochalm-Ankogel-Massivs mit den deckenförmigen Gneisgranitlappen, die von Schiefen unterteuft und ummantelt werden, zeigt eine starke Teilbeweglichkeit des Gesteinsmaterials während der Verformung an. Es handelt sich anscheinend im Falle der liegenden Deckenstrukturen des Göß-, Malta-, Woiskentales und Radhausberges um den Bewegungstyp, der uns vorhin bereits in der Silbereckmulde südlich vom Liesertal begegnet ist und den wir mit der Simplontektonik verglichen haben. Die genannten Gebiete gehören dem tieferen Stockwerk der Tauern an und sind durch Starkwirkungsbereich der Tauernkristallisation, alpidische Mobilisation des Ichors und intensive alpidische Teilbeweglichkeit gekennzeichnet.

Durch die von B. Sander gegebenen Methoden der makroskopischen feldgeologischen Einmessung der flächigen und linearen Parallelstrukturen der Gesteine (66) ist uns das Mittel in die Hand gegeben, auch dort, wo wir wegen zu hoher metamorpher Umkristallisation (z. B. zentrale Schieferhülle) nicht mit stratigraphischen Methoden weiterkommen, trotzdem exakte Daten der Bewegungsbilder und auch der

zeitlichen Zusammengehörigkeit von Bewegungsbildern zu erhalten (Abb. 9).

Um es kurz herauszusagen, obwohl die diesbezüglichen geologischen Aufnahmsarbeiten erst im Gange sind und daher gegenwärtig mehr programmatische Erklärungen als tatsächlich erarbeitetes Beweismaterial gebracht werden können, so will ich doch die auf Grund meiner mehrjährigen geologischen Felderfahrungen und mikroskopischen Gesteinsuntersuchungen gewonnenen Vermutungen als Arbeitshypothese mitteilen. Auf die einzelnen Daten, die mich zu dieser Auffassung hinlenkten, hier näher einzugehen, ist aus Platzgründen nicht möglich und auch nicht notwendig, da die exakten Beobachtungsergebnisse sowieso schrittweise publiziert werden.

Im Falle der Schieferzone (Woiskenmulde) unter der Decke des granosyenitischen Gneises (Romatedecke) konnte die alpidische Ichormobilisation, Feldspatprossung und Migmatisation der Glimmerschiefer untersucht werden (28) (31). Zwischen dem variszischen Gneisgranitkörper (Abb. 9) im Liegenden (Hölltor-Rotgülden-Kern) und dem variszischen Gneisgranosyenitkörper im Hangenden (Romatedecke) bilden die zwischenliegenden, maximal 250 m mächtigen Glimmerschiefer (Woiskenmulde) einen intensiven alpidischen Durchbewegungshorizont. Durch einen aplitischen Saum, den schon A. Winkel-Hermaden beobachtet hat, sind die Glimmerschiefer mit dem hangenden granosyenitischen Gneis verschweißt. Aus dem mehrere Kilometer mäch-



Abb. 16

Gneisgranitwände der Hochalm Spitze mit dem Winkel Kees.
(Nach einem käuflichen Lichtbild)

Ich glaube, daß in den Gneisgranitkernen und Gneisgranitdecken variszische Strukturen erhalten sind (alte Feldspate, alte Migmatite, Aplite, Pegmatite und basische Gänge der variszischen magmatischen Intrusion und Graniterstarrung). Hingegen betrachte ich die Deckenscheider, also die Amphibolit- und Glimmerschieferzonen, sowie große Teile der granitischen Gneiskörper (z. B. Mallnitzer Rollwalze) für wesentlich alpidisch durchgeknetet. Das Bild des Gebirgskörpers entspricht also einem durchgekneteten Teig, in dem starre Mandelkerne liegen. Der Inhalt der Gneisgranitkerne („Mandelkerne“) ist zumindest teilweise der differentiellen alpidischen Durchbewegung entgangen. Eine exakte makroskopische gefügekundliche Aufnahme eines solchen Gneisgranitkernes mit seinen Gängen und sonstigen Gefügemerkmalen, sowie der Vergleich mit dem Parallelgefüge der anliegenden verformten Schieferzonen könnte einen Beweis für diese genetische Interpretation bringen. Bis dahin handelt es sich natürlich nur um eine Arbeitshypothese.

tigen granitischen Gneiskernen (Hölltor-Rotgülden-Kern) diffundierten im Zuge der alpidischen Orogenese alkalireiche Lösungen nach oben und schufen eine prächtige alpidische Granitisationszone in den Glimmerschiefern (Riesenaugengneise). Diese Sachlage scheint mir trotz der dankenswerten Kritik Haberlandts (43), auf welche ich andernorts erwidern werde, in der Hauptsache geklärt zu sein (31).

Andere Glimmerschiefer- und Migmatitzonen sind diesbezüglich noch nicht so genau untersucht. Dank der vortrefflichen Farbbilder, welche Professor O. M. Friedrich aufgenommen und uns zur Illustrierung der aplitischen Aufschwemmung und metasomatischen Verdrängung alter Schieferstrukturen zur Verfügung gestellt hat, können wir zumindest referieren, welche Deutung die betreffenden Strukturen bisher erfahren haben. Ich möchte aber ausdrücklich betonen, daß ich mich in den letzten Jahren mit dieser Zone des Hochalm-Ankogel-Massivs nicht befaßt habe. Es handelt sich um die Glimmerschiefer (Abb. 10 bis 14 auf Tafel 1), welche die Gneis-

granite (bzw. Tonalite) der Hochalm- und Ankogeldecke (nach L. Kober und F. Angel) im Gebiete des Hafnerecks trennen. (Das Hafnereck befindet sich zwischen Rotgülden- und Maltatal. Siehe dazu: Geologische Karte des Ankogel-Hochalm-Gebietes und Beschreibung von F. Angel — R. Staber †: Seite 73 und 80.):

Diese Glimmerschieferzone (53) zieht nach F. Angel — R. Staber mit oft dicken Schieferbänken im Gneis vom Malteiner Sonnblick in die Hafnereck-SW-Flanke; dort wird sie im Wastelkar (s. Abb. 10 bis 14 auf Tafel 1) migmatisch breit aufgeschwemmt und erreicht so das Maltatal im Abschnitt Wastelbauern-Alm—Kölnbreinbach, wo sie zuerst L. Kober (54) beobachtet hat. Die Zone besteht in unserem Abschnitt (oberes Wastelkar) neben Amphiboliten hauptsächlich aus Granatglimmerschiefern (teilweise diaphthoritisch), Phyllonitphylliten, Woischen- und Serizitschiefern. Besonders sehenswerte Faltenmigmatite befinden sich bei der Wastelkarscharte. In der Karwanne sind die Altbestände am besten kenntlich (Tafel 1). Es gibt aber Striche, wo sie infolge feiner Aufarbeitung im Migmatit unkenntlich sind (F. Angel — R. Staber).

Diese Schieferzone wurde von L. Kober als Deckengrenze zwischen Ankogel- und Hochalmdecke angesprochen (53) (54). Demnach wäre anzunehmen, daß das flächige Parallelgefüge dieser Glimmerschiefer alpidisch eingeregelt ist. Die Glimmerschiefer hält L. Kober für „Altes Dach“ des variszischen Granits, also für Schiefer, deren Sedimentation vor

der Intrusion des variszischen Granits erfolgte. Welches Alter hat die Migmatisierung? Aus den Bildern ist leicht abzulesen, daß die aplitische Aufschwemmung jünger ist als die Prägung der flächigen Paralleltexur der Glimmerschiefer. Folgerichtig zieht F. Angel die Schlußfolgerung, daß die aplitische Aufschwemmung (aplitische Migmatisation, Homogenisierung der Schiefer, Feldspatsprossung in den Schiefen, diskordante Aplitgänge; siehe Abb. 10 bis 14 auf Tafel 1) der alpidischen Orogenese angehört. Es ist aber auch der Gedanke nicht auszuschließen und bei einer Neubearbeitung dieser geologischen Zone zu berücksichtigen, daß eine variszische Migmatizone alpidisch regeneriert wurde.

Das Zentralgneisproblem

Über den alpidisch deformierten und durch alpidischen Ichor regenerierten Migmatit- und Schieferzonen thront der Gneisgranit der Hochalmspitze (Abb. 16). Die Meinungen prallen schroff gegeneinander: Variszischer oder alpidischer Granit?

Wir wollen die Problemstellung an einem Handstück (Abb. 17) erläutern, das im granitischen Augengneis in der Mallnitzer (Dössener) Scharte geschlagen wurde. Es handelt sich um einen typischen Zentralgneis mit gut ausgeprägtem, flächigem Parallelgefüge des Biotits. Eingesprengt sind teilweise eckig begrenzte, teilweise augige, mehrere Zentimeter lange Kalinatronfeldspate mit Karlsbader Zwillingen. Ein diskordanter pegmatitischer (pegmatoider) Gang zeich-

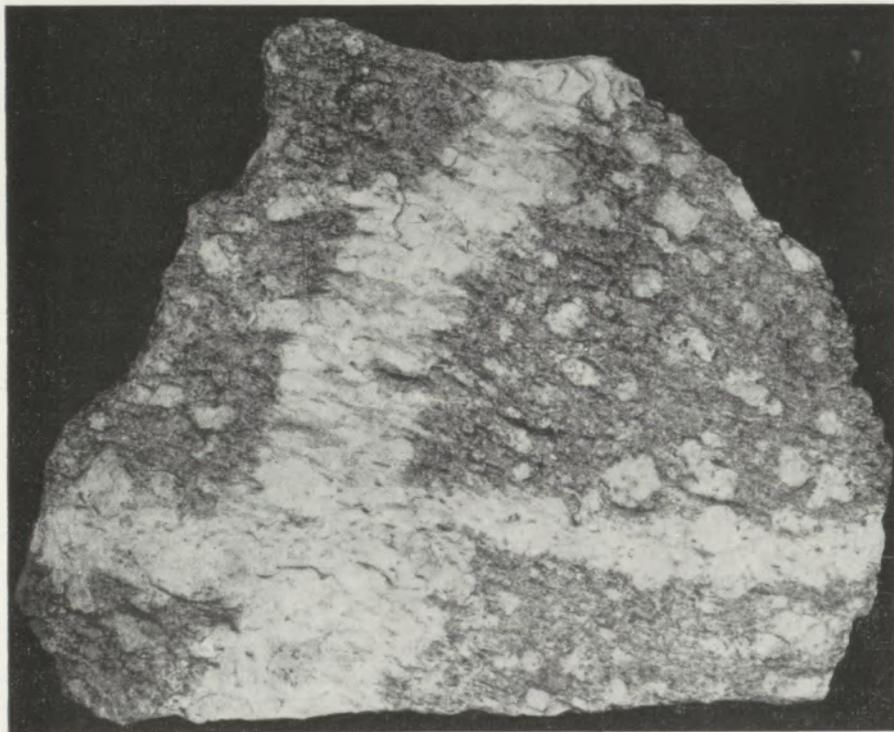


Abb. 17

Granitischer Augengneis (typischer „Zentralgneis“) mit diskordanten und konkordanten pegmatitischen (pegmatoiden) Gängen. Zu beachten ist die vorzügliche Schieferung auch im diskordanten pegmatitischen Gang mit glaren Quarzlagen und runden Kalinatronfeldspatäugen. Aus dem Gneisgranitkörper der Hochalmdecke; südsüdwestlich der Hochalmspitze: Mallnitzer (Dössener) Scharte zwischen Dössener Tal und Gößgraben. Kollektion: Exner 1947, $\frac{3}{4}$ der natürlichen Größe

net sich durch unscharfe Grenzführung aus und man kann vorzüglich sehen, daß die Quarzlagen und Feldspate im diskordanten pegmatitischen Gang dasselbe flächige Parallelgefüge aufweisen wie der Zentralgneis, nämlich das Nebengestein des diskordanten Ganges. Sehr bemerkenswert ist, daß auch die großen Kalinatronfeldspate im diskordanten Pegmatit teils eckig begrenzt sind, teils die typische Augenstruktur aufweisen. Die konform zum flächigen Parallelgefüge des Gesteines verlaufenden pegmatitischen Adern sind unscharf gegen das Nebengestein begrenzt. Dieses Gestein repräsentiert einen sehr häufigen Typus, der zum Hochalmgneisgranit dazugehört, und befindet sich in streichender südlicher Fortsetzung von Abb. 16. Siehe dazu auch Geologische Karte des Ankogel-Hochalm-Gebietes von F. Angel—R. Staber.

Folgende genetische Interpretationen der auf Abb. 17 sichtbaren Strukturen scheinen besonders hervorzustechen:

1. Der Pegmatit ist älter als die Prägung des flächigen Parallelgefüges. Der Pegmatit wurde variszisch intrudiert. Die Schieferung erfolgte im Zuge der alpidischen Orogenese. Oder:

2. Die Schieferung des Gesteines ist älter als der Pegmatit. Der Pegmatit ist mitsamt den Feldspatäugen und mitsamt den konkordanten Pegmatitgängen links und rechts metasomatisch im Zuge von Alkalimobilisation während der alpidischen Orogenese in einem schon schiefriigen Ausgangsmaterial (Muttergestein) entstanden als „replacement dyke“. Oder:

3. Denkbar ist aber auch der goldene Mittelweg. Man kann annehmen, daß hier wohl ein variszischer Pegmatit vorliegt, daß dieser aber blastomylonitisch alpidisch umgeprägt wurde unter Bedingungen, bei denen der Ichor mobil war. Die einst scharfen Grenzen des Ganges sind heute verschwommen. Trotz kräftiger Ausprägung eines alpidischen flächigen Parallelgefüges blieben die Relativverschiebungen gering. Ähnliches beobachteten wir auch an basischen Gängen (z. B. Zirmseeke). In unserem Falle hier ist der alte variszische Pegmatitgang nur schwach geknickt. Die alpidische Alkalimobilisation hat das Bild rejuveniert. Es sieht so frisch aus und ist trotzdem der Rest einer alten Struktur, eingetaucht in das Ichorbad der alpidischen Orogenese. Diese Interpretation kommt mir am wahrscheinlichsten vor.

Wie dem auch sei. Das Zentralgneisproblem ist noch immer ungelöst. Die ungemein lebendig und anregend vorgetragenen und beide in der Natur verankerten und daher durchaus gerechtfertigten Meinungen von L. Kober (variszischer Intrusionsgranit) und F. Angel (alpidischer Migmagranit) werden sich meines Erachtens vereinen lassen, wenn man durch weitere Studien eine genauere Gliederung der geologischen Vorgänge erreichen wird. In erster Linie versprechen Sanders Methoden, dahinzukommen. Ein letzter Rest von Unsicherheit wird stets verbleiben; das liegt in der Natur der Sache, nämlich in der Natur der alpidischen Remobilisation des Ichors alter Granite und Gneise. Sander selbst schrieb (64): „Die Trennung des älteren kristallinen

Substrates von den jüngeren Tauerngneisen ist nach der gemeinsam erlebten Tauernkristallisation und Deformation eine vielleicht unlösbare Aufgabe.“

Zusammenfassung

Im Zuge der alpidischen Orogenese wurde das vortriadische Grundgebirge der Hohen Tauern regeneriert. In den Kalinatronfeldspaten der variszischen Granite und Gneise vollzog sich alpidische Rekrystallisation mit Umlagerung der perthitischen Albit-Einlagerungen. Neugebildet wurden Albit und zwillingfreier perthitarmer Mikroclin. Im tieferen Stockwerk der Tauern fand während der alpidischen Orogenese zugleich mit intensiven tektonischen Bewegungsvorgängen eine Remobilisation des Ichors statt. Stellenweise ist es schwierig, das Erscheinungsbild des variszischen Magmatismus (Injektionsgranite mit Migmatiten und Gangfolge) von den Bildungen der alpidischen Ichor-Mobilisation und Alkalimetasomatose (metasomatische Granitisation) zu unterscheiden.

Summary

In the course of the alpidic orogenesis the pre-triassic basis of the „Hohe Tauern“ was regenerated. In the K-Na feldspars of the hercynian granites and gneisses alpidic recrystallisation together with the transformation of the perthitic albite inclusions took place. Albite and untwinned perthite-poor microcline were formed in the course of the regeneration process. In the lower region of the „Tauern“ a remobilisation of the ichor took place during the alpidic orogenesis simultaneously with intensive tectonic movements. In some locations it is difficult to distinguish the phenomenon of the hercynian magmatism (injection granites with migmatites and dyke swarms) from the products of the alpidic ichor mobilisation and alkali-metasomatism (metasomatic granitization).

Résumé

Au cours de l'orogénese alpine les bases prétriasiques des montagnes des Tauern furent régénérées. Dans les K-Na-feldspaths des granits et gneiss hercyniens eut lieu une récrystallisation alpidique avec une transformation des inclusions d'albites perthitiques. De l'albite et du microcline sans congémination et pauvre en perthites avaient été formés. Dans les régions inférieures des Hautes Tauern eut lieu, pendant l'orogénese alpidique, une remobilisation de l'ichor en même temps avec des mouvements intenses tectoniques. Dans quelques endroits il est assez difficile de distinguer le phénomène du magmatisme hercynien (du granit d'injection avec migmatites et des gangues) des produits de la mobilisation d'ichor alpidique et de l'alkalimetasomatose (granitisation metasomatique).

Literaturverzeichnis

- (1) Angel, F., Begehungen im Gebiete der Silbereckscholle 21. August 1938. Fortschr. Min. 23 (1939).
- (2) Angel, F., Mineralfazien und Mineralzonen in den Ostalpen. Jahrb. Universität Graz (1940).
- (3) Angel, F., u. F. Heritsch, Das Alter der Zentralgneise in den Hohen Tauern. Centralbl. Min. Abt. B, 1931.
- (4) Angel, F., u. R. Staber, Migmatite der Hochalm-Ankogel-Gruppe (Hohe Tauern). Min. u. Petr. Mitt. 49 (1937).

- (5) Angel, F., u. R. Staber, Gesteine und Gebirgsbau im Umkreis der Osnabrücker Hütte. Festschrift 50-Jahr-Feier, Zweigver. Osnabrück D. Alpenvereins, 1938.
- (6) Angel, F., u. R. Staber†, Gesteinswelt und Bau der Hochalm-Ankogel-Gruppe (mit: Geologischer Karte des Ankogel-Hochalm-Gebietes im Maßstabe 1:50.000). Wissenschaftl. Alpenvereinshefte 13 (Innsbruck 1952).
- (7) Bearth, P., Über das Verhältnis von Metamorphose und Tektonik in der penninischen Zone der Alpen. Schweiz. Min. u. Petr. Mitt. 32 (1952).
- (8) Becke, F., Aufnahmsberichte im Hochalmmassiv. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. Abt. I, 115, 117, 118 (1906—1909).
- (9) Becke, F., Stoffwanderung bei der Metamorphose. Tschem. Min. u. Petr. Mitt. 36 (1925).
- (10) Bianchi, A., u. Dal Piaz Giamb., La monografia geologico-petrografica sull' Alto Adige Orientale e Regioni limitrofe. Relazione dei risultati e aggiornamento critico dei problemi. Period. Min. 17 (1939).
- (11) Braumüller, E., u. S. Prey, Zur Tektonik der mittleren Hohen Tauern. Ber. R. A. Bodenf. (Geol. Bu. Anst. Wien) 1943.
- (12) Christa, E., Das Gebiet des Oberen Zemmgrundes in den Zillertaler Alpen. Jahrb. Geol. Bu. Anst. Wien 81 (1931).
- (13) Clar, E., Ostalpine Vererzung und Metamorphose. Verh. Geol. Bu. Anst. Wien 1945 (1947).
- (14) Clar, E., Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau. Verh. Geol. Bu. Anst. Wien 1953.
- (15) Clar, E., u. O. Friedrich, Über einige Zusammenhänge zwischen Vererzung und Metamorphose in den Ostalpen. Zeitschr. prakt. Geol. 41 (1933).
- (16) Cornelius, H. P., u. Clar E., Geologie des Großglocknergebietes. I. Teil (mit: Geologische Karte des Großglocknergebietes im Maßstabe 1:25.000). Abhandl. Zweigst. Wien Reichsst. Bodenf. (Geol. Bu. Anst. Wien) 25 (1939).
- (17) Cornelius, H. P., Zur Auffassung der Ostalpen im Sinne der Deckenlehre. Zeitschr. D. Geol. Ges. 92 (1940).
- (18) Cornelius, H. P., Neuere Erfahrungen über die Gesteinsmetamorphose in den Hohen Tauern. Min. u. Petr. Mitt. 54 (1942).
- (19) Cornelius, H. P., Die Herkunft der Magmen nach Stille vom Standpunkt der Alpengeologie. Sitzber. Öst. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., Abt. I, 158 (1949).
- (20) Eskola, P. E., The problem of mantled gneiss domes. Quarterly Journal Geol. Soc. London 1948 (1949).
- (21) Exner, Ch., Das Ostende der Hohen Tauern zwischen Mur und Maltatal. I. Teil., Jahrb. Zweigst. Wien Reichsst. Bodenf. (Geol. Bu. Anst. Wien) 89 (1939).
- (22) Exner, Ch., Das Ostende der Hohen Tauern zwischen Mur und Maltatal. II. Teil. Bewegungsbild der Silbermulde. Mitt. Reichsst. Bodenf. Zweigst. Wien (Geol. Bu. Anst. Wien) 1 (1940).
- (23) Geologische Beobachtungen in der Katschbergzone. Mitt. Alpenl. Geol. Ver. (Mitt. Geol. Ges. Wien) 35, (1942).
- (24) Exner, Ch., Das Gneisproblem in den östlichen Hohen Tauern (Vortragsbericht). Tschem. Min. u. Petr. Mitt. (3. Folge) 1 (1948).
- (25) Exner, Ch., Tektonik, Feldspatbildungen und deren gegenseitige Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern. Tschem. Min. u. Petr. Mitt. (3. Folge) 1 (1949).
- (26) Exner, Ch., Mallnitzer Rollfalte und Stirnfront des Sonnblick-Gneiskernes. Jahrb. Geol. Bu. Anst. Wien 93 (1949).
- (27) Exner, Ch., Das geologisch-petrographische Profil des Siglitz-Unterbaustollens zwischen Gasten- und Rauristal. Sitzber. Öst. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., Abt. I, 158 (1949).
- (28) Exner, Ch., Die geologische Position des Radhausberg-Unterbaustollens bei Badgastein. Berg- u. Hüttenm. Mh. 95 (1950).
- (29) Exner, Ch., Die Feldspatbildung in den Gesteinen der östlichen Hohen Tauern und ihre petrogenetische Deutung (Vortragsbericht). Tschem. Min. u. Petr. Mitt. (3. Folge) 2 (1950).
- (30) Exner, Ch., Mikroklinporphyroblasten mit helizitischen Einschlüßzügen bei Badgastein. Tschem. Min. u. Petr. Mitt. (3. Folge) 2 (1951).
- (31) Exner, Ch., Zur Geologie und Petrographie des Radhausberg-Unterbaustollens bei Badgastein (Vortragsbericht). Tschem. Min. u. Petr. Mitt. (3. Folge) 3 (1952).
- (32) Exner, Ch., Erscheinungen der Granitisation in den Hohen Tauern, besonders im Raume Badgastein (Vortragsbericht). Tschem. Min. u. Petr. Mitt. (3. Folge) 3 (1952).
- (33) Exner, Ch., Geologische Probleme der Hohen Tauern. Verh. Geol. Bu. Anst. Wien. Sonderheft C. 1952.
- (34) Exner, Ch., u. E. Pohl, Granosyenitischer Gneis und Gesteins-Radioaktivität bei Badgastein. Jahrb. Geol. Bu. Anst. 94 (1951).
- (35) Frasl, G., Aufnahmsberichte auf Blatt Rauris. Verh. Geol. Bu. Anst. Wien 1952 u. 1953.
- (36) Frasl, G., Ein Porphyroidgneis mit Orthoklaseisprenglingen aus dem Habachtal (Hohe Tauern). Anz. Öst. Akad. Wiss. Wien, Mat.-nat. Kl. 1953.
- (37) Frasl, G., Die beiden Sulzbachungen (Oberpinzgau, Salzburg). Jahrb. Geol. Bu. Anst. Wien 1953.
- (38) Friedrich, O. M., Über den Vererzungstyp Rotgülden. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, Mat.-nat. Kl., Abt. II, 143 (1934).
- (39) Friedrich, O. M., Zur Geologie der Goldagerstättengruppe Schellgaden. Berg- u. Hüttenm. Jahrb. 83 (1935).
- (40) Friedrich, O. M., Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Besprochen an der Vererzung des Tauern-Ostrandes. Zeitschr. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Deutschen Reich 85 (1937).
- (41) Friedrich, O. M., Befahrung der Arsenlagerstätte Rotgülden. Fortschr. Min. 23 (1939).
- (42) Friedrich, O. M., u. K. B. Matz, Der Stüblbau zu Schellgaden. Berg- u. Hüttenm. Mh. 87 (1939).
- (43) Haberlandt, H., u. A. Schiener, Die Mineral- und Elementvergesellschaftung des Zentralgneisgebietes von Badgastein (Hohe Tauern). Tschem. Min. u. Petr. Mitt. (3. Folge) 2 (1951).
- (44) Hießleitner, G., Alter Goldbergbau am Grieswies-Schwarzkogel (Ritterkar) im Sonnblick-Hochalmmassiv, Hohe Tauern. Berg- u. Hüttenm. Jahrb. 85 (1937).
- (45) Holzer, H., Über geologische Untersuchungen am Westrand der Granatspitzgruppe (Hohe Tauern). Sitzber. Öst. Akad. Wiss. Wien, Mat.-nat. Kl., Abt. I, 161 (1952).
- (46) Huttenlocher, H., Exkursionsbericht: Brig — Belalp — Unterbach (Aarmassiv). Schweiz. Min. u. Petr. Mitt. 31 (1951).
- (47) Karl, F., Analytisch-tektonische Studien an Gesteinen des Gerlostales (Fortsetzung der Tuxer Grauwackenzone, Ostalpen). Neues Jb. Geol. Mh. 1952.
- (48) Kieslinger, A., Ganggesteine im Zentralgneis am Zirmsee, Kärnten. Jahrb. Geol. Bu. Anst. 86 (1936).
- (49) Kieslinger, A., Aufnahmsberichte auf Blatt Hofgastein. Verh. Geol. Bu. Anst. Wien 1936 bis 1938.
- (50) Kieslinger, A., Die geologischen Grundlagen des Goldbergbaues in den Hohen Tauern (Vortrag). Leobner Bergmannstag. Wien 1937.
- (51) Klebesberg, R. v., Ein Ammonit aus dem Hochstegenkalk des Zillertales (Tirol). Zeitschr. D. Geol. Ges. 92 (1940).
- (52) Kober, L., Bericht über geologische Untersuchungen in der Sonnblickgruppe. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, Mat.-nat. Kl. 121 (1912).
- (53) Kober, L., Das östliche Tauernfenster. Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Mat.-nat. Kl. 98 (1922), 1923.
- (54) Kober, L., Neuere Beiträge zur Geologie der östlichen Tauern und des Salzkammergutes. Anz. Akad. Wien, Mat.-nat. Kl. 63 (1926).
- (55) Kober, L., Der geologische Aufbau Österreichs. Wien 1938.
- (56) Köhler, A., Erscheinungen an Feldspat in ihrer Bedeutung für die Klärung der Gesteinsgenese (Ein Versuch und eine Anregung). Tschem. Min. u. Petr. Mitt. (3. Folge) 1 (1948).
- (57) Kölbl, L., Das Tauernproblem in den Ostalpen (Vortragsbericht). Geol. Rundschau 26 (1935).

- (58) Leitmeier, H., Einige neuere Mineralvorkommen im Gebiete des Habachtales, ein Beitrag zur Kenntnis der Entstehung der Zentralgranitgneise der Hohen Tauern. *Min. u. Petr. Mitt.* 53 (1942).
- (59) Leitmeier, H., Einführung in die Gesteinskunde. Wien 1950.
- (59a) Meixner, H., Über einige typomorphe Minerale aus den Ostalpen. *Zeitschr. Geologie* 1 (1952).
- (59b) Metz, K., Zur Frage voralpidischer Bauelemente in den Alpen. *Geol. Rundschau* 40 (1952).
- (59c) Petrascheck, W. E., Zu H. Schneiderhöhns neuer Auffassung der alpinen Metallogenese. *Berg- u. Hüttenm. Mh.* 97 (1952).
- (60) Prey, S., Die Metamorphose des Zentralgneises der Hohen Tauern. *Mitt. Geol. Ges. Wien* 29 (1937).
- (61) Ramberg, H., The facies classification of rocks: a clue to the origin of quartzo-feldspathic massifs and veins. *The Journal of Geology* 57 (1949).
- (62) Sander, B., Über einige Gesteinsgruppen des Tauernwestendes. *Jahrb. Geol. Bu. Anst.* 62 (1912).
- (63) Sander, B., Westende der Tauern. Führer zu geologischen Exkursionen in Graubünden und in den Tauern. *Geolog. Rundschau* 3 (1912).
- (64) Sander, B., Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern. II. Bericht. *Jahrb. Geol. Bu. Anst. Wien* 70 (1921).
- (65) Sander, B., Erläuterungen zur geologischen Karte Meran—Brixen. *Schlern Schriften* 16 (1929).
- (66) Sander, B., Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. Wien 1948.
- (67) Scheumann, K. H., Prävariskische Glieder der Sächsisch-Fichtelgebirgischen kristallinen Schiefer. *Abh. Sächs. Akad. Wiss. Mat.-phys. Kl.* 39 (1924).
- (68) Schmidt, W., Tektonik und Verformungslehre. Berlin 1932.
- (69) Schneiderhöhn, H., Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage. *Neues Jahrb. Min. Mh.* 1952.
- (70) Schüller, A., Die Diorite von Dessau. Ein Beispiel für Ichor-Metamorphose. *Heidelb. Beitr. Min. u. Petr.* 3 (1952).
- (71) Schwinner, R., Die Zentralzone der Ostalpen. In: F. X. Schaffer's Geologie von Österreich, 2. Auflage, Wien 1951.
- (72) Stark, M., Vorläufiger Bericht über geologische Aufnahmen im östlichen Sonnblickgebiet und über die Beziehungen der Schieferhüllen des Zentralgneises. *Sitzber. Akad. Wiss. Wien. Mat.-nat. Kl., Abt. I.* 121 (1912).
- (73) Wegmann, C. E., Zur Deutung der Migmatite. *Geol. Rundschau* 26 (1935).
- (74) Wegmann, C. E., Note sur quelques problèmes de la tectonique superposée. *Bull. Comm. géol. Finlande*, 1947.
- (75) Wegmann, C. E., Transformations métasomatiques et analyse tectonique. *Int. Geol. Cong. Rep.* 18 Sess. 1948.
- (76) Wegmann, C. E., Méthodes d'analyse tectonique des socles cristallins. *Archives des Sciences, Genève* 4 (1951).
- (77) Weber, A., Die Feldspate in den Gesteinen der Hochalm-Ankogel-Gruppe. *Min. u. Petr. Mitt.* 53 (1942).
- (78) Weinschenk, E., Die kontaktmetamorphische Schieferhülle und ihre Bedeutung für die Lehre vom allgemeinen Metamorphismus. *Abh. Bayr. Akad. Wiss., II. Kl.*, 22 (1903).
- (79) Wenk, E., Ostalpinen und penninisches Kristallin. Schweiz. *Min. u. Petr. Mitt.* 28 (1948).
- (80) Wenk, E., Exkursionsbericht: Verzascatal. Schweiz. *Min. u. Petr. Mitt.* 31 (1951).
- (81) Winkler-Hermaden, A., Bemerkungen zur Geologie der östlichen Tauern. *Verh. Geol. Bu. Anst. Wien* 1923.
- (82) Winkler-Hermaden, A., Geologische Probleme in den östlichen Tauern. 1. Teil. *Jahrb. Geol. Bu. Anst.* 76 (1926).

Mineralogisches zu Friedrichs Lagerstättenkarte der Ostalpen

Von H. Meixner, Knappenberg

(Lagerstättenuntersuchung der Österreichischen Alpine-Montangesellschaft)

(Beispiele der Bedeutung mineraltopographischer Forschung zur Erkennung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Lagerstätten und Mineralvorkommen und zur Erläuterung der Lagerstätten- und Mineralisationsprovinz.)

(Examples of the importance of mineralo-topographical research having for its objective to ascertain the connection between the different deposits and occurrences of minerales and the extension of the zones of deposits to the area of mineralization of the Eastern Alps.)

(Exemples de l'importance des recherches mineral-topographiques aussi bien pour la connaissance des relations entre des différents gisements et des occurrences minérales, que pour une extension de la province de métallisation à une province de minéralisation.)

Die Erzmikroskopie ist ein recht junger Zweig mineralogischer Forschungsarbeit, ohne den Lagerstättenuntersuchungen heute kaum mehr denkbar sind. Sie liefert sowohl wertvollste Unterlagen für die Aufklärung einer Lagerstätte, wie für genetische Vergleiche, für die Erkennung von Zusammengehörigkeiten oder Verschiedenheiten zwischen verschiedenen Lagerstätten. Nach sehr frühzeitigen, tastenden, doch bald aufgegebenen Versuchen von B. Granigg (Leoben, muß man für die Mitte der zwanziger Jahre A. Tornquist (Graz) es als Verdienst werten, daß er in Österreich in ausgedehnterem Maße die erzmikroskopische Untersuchung von Lagerstätten nach Verfahren, die insbesondere von H. Schneiderhöhn und P. Ramdohr in Europa eingeführt worden sind, in Angriff genommen hat. Tornquists Bearbeitungen betreffen vorwiegend Einzellagerstätten und bei diesen wiederum erfolgte die Aneinanderreihung von Anschliffbeobachtungen an einem mehrminder vollständig oder willkürlich selbst aufgesammelten oder zufällig vorhandenen Probenmaterial. Mit deshalb haben sich manche von Tornquists genetischen Deutungen und Folgerungen nicht durchsetzen können. Friedrich hat in dieser Zeit zusammen mit Clar und Tornquist begonnen, sich in die erzmikroskopischen Untersuchungsverfahren einzuarbeiten, aus seinen in rascher Folge erschienenen erzmikroskopischen und lagerstättenkundlichen Bearbeitungen — Waldenstein (1929), Heuberggraben (1930), Lamprechtsberg (1932), Kliening (1933), Zinkwand u. a. Lagerstättengruppen — der Schladminger Tauern (1934), Rotgülden (1934), Reißbeckgruppe (1935), Schellgaden (1935), Kieslager Großarlal (1936), Vererzung des Nockgebietes (1936) —, die 1937 im „Überblick über die ostalpine Metallprovinz“ (9) ihre Zusammenfassung und Krönung gefunden haben, spricht eine wesentlich andere Arbeitsweise, als aus Tornquists Veröffentlichungen. Ich hatte in diesen Zeiten Gelegenheit, bei einigen dieser oft wochenlang dauernden Aufsammlungen und Untersuchungen Friedrichs in manchmal schwierigem Gelände, in gelegentlich gerade noch fahrbaren alten Gruben als stiller Begleiter mitzuwirken. Friedrichs Arbeitsweise bestand bei jeder gebietsweisen Bearbeitung darin, keine Mühe und keine Zeit zu scheuen, möglichst

jedem in der Literatur, in alten Gutachten verzeichneten oder gesprächsweise von Jägern und Hirten in Erfahrung gebrachten Erzvorkommen nachzugehen, die Ortsverhältnisse zu studieren, Proben in möglicher Vollständigkeit aufzusammeln. So kam das Material zustande, das ihm zur erzmikroskopischen Durcharbeitung diente, das ihn im Verein mit den teils vorhandenen, teils ergänzten geologischen Unterlagen, und Aufschlußbeobachtungen befähigte, einheitliche Lagerstättengruppen in bestimmten Bereichen auszuscheiden.

Überblickt man unser neueres Lagerstättenschrifttum aus dem Ostalpenraum, so findet man manche Einzelbearbeitungen darin, systematische Untersuchungen im oben aufgezeigten Friedrichschen Sinne sind kaum angedeutet. Große Gebiete existieren, die für erzmikroskopische Lagerstättenbearbeitungen noch als Neuland gelten können, die Friedrich naturgemäß auch nur aus Übersichtsbegehungen und vereinzelten Anschliffproben bekannt werden konnten. Um so mehr ist es zu begrüßen, daß Friedrich nun allein und ausgehend von seinen eigenen Untersuchungen das Wagnis unternommen hat, seine große Lagerstättenkarte, seinen Freunden und den Besuchern seines Institutes seit mehr denn zehn Jahren als „Stecknadelwandkarte“ bekannt, in die er alles ihm aus persönlicher Kenntnis, aus Literatur und Gutachten Zugängliche einordnete, der Öffentlichkeit zu übergeben. Die Zahl der darin enthaltenen rund 1400 Lagerstätten und Lagerstättchen zeigt eindringlich, daß es für einen einzelnen und auch für ein einzelnes Institut unmöglich ist, sie eingehend und modern zu untersuchen. Es ist zu hoffen, daß diese einzigartige Übersicht genug Anregungen zu gebietsweisen, ähnlich gründlichen mineralogisch-lagerstättenkundlichen Neubearbeitungen geben wird. Mögen sie zahlreich im Sinne erprobter Arbeitsmethoden erfolgen!

Ich bin gerne der Aufforderung Friedrichs nachgekommen, zu seiner Lagerstättenkarte mich zur Fragestellung zu äußern, inwieweit mineraltopographische Erkenntnisse jetzt und bei künftigen Untersuchungen in den Ostalpen die in der Karte enthaltenen Angaben ergänzen und vervollständigen können. Die folgenden Ausführungen dürften zeigen,

daß das sehr wohl der Fall und zur Gewinnung eines vollständigen Überblickes sogar notwendig ist. Die vorzubringenden Beispiele sind teilweise in der Literatur bereits veröffentlicht. Wenn ich dabei genötigt bin, vielfach eigene Arbeiten anzuführen, so liegt der Grund darin, daß sich heute eine sehr geringe Anzahl von Forschern mit derartigen Fragestellungen beschäftigt.

Grundlage zu solchen Untersuchungen liefern zunächst die jetzt zu Unrecht vielfach verpönten mineraltopographischen Zusammenstellungen, die „Landesmineralogien“, die im Ostalpenraum mehrfach bereits im letzten Jahrhundert ihre neueste Bearbeitung erfahren haben. Diese mineraltopographischen Lexika, die also keineswegs „bloß für Sammler“ Bedeutung haben, sind nun, 70 Jahre und mehr seit ihrem Erscheinen, naturgemäß reichlich unvollständig. Sehr viele neuere Angaben sind sehr verstreut in vielen mineralogischen, petrographischen, geologischen und montanistischen Arbeiten, in oft gar nicht leicht zugänglichen Zeitschriften veröffentlicht.

Friedrichs Lagerstättenkarte enthält auf einer dem Kartenmaßstab entsprechend vereinfachten geologischen Untermauerung die Erz- und einige Nichterzlagerstätten verzeichnet. Selbst bei der dabei erfolgten Beschränkung auf Vorkommen, die wenigstens beschürft wurden, sind in der Karte 1:500.000 oft in einem Lagerstättenzeichen, eine ganze Gruppe benachbarter, gleichartiger Vorkommen enthalten, die erst auf 1:100.000 oder 1:25.000 getrennt ausgeschieden hätten werden können. Für die genetische Erklärung eines Gebietes kann auch ihre genauere Aussonderung manchmal von Wert sein und dann wird man in einzelnen Fällen auch jene Erzfundstätten einbeziehen, die größenordnungsmäßig eben nur als „Mineralvorkommen“ zu verzeichnen sind. Ich denke z. B. an eine ganze Reihe von kleinen Kupferkies-Zinnober-Vorkommen im Paläozoikum von Graz links und rechts der Mur, wovon als „Quecksilberlagerstätte“ im oben erörterten Sinne nur „Dalakberg-Rein“ erfaßt werden konnte.

Es mögen jetzt etwa 450 Mineralarten sein, die aus dem Ostalpenraum bekannt geworden sind; meine Zusammenstellung von 1939 ist inzwischen auch schon recht unvollständig geworden (18). Selbstverständlich eignet sich durchaus nicht jedes Mineral zur Feststellung und Ergründung von genetischen Beziehungen. Der Mineralnachweis allein genügt nicht, immer soll die Gesamtparagenese mitbehandelt werden. Und genau so wie bei geologisch-stratigraphischen und geologisch-tektonischen Parallelisierungen nicht jedes Fossil oder jede Messung einer Faltenachse als „Leitelement“ übernommen werden darf, ist es auch mit den Mineralen. Nur sehr mit Auswahl kann gebietsweise in manchen Fällen von „Leitmineralen“ gesprochen werden.

Die Feststellung von Machatschki (1926), daß ein vorher für Phillipsit gehaltener Zeolith aus dem Basalt von Weitendorf (südlich Graz) Barium führt und somit Harmotom ist, hat z. B. Tornquist (26, S. 89/90) als Hauptbeweis für seine Auffassung gedient, daß die barytführenden Blei-Zinklagerstätten des Typus Bleiberg „Minerallösungen

aus einem Magma waren, aus welchem die pontischen Basalte am Ostrand der Alpen herzuleiten sind.“ Ich habe zwar selbst aus Hohlräumen des Weitendorfer Basalts viel später sogar Baryt nachgewiesen, trotzdem scheinen mir so weitgehende Folgerungen die einigermaßen überprüfbaren Zusammenhänge bei weitem zu übersteigen.

Aus Klüften im Chloritschiefer des Hollerbachtales (Hohe Tauern) ist auch Harmotom bekannt, trotzdem kann daraus ernstlich weder auf eine Zusammengehörigkeit dieses Gesteins mit dem Weitendorfer Basalt, noch auf Zusammenhänge zwischen den alpinen und den basaltischen Kluftmineralen geschlossen werden. An Erzen selbst ist aus Klüften des Weitendorfer „Basalts“ (richtiger basaltischer Trachyandesit oder Shoshonit) lediglich Pyrit in geringen Mengen bekannt geworden. In den oststeirischen Basalten (Stein, Steinberg, Hochstraden, Klösch) wurde selbst Pyrit noch nicht beobachtet. Keinerlei andere Vererzungen sind in diesen Gebieten in oder außerhalb der Basalte bisher gefunden worden. Der „Basalt“ (basaltische Andesit) von Kollnitz im Lavanttal fällt auch in dieser Hinsicht nicht aus der Reihe.

Auf Grund ganz andersartiger Überlegungen¹⁾, kam W. Petrascheck (1932) zur Meinung, daß die tertiäre Ostalpenvererzung auf einen andesitischen Vulkanismus zurückzuführen sei. Aus dem Gleichenberger Gebiet (Trachyandesit, Trachyt und „Liparit“) ist kein Vorkommen bekannt, das wenigstens als zeitweise beschürfte „Lagerstätte“ bezeichnet werden könnte. Auch in der Nachbarschaft treten keine derartigen Vererzungen auf. Ebensowenig weist der kürzlich entdeckte Biotitandesit aus dem Leithakalk von Retznei (Hauser, 1952), wie übrigens unsere gesamten, weitverbreiteten Leithakalke, keinerlei Vererzungen auf. Bezieht man „Mineralvorkommen“ mit ein, so ändert sich damit das Bild für die Gleichenberger Eruptivgesteine selbst, etwas, ohne daß daraus irgendwie weitreichendere Folgerungen begründet wären. Der „Quarztrachyt vom Typus Schaufelgraben“ (Angel—Marchet, 1939) enthält im bekannten Steinbruche an ein Kluftnetz gebunden, eine mineralogisch ziemlich reichliche, monomineralische Pyritvererzung. Aus winzigen Hohlräumen der heute Trachyandesit genannten Gesteine der Gleichenberger Klause hat schon Sigmund (1902) Siderit und Kalzedon angegeben; viel reichlicher kam ein stark manganhaltiger Eisenspat, neben Kalkspat und „Kalzedon“ (= Lussatit) um 1939 im gleichen Gebiete vor (Meixner, 1939). In der morphologischen Ausbildung (eigenartige Pseudomorphosen usw.) zeigt dieser Siderit überraschende Ähnlichkeiten mit einem von Rosický (1928) beschriebenen Vorkommen aus einem mährischen Andesit. Schouppé (1952) hat es recht wahrscheinlich gemacht, daß die heilsamen chemisch recht einheitlichen, hypotonischen Natronsäuerlinge des Gleichenberger Gebietes entgegen früheren Ansichten, nicht vom älteren Trachyt-, sondern vom jüngeren Basaltvulkanismus abzuleiten

¹⁾ „Im Alter, in ihrer weiten Verbreitung, deren letzte Ausläufer noch in die Ostalpen gehen, und der starken Förderung von Eisen und Magnesia, liegen Hinweise auf die Andesite vor.“

sind. Allein die am Nordausgang der Klause im Trachyandesit gelegene Stahlquelle fällt durch ihre Zusammensetzung als akratisher Eisensäuerling vollständig aus der übrigen Reihe. Mit einer ziemlich eindeutigen Beziehung zu ihr möchte ich die oben erwähnten Sideritabscheidungen im selben Gestein der Klause in Zusammenhang bringen. Damit sollen hier die Betrachtungen über, wenn auch kleine, doch sichtbare Vererzungen an unserem jungen, oststeirischen Vulkanismus beschlossen sein. Weitergehende Auswirkungen, wie sie jüngst Hiebleitner (12, S. 69) mit dem andesitischen Vulkanismus am Balkan erblickt hat, sind in unserem Raum mineraltopographisch derzeit nicht zu belegen.

Die weiteren Betrachtungen lassen sich ziemlich zwanglos gliedern, wenngleich gewisse Überschneidungen dabei selbstverständlich sind:

1. In einer Ausweitung der Lagerstättenübersicht, auf zwar vielfach bloß ganz kleine, doch sonst absolut gleichartige Erzvorkommen (Beispiel Molybdänglanz) und auf das Verfolgen bestimmter Erz- und Begleitminerale in Nachbargesteine und benachbarte Mineralparagenesen hinein unter Ableitung der sich daraus ergebenden Beziehungen.

2. In denselben Gebieten in der Ausdehnung auf Mineralparagenesen, die ihrer Zusammensetzung nach nicht Erz-, sondern Minerallagerstätten und -Vorkommen darstellen (Beispiele Lazulith, alpine Kluftminerale, Beryll u. a.). Eine solche Ergänzung, um von den Erzlagerstätten der „ostalpinen Metallprovinz“ unter Einbeziehung gewisser Minerallagerstätten zur Aufstellung einer „ostalpinen Mineralisationsprovinz“ zu kommen, habe ich 1939 bei der Betrachtung verschiedener Zeolithparagenesen schon angeregt (19, S. 259).

Zur Auswertung des vorliegenden mineraltopographischen Materials kann man aber auch von etwas andersartigen Problemstellungen ausgehen, sich etwa die Frage vorlegen, wo,

3. nach Anordnung und Paragenese ein jeweils bestimmtes Mineral (z. B. Spodumen, Scheelit, Beryll, Lazulith, Piemontit usw.) vorkommt, oder

4., noch allgemeiner, wo alle Minerale, die ein jeweils bestimmtes Element (z. B. Li, Be, Mo, W, Ni, Co, As, Bi usw.) als Hauptbestandteil enthalten, auftreten. Auch Nebenbestandteile (Spurenelemente) können, wenn genügend Beobachtungsmaterial vorliegt, in solche Betrachtungen einbezogen werden; zahlreiche Arbeiten von H. Haberlandt und Mitarbeitern und F. Hegemann gehen dieser Forschungsrichtung im Ostalpenraume nach. Durchläuferminerale und -Elemente dazu auszuwählen, wird im allgemeinen nicht erfolversprechend sein. Nach beiden Gesichtspunkten, nach 3. und 4. durchgeführte Untersuchungen liegen bereits vor, worauf noch zurückzukommen sein wird.

Gleichen Zielsetzungen diene „Über einige typomorphe Minerale in den Ostalpen“ (22), wobei, worauf mich Prof. Angel freundlichst aufmerksam machte, „typomorph“ von mir etwas abgewandelt verwendet wurde, als es Beckes und Eskolas Ge-

brauch in ihren Tiefenzonen- bzw. Faziesgliederungen entsprechen würde.

Zu 1.: Über die zahlreichen Vorkommen von Molybdänglanz aus dem Gebiete der Hohen Tauern und Zillertaler Alpen sind bereits möglichst vollständige Zusammenstellungen veröffentlicht worden (21, S. 36; 22, S. 198). Diese Häufung von Molybdänglanzfunden [1950 konnte ich 20, 1952 schon 23 aufzählen und jetzt sind wieder 2 neue, in der Goldlagerstätte Schellgaden (Ramdohr, 1952) und beim Scheelitvorkommen am Elschekamm (Kontrus, 1952) zu ergänzen] im Tauernbereich, von denen mehr als die Hälfte bezeichnenderweise erst in den letzten 20 Jahren aufgefunden worden sind, übersteigt jedes mögliche Ausmaß eines bloß zufälligen Beobachtungs- und Registrierungsergebnisses, wenn man gegenüberstellt, daß aus dem ganzen übrigen Österreich bloß 6 Molybdänglanzfunde (in bestimmten Pegmatiten bzw. Erzparagenesen) bekannt geworden sind. Weite Räume mit kristallinen und darunter zum Teil auch mächtig entwickelten granitischen Gesteinen (u. a. Öztaler Alpen, Silvretta, Ferwall, Kreuzeckgruppe, Gleinalpe, Wechsel . . .) sind bisher völlig frei davon. Im Tauernbereich finden wir den Molybdänglanz zunächst in Aplitgranit, Porphyrganit, pegmatoiden Schlieren des „Zentralgneises“ u. dgl., hier z. T. mit Beryll (Aquamarin); besonders bemerkenswert ist, daß Schroll (10, S. 94) kürzlich auch etwas Zinnstein als Paragenesengefährten von Molybdänglanz und Beryll beim bekannten Vorkommen nächst dem Hotel de l'Europe in Badgastein feststellen konnte. Dann treffen wir Molybdänglanz in den verschiedenen Untertypen der Tauern-Goldlagerstätten und schließlich noch ab und zu in reinen Quarzgängen. Besonders aufschlußreich sind uns Molybdänglanzfunde, wenn in den Tauerngranitbereichen das Erz in benachbarte Gesteine abgewandert ist: Molybdänglanz im Amphibolit von Riffelkees-Totenköpfe (21, S. 36), im Talkschiefer von Schellgaden, wo er wenige Meter entfernt, vorerst im Aplitgranit entdeckt worden ist (20, S. XXVIII; 21, S. 36) oder im Serpentin vom Rotenkopf-Ochsener (Zillertal). In solchen Fällen ist er als Zeuge für „granitische Restlösungen“ oder „Ichor“ zu werten. Dasselbe scheinen mir Blättchen von ged. Gold zu besagen, die z. B. in talkisierten Zonen eines Serpentin vom Happ (Venedigergruppe) gefunden wurden. Auf diesem Wege gewinnt man dann aber auch wertvolle Anhaltspunkte, ob ein schon vorher vorhandenes Gestein im Zuge der alpinen Metallisation beeinflusst worden ist und es kann gelingen, Akte der Mineral- und Gesteinsumprägung dieser begründbar zuzuordnen. Auf diesem Wege habe ich versucht, die Bildung der Listwänit-Talklagerstätte Schellgaden zu erklären (20).

Sehen wir uns nun die Verhältnisse beim Scheelit, unserem praktisch einzigen Wolframmineral in den Ostalpen an [von Wolfram hat neuerdings Ramdohr (1952) ein einziges Korn in einem Anschliff aus der Goldlagerstätte Schellgaden entdeckt]. In voller Übereinstimmung mit dem weltweit bekannten Zusammenvorkommen von W- und Mo-Mineralen, hier Scheelit und Molybdänglanz, sind auch bei uns diese Erze an einer ganzen Reihe von

Fundorten bereits paarweise nachgewiesen. Es muß besonders betont werden, daß alle 14 österreichischen Scheelitvorkommen (22. S. 198/199) aus dem Tauernbereich stammen. In (22) wurden bloß 10 angeführt; seither sind folgende dazugekommen: Steinbruch Hirschau bei Böckstein (H. Haberlandt, 1952), Nabfelder Goldstollen (desgl.), Paselstollen (Mitteilung K. Zschocke, 1953) und mehrere Funde an der Magnesitlagerstätte Lanersbach/Zillertal (Mitteilung P. Weiß). Scheelit findet sich also bei uns in pegmatoiden Bildungen des Zentralgranits, in verschiedenen Untertypen der Goldlagerstätten, in Quarzgängen und — als alpines Klufftmineral! Die zahlreichen Neufunde des Minerals aus den letzten Jahren zeigen, daß es früher leicht übersehen worden ist. Insbesondere durch Mitverwendung vom kurzwelligem U.V.-Licht hatten Schemintzky und Haberlandt (10, S. 94) mehrmals Erfolg. Scheelit gilt allgemein als Indikator für saure Zufuhr bei pegmatitisch-pneumatolytischen, kontaktmetasomatischen und hydrothermalen Bildungen. Nachdem sein Auftreten im Tauernbereich z. B. von der Goldlagerstätte Schellgaden über das Vorkommen am Elschekamm zu mehreren Funden in alpinen Klüften dem durchaus entspricht, erlangt der Nachweis von Scheelit in den eigenartigen Klufftbildungen (Olivin xx, Apatit xx, Magnetit xx, Kalkspat, Diospid, ged. Kupfer mit verschiedenen Nickelerzen, alles in Chrysotil eingebettet) vom Riffelkees-Totenkopf-Stubachitserpentin besonderes Gewicht.

Zu 2.: Als Musterbeispiel kann auf die Verbreitung des Phosphates Lazulith (17; 22, S. 198) verwiesen werden. Bei ihm ist im Tauernbereich kein unmittelbarer Zusammenhang mit irgendwelchen Erzlagerstätten festgestellt. Lazulith tritt in Gangquarz mehrfach um den Granatspitzkern und vielleicht auch im Zillertaler Bereich auf. Von besonderem Interesse bei diesem Mineral ist, daß weitere, paragenetisch vergleichbare Funde, einerseits um die „Grobgnese“ verbreitet in den Raabalpen, andererseits im Monte Rosa auftreten. In diesen beiden Gebieten existieren auch kleine Erzlagerstätten, die genetisch wieder mit solchen aus dem Tauernbereich vergleichbar sind. Auf Lazulith in den Werfener Eisenlagerstätten wird gleichzeitig in einem anderen Zusammenhange besonders eingegangen (23).

Es gibt zweifellos noch eine Menge anderer Minerale und Mineralparagenesen, die auf mineraltopographischer Basis regional ausgewertet werden können. Ganz besonders muß auf unsere „alpinen Klufftmineralparagenesen“ verwiesen werden, die u. a. gelegentlich mit ged. Gold, Kupferkies, Bleiglanz, Scheelit usw. auch bereits Beziehungen zu den Erzlagerstätten des Bereiches erkennen lassen. Seit der berühmten Übersicht von Weinschenk (28) hat vor allem Leitmeier (z. B. 13; 14; 15;) im Norden und Süden des Tauernraumes viele wertvolle Daten über das Vorkommen der „alpinen Klufftminerale“ zusammengetragen, wenngleich heute noch keine systematische genetische Untergliederung für diese Gruppe von Mineralagerstätten für die Ostalpen vorliegt. Auf Übergangsbildungen von Erzlagerstätten zu „alpinen Klufftmineralen“, die die letzteren wenigstens in einzelnen Fällen als Ausklang der Ver-

erzung zuordnen, hat Friedrich in seinen grundlegenden Arbeiten und auch der Verfasser mehrfach hingewiesen. Dabei hat es sich außerdem gezeigt, daß „alpine Mineralklüfte“ keineswegs auf Hohe Tauern und Zillertaler Alpen beschränkt sind, sondern auch in den Niederen Tauern und anderen Teilen der Ostalpen, zum Teil ebenfalls in Verbindung mit Erzlagerstätten, weite Verbreitung haben. In bezug auf Vollständigkeit der Paragenesen, auf Ausdehnung der Klüfte und auf Größe und Schönheit der Kristallbildungen stehen die Vorkommen in Tauernbereich und Zillertalern in den Ostalpen allerdings immer noch sonst unerreicht da, vergleichbares haben nur wieder gewisse Gebiete der Westalpen geliefert.

Zu 3.: Als Folge der schon einleitend angedeuteten natürlichen Überschneidungen kann hier nochmals auf die schon unter 1. behandelten Minerale Molybdänglanz und Scheelit oder auch auf Lazulith von 2. verwiesen werden. In ähnlicher Weise wurde auch schon das Auftreten aller österreichischen Wulfenitfunde (über 20 Vorkommen) mit ziemlich eindeutigen Ergebnissen diskutiert (21, S. 36/37). Als typisches Beispiel zu Punkt 3 dieser Gliederung ist auf die kürzlich erschienene „Genetische Übersicht über die österreichischen Flußspatvorkommen“ von Matz (16) hinzuweisen, worin die etwa 90 bekannten Flußspatfundstätten paragenetisch ausgewertet werden. Als „Lagerstätte“ von Flußspat ist davon höchstens die Achselalpe zu bezeichnen, doch wurde auch schon in Bleiberg daran gedacht, das Fluorid im Rahmen der flotativen Aufbereitung abzusondern. Alle anderen sind reine Mineralvorkommen, manche von ihnen liefern allerdings in Sammlerkreisen anerkannte, begehrte und schöne Stufen, Fundstätten, die darauf gelegentlich auch schon „fast bergmännisch“ ausgebeutet wurden. Eine Anzahl dieser Flußspatfundorte liegen in Erzlagerstätten, die natürlich als solche auch in Friedrichs Karte enthalten sind, andere fallen mit alpinen Mineralklüften zusammen; darüber hinaus konnten aber noch eine Reihe weiterer Flußspatparagenesen herausgearbeitet werden, trotzdem es sich auch hier wieder herausgestellt hat, daß manche Unterlagen leider als sehr vage und dürftig anzusehen sind.

Eine Arbeit mit ähnlicher Zielsetzung, doch einen viel größeren Raum umspannend, „Der Staurolith in den Alpen“, ist schon sehr frühzeitig von K. Weiß (29) veröffentlicht worden; seither sind gar manch neue Staurolithfundstätten allein in den Ostalpen aufgefunden worden. Da Staurolith wenigstens teilweise ein wichtiges Streßzonen- und Faziesmineral ist, wäre eine Neubearbeitung ein vielleicht lohnendes Unterfangen.

In recht verschiedenartigen Paragenesen tritt bei uns auch Andalusit auf: in Pegmatiten, in Quarzgängen, an Tiefen- und Ergußgesteinskontakten. Eine Zusammenstellung fehlt noch. Recht interessant sind die in einzelnen Teilen der Ostalpen verbreitete vorkommenden Paramorphosen von Disthen nach Andalusit. Für das Korralpengebiet sind sie von Czermak (8) zusammengestellt worden und es ist bemerkenswert, daß P. Beck-Mannagetta (3) in seiner geologischen Karte

des Rosenkogels bei Stainz sowohl die Fundpunkte solcher Paramorphosen, als auch die von Quarz-Disthenknollen verzeichnet hat.

Bei verschiedenen eigenen Untersuchungen hat es sich als nützlich und wertvoll erwiesen, sich des Minerals Skapolith anzunehmen und sein verschiedenartiges Auftreten in Marmoren des Altkristallins zu studieren.

Zum Abschluß dieses Abschnittes soll noch des Lithiumsilikates Spodumen gedacht werden. Die Fragestellung könnte auch lauten: Welche Li-Mineralie gibt es im Ostalpenraum und wo liegen sie? Sie fielen schon in die folgende Gruppe 4. Da Spodumen wenigstens vorläufig unser einziges Li-Mineral ist, kann auch schon hier darauf geantwortet werden. Er tritt stets in Pegmatiten auf. Von Ratschinges westlich Sterzing erwähnen ihn bereits Liebener und Vorhauser (1852); das ist Altkristallin der Laaser Serie (= Obere Gleinalmhülle). Vom Hüttenberger Erzberge nannte Seeland (1876) Spodumen; da kein Belegstück vorhanden war und auch nähere Bestimmungsdaten fehlten, stand ich lange dieser Angabe sehr skeptisch gegenüber, bis bei gemeinsamem Suchen auf der Albertstollenhalde Kollege Clar ein größeres Pegmatittrümmchen auffand, das mir die eindeutige Feststellung von Spodumen gestattete. Die hiesigen Pegmatite entstammen einer Serie mit Marmor, die wiederum der Gleinalpe zu parallelisieren ist, aber schon im Grenzbereich zum „Koralpenkristallin“ liegt. Die Pegmatite mit Spodumen unterm Schöcklkreuz ober Radegund bei Graz (Angel, 1934) lagern im Altkristallin, von dem es nicht ganz feststeht, ob zur Gleinalm- oder zur Koralmserie gehörig. Das schönste und reichste Spodumenvorkommen der Ostalpen entdeckte ich 1947 in einem Steinbruch in Edling bei Spittal an der Drau, die Schiefer, in denen der Pegmatit hier steckt, scheinen Schwinnners Lieser-Serie (= Koralpe) zuzugehören; doch fehlen nähere geologische Kartierungen in diesem Gebiete noch völlig. Durch ein uraltes Stück aus der Rosthorn-Sammlung war schließlich ein weiteres, der Literatur vorher entgangenes Spodumenvorkommen zu belegen: aus dem Barbaragraben bei Gutenstein (Meixner, 1950); dieses „Gutensteiner Kristallin“ zählt nach Kieslinger (1928) zur Bretsteingruppe der Gleinalmserie und er berichtete von einer „enormen pegmatitischen Durchtränkung, auch in jungen Quergriffen, die besonders östlich von Gutenstein dicht gedrängt auftreten.“

Das stimmt also alles genetisch gut zusammen, alte und neue Funde von Spodumen von Südtirol bis Südostkärnten kommen in Pegmatiten des Altkristallins sicher der Gleinalm-, vielleicht auch der Koralmserie und in Grenzgebieten vor.

Alte Salzburger Angaben (Rußegger; Ehrlich; Reißacher; Köchel; Fugger, 1878), die aber wahrscheinlich alle auf dieselbe Quelle zurückgehen, berichten nun, daß von Spodumen „schöne Krystalle und derb, stenglig, apfel- und berggrün, Glimmerblättchen enthaltend, im Quarz des Glimmerschiefers eingewachsen“. „In der Taurach im Seidelwinkel des Raurisenthal, in der Nähe des Tauernhauses“ gefunden worden sind. Berwerth und Wachter (4, S. 36) haben das noch übernommen. Ist schon eine solche Spodu-

menparagenese äußerst seltsam und auffällig, so ist es besonders wertvoll, daß schon Wachter (27, S. 48/49) diesen Irrtum berichtete und für dieses Vorkommen die Identität mit dem bereits von Breithaupt (1865) beschriebenen Rauriser Zoisit feststellte. Verwechslungen von Zoisit und Spodumen, sie ähneln äußerlich sich oft sehr, sind in der Literatur mehrfach enthalten. Nicht uninteressant ist es in diesem Zusammenhange, daß Rosthorn seinen Gutensteiner Spodumen offensichtlich ursprünglich als „Zoisit? im Granit von Prävali“ (Rosthorn und Canaval, 1853, S. 64) betrachtete. Die eingangs gestellte Frage findet also folgende Beantwortung: Li-Mineralie (Spodumen) kennen wir heute nur aus dem Altkristallin der Ostalpen. Dem Tauernbereich mit seinen alpidischen Metallisationen scheint Lithium fremd zu sein. Ähnlich dürfte es sich mit Niob und Tantal verhalten, doch liegen darüber noch besonders wenige Beobachtungen vor (Tapiolit und Columbit im Pegmatit von Spittal an der Drau, nicht näher bestimmte Nb-Ta-Erze der obigen Gruppen aus Pegmatiten Nieder- und Oberösterreichs). Wie leicht man infolge falscher Literaturangaben mit unrichtigen Mineralbestimmungen zu Fehlschlüssen gelangen kann, zeigt die Geschichte des „Spodumens“ aus der Rauris (Hohe Tauern!), die nur aus diesem Grunde hier eine so ausführliche Darstellung gefunden hat.

Zu 4.: Von den bereits vorhin unter 1. bis 3. gebrachten Beispielen kann wieder auf die Verbreitung der Elemente Molybdän (21; 22;) Wolfram (22) und Lithium verwiesen werden. Es gibt aber außerdem schon einige ältere Arbeiten, die der gleichen Fragestellung nachgegangen sind. Die meines Wissens erste dieser Richtung in unserem Raum „Sulfidisch-arsenidisches Ni-Co auf alpinen Erzlagerstätten“ stammt von Hiebleitner (11); seine Zusammenfassung gibt Art und Ziel eindeutig wieder: „An Hand einer tabellarischen Übersicht des Auftretens und der Eigenarten der sulfidisch-arsenidischen Ni-Co-Erze auf alpinen Erzlagerstätten werden einige genetische Beziehungen erörtert“. Seinem sehr vorsichtig ausgedrückten Ergebnis, eine Alters- und Magmengemeinschaft für die verschiedenen, Ni-Co-führenden Lagerstätten im Tauernraum, in der Grauwackenzone und in den Muralpen für möglich zu halten, ist auch heute nichts hinzuzufügen. Die Zahl an seither neu entdeckten Ni-Co-Mineralvorkommen, auch in Lagerstätten, ist allerdings ziemlich angewachsen. Hierher fällt die Entdeckung von verschiedenen Nickel-, aber nicht Kobalterzen in einer Reihe von Serpentinien aus den Ostalpen. Das Auftreten von Ni wird vielfach als Anzeichen für Herkunft aus „basischen Gesteinen“ gewertet; da wir Co in diesen aber ebensowenig wie etwa Bi finden, in unseren Erzlagerstätten aber häufig die Gruppierung Ni-Co-Bi auftritt, ist die Herleitung aus Metabasiten alles weniger als zwingend.

Eine weitere Studie dieser Arbeitsrichtung ist Czermak-Schadlers „Vorkommen des Elementes Arsen in den Ostalpen“ (7). Mit bewunderungswürdiger Gründlichkeit haben die Verfasser für ein relativ häufiges Element (120 Vorkommen!) sowohl die Literatur eingehend durchgekämmt, als auch zahlreiche neue Daten aus eigenen Lagerstättenbegehun-

gen beigebracht. Sie haben ihr Material dann nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet und kamen für die Mehrzahl der Vorkommen zur Auffassung, daß das Element Arsen „kennzeichnend für die hydrothermale Phase einer magmatischen Abfolge“ ist. Diese Datensammlung von Czermak und Schadler (7) benützte kurz nachher Schwinner (25), um „Die Verbreitung des Elementes Arsen in ihrer Beziehung zum Gebirgsbau der Ostalpen“ zu diskutieren.

Hiebleitner (12) hat kürzlich, ausgehend von seinen Erfahrungen am Balkan, von den dort erkannten Zusammenhängen von Antimonvererzungen mit Andesitmassiven versucht, solche Verbindungen auch zu den Antimonvorkommen in den Ostalpen herzuleiten. Auch zu dieser Arbeit wurde viel mineralogische Literatur gesichtet. Sehr erschwert werden in diesem Falle genetische Schlüsse dadurch, daß auch nach meinen Erfahrungen eine beträchtliche Anzahl von alten „Antimonit“-Angaben schon bewiesenermaßen sich auf andere Erze (Bleispießglanze, Wismutglanz) bezieht oder, da nie ordentlich bestimmt und kein Belegmaterial vorhanden, ganz unkontrollierbar sind. Außerdem ist Antimon, gerade in Verbindung mit Pb und Bi in den Bleiantimon- und Bleiwismutspießglanzen, in Fahlerzen und Bournonit durchaus auch ein Element unserer Tauernvererzung. Schlaining kenne ich aus eigener Anschauung nicht. Für die Antimonitvorkommen des Drautales erscheint es mir sowohl nach alten Angaben von R. Canaval, als auch aus zahlreichen eigenen Anschliffen höchst bemerkenswert, daß der Antimonit mit Kalkspat als Gangart in einer zerbrochenen Arsenkiesvererzung mit Quarz als Gangart auftritt. Die Antimonvererzung folgte in unbekanntem zeitlichen Abstand einer Arsenkies-Pyrit-Au-Vererzung.

Zum Abschluß soll in gleicher Weise, doch ohne absolute Fundortsvollständigkeit anzustreben, noch kurz das Auftreten der Elemente Bi, Te, Hg und Sr im Ostalpenraum gestreift werden.

Bi:

Wismut ist ein im allgemeinen typisch an saure, granitische Abfolge gebundenes Element, das daher für genetische Betrachtungen besonders geeignet erscheint. Wismutminerale sind auf österreichischem Boden weder aus Gebieten alter Granite, noch aus Pegmatiten des oberostalpinen „Altkristallins“ oder des Wald- und Mühlviertels bekannt.

Dagegen haben Bi-Erze geliefert:

Ni-Co-Lagerstätten Zinkwand-Vöttern: ged. Wismut, Wismutglanz, Wismutfahlerz.

Bleiglianz-Fahlerzlagerstätten Patzenkar: Wismutglanz, Emplekit (CuBi_2S_2), Wittichenit ($\text{Cu}_3\text{Bi}_2\text{S}_5$).

Arsenlagerstätte Rotgülden: ged. Wismut, Wismutglanz.

Goldlagerstätte Schellgaden: Tetradymit ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$).

Goldquarzgang Bärenbad / Hollersbach: ged. Wismut, Cosalit ($\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$).

Goldbergbau Siglitz: ged. Wismut, Wismutglanz.

Goldbergbau Radhausberg: Wismutglanz, Cosalit, Galenobismutit (PbBi_2S_4), Tetradymit.

Kupferkieslagerstätte Mitterberg: ged. Wismut (in Fahlerz).

Goldlagerstätte Kliening: ged. Wismut, Wismutglanz, Wittichenit.

Eisenspatlagerstätte Hüttenberger Erzberg: ged. Wismut, Wismutglanz.

Eisenspatlagerstätte Waldenstein: ged. Wismut.

Radenthein: Aus der Magnesitlagerstätte habe ich eben Proben von Bleiglianz-Quarzgängen in Untersuchung. Im Bleiglianz sind u. a. Tetradymit und wahrscheinlich auch Wismutglanz enthalten.

Bei all diesen Vorkommen handelt es sich um alpidische Vererzungen, die auch im übrigen Mineralbestand stoffliche Verwandtschaften untereinander erkennen lassen. Die Wismuterze, ged. Wismut und Wismutglanz sind auf den meisten dieser Lagerstätten nach makroskopischen Funden vielfach schon lange bekannt. Nach Mitteilung von Freund Friedrich ist Wismut viel häufiger, als allgemein bekannt, bei der erzmikroskopischen Durchmusterung vieler kleiner Kupferkies-Fahlerz-Eisenspatlagerstätten der Grauwackenzone von ihm aufgefunden worden.

Unsichere und falsche Bi-Erzvorkommen in Österreich:

Steffelwald bei Mittersill: „Wismutglanz, von Arsenkies begleitet, kleine Lager in Thonschiefer bildend“ (Fugger, 1878). Recht zweifelhaftes Vorkommen, Fuggers Zitat scheint nur auf einer Mitteilung von J. Rubegger (1835!) zu basieren.

Schwarz Bertastollen im Revier Altzeche: „Wismut-haltige Fahlerze, um's Jahr 1890 gewann man bei der Hütte in Brixlegg ca. 30 kg Bi (als Nebenprodukt)“, Gasser (1913).

Eichberg am Semmering: Aus der Magnesitlagerstätte beschrieb Großpietsch (1911) „Eichbergit“ als neues Bi-Erz. Analyse sicher falsch. Wahrscheinlich ein (vielleicht Bi-haltiger) Boulangerit (O. Friedrich).

Schwarzleo/Leogang: „Wismuth, als Anflug und in sehr dünnen Schnürchen in Ankerit, begleitet von Buntkupfererz und Kupferkies“ (Fugger, 1878); das betreffende Belegstück des Salzburger Museums hat Buchrucker (1891) revidiert und als „Fahlerz im Gemenge mit Smaltin“ erkannt!

Von großer Bedeutung sind bei der Auswertung auch negative Nachweisergebnisse: Bi-Minerale gibt es nicht in den Blei-Zinklagerstätten vom Bleiberger Typ, ebensowenig aus den Antimonitlagerstätten, wie einer Reihe anderer Lagerstättentypen. Vermerkt muß auch werden, daß die Eisenspat-Kupferkies-Lagerstätten der nördlichen Grauwackenzone, verglichen etwa mit den Tauerngoldgängen oder mit Eisenspat vom Hüttenberger Typus, arm an Bi sind; nur der unsichere „Wismut-

fahlerzfund“ von Schwaz und die zuerst von Böhne als ged. Au geduteten Bi-Einschlüsse im Fahlerz von Mitterberg sind der Literatur nach, hier anzuführen. Doch kennt Friedrich weitere, erzmikroskopisch festgestellte Vorkommen. Ein bemerkenswertes Ergebnis ist das Fehlen von Bi-Mineralen im Eisenspatlagerstättenzug vom Semmering über den steirischen Erzberg bis zur Teltschen bei Aussee.

Te.:

Die Kenntnis von Te-Erzen im Ostalpenraum ist noch recht jung. An Vorkommen wurden genannt:

Goldlagerstätte Schellgaden:

Altait (PbTe), Sylvanit ($\text{Ag}_2\text{Au}_2\text{Te}_8$) und Tetradymit ($\text{Bi}_2\text{Te}_7\text{S}$).

Goldlagerstätte Radhausberg:

Tetradymit.

Als neuer Fundort kann wahrscheinlich Tetradymit im Bleiglanz aus dem Magnesit von der Millstätter Alpe bei Radenthein hier an gereiht werden.

Sehr beachtenswert wäre ein weiterer Te-Erz-Nachweis, von dem Klebelsberg (1939), ohne Quellenangabe, unter „Erzvorkommen in den Zentralalpen westlich des Silltals“ bloß erwähnt, daß „der Bleiglanz zum Teil Silber (Hessit) enthält“. Hessit (Ag_2Te).

Hg.:

Als Quecksilberträger kommen bei uns bisher nur Zinnober (vereinzelt auch wohl meist sekundär entstandenes ged. Quecksilber) und, wirtschaftlich lokal nicht unwichtig, Quecksilberfahlerz (Schwazit) in Betracht.

Das Auftreten von Zinnober näher zu verfolgen, gewinnt deshalb besonderen Anreiz, weil seine lagerstättenkundliche Stellung ziemlich eng umrissen ist: magmaferne Abscheidungen aus hydrothermalen Lösungen von etwa 100°C (P. Ramdohr, 1950).

Bei den nachfolgend genannten Zinnober (\pm Quecksilberfahlerz-) Vorkommen aus der Grauwackenzone bzw. damit äquivalentem Paläozoikum aus den Ostalpen ist keinerlei Vollständigkeit angestrebt worden, sondern hier wird nur bezweckt, die relative Häufigkeit von Zinnober in Lagerstätten dieser Schichtglieder anzudeuten: Eisenspatlagerstätte Gebra/Pillersee; am Kogl bei Brixlegg; Rothenstein bei Serfaus; Gand und Flirsch; bei Prutz; Erzlagerstätten Erasmusgrube und Vogelhalt/Leogang; Magnesitlagerstätte Entachenalm/Dienten; Eisenbergbau Hölln und Schäfferötz/Werfen¹⁾; Kupferlagerstätte Mitterberg (Quergangklüfte); Johnsbach; Radmer; Steirischer Erzberg; Krumpen; Reiting; Polster; Brandberg; Neuberg; Edlach/Payerbach-Reichenau; Dalakkogel und andere Orte um Gratwein; Hohe Rannach und Zösenberg bei Graz; Hohes Kohr/Turracher Höhe und Rotrasten (Ebene Reichenau); Ruden und Schwabegg (hier auch Zinnober in Schwer-spat); Kotschna bei Eisenkappel; Javoriagraben;

¹⁾ Nach freundlicher Mitteilung von K. Matz wurde von ihm 1951 Zinnober auch im Schurfbau Taghaube bei Mühlbach/Hochkönig, in dem die Eisenerze die gleiche geologische Position, wie in Schäfferötz besitzen, aufgefunden.

Waidisch; St. Josef/Loibltal; Thörl bei Tarvis; Buchholzgraben bei Stockenboi; Glatschachgraben bei Dellach.

Ein Großteil dieser Vorkommen betrifft Eisenspatlagerstätten vom Typus des steirischen Erzberges; der Hüttenberger Typus ist frei von Quecksilbermineralen!

Nach den alten Angaben von Zinnober „in beträchtlicher Menge“ (Buchrucker, 1891) in magnetischer Gangart aus den Erzlagerstätten von Leogang (von hier auch mit Zinnober imprägnierter Zölestin), ist es von hohem Interesse, daß Zinnober nun auch aus der Magnesitlagerstätte Entachenalm/Dienten nachgewiesen worden ist (Siegl, 1953).

Zinnober zusammen mit Antimonit, wird nur von Neustift und Kurt/Schlaining und von Maltern/NNW Neustift, nicht aber aus den Antimonlagerstätten des Drautales berichtet.

Den Bleizinklagerstätten vom Bleiberg-Typus fehlen Hg-Erze völlig.

Die Quecksilbervorkommen Kärntens erfahren gerade durch Friedrich und Krajicek (Teil I, 1952) eine moderne, monographische Bearbeitung.

Aus den Hohen Tauern + Zillertaler Alpen gibt es meines Wissens bloß eine einzige Nachricht über Zinnober vom „Radhausberg bei Böckstein“, „klein krystallinisch, derb, eingesprengt und angeflogen, scharlach- bis dunkelcochenilleroth mit Eisenkies, auf Quarz“ (Fugger, 1878). Sie erscheint mir nach Fundort, wie Mineralbestimmung höchst überprüfenswert. Denn alle Lagerstätten im Tauernbereich, wie ebenso die hochtemperierten Vererzungen außerhalb derselben (z. B. Zinkwand, Puchegg/Vorau, Kliening usw.) sind bisher frei von Zinnober befunden worden. Haberlandt und Schiener (1951), die sich kürzlich mit der Mineral- und Elementvergesellschaftung um Badgastein-Siglit-Radhausberg beschäftigt haben, berichten nichts über Zinnober oder andere Hg-Erze aus diesem Gebiete.

So kann für die weitaus überwiegende Zahl der Quecksilbervorkommen nördlich, wie südlich der Zentralzone festgehalten werden, daß ihr Auftreten sich überraschend gut einer alpidischen und einheitlichen Ostalpenvererzung im Sinne von W. Petrascheck (z. B. 24), O. Friedrich (z. B. 9) und E. Clar (5; 6) eingefügt.

Sr:

Es sind bloß einige wenige Mineralarten, die in unserem Gebiet vorkommen und Strontium als Hauptbestandteil enthalten, Strontianit (SrCO_3) und Zölestin (SrSO_4), denen eventuell noch Kalziostromantit (Emmonit, ein Ca-haltiger Strontianit) und Barytozölestin (Mischkristalle Baryt-Zölestin) an die Seite gestellt werden können. Sr-Phosphate, -Borate, -Silikate sind bei uns noch völlig unbekannt. Aus der Schweiz, aus dem Dolomit des Binnentals und auf Magnesit aus dem Simplontunnel wurde dagegen schon Goyazit [= Hamlinite, $\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$] nachgewiesen.

Bei der geochemischen Stellung, die das Element Strontium einnimmt, ist bei einer Diskussion der regionalen Sr-Mineralvorkommen von vornherein kein so eindeutiges Ergebnis zu erwarten, wie es etwa Mo, W, Bi oder Hg zu liefern vermögen.

Die Zahl der Vorkommen unserer Strontiumminerale ist in den letzten Jahren aber derart angestiegen, daß eine paragenetische Aufgliederung in ähnlicher Weise, wie es Matz (16) für Flußspat durchgeführt hat, wünschenswert erschien, um einmal einen ersten Überblick zu erhalten. In solchen Fällen, in denen ein Mineral (bzw. Minerale, die ein bestimmtes Element enthalten) weltweit bekannt in verschiedenen genetischen Gruppen (z. B. im sedimentären Zyklus und aus hydrothermalen Lagerstätten) auftritt, ist mit besonderen Schwierigkeiten zu rechnen. Dazu trägt die der Literatur nach teilweise recht unvollkommene Beschreibung der Vorkommen das ihre bei und manche Ergebnisse von heute werden bei künftigen Neuuntersuchungen ein anderes Gesicht erhalten. Auch ist selbst bei sonst rein hydrothermalen Mineralgesellschaften die Möglichkeit lateralsekretionärer Stoffmobilisation aus der engeren oder weiteren Nachbarschaft im Auge zu behalten. Strikte Beweise aufzufinden, wird selten möglich sein.

A) Strontiummineralvorkommen aus dem sedimentären Zyklus

- Hohe Munde bei Telfs:** Zölestin xx auf Spalten und als Steinkern von Austern und Muscheln in Mergelkalken der Raibler Schichten (Haas, 1912).
- Hall:** Große Zölestin xx auf grauem Kalk (Groth, 1878).
- Häring:** Im unteroligozänen Zementmergel und im Stinkstein, hangend zum Kohlenflöz, führen Kalkspatgänge Zölestin xx (Koechlin, 1905).
- Ischl:** 7 cm große Zölestin xx im Steinsalz (v. Hauer, 1853; Auerbach, 1869). Das von Haidinger (1847) gemeldete Vorkommen von Hallstatt ist nach Zepharovich (1873) mit dem Ischler Fund ident!
- Aussee:** Scheibenstollen, Stollenmeter 717: Zölestin mit Anhydrit und Kalkspat im Hallstätter Kalk (Meixner, 1952).
- Klein-Reifling:** Strontianit und Zölestin im Triaskalk erwähnten Schadler & Weiß (1935).
- Göstling im Ybbstal:** Zölestin xx auf Klüften im Kalkstein (wohl Trias) des Königsbergstollens der Ybbstaler Steinkohlenwerke (Haldenfund), nach Marchet (1924).
- Hetzendorf/Wien:** Zölestin xx im tertiären Tegel (W. Haidinger, 1847). Baryt xx sind aus dem Kalkmergel von Sievering bekannt (Tschermak, 1867).
- Bisamberg, Großer Steinbruch bei Langenzersdorf:** Stengeliger Strontianit in „ankeritischem Kalkspat“ (H. Haberlandt, 1938) oder im „Ankerit“ (H. Haberlandt, 1940). Die Zuordnung wird schwierig und ist unsicher, weil ich nicht entscheiden kann, ob der Strontianit hier tatsächlich

mit einer ankeritischen Eisenvererzung etwa im Kreideflysch auftritt.

Sonnberg bei Guttaring: Große Zölestin xx aus der Kernhöhlung eines Nautilus Seelandi aus den über der Eozänkohle lagernden Nummulitenmergeln (Meixner, 1950).

St. Cassian: Zölestin als Versteinerungsmittel und Steinkern von Ampullarien (Blum, 1847).

B) Strontiumminerale aus Hydrothermalbereichen:

Greiner: Aus Talk-Chlorit-Gesteinen des Greiner Serpentin körpers wurde außer Magnetit, Apatit (Spargelstein) und Breunnerit auch „Zölestin“ (Haidinger, 1847) beschrieben, der nach Zepharovich (1868) jedoch als Barytozölestin zu bezeichnen ist; das angegebene spez. Gew. von 4,13 ist für Ulliks Analyse $[(\text{Sr}^{272}, \text{Ba}^{209}) \text{SO}_4]$ zu niedrig, es entspräche bloß etwa 30 F.E. % BaSO_4 .

Hall: Zölestin, der angeblich aus der Haller Salzlagerstätte stammen soll, im Aussehen recht den Leoganger Stücken ähnelt (Groth, 1878), ist bereits in der vorhergehenden Gruppe angeführt worden. Hier muß jedoch der eigenartigen, mikroskopischen Zölestin xx, die neben Kupferkies im Steinsalz vorgekommen sind, gedacht werden (W. Haidinger, 1848). Genese unsicher.

Schwaz, Falkenstein und Ringenwechsel: Zölestin neben Fahlerz auf Dolomit nach Gasser (1913, S. 183 u. 508) und Tausch (1953). Von mehreren Orten des Schwazer Bergbaues wird, ohne Analysen, außerdem Kalziostrontianit angeführt (Gasser, 1913).

Brixlegg, Großkogel: Kugelige Anhäufungen spießiger Kristalle (auf Baryt der Fahlerzlagerstätte aufgewachsen) benannte Cathrein (1888) mit Kalziostrontianit: $[(\text{Sr}^{587}, \text{Ca}^{131}) \text{CO}_3]$; neuere Untersuchungen scheinen zu fehlen. „Barytozölestin“ $[(\text{Ba}^{504}, \text{Sr}^{83}, \text{Ca}^{11}) \text{SO}_4]$ vom Großkogel analysierte Bergmann bei Sandberger (1854/87) und ist besser als Sr-haltiger Baryt zu bezeichnen.

Leogang: Zölestin- und Strontianit xx aus der Kupferlagerstätte Leogang (Erasmusgrube, Danielstollen) waren bereits Mohs (1839) bekannt, sie gehören zu den berühmtesten und begehrtesten Mineralen dieses alten Bergbaues. Mehrere kristallographische Bearbeitungen, zuletzt Buchrucker (1891). Gangart wenigstens teilweise Magnesit!

Mitterberg: Nach Funden von K. Zschodke in der Mitterberger Kupferlagerstätte sind um 1932/33 etwa gleichzeitig von O. Nowak (Unveröffentl. Dissertation Univ. Wien) und von mir Zölestin und Strontianit (= „Zeolithe“ bei Böhne, 1931) festgestellt worden. Sie gehören nach Mitteilung von K. Matz mit Quarz, Baryt, Fahlerz, Zinnober, Apatit, Albit usw. der „jungen Querganggruppe“ an, die auch nach der gefügeanalytischen Untersuchung von Karl (1953) sicher alpidisch und paratektonisch gebildet worden ist.

Siglitzer Goldquarzgänge: Aus Quarzbändern im Bereich des Kupelwieser Ganges nen-

nen Haberlandt & Schiener (1951) grünlichweiße Strontianit xx in büschelförmigen Gruppen.

Umgebung Werfen: Aus den Lazulith-, Wagnerit-, Breunnerit führenden Quarzgängen, (Höllgraben, Raidlgraben usw.) ist seit Anfang des vorigen Jahrhunderts „Baryt“ bekannt (auch Hegemann & Steinmetz, 1927), ebenso aus den genetisch verwandten „Brauneisenlagerstätten“ (teilweise oxydierte Mg-Fe-Mischkarbonate) von Hölln, Schäfferötz usw. — Hatle & Tauß (1887) haben einen „Baryt“ aus der Lazulithparagenese analysiert und ihn als „Barytocölestin“ $[(Ba^{863}, Sr^{82})SO_4]$ beschrieben; der Analyse nach müßte das Mineral eher als Sr-haltiger Baryt bezeichnet werden. Eigene spez. Gewichtsbestimmungen an zahlreichen Werfener „Baryten“ scheinen Mischkristalle von Baryt bis zu etwa 50 F.E.% $SrSO_4$ zu belegen.

Oberdorf bei Bruck a. d. Mur: In dieser Spatmagnetitlagerstätte hat Matz (1939) das schönste und reichste Strontianitvorkommen Österreichs entdeckt; seltener kommen Zölestin xx mit vor (Matz, 1944/47).

Steinbauernfels bei Neuberg: Ein Mineral aus der Eisenspatlagerstätte wurde mit 97,65 % $SrCO_3$ als Strontianit erwiesen. (Jüptner, 1884).

Bleiberg-Kreuth, Grube Antoni: Zölestin xx mit Kalkspat und Anhydrit zwischen 3. und 4. Lauf; am 9. Lauf sind Zölestin xx Flußspatkristallen, die zur Pb-Zn-Vererzung gehören, aufgewachsen (Meixner, 1950).

Zu A: Aus diesem Material ist deutlich zu sehen, daß Zölestin (nicht Strontianit) mehrfach aus Salzlagerstätten nachgewiesen ist, daß Zölestin und seltener Strontianit aber auch unabhängig davon und ohne sichtliche Zusammenhänge mit hydrothermalen Vererzungen in triadischen und jüngeren Gesteinen einigermaßen verbreitet sind. Es ist zu erwarten, daß durch aufmerksame Beobachtung die Zahl solcher Vorkommen noch beträchtlich ansteigen wird.

Sehr auffällig ist, daß die Sr-Mineralien offensichtlich weder in paläozoischen Kalken, noch in den Marmoren des „Altkristallins“ zu Hause sind.

Zu B: Unsere 2 Strontiumminerale, Strontianit und Zölestin, finden sich zwar in verschiedenen Typen unserer Erz- und Minerallagerstätten, doch auffallenderweise jeweils nur mit ganz wenigen Fundpunkten besetzt: Tauerngoldgänge (1 Fund), Lagerstätten in der nördlichen Grauwackenzone von Fahlerz (2 Funde), von Kupferkies (2 Funde), von Eisenspat (1 Fund), von Magnesit (1 bis 2 Funde), im Bleiberger Typus (1 Fund).

Die kristallmorphologischen Parallelen zwischen Strontianit-, Zölestin- und selbst auch den flächenreichen Dolomit xx aus der Magnesitlagerstätte Oberdorf mit den alten Vorkommen von Leogang, wo Magnesit teilweise die Gangart bildet, müssen besonders betont werden.

In Eisenspatlagerstätten der Hüttenberger Gruppe fehlen Sr-Mineralien bislang.

Höchst eigenartig mutet der fast völlige Mangel von Sr-Mineralen in den Lagerstätten südlich der Zentralzone an. Auch unser Penninikum (Tauern + Zillertaler Alpen) ist mit Sr-Mineralvorkommen ganz auffallend schwach besetzt (Siglitz, Greiner). Eine weitere Frage, die derzeit wohl nicht zu beantworten ist, tritt auf, warum etwa die Radstädter Trias, wie auch die Matreier Zone ohne Sr-Funde sind. Kalksedimente enthalten nach Noll (1934) häufig einige 0,01 Gew.% SrO . Bei solcher „Allgegenwart“ von Strontium ist es schwer zu verstehen, warum eine lateralsekretionäre Strontiummobilisation doch nur bei der Bildung von ganz vereinzelt unserer Lagerstätten stattgefunden hätte.

Eine der nächsten Aufgaben sollte das Studium der Verbreitung des Elementes Ba im Ostalpenraum betreffen.

*

Damit sind für diese Übersicht auch eine Reihe von neuen Beispielen beigebracht worden, die zeigen, daß mineraltopographische Auswertungen wesentlich zur Aufklärung von Lagerstätten-Zusammenhängen beitragen können. Die Grundlagen dafür sind in mühevoller Kleinarbeit seit über 150 Jahren von Wissenschaftlern und Mineralsammlern zusammengetragen worden. Auch jetzt noch müssen weiterhin Bausteine gesammelt werden. Nichts verbindet Fachmineralogen und Mineralsammler stärker, als mineralparagenetische Forschungen. Gar manches Mineral ist erst theoretisch vermutet worden, bevor die Auffindung dann tatsächlich gelungen ist.

Wenn mich selbst gerade solche Probleme mineralogischer Forschungstätigkeit öfters gefangen nahmen, so verdanke ich das ganz wesentlich der Einführung in die mineralparagenetische Blickrichtung (1; 2:) durch meinen verehrten Lehrer und väterlichen Freund Prof. Dr. F. Angel, dem diese Studie dankbarst zugeeignet sei!

Zusammenfassung

Auf Grund mineraltopographischer Unterlagen, der Landesmineralogien und des seither erschienenen einschlägigen Schrifttums, kann das große in Friedrichs Lagerstättenkarte verarbeitete Material der mindestens beschürften Vorkommen für eine genetische Gesamtschau einer „ostalpinen Mineralisationsprovinz“ noch erweitert werden:

1. Durch Einbeziehung von allen kleinen, nicht als „Lagerstätten“ im obigen Sinne anzusprechenden Erzvorkommen (z. B. Molybdänglanz oder Scheelit im Ostalpenraum).
2. Durch die Ausdehnung auf bestimmte Mineralparagenesen, die nach Art und Menge als Rohstoffe wirtschaftlich uninteressant sind (z. B. Lazulith — Wagnerit — Pyrophyllit, Piemontit u. a. Mangansilikate, alpine Kluffminerale usw.);
3. das Auftreten bestimmter Minerale (z. B. Staurolith, Spodumen, Scheelit, Beryll, Lazulith, Molybdänglanz, Flußspat, Strontianit u. dgl.), oder noch allgemeiner

4. von Elementen (z. B. Ni, Co, As, Bi, Li, Be, Sr, Ba, W, Mo, usw.), jeweils in Lagerstätten und in nichtbeschränkten Vorkommen kann gebietsweise diskutiert werden.

Auf die Ergebnisse bereits vorliegender Bearbeitung wird hingewiesen und neuere Beispiele (Spodumen bzw. Li, Bi, Te, Hg, Sr), die den Wert der mineralparagenetischen Forschung eindrucksvoll belegen, werden mitgeteilt.

Summary

On the basis of the available data, the mineralogies of the various Austrian alpine regions, and the literature on the subject published up to now, it is possible to complete the materials that were used for the construction of Friedrich's big map of mineral deposits, so that it will serve, at least, as far as prospected occurrences are concerned, for a general genetic review of the mineralization of the Eastern Alps:

- 1) By the incorporation of all minor occurrences of ores to which the term „deposit“ in the above sense is not applicable, for instance molybdenite or scheelite in the region of the Eastern Alps,
- 2) by extending it to mineral associations that, owing to their nature and extension, are not of economic interest as raw materials, for instance, lazulite, wagnerite, pyrophyllite, piemontite, silicates of manganese and „alpine Kluffminerale“,
- 3) by recording regionally the occurrences of certain minerals, for instance, staurolite, spodumene, scheelite, beryl, lazulite, molybdenite, fluorspar, strontianite etc., and
- 4) by recording elements, for instance, Ni, Co, As, Bi, Li, Be, Sr, Ba, W, Mo, etc. in deposits and not prospected occurrences.

Attention is called to the results of already available studies, and more recent examples (spodumen or Li, Bi, Te, Hg, Sr), that bear testimony to the value of research in the field of mineral associations, are cited.

Résumé

M. Friedrich a utilisé à la construction de sa carte des gîtes minéraux une abondance des données, concernant des occurrences au moins prospectées. A l'aide de la documentation minéral-topographique, c'est à dire des minéralogies régionales et de la littérature sur ce sujet publiée jusqu'à présent, il est possible de compléter ces données minières à un aperçu général génétique d'une province de minéralisation des Alpes orientales, à savoir:

1. en incorporant toutes les petites occurrences minérales, pour lesquelles le terme „gisement“ ne peut être appliqué dans le sens ci-haut (par exemple molybdénite ou schééélite dans la région des Alpes orientales).

2. par l'extension sur des certaines associations minérales, qui par suite de leur nature et étendue n'intéressent pas économiquement

comme matières premières (par exemple lazulite — wagnerite — pyrophyllite, piemontite, silicates des manganèse, ainsi que les „alpine Kluffminerale“ etc.).

3. on peut discuter de point de vue régional la présence et la distribution des certains minéraux (par exemple staurotide, spodumène, schééélite, beryl, lazulite, molybdénite, fluorine, strontianite etc.) ou — plus généralement encore —

4. la présence et la distribution des éléments dans les gisements d'un côté, dans des occurrences non prospectées d'autre côté, (par exemple Ni, Co, As, Bi, Li, Be, Sr, Ba, W, Mo etc.).

L'auteur tire l'attention du lecteur sur les résultats des recherches déjà publiées et explique des exemples plus récents (spodumène ou Li; Bi, Te, Hg, Sr) qui mettent en évidence la valeur des recherches paragenétiques.

Literaturverzeichnis

- (1) Angel, F., und R. Scharizer, Grundriß der Mineralparagenese. Wien 1932 (Springer), 1—293.
- (2) Angel, F., Ziele und Aufgaben der Parageneseforschung. Scientia. Milano 1935, 409—419.
- (3) Beck-Mannagetta, P., Zur Tektonik des Stainzer und Gamser Plattengneises in der Koralpe (Steiermark). Jb. d. Geol. B. A., Wien 1945, 151—180.
- (4) Berwerth, F., und F. Wachter, Mineralogisches und Geologisches aus der Umgebung des Sonnblick. I. 7. Jahressber. d. Sonnblick-Vereines f. 1898, 12—39.
- (5) Clar, E., Ostalpine Vererzung und Metamorphose. Verh. d. Geol. B. A., Wien 1945, 29—37.
- (6) Clar, E., Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. Geol. Rundschau, 41, 1953.
- (7) Czermak, F., und J. Schadler, Vorkommen des Elementes Arsen in den Ostalpen. Min. u. Petr. Mitt. 44, 1933, 1—67.
- (8) Czermak, F., Neue Funde von Paramorphosen nach Andalusit im Gebiete der Koralpe (Steiermark und Kärnten). Zentralbl. f. Min., 1938, A, 47—58.
- (9) Friedrich, O., Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Zs. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesens im Deutschen Reich 85, Berlin 1937, 241—253.
- (10) Haberlandt, H., Neue geochemische Untersuchungen im Gebiete von Badgastein. Mikrochemie — Microchimica Acta 39, 1952, 92—100.
- (11) Hiebleitner, G., Sulfidisch — arsenidisches Ni—Co auf alpinen Erzlagerstätten. Zs. prakt. Geol. 37, 1929 (1—8).
- (12) Hiebleitner, G., Die geologischen Grundlagen des Antimonbergbaues in Österreich. Jb. d. Geol. B. A. 92, Wien 1949, 1—92.
- (13) Leitmeier, H., Einige neuere Mineralvorkommen im Gebiete des Habachtales, ein Beitrag zur Kenntnis der Entstehung der Zentralgranitgneise in den Hohen Tauern. Min. Petr. Mitt. 53, 1942, 271—329.
- (14) Leitmeier, H., Über die Entstehung der Kluffminerale in den Hohen Tauern. Tschem. Min. Petr. Mitt. 3. Folge, 1, 1949, 390—413.
- (15) Leitmeier, H., Mineralien des südlichen Venedigergebietes. Tschem. Min. Petr. Mitt., 3. Folge, 2, 1952, 115—122.
- (16) Matz, K., Genetische Übersicht über die österreichischen Flußspatvorkommen (mit Karten). Der Karinthin, Folge 21, 1953, 199—217.
- (17) Meixner, H., Das Mineral Lazulith und sein Lagerstätten-typus. Berg- u. Hüttenmänn. Jb. 85, 1937, 1—22, 33—49.
- (18) Meixner, H., Zusammenstellung der Minerale der Ostmark. Mitteil. Naturw. Ver. f. Stmk. 75, Graz 1939, 113—129.
- (19) Meixner, H., Zeolithe aus Niederdonau. Verh. d. Zweigst Wien d. Reichsst. f. Bodenschg., 1939, 254—260.

- (20) Meixner, H., Ein Besuch der Talklagerstätte Schellgaden im Lungau. Fortschr. d. Min. **23**, 1939, XXV—XXVIII.
- (21) Meixner, H., Wulfenit von der Gehrwand . . . und Bemerkungen über die Molybdän-Paragenesen in den Ostalpen. Berg- u. Hüttenmänn. Mh. **95**, 1950, 34—42.
- (22) Meixner, H., Über einige typomorphe Minerale aus den Ostalpen. Zs. Geologie **1**, Berlin 1952, 197—200.
- (23) Meixner, H., Mineralogische Beziehungen zwischen Spatmagnetit und Eisenspatlagerstätten in den Ostalpen. Radex-Rundschau, 1953, im Druck.
- (24) Petrascheck, W., Die Magnesite und Siderite der Alpen. Sitzber. d. Akad. d. Wiss., Math.-nat. Kl. I, **141**, Wien 1932, 195—242.
- (25) Schwinner, R., Die Verbreitung des Elementes Arsen in ihrer Beziehung zum Gebirgsbau der Ostalpen. Min. Petr. Mitt. **46**, 1934, 56—72.
- (26) Tornquist, A., Die Blei- und Zinklagerstätten von Bleiberg-Kreuth in Kärnten. Wien 1927 (Springer), 1—106.
- (27) Wachter, F., Mineralogisches und Geologisches aus der Umgebung des Sonnblick. 8. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines f. 1899, 35—49.
- (28) Weinschenk, E., Die Minerallagerstätten des Groß-Venedigerstockes in den Hohen Tauern. Zs. Krist. **26**, 1896, 337—508.
- (29) Weiß, K., Der Staurolith in den Alpen. Zs. Ferdinandeum. 3. Folge, **45**, Innsbruck 1901, 127—171.

Mineralogische Beziehungen zwischen Spatmagnetit- und Eisenspatlagerstätten der Ostalpen

Von H. Meixner, Knappenberg, Kärnten

(Lagerstättenuntersuchung der Österreichischen Alpine-Montangesellschaft)

(Kristallchemie der rhomboedrischen Karbonate, Namengebung; Diskussion vorhandener Analysen, Vorbereitung von Mg-Fe-Mischkarbonaten, Paragenesen der Begleitminerale; enge Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Spatmagnetit- und Eisenspatlagerstätten.)

(Crystal chemistry of the rhombohedral carbonates, terminology, discussion of available analyses, occurrence of Mg-Fe mixed carbonates. Parageneses of the associated minerals; close relationship between crystalline magnetite and siderite deposits.)

(La chimie de cristal des carbonates rhomboédriques, dénomination, discussion des analyses existantes; occurrences des carbonates mixtes de Mg-Fe, paragenèse des minéraux secondaires; relations de parenté entre les gisements de magnésite spathique et sidérose.)

Ein halbes Jahrhundert ist es in diesem Jahre, seit K. A. Redlich (25) mit seiner Studie „Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnetitlagerstätten der steirischen Alpen“ eine Diskussion über die wichtigste Gruppe von Lagerstätten, die es in Österreich gibt, eingeleitet hat, die auch jetzt noch, wie Veröffentlichungen gerade der jüngsten Zeit zeigen, mitten im Flusse ist. Gleichartige Probleme greifen über die Ostalpen hinaus, sie reichen weit nach Osten, bis tief in die Slowakei hinein. Eine Unzahl von Literatur darüber ist in diesen 50 Jahren veröffentlicht worden, sowohl an Einzeldarstellungen als auch an Zusammenfassungen. Für diese letzteren sind außer Redlich (23; 24; 28 bis 32; 34 u. a.) vor allem Angel (1 bis 3), Clar (7) (8), Friedrich (10; 13), Leitmeier (18 bis 20), W. Petrascheck (23) (24) und Schwinner (37) anzuführen. Eine Reihe von neuen Momenten sind, den Fortschritten der Mineralogie im allgemeinen, wie den Erkenntnissen detaillierter Einzeluntersuchungen nach, ins Treffen geführt worden. Eine einheitliche, allgemein angenommene Lösung ist noch nicht gefunden worden, doch herrschen, wie die jüngste Darstellung von Friedrich klar erkennen läßt, wenigstens autorengruppenweise bereits recht einheitliche Auffassungen. Ich selbst habe mich seit gut 25 Jahren vorwiegend mit Mineralvorkommen der Ostalpen beschäftigt, viele an Ort und Stelle gesehen und selbst aufgesammelt, darüber hinaus ein großes Material aus alten und neuen Sammlungen ebenfalls untersucht und durchgearbeitet. Auch wurde getrachtet, bis zu recht verstreuten Schriftumsquellen vorzustößen, um bei regionalen mineralparagenetischen Übersichten das möglichst vollständig vorlegen zu können, was seit Generationen von hunderten von Forschern wohl erarbeitet, aber in den bestehenden Zusammenfassungen durchaus nicht in allem systematisch und einigermaßen vollständig ausgewertet worden ist. In vielem bringt auch das erweiterte Material Übereinstimmung mit Beobachtungen und Gedanken über die genetische Verwandtschaft von Eisenspat und Spatmagnetit in den Ostalpen, die vor allem durch Redlich und W. Petrascheck ins Schrifttum gekommen sind. Redlich hat ja nach Leitmeier (18, S. 434) „den innigen

genetischen Zusammenhang“ von Eisenspat „mit den kristallinen Magnetiten nachgewiesen und gezeigt, daß letztere eine vollständige Reihe in allen Mischungsverhältnissen bis zum reinen Magnetit darstellen, und daß durch die gleiche Paragenese dieser Zusammenhang um so mehr in die Augen fällt“. Es überschreitet den Rahmen dieser Arbeit, hier jeden einzelnen Mineralfund durch Schriftumszitate zu belegen.

Insgesamt bestätigt das ganze alte und neue, hier zusammengefaßte Material, die von Redlich und W. Petrascheck gezogenen Schlüsse, gewährt aber auch neue Einblicke in die Zusammenhänge unserer Spatlagerstättenparagenesen der Ostalpen; es scheint mir daher geeignet zu sein, manche noch umstrittene Frage klären und bis in die jüngste Zeit bestehende Differenzen überbrücken zu helfen.

Isomorphie und Namengebung bei rhomboedrischen Karbonaten

Bevor hier näher auf spezielle Fragen eingegangen wird, ist es insbesondere wegen der weiten Verbreitung dieser Zeitschrift und weil moderne kristallchemische Erkenntnisse noch nicht Allgemeingut in der Praxis und in allen Nachbardisziplinen der Mineralogie geworden sind, angebracht, einige allgemeine Grundlagen über den heutigen Forschungsstand bei rhomboedrischen Karbonaten zu erörtern, um dann anschließend die Namengebung der einzelnen Glieder und Mischglieder kurz zu streifen. Darüber herrscht im Schrifttum heute teilweise ein ziemlicher Wirrwarr (z. B. Breunnerit, Braunspat, „Eisendolomit“, „ankeritischer Kalkspat u. dgl.) und nur durch vorhergehende Klärung der Begriffe können von vornherein Mißverständnisse ausgeschaltet werden.

Im Aufbau der stets an Kristallwasser und Hydroxylgruppen freien rhomboedrischen Karbonate sind, von Spurenelementen abgesehen, die Metalle („Me“) Ca, Mg, Fe²⁺, Mn²⁺, Zn, Cd, Co und Ni beteiligt. Allgemeine Formel: MeCO₃. Hunderte Analysen von ausgesuchtem, homogenem Material ergaben, daß tatsächlich häufig die praktisch fast reinen „Endglieder“ CaCO₃ (Kalkspat, Kalzit), MgCO₃ (Magne-

sit), FeCO_3 (Eisenspat, Siderit), MnCO_3 (Manganspat, Rhodochrosit) usw. zur Ausbildung kamen, in anderen Fällen an gesichert ebenso homogenem Analysenmaterial wurden mehrere Metalle gefunden, die zusammengenommen aber wieder der Formel MeCO_3 entsprechen. Dabei ist (analytisch belegt) schon lange bekannt, daß es zwischen einigen dieser „Endglieder“ Mischsysteme mit allen möglichen Zwischengliedern gibt, wie etwa zwischen Eisenspat und Magnesit, zwischen Eisenspat und Manganspat, annähernd auch zwischen Kalkspat und Manganspat, doch keineswegs zwischen Kalkspat und Eisenspat oder Kalkspat und Magnesit. In den letztgenannten Fällen sind es nur recht kleine Mengen (meist weit unter 1 Gew.%) von Fe im Kalkspat, von Ca im Eisenspat, von Mg in Kalkspat, die unter normalen Verhältnissen in die betreffenden Kristallgitter eingebaut werden. Der Begriff der Isomorphie ist alt; er geht bekanntlich auf Mitscherlich (1819) zurück. Über ein Jahrhundert lang wurde vorwiegend von den Chemikern beim „isomorphen Ersatz“ auf die gleiche Wertigkeit (Valenz) das Hauptgewicht gelegt. Damit läßt sich wohl die Mischreihe Eisenspat—Magnesit, nicht aber die Nichtexistenz einer gleichartigen Reihe vom Kalkspat zum Eisenspat erklären. Die Mineralogen haben lange schon auf die Plagioklase, das Mischsystem Albit—Anorthit verwiesen, bei dem offensichtlich die Einzelwertigkeit nicht die erste Rolle spielt. Ein frühes Ergebnis der durch Röntgenstrahlanalysen sprunghaft entwickelten Kristallstrukturforschung war die Entwicklung des Begriffes „Ionenradius“, die Feststellung der Bausteingrößen. Diese bedingen auch in der Kalkspatgruppe weitgehend die möglichen Isomorphien.

Es kann gleich hier eingeschaltet werden, daß in den Karbonaten unserer alpinen Spatlagerstätten allein Ca, Mg und Fe^{2+} , in bescheidenen Grenzen noch Mn^{2+} , eine Rolle spielen, nicht aber Zn, Cd, Ni und Co, so daß die Karbonate der letzteren, in diesem Zusammenhang, im folgenden übergangen werden können.

Die Ionenradien betragen für

Ca^{2+}	1,08 Å
Mn^{2+}	0,91 Å
Fe^{2+}	0,83 Å
Mg^{2+}	0,78 Å

Der Unterschied der Bausteingrößen zwischen Ca und Mn^{2+} ist schon recht beträchtlich; immerhin kam es auf der Welt gelegentlich zur Bildung von derartigen Mischkristallen. Aus österreichischen Fundstätten ist darüber noch wenig bekannt. Sicher gibt es bei uns (z. B. Hüttenberger Erzberg) im ultravioletten Licht rot leuchtende Kalkspäte, deren MnO -Gehalt weit unter 2, meist sogar unter 1 Gew.% liegt. Die bisher vereinzelt Beispiele erheblicherer Mischbarkeit zwischen CaCO_3 und MnCO_3 aus den Ostalpen sind nicht modern untersucht, die mineralogische Homogenität des Analysenmaterials ist nicht gesichert. Ein „Manganspat“ vom Radhausberg soll nach Simianowsky (14, S. 61) aus 13,36 % MnCO_3 , 85,83 % CaCO_3 und 1,10 % FeCO_3 bestehen; das würde heute bei Homogenität als Sparta it be-

zeichnet werden. Hofmann und Slavik (1909) nannten (ohne Analyse) „Manganhaltigen Kalzit“ aus der Manganlagerstätte vom Friedlkogel bei Veitsch. — Wir können im folgenden auch dieses System beiseite lassen.

Magnesite sind in den Ostalpen praktisch meist Mn-frei oder sehr arm daran.

Siderite enthalten häufig 1 bis 3 Gew.% MnO , gelegentlich auch noch wesentlich mehr, die Bausteingrößen zwischen Fe^{2+} und Mn^{2+} liegen näher als bei Mg—Mn beisammen; weitgehende Substitutionen (z. B. Oligonit) sind aber aus unserem Raum bisher unbekannt.

Am nächsten stehen sich die Ionenradien von Fe^{2+} und Mg, und das liefert die Begründung der unbeschränkten Mischkristallbildung zwischen FeCO_3 und MgCO_3 , vom Eisenspat zum Magnesit. Zur tatsächlichen Ausbildung von verschiedenen „Zwischengliedern“ kommt es natürlich nur dann, wenn gleichzeitig beide Ionenarten in variablen Verhältnissen zugegen sind.

Alle diese Minerale der Kalkspatgruppe kristallisieren ditrigonal-skalenoedrisch (Rhomboedrische Hermiedrie).

Die Kristallographen haben nun seit langem schon gefunden, daß es mit den Gliedern der Dolomitgruppe noch weitere rhomboedrische Karbonate gibt, denen aber eine niedrigere Kristallsymmetrie (trigonal-rhomboedrisch, rhomboedrische Tetradoedrie) zukommt. Die Formel des Dolomits ist bekanntlich $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$; aus allen Analysen an homogenem Material folgt, daß die Anzahl der Ca-Atome gleich oder sehr nahe gleich der der Mg-Atome ist. Die Nichtgleichheit kann sowohl auf Analysenfehler, als auf bloß geringe gegenseitige Ersetzbarkeit entsprechend den großen Unterschieden ihrer Ionenradien zurückgeführt werden. Zur Dolomitgruppe gehört auch der Ankerit, dem im Schrifttum häufig die Formel $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ zugeschrieben wird. Es muß aber auch hier darauf hingewiesen werden, daß es bisher keine diese Formel belegende Ankeritanalyse gibt, daß alle bisher untersuchten „Ankerite“ in wechselnden Mengen auch Mg enthalten. Aus den Analysen der eisenreichsten Ankerite lassen sich etwa 80 F.E. % (Formeleinheiten%, = „Mol.%“) $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ neben 20 F.E.% $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ herausrechnen. Von diesem bisher eisenreichsten Glied herunter bis zum reinen Dolomit sind praktisch alle Mischglieder reichlich durch Analysen belegt. Bei allen Fe-haltigen, homogenen Dolomiten bis zu den Ankeriten ist die Zahl der Ca-Atome stets sehr weitgehend gleich der Summe der ($\text{Fe} + \text{Mg} \pm \text{Mn}$)-Atome. Der Grund, warum es nie zur Bildung eines „Reinankerits“ $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ zu kommen scheint, ist unbekannt. Gleichartig mit dem isomorphen Ersatz in der Kalkspatgruppe erfolgt beim Dolomit also lediglich ein Wechsel im Verhältnis Mg:Fe. Beträchtlich manganhaltige Glieder (Kuttenbergit, Greinerit) sind sehr selten.

Nachdem die Trennung der rhomboedrischen Karbonate in einerseits die Kalkspatgruppe, andererseits die Dolomitgruppe, durch kristallographische, chemische (einschließlich Thermodifferentialanalyse) und

röntgenographische Untersuchungen eindeutig begründet ist, erscheint es nicht recht verständlich, wenn gelegentlich auch in neueren Lehrbüchern und Spezialarbeiten davon nicht Gebrauch gemacht und z. B. Ankerit als $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{CO}_3$ aufgefaßt wird.

Auf die Beobachtungen in den Spatlagerstätten der Ostalpen bezogen, haben wir also auf folgende Mineralarten und Mischkristallreihen zu achten:

a) Kalkspatgruppe (ditrigonal-skalenoedrisch), MeCO_3 .

Kalkspat CaCO_3

Magnetit MgCO_3

Siderit FeCO_3

Mischkristallreihe $\text{MgCO}_3 - \text{FeCO}_3$:

$[(\text{Mg}^{100-x}, \text{Fe}^x) \text{CO}_3]$;

die Benennung der Mischglieder erfolgt in der Literatur teilweise recht uneinheitlich. Hier wird die Abgrenzung von Winchell (39, S. 108) verwendet und in spezielle Formeln umgerechnet, angeschrieben:

Magnetit $[(\text{Mg}^{100-90}, \text{Fe}^{0-10}) \text{CO}_3]$;
(0 bis 8,2 Gew. % FeO)

Brunnerit $[(\text{Mg}^{90-70}, \text{Fe}^{10-30}) \text{CO}_3]$;
(8,2 bis 22,9 Gew. % FeO)

Mesitit $[(\text{Mg}^{70-50}, \text{Fe}^{30-50}) \text{CO}_3]$;
(22,9 bis 35,9 Gew. % FeO)

Pistomesit $[(\text{Mg}^{50-30}, \text{Fe}^{50-70}) \text{CO}_3]$;
(35,9 bis 47,1 Gew. % FeO)

Sideroplesit $[(\text{Mg}^{30-10}, \text{Fe}^{70-90}) \text{CO}_3]$;
(47,1 bis 57,4 Gew. % FeO)

Siderit $[(\text{Mg}^{10-0}, \text{Fe}^{90-100}) \text{CO}_3]$;
(57,4 bis 62,0 Gew. % FeO)

Die Hochzahlen in den Formeln geben Formeleinheiten % („Mol. %“) an. Die Abgrenzung ist, wie in allen derartigen Fällen, mehr oder minder willkürlich und praktischen Bedürfnissen entsprossen.

b) Dolomitgruppe (trigonal-rhomboedrisch),

Vorschlägen von Schoklitsch (36, S. 436) und Angel (1, S. 250) folgend, gebrauche ich für die Ankeritreihe die anschließende Unterteilung:

Dolomit $[\text{Ca}^{50}(\text{Mg}^{50-45}, \text{Fe}^{0-5}) (\text{CO}_3)_2]$;
(0 bis 10 F.E. % $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$,
= 0 bis 3,82 Gew. % FeO)

Braunspat $[\text{Ca}^{50}(\text{Mg}^{45-33,5}, \text{Fe}^{5-16,5}) (\text{CO}_3)_2]$;
(10 bis 33 F.E. % $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$,
= 3,82 bis 12,15 Gew. % FeO)

Ankerit $[\text{Ca}^{50}(\text{Mg}^{33,5-10}, \text{Fe}^{16,5-40}) (\text{CO}_3)_2]$;
(33 bis 80 F.E. % $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$,
= 12,15 bis 27,40 Gew. % FeO)

Aus den Hochzahlen in den Formeln (und umgekehrt) erhält man unschwer die F.E. % $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$; jeden Fe kommen gleich viel Metallatome Ca zu. Die verdoppelte Fe-Hochzahl liefert also Formeleinheiten % $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ und die Differenz auf 100 gibt

F.E. % $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ an. Zur näheren Kennzeichnung in dieser Mischkristallreihe wird man tunlichst nicht neue Namen erfinden, sondern spezielle Formeln, etwa nach der obigen Art, oder F.E. % verwenden.

Zur Frage des Muttergesteins in unseren Spatlagerstätten

Die Beantwortung der Frage nach dem Ausgangsgestein ist für die Erklärung der Stoffumsätze auf unseren Spatlagerstätten von grundlegender Bedeutung.

Als Redlich (25; 26; 28; 29; 32) Metasomatosevorgänge — er nannte sie anfangs noch „Metamorphosen“ — zur Erklärung der Bildung vieler alpiner Magnetit- und Eisenspatlagerstätten heranzog, wurde die Hauptbeweiskraft in chemischen Analysen gesehen. Eine der schönsten Beweisführungen dieser Art, die Magnetisierung und Dolomitisierung von Crinoidenstielgliedern (z. B. 31, S. 92), ist später bezweifelt, von Redlich schließlich aber neuerlich analytisch belegt worden (34, S. 110). Da es um 1910 in fein gemengten Karbonaten nicht immer möglich war, die einzelnen Phasen zu unterscheiden, schienen manche Analysen, besonders auch der synthetisch erzeugten „Mischsalze“ von Pfaff und Klement selbst Übergänge vom Kalkspat zum Dolomit und weiter zum Magnetit (analog über Ankerit zum Siderit) zu belegen. Redlich (z. B. 26; 31, S. 91) nahm daher ursprünglich eine stufenweise Metasomatose an, derart, daß von reinen Kalkgesteinen aus, entweder bei Mg-Zufuhr über Dolomit Magnetit, oder bei Fe-Anlieferung über Ankerit Eisenspat entstehen würde. Insbesondere an den Rändern vieler Magnetitvorkommen ist Dolomit, bei Spateisenlagerstätten Ankerit beobachtet worden, was häufig mit der obigen Ansicht in Zusammenhang gebracht worden ist. Bald ist aber auch Redlich (31, S. 97; 32, S. 38) unter dem Einfluß der von Leitmeier (31, S. 97; 20, S. 137) vorgebrachten Argumente von einer derartigen, stufenweisen Metasomatose abgekommen, er trat dann für die direkte Umwandlung von Kalkstein (Kalkmarmor) in Magnetit bzw. Siderit ein. In den Beschreibungen unserer Spatlagerstätten finden sich nur sehr selten nähere, durch Untersuchungen gesicherte Angaben über das Ausgangsgestein. — Die Fe-Gehalte einer Reihe von Magnetitvorkommen liegen höher, als sie unseren paläozoischen Kalken und Dolomiten zukommen, so daß die magnetisierenden Lösungen auch Fe-Ionen mitgeführt haben müssen.

Besonders wichtig ist die Frage nach dem Ursprungsgestein bei den Eisenspatlagerstätten. Wir finden regelmäßig etwas Mg im Siderit selbst, wir finden Mg aber stets und oft sehr reichlich in den Braunspäten und Ankeriten. Es erscheint völlig gesichert, daß es auf unseren Eisenspatlagerstätten zu Braunspat- bis Ankeritbildungen nur in Zusammenhang mit der Eisenspatvererzung selbst, teils metasomatisch, teils als Kluft-(Gang)-Füllung gekommen ist. Nimmt man an, oder hätte man Beweise, daß Dolomit sideritisiert bzw. ankeritisiert worden ist, so wäre die Frage nach der Herkunft des Magnesiums von selbst gelöst; im Gegenteil, dann müßte noch

nach abgewandertem Mg gesucht werden. Ist dagegen Kalkstein sideritisiert oder ankeritisiert oder zu Braunspat umgewandelt worden, oder sind derart zusammengesetzte Gang- oder Kluftabsätze entstanden, dann kommt man um die Annahme nicht herum, daß mit der Fe-Zufuhr gleichzeitig bedeutende Mengen von Mg mitgekommen sein müssen, worauf schon W. Petrascheck (24, S. 139) aufmerksam gemacht hat.

Klärung kann nicht die bloße Beobachtung von Dolomit randlich der Magnesitmassen oder von Ankerit als Hülle von Sideritkörpern bringen, denn zahlreiche Bearbeiter verweisen, z. B. ausdrücklich auf randliche Dolomitierungen im Gefolge der Hauptmineralisation.

Beweisende Beobachtungen liefern einerseits mineralogisch-mikroskopische Anschliffuntersuchungen, wie sie, für diese Frage wohl erstmals in dieser Festschrift durch Angel und Trojer vorgelegt werden, andererseits Feldbeobachtungen des Geologen in gut aufgeschlossenen, in Betrieb befindlichen Großlagerstätten. Kollege E. Clar, der in den letzten Jahrzehnten eingehende geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen am steirischen und Hüttenberger Erzberg, sowie an den Magnesitlagerstätten Sunk/Trieben, St. Erhard/Breitenau, Oberdorf a. d. L., Lassing u. a. durchführte, hat mir freundschaftlichst seine Erfahrungen zu dieser Frage zur Verfügung gestellt. Dolomite, Braunspäte und Ankerite in den Siderit-, Dolomit- und in den Magnesitlagerstätten wurden demnach auch von ihm besonders randlich der Lagerstätten beobachtet. Wo immer aber von ihm streichend Eisenspat oder Magnesitkörper verfolgt werden konnten, kam er nicht in Dolomithorizonte, sondern in Kalksteine. Auf Grund dieser Beobachtungen müßten im allgemeinen Kalksteine als die Ausgangsglieder für unsere Spatmetasomosen betrachtet werden. Die Spatlagerstätten einschließlich ihrer dolomitischen oder ankeritischen Randbildungen erscheinen dann im größeren, geologischen Rahmen als zusammengehörige Umwandlungen in Kalkhorizonten. Für diese Mitteilungen sei Freund Clar herzlichst gedankt.

In den Eisenspatlagerstätten des Hüttenberger Erzberges sind Dolomite nachgewiesen worden, die teils älter, teils jünger als die Eisenspatbildung sind. Besonders beweisend, daß Dolomit hier nicht das Ausgangsgestein zur Eisenmetasomatose darstellt, scheint uns die mehrfache Beobachtung von völlig eckigen und unverdrängten Dolomitschollen mitten in Eisenspaterzkörpern zu sein. In der Hüttenberger Lagerstätte, wo wir recht verschiedenartige Karbonatisierungen (vgl. z. B. den gleichzeitig in der Carinthia II erscheinenden Exkursionsführer) bereits nachweisen konnten, haben wir trotz des Auftretens älterer Dolomite keine Anhaltspunkte gefunden, daß in irgend einem Falle Dolomit die Grundlage umfangreicherer Verdrängungen gewesen wäre. Wir glauben aber nachweisen zu können, daß am Hüttenberger Erzberg sowohl die ältere, als auch die jüngere Dolomitierung als Vor- bzw. Nachphase der Fe-Vererzung aufzufassen ist.

Die Antwort auf die eingangs gestellte Frage lautet demnach: Sicher sind im allgemei-

nen Kalkgesteine der Boden für Mg- und Fe-Metasomosen. Die Annahme von wenigstens orts- und zeitweise gemeinsamen, in wechselnden Verhältnissen zusammengesetzten Mg-Fe-Zufuhren ist daher nicht zu umgehen.

Im Sinne von Redlich, W. Petrascheck (23, S. 239), Friedrich (10) und Clar (7, S. 34) möchte ich dieses Ergebnis als einen Hinweis auf die Zusammengehörigkeit von Mg- und Fe-Metasomosen im Rahmen der jungen ostalpinen Vererzung ansehen.

Zur chemischen Zusammensetzung unserer Ostalpen-Späte

Mineralparagenetisch kennt man aus den Ostalpen:

1. Aus Magnesitlagerstätten:
sehr eisenarme Magnesite, und Mischglieder, die nach der hier gebrauchten Nomenklatur schon ins Feld der Breunnerite reichen;
dann Dolomite, die kaum oder selten so viel Fe enthalten, daß sie zu Braunspat zu stellen wären;
und Kalkspat.
2. Aus Eisenspatlagerstätten:
Siderit, wohl fast stets mit etwas Mg, nach eigenen neuen Untersuchungen oft schon in solchen Beträgen, daß richtiger von Sideroplesit gesprochen werden muß.
Dann Dolomit und eisenhaltige Mischglieder über Braunspat und die ganze Reihe der Ankerite bis zu Gehalten mit etwa 80 F.E. % $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$;
und Kalkspat.
3. Gangarten aus sulfidisch-arsenidischen Erzlagerstätten:
Sowohl Magnesite,
als Siderite und deren bisher wenig beachtete Mischglieder (Breunnerit, Mesitin, Pisto-mesit, Sideroplesit), weiter die Reihe Dolomit — Braunspat — Ankerit,
und Kalkspat.

Es gibt bei uns nur sehr wenig Karbonatanalysen von sorgfältig mineralogisch auf Homogenität überprüfem, gut kristallisiertem Material, insbesondere aus neuerer und neuester Zeit. Die meisten der zur Verfügung stehenden Daten sind Handstück- oder gar Hauwerks-Analysen, bei denen auf Homogenität in mineralogischem Sinne nicht geachtet worden ist, weil sie ja nur für betriebliche Zwecke die Zusammensetzung des Hauwerkes feststellen sollten. Auch hat die Zahl der analysierten Vorkommen bei Eisenspat bzw. Magnesit in den letzten 100 Jahren eine sehr beachtliche Verschiebung erfahren. Von den Eisenspatlagerstätten stehen seit Jahrzehnten nur mehr einige wenige in Abbau (steirischer Erzberg, Hüttenberger Erzberg, neuerdings noch Radmer). Die Zusammensetzung dieser Erze ist erfahrungsgemäß jeweils weitgehend konstant, auf kleinere Verunreinigungen durch Kalkspat, Dolomit-Ankerit wird im einzelnen nicht geachtet. Wenn im betreffenden Analysenmaterial nicht mineralogisch festgestellt

ist, was für Minerale bzw. Mischglieder bestimmter Zusammensetzung beigemengt sind, so ist aus den Bauschanalysen in vielen Fällen der Mineralgehalt rechnerisch überhaupt nicht zu erschließen.

Die sehr zahlreichen, im Lande verstreuten kleinen, teilweise limonitisierten Eisenspatvorkommen, die im letzten und in früheren Jahrhunderten, insbesondere mit ihren reicheren Oxydationszonen für viele Kleinwerke die Rohstoffbasis waren, haben praktisch keine neueren mineralogischen oder chemisch-analytischen Untersuchungen erfahren, so daß wir fast ausschließlich auf alte Analysen angewiesen sind. Diese sind immerhin ganz gut auswertbar, wenn wir uns auf Ca-arme (bis max. etwa 4 Gew.-% CaO) karbonatische Eisenerze beschränken. Ohne Kenntnis der jeweils miteinander verwachsenen Kristallarten kann die Berechnung von $(\text{Mg, Fe})\text{CO}_3$ unter Weglassung des Ca (Annahme Verwachsung mit Kalkspat), oder unter Abrechnung als Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, oder unter Verrechnung als „Reinankerit“ $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ erfolgen. Im Endergebnis sind die Unterschiede meist nicht bedeutend, in vielen Fällen müssen „Siderite“ mit oft sehr beachtlichen Mg-Gehalten gefolgert werden.

Die Bestimmung und Kontrolle von rhomboedrischen Karbonaten kann heute auch ohne quantitative Analysen, z. B. auf optischem Wege (Bestimmung der Lichtbrechung an Spaltblättchen) und durch Erfassung der Dichte (Berman-Mikrowaage) erfolgen. Da es, wie eingangs erwähnt wurde, bei Siderit keinen wesentlichen Ersatz von Fe durch Ca gibt, das auch nur innerhalb bescheidener Grenzen auftretende Mn die Konstanten des reinen Siderits nur wenig herabsetzt, so liefern optische und Dichte-Bestimmungen recht gut die FeCO_3 -Gehalte in Mg-Fe-Mischkarbonaten oder auch die Zusammensetzungen innerhalb der Dolomit-Ankerit-Reihe, weil die Konstanten von Magnesit bzw. Dolomit sehr viel tiefer als bei Eisengliedern liegen und innerhalb der Mischreihen lineare Beziehungen herrschen. Außer der raschen Durchführbarkeit ist gegenüber Betriebsanalysen noch der Vorteil gegeben, daß die mineralogische Homogenität leicht festgestellt werden kann.

Die weitgehende Gleichartigkeit der Eisenerze unserer wenigen österreichischen „Großvorkommen“ wurde schon betont; bei der Verhüttung der Kleinvorkommen im vorigen Jahrhundert war es bei genügendem Fe-Gehalt durchaus gleichgültig, ob bloß 1 oder gar 10 Gew.-% MgO im Hauwerk enthalten waren. Es konnte im primären Erz noch beträchtlich mehr Mg stecken, wenn in der Oxydationszone reiche Brauneisenerze entstanden waren.

Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Magnesit, dessen Erforschung in den Ostalpen praktisch erst seit der Gründung des Werkes Veitsch (1881) einsetzt. Es wurde bald gefunden, daß zur Verwendung als kaustischer bzw. als Sintermagnesit die chemische Zusammensetzung, insbesondere auch der Gehalt an FeO und an CaO von ausschlaggebender Bedeutung sind. Noch immer wird nach weiteren Magnesitlagerstätten gefahndet und weniger bekannte Vorkommen werden ausführlich untersucht. Wiederum von den weitgehend immer wieder ähnlichen Analysen der Magnesite der in Betrieb stehen-

den Großvorkommen abgesehen, liegt bei diesem Industriemineral eine sehr große Anzahl von neueren Analysen aus zahlreichen Kleinvorkommen vor, so daß wir hier über die Substitution von Mg durch Fe wesentlich besser, als im umgekehrten Falle (beim Eisenspat) unterrichtet sind. Doch auch hier ist zu berücksichtigen, daß „Magnesite“ mit beachtlich großem Eisengehalt — richtige *Brunnerite* — technisch uninteressant sind und nach erster Kenntnis nicht weiter beachtet werden. So kommt es aus diesem Grunde schon zu einer Auswahl des Materials, das eingehender untersucht wird.

In der nachfolgenden Tabelle 1 werden, angeordnet nach fallendem Mg- und ansteigendem Fe-Gehalt, berechnet als F.E.-% (Mol.-%) der Karbonate (MgCO_3 und FeCO_3) die Auswertungen von 60 größtenteils im Schrifttum bereits enthaltenen Spatanalysen gebracht. Vom selben Vorkommen wurden meist nur eine, selten zwei Analysen ausgewählt und stets wurde auf möglichst niedrigen CaO-Gehalt geachtet. Bei den Magnesiten ist es jeweils ungewiß, ob etwas Ca im Gitter des Minerals eingebaut ist, ob Ca als Kalkspat oder als Dolomit reliktsch erhalten geblieben ist, oder ob diese Minerale auf Klüften eingewandert und ausgeschieden sind oder ob gar spätere Dolomitierungen oder Kalzitisierungen stattgefunden haben. Für die Magnesitzusammensetzung haben jeweils die meist fast gleichen Werte (infolge der Beschränkung auf möglichst wenig CaO!) der beiden ersten Kolonnen Gewicht, da Ankerit in diesen Vorkommen bisher ja kaum nachgewiesen ist.

Bei den eisenreicheren Mischgliedern (Mesitin, Pistomesit, Sideroplesit) bis zum Siderit liegen die Verhältnisse anders. Hier können außer Kalkspat und reinem Dolomit, Braunspäte und Ankerite von weitgehend (innerhalb der oben aufgezeigten Gesetzmäßigkeiten) variabler Zusammensetzung selbst nebeneinander auftreten. In diesen Fällen ist ohne z. B. optische Neuuntersuchung des Analysenmaterials überhaupt nicht zu entscheiden, welche Ca-Phasen beigemengt waren. Die Tabelle 1 bringt also mit der Abrechnung als CaCO_3 (Kolonne I), als Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (Kolonne II) und als „Reinankerit“ (Kolonne III) Rahmenwerte, im letzteren Falle sogar bewußt übertriebene Grenzwerte, aus denen dann immerhin innerhalb ablesbarer Grenzen ein Einblick der Zusammensetzung des Mg-Fe-Mischkarbonates hervorgeht. Auf einigen Vorkommen wird künftig z. B. mittels optischer und Dichtebestimmungen auf das Nebeneinandertreten von Mg-Fe-Karbonatmischgliedern mit praktisch reinem Magnesit und Siderit, außer Kalkspat und Gliedern der Dolomit-Ankerit-Reihe besonders zu achten sein.

Tabelle 1

Die Tabelle spiegelt zunächst altbekannte Tatsachen wieder, nämlich daß es an Eisen sehr arme Magnesite und auch eisenreichere gibt. Die Großlagerstätten von Magnesit — auch die relativ Fe-reichen — zählen mineralogisch fast durchwegs zum Feld der eisenarmen Magnesite. Parallel dazu (hier nicht durch Analysen belegt) verläuft der Mg-Gehalt in den Großvorkommen des Eisenspats; die Erze so-

Tabelle 1 Spatzusammensetzungen der Reihe $MgCO_3$ — $FeCO_3$ aus den Ostalpen.

Lf. Nr.	Vorkommen	Schrifttum	Chemische Zusammensetzung (die Zahlen entsprechen den Hochzahlen der Formeln, damit F. E. %, „Mol.“%) der Späte nach Abrechnung von					
			I $CaCO_3$		II $CaMg(CO_3)_2$		III $CaFe(CO_3)_2$	
			Mg	Fe	Mg	Fe	Mg	Fe
I. Magnesite [Mg^{100-90} , Fe^{0-10}] CO_3 :								
1.	Oberdorf (Wiesergut)	(32, S. 29)	99,1	0,9	99,1	0,9	100	0
2.	Lanersbach (Wanglape)	(34, S. 131)	99,0	1,0	99,0	1,0	99,7	0,3
3.	Schneetal, T.	(32, S. 29)	98,8	1,2	98,8	1,2	100	0
4.	Wald	(34, S. 102)	98,0	2,0	98,0	2,0	99,0	1,0
5.	Oberdorf	(32, S. 29)	98,0	2,0	98,0	2,0	99,3	0,7
6.	Sunk	(32, S. 29)	97,9	2,1	97,9	2,1	99,5	0,5
7.	Millstätter Alpe	(32, S. 29)	97,8	2,2	97,8	2,2	98,6	1,4
8.	Wald	(32, S. 29)	97,8	2,2	97,8	2,2	99,3	0,7
9.	Berg Dienten	(34, S. 118)	97,8	2,2	97,8	2,2	99,5	0,5
10.	Fieberbrunn							
	Weißensteinalm	(34, S. 126)	97,6	2,4	97,6	2,4	100	0
11.	Langeggkogel	(34, S. 114)	97,6	2,4	97,6	2,4	97,8	2,2
12.	Hintertal	(34, S. 119)	97,4	2,6	97,3	2,7	98,0	2,0
13.	Schienbergergut	(34, S. 112)	97,0	3,0	97,0	3,0	98,0	2,0
14.	Arzbachgraben	(32, S. 29)	97,0	3,0	96,9	3,1	98,1	1,9
15.	Fieberbrunn (Bürlalm)	(34, S. 129)	96,9	3,1	96,9	3,1	97,4	2,6
16.	Wagrein (Hinterleitnergut)	(34, S. 116)	96,7	3,3	96,6	3,4	99,1	0,9
17.	Semmering	(32, S. 29)	96,2	3,8	96,2	3,8	97,5	2,5
18.	Flachau	(32, S. 30)	96,1	3,9	96,0	4,0	97,1	2,9
19.	Bergkendl	(34, S. 112)	95,7	4,3	95,7	4,3	97,0	3,0
20.	Veitsch	(32, S. 29)	95,5	4,5	95,5	4,5	97,0	3,0
21.	Dienten	(32, S. 29)	95,0	5,0	94,9	5,1	97,9	2,1
22.	Bergkendl	(34, S. 112)	95,0	5,0	94,8	5,2	95,3	4,7
23.	Klingspitz (Rettenfeldalpe)	(34, S. 112)	94,5	5,5	94,2	5,8	97,0	3,0
24.	Schienbergergut	(34, S. 112)	94,4	5,6	94,4	5,6	94,6	5,4
25.	Jetzbachtal	(34, S. 120)	94,3	5,7	94,2	5,8	96,1	3,9
26.	Hintertal	(34, S. 119)	94,2	5,8	94,1	5,9	95,3	4,7
27.	Jetzbachtal	(34, S. 120)	93,7	6,3	93,7	6,3	94,1	5,9
28.	Fieberbrunn (Rettenwandalm)	(34, S. 128)	93,7	6,3	93,6	6,4	94,4	5,6
29.	Breitenau	(32, S. 29)	93,2	6,8	93,2	6,8	93,7	6,3
30.	Grünstein	(34, S. 115)	93,1	6,9	93,0	7,0	94,2	5,8
31.	Schwarzleo (Inschlagalm)	(34, S. 121)	92,1	7,9	92,1	7,9	92,4	7,6
32.	St. Oswald (Mallnock)	(32, S. 29)	90,8	9,2	0	0	0	0
II. Breunnerit [Mg^{90-70} , Fe^{10-30}] CO_3 :								
33.	Hochleiten	(34, S. 115)	89,8	10,2	89,6	10,4	91,2	8,8
34.	Turracher Höhe (Kotalpe)	(32, S. 29)	89,8	10,2	89,4	10,6	93,1	6,9
35.	St. Oswald (Zirknitzen)	(32, S. 29)	90,3	10,7	90,1	10,9	91,0	9,0
36.	Grünstein	(34, S. 115)	88,4	11,6	88,4	11,6	88,7	11,3
37.	St. Oswald	(32, S. 29)	88,0	12,0	87,7	12,3	90,9	9,1
38.	St. Oswald	(32, S. 29)	85,9	14,1	85,6	14,4	86,5	13,5
39.	Flachau	(32, S. 30)	85,6	14,4	85,1	14,9	88,5	11,5
40.	Schwarzleo (Nöckelberg)	(5, S. 121)	85,0	15,0	84,7	15,3	85,4	14,6
41.	St. Oswald (Hintermalnock)	(32, S. 29)	84,2	15,8	84,0	16,0	85,0	15,0
42.	St. Oswald (Grundalm)	(32, S. 29)	80,9	19,1	79,4	20,6	87,2	12,8
43.	Werfen (Höllgraben)	(15, S. 48)	79—73	21—27	0	0	0	0
44.	St. Oswald (Bockalm)	(32, S. 29)	74,4	25,6	73,7	26,3	76,3	23,7
III. Mesitin [Mg^{70-50} , Fe^{30-50}] CO_3 :								
45.	Dienten (Kollmannsegg)	(6, S. 21)	68	32				
46.	Schwarzleo (Nöckelberg)	(5, S. 121)	64,3	35,7	61	39	71	29
47.	Werfen	(Hintze Hdb.)	63,5	36,5				
48.	St. Johann i. P. (Penkerötz)	(32, S. 30)	59,4	40,6	56,7	43,3	63,6	36,4
49.	Stangalpe (Werchzirmgrube)	(32, S. 29)	57	43	54,9	45,1	60	40
50.	Schäfferötz	(—)	53,6	46,4	49,6	50,4	58,1	41,9
51.	Flachau	(32, S. 29)	53,2	46,8	—	—	—	—
52.	Schäfferötz	(—)	52,5	47,5	49,8	50,2	55,4	44,6
IV. Pistomesit [Mg^{50-30} , Fe^{50-70}] CO_3 :								
53.	Dienten	(32, S. 30)	41,4	58,6	36,2	63,8	45,0	55,0
V. Sideroplesit [Mg^{30-10} , Fe^{70-90}] CO_3 :								
54.	Gollrad (Josefistollen)	(—)	29	71	27	73	29,6	70,4
55.	Schneeberg, Tirol	(Hintze Hdb.)	28,8	71,2	27,3	72,7	29,4	70,6
56.	Dienten	(32, S. 30)	28	72	27,5	72,5	28,4	71,6
57.	Seekar Kupferbergbau	(27, S. 354)	25	75				
58.	Mitterberg	(Hintze Hdb.)	21,1	88,9				
59.	Mitterberg	(6, S. 52)	15	82 (+3 Mn)				
60.	Neuberg (Bohnkogel)	(Hintze Hdb.)	14,2	85,8	12,4	87,6	14,5	85,5

wohl vom steirischen, als auch vom Hüttenberger Erzberg, wie die aus der Radmer sind verhältnismäßig Mg-arm (der Mg-Gehalt der Erzanalysen kann dabei außerdem teilweise auf beigemengtem Dolomit, Braunspat und Ankerit zurückzuführen sein). Die Tabelle weist aber auch im Bereiche um 10 F.E.-% FeCO_3 eine ganze Reihe von „Magnesit“-Vorkommen auf, die schon einen ganz beachtenswerten Eisengehalt besitzen. Das setzt sich dann fort zu richtigen Breunneriten, die sich chemisch in nichts von der Zusammensetzung dieses Minerals, z. B. in manchen Serpentinhofgesteinen unterscheiden.

Eine oft nur bescheidene, oft aber auch schon ganz beachtliche Beteiligung von Fe am Aufbau der Magnesiumspäte ist damit für viele Vorkommen belegbar und ihre Bildung kann sowohl nur auf wechselnd im Mg/Fe-Verhältnis zusammengesetzte, metasomatisierende Lösungen zurückgeführt werden.

Einige Bemerkungen seien nun besonders interessanten Karbonaten der Tabelle bzw. ihren Lagerstätten gewidmet.

Das Karbonat Nr. 34 (Grenzwert Magnesit/Breunnerit) bildet die Gangart einer kleinen Fahlerz-lagerstätte im Turracher Gebiet.

Sehr auffallend sind die Breunnerite um St. Oswald in Kärnten (Nr. 32, 35, 37, 38, 41, 42, 44). Ähnlich eisenreichere Magnesite gibt es auch benachbart zu eisenärmeren im Pongau, die Trauth (38) in seiner Kartierung festgehalten hat und die wieder von Redlich (34) näher beschrieben worden sind.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die Gangarten der Ni-Co-Lagerstätte Nöckelberg (Schwarzleo). Nach Redlich (33, S. 45) sind hier durch Analysen sowohl Ankerite als auch reine Mg-Fe-Karbonat belegt; Nr. 40 und 46 entsprechen Breunnerit- bzw. Mesitin-Zusammensetzungen. Ganz benachbart wird nun der Magnesit von der Inschlagalm (Nr. 31) abgebaut. Auf die magnesitische Gangart von Nöckelberg hat gerade auch Siegl (Der Karinthin, Folge 22, 1953, S. 239—240) hingewiesen.

Von großem wissenschaftlichen Interesse ist die Eisenlagerstätte von Thurnberg bei Flachau, die leider außer Trauths (38, S. 141) kurzen geologischen Angaben keine neuere Bearbeitung erfahren hat. Doch hat kein geringerer als V. von Zepharovich (40, S. 76) sich mit ihren Karbonaten zuletzt näher befaßt. Breithaupt (4, S. 147) hat von dort als „neues Mineral“ den Pistomesit mit Mg:Fe um 1:1 aufgestellt, während er seinem Mesitin (ursprünglich von Traversella) das Mg/Fe-Verhältnis 2:1 unterlegt. Heute wissen wir, daß dies ja nicht Doppelsalze nach der Art des Dolomits sind, sondern Mischglieder von sehr variabler Zusammensetzung. Die hier verwendete Bezeichnungsweise Windhells (39, S. 108) begrenzt Mesitin mit 30 bis 50 F.E.-% FeCO_3 , Pistomesit mit 50 bis 70 F.E.-% FeCO_3 . Das Breithaupt bekannte Mineral von Flachau hatte etwa 47 F.E.-% FeCO_3 (Nr. 51), muß also nach obigem noch als Mesitin benannt werden. Redlich (32, S. 30) ließ ein weiteres Karbonat dieser Eisenlagerstätte analysieren und erhielt damit unter den „Erzen“ auch einen Breunnerit

(Nr. 39), der in Klüften die von Zepharovich (40, S. 75/76) untersuchten Magnesit xx (Nr. 18) barg. Hier gehen also offensichtlich in einer Lagerstätte beträchtlich verschieden Mg-Fe-reiche Karbonate nebeneinander! Das ist aber, selbst nach dem noch dürftigen heutigen Stand unserer Kenntnisse im Salzburger Raum durchaus kein Einzelfall mehr.

Die Eisenbergbaue Penkerötz bei St. Johann im Pongau, vgl. Trauth (38, S. 140) hatten ebenso wie die Werchzirmgruben (Stangalpe/Turrach) Mesitine (Nr. 48 bzw. 49) als primäre Erzbasis.

Vom Kollmannsegg bei Dienten sind nach Lipold (in 6, S. 21) Ankerite neben Mesitin (Nr. 45) bekannt und Trauth (38, S. 140) verzeichnet für dieses linsig in Pinzgauer Phyllit und Grauwackenschiefer gelegene Fe-Vorkommen außerdem noch Siderit und Breunnerit (Pistomesit). Weitere Dientener „Eisenspat“-Analysen bezeugen das Auftreten von Pistomesit (Nr. 53) und Sideroplesit (Nr. 56).

Der Eisenbergbau Schafferötz bei Werfen ist auch heute noch die Erzbasis der kleinen, aber rührigen Konkordiahütte; ich verdanke der Direktion dieser Unternehmung die Bekanntgabe der Analysen einiger frischer „Eisenspäte“ ihres Unternehmens (Nr. 50 und 52). Es sind wiederum Mesitine! Ihre Vorkommen bilden nach Trauth (38, S. 189) und Friedrich (11, S. 133; 12, S. 15) die vererzte Basisüberschiebungsbrekie der Trias, die Erze selbst sind bisher als meist weitgehend limonitisierte Siderite und Ankerite aufgefaßt worden. Auf diesen nun auch nach der chemischen Zusammensetzung des frischen Erzes eigenen Eisenerz-Lagerstätten-Typus Schafferötz/Werfen wird weiter unten nochmals zurückgekommen.

Genetisch zweifellos in engem Zusammenhang mit diesen Fe-Lagerstätten sind Quarz-Karbonat-Gänge in den Werfener Schiefen, die vielfach in den Gräben um Werfen, bei Pöham, im Radlgraben bei Hütttau (hier sogar in einem alten „Eisenspat“-Bergbau, vgl. 38, S. 165) und am Durchat bei Mandling angetroffen worden sind. Mineralogisch sind sie dadurch bekannter geworden, daß gelegentlich in ihnen die sonst seltenen Mg-Phosphate Wagnerit und Lazulith auftreten, vgl. Hegemann und Steinmetz (15) und Meixner (22, S. 11—12). Die karbonatische Gangart ist nach einer alten Analyse (Nr. 47) Mesitin, nach neuen von Hegemann (15, S. 48/49) ein eisenreicher Breunnerit (Nr. 43). Karbonate mit überwiegend Mg haben wir hier also auch in Gängen in sicher triadischen Gesteinen. Phosphat, in Form schöner Apatit xx, ähnlich wie sie auch aus der Cu-Lagerstätte Mitterberg bekannt sind, kommen nach Mitteilung von K. Matz auch in den Eisenbauen vom Kollmannsegg bei Dienten vor.

Die Kupferbaue vom Seekar am Radstädter Tauern enthalten neben dolomitischen und ankeritischen Gangarten ebenfalls Sideroplesit (Nr. 57).

Für Freund Matz (35) hatte ich kürzlich Gelegenheit, eine Reihe von Karbonaten aus der Kupferlagerstätte Mitterberg/Hochkönig zu untersuchen. Die Gangvererzungen dieser Lagerstätte sind gefü-

analytisch von Karl (17, S. 237) als zugehörig zur alpinen Tektonik erkannt worden. Als Gangarten des Kupferkieses im Mitterberger Hauptgang wurden festgestellt: auf der $\frac{1}{2}6$. Sohle Braunspat [etwa 27 F.E.-% $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$], auf der $\frac{1}{2}7$. Sohle Sideroplesit [etwa 71 und 74 F.E.-% FeCO_3], auf der $\frac{3}{4}7$. Sohle Pinolitankerit [etwa 37 F.E.-% $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$], auf der $\frac{1}{2}8$. Sohle Pinolitankerit [etwa 51 F.E.-% $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$], und im Transversalgang Pinolitdolomit, der von Quarz verdrängt wird. Die Zahl der Proben ist noch viel zu gering für allgemeinere Aussagen, wie etwa über die Konstanz der Gangart auf einzelnen Sohlen oder über Teufenunterschiede. Aus den auch von Karl (17) als etwas jünger bestätigten Quergängen wurde u. a. eine Stufe untersucht, die schöne hellbraune Pistomesit xx [etwa 58 F.E.-% FeCO_3] zeigt, denen Braunspat [etwa 27 F.E.-% $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$] und Quarz xx aufgewachsen sind. Alle untersuchten „Eisenspäte“ aus den Quergängen fallen in die Felder von Pistomesit und Mesitin! Die „eisenspätiige“ Gangart des gegenüber den Quergängen älteren Hauptganges ist sowohl nach alten Analysen (Nr. 58, 59), als nach meinen neuen, mineralogischen Bestimmungen als Sideroplesit einzureihen. Für das Mitvorkommen von Siderit im Sinne der in dieser Arbeit gebrauchten Namengebung sind auch in der Lagerstätte Mitterberg vorläufig keinerlei Anhaltspunkte vorhanden. Fugger (14, S. 57) führt überdies Magnesit xx von Mitterberg an, worauf auch noch zu achten sein wird. Kollege Matz bereitet eine nähere, systematische Untersuchung der Mitterberger Gangarten vor.

Aus den geologischen Aufnahmen von Trauth (38, Taf. I) im Raume zwischen Saalfelden, Mitterberg und dem Salzach-Längstal und aus Mitteilungen von Redlich (34), geht schon die enge räumliche Verknüpfung von Magnesit-, Eisen- und Kupferlagerstätten klar hervor. Es gibt auch eisenreichere Magnesite und richtige Breunnerite darunter. Wichtig erscheint mir aber die hier schärfer herausgearbeitete Feststellung, daß alle möglichen „Übergänge“ vom Magnesit gegen Siderit belegt sind und daß das, was bisher hier als „Eisenspat“ bezeichnet wurde, auch so hohe Mg-Gehalte aufweist, daß bestenfalls von Sideroplesit gesprochen werden kann. Ganz zweifellos ist das nun vorliegende Untersuchungsmaterial noch recht dürftig und oft sind im Schrifttum ohne nähere Untersuchungen Eisenerze als Siderit angesprochen worden, wie auch rostig anwitternde Gangarten häufig abwechselnd als „Eisendolomit“ oder als „Ankerit“ bezeichnet werden, ohne daß auf Breunnerit, Mesitin u. dgl. geprüft wird. Wir wollen dazu noch vermerken, daß Zepharovich (40, S. 73) vor bald 100 Jahren schon die Feststellung getroffen hat, daß es in diesem Gebiete keine reinen Siderite gibt, sondern bloß Sideroplesit und andere Mischglieder mit noch geringerem Fe-Gehalt.

Ähnlich wie im Salzburgischen scheinen mir die Verhältnisse im Gebiete von Turrach zu liegen, wo die primären Karbonate auch fast ununtersucht sind und wo ich ebenfalls das reichlichere Vorkommen von Mg-Fe-Mischkarbonaten vermuten möchte.

Die Zusammensetzung der „Eisenspäte“ aus den Bergbauen der Hohen Tauern (Erzwies, Radhausberg, Bodhart, Siglitz, Hoher Goldberg u. dgl.), wie aus alpinen Klüften (Großvenediger) ist völlig unbearbeitet und offen.

Daß wesentliche Mg-Mengen aber auch in steirischen Eisenspäten auftreten, beweisen z. B. Erzanalysen vom Josefistollen bei Gollrad (Nr. 54) und vom Bohnkogel bei Neuberg (Nr. 60), wobei es sich wieder um Sideroplesit handelt.

Klar durchsichtige „Siderit“ xx vom steirischen Erzberg wurden für mich im Donawitzer Labor analysiert: [Fe^{705} , Mg^{112} , Mn^{37} , Ca^{24}] CO_3 ; mit 12,8 F.E.-% MgCO_3 fällt auch dieser Eisenspat schon ins Feld der Sideroplesite. Das Mg der Hauerwerksanalysen (4 bis 5 Gew.-% MgO) ist also durchaus nicht nur auf dem Erz beigemengte Karbonate aus der Dolomit-Ankerit-Reihe zu beziehen.

Vollkommen durchsichtige Siderit xx aus dem Löllinger Revier des Hüttenberger Erzberges sind ebenfalls kürzlich analysiert worden: [Fe^{736} , Mg^{69} , Mn^{65} , Ca^{14}] CO_3 , entsprechend nur 83,3 F.E.-% FeCO_3 , neben 7,8 % MgCO_3 , 7,3 % MnCO_3 und 1,6 % CaCO_3 . Wieder tritt ein beachtlicher Mg-Gehalt schon im reinsten „Erz“ auf.

Über den Chemismus des frischen Erzes — auch hier wurde früher wesentlich Brauneisenerz abgebaut — der gangförmigen Eisenspatlagerstätten aus Augengneis und Wildschönauer Schiefer der Grauwackenzone südlich Schwaz, die Schmidegg (35, S. 56) geologisch näher untersucht hat, sind mir keine Angaben zugänglich.

Mittels optischen Methoden und Dichtebestimmungen sind weiterhin von mir eine ganze Reihe von Karbonaten verschiedener Vorkommen untersucht worden. „Eisenspäte“ z. B. aus Lagerstätten des Lavanttales oder auch das Fe-Karbonat von St. Martin am Silberberg fallen in die Gruppe des Sideroplesits.

Angel (1, S. 311; 2, S. LXXIV; 3, S. CIV) hat auf die bei gleichzeitiger Bildung geochemisch nicht verständliche Trennung von Fe und Mg in unseren Spatlagerstätten hingewiesen und glaubte daraus entgegen den Auffassungen von Redlich (28; 31; 32 und W. Petrascheck (23; 24), denen sich dann auch Friedrich (10; 13) und Clar (7; 8) angeschlossen haben, auf zwei wesentlich altersverschiedene Mineralisierungen, eine ältere Magnesit- und eine jüngere Eisenpatentstehung folgern zu sollen. Friedrich (13, S. 289/290) erkennt diesen Einwand an und vertritt die Meinung, daß innerhalb derselben vererzenden Großphase eben nicht immer und nicht überall ein konstantes Mg/Fe-Verhältnis in den Erzlösungen geherrscht habe und darauf die örtlichen Differenzierungen zurückzuführen seien.

Leitmeier (20, S. 135) argumentierte ähnlich wie Angel: „Auch fehlt ein engstes Zusammenvorkommen beider von größerem Ausmaße; keine Lagerstätte ist zugleich Magnesit- und Sideritlagerstätte, was doch irgendwo der Fall sein müßte, wenn man für beide die gleichen Ausgangsgesteine und Ausgangslösungen annehmen würde“. Dazu muß nun aber auf die Lagerstätten des Typus Schäfferötz /

Werfen verwiesen werden, die nach den Kartierungen von Trauth (38) und Heißel (16, S. 123) zweifellos eine viel größere Verbreitung haben und die nach Friedrich (11, S. 133; 12, S. 15) und Heißel (l. c.) auch metasomatische Verdrängungslagerstätten sind. Sie dokumentieren zwar nicht das von Leitmeier geforderte Nebeneinandervorkommen von Siderit und Magnesit, sondern haben, ganz im Sinne der kristallchemischen Vorstellungen von Angel, richtige isomorphe Mg-Fe-Karbonatmischglieder (Pistomesit — Mesitin — Brunnerit) entwickelt, womit die absolute Gleichzeitigkeit der Bildung wenigstens für diesen Raum bewiesen ist. Ihre Verbreitung ist aber, wie an einigen Beispielen gezeigt werden konnte, eine ungleich größere. Insbesondere Mg nimmt in den „Sideriten“ wahrscheinlich aus dem ganzen Ostalpenraum in einem viel größeren Ausmaße teil, als es bisher bekannt war.

Die in diesem Abschnitte gebrachten Ergebnisse können daher ebenfalls als Stütze für eine einheitliche Genese unserer Eisenspat- und Magnesitlagerstätten angesehen werden.

Begleitminerale auf alpinen Spatlagerstätten und Vergleiche

In verschiedenen seiner Veröffentlichungen hat Redlich (28, S. 250; 29, S. 5; 32, S. 35; 33, S. 48) betont, daß auf Eisenspat-, wie auf Magnesitlagerstätten manch seltene Begleiterze und andere Paragenesengefährten sich wiederholen und daß auch daraus auf genetische Gemeinsamkeiten geschlossen werden könne. Für die Magnesite selbst hat Redlich (28, S. 249; 32, S. 37) eine tabellarische Zusammenstellung zu dieser Frage gegeben. Etwas Gleichartiges fehlt für die Spateisenvorkommen. Außerdem ist seit 1914 sehr viel an neuen Beobachtungen, an ganz neuen Entdeckungen dazugekommen, so daß dadurch allein schon eine neue, vollständigere Zusammenstellung ein Bedürfnis darstellt. Redlich hat aber manche „jüngere“ Mineralbildungen bei seinen Betrachtungen überhaupt weggelassen, die, wenn auch als etwas jüngere Vererzungsphasen als die Spatbildung selbst, doch mit der Hauptvererzung, der Lagerstättenbildung in engem Zusammenhange stehen. Gesteinsmagnetit, Kluftmagnetit- und Dolomitkristalle, Strontianit, Zölestin, Quarz xx usw. in der Lagerstätte Oberdorf z. B., gehören demselben Bildungsvorgang an. Oder das Fahlerz von Veitsch kommt — wie auch in anderen Magnesitlagerstätten — durchaus nicht nur in Verbindung mit Quarzgängen vor, sondern auch im Spatmagnetit selbst.

Angaben über diese Mineralvorkommen sind im Schrifttum so verstreut und vielfach unbekannt geblieben, daß selbst Leitmeier (20, S. 135), einer der besten Kenner unserer Spatlagerstätten, kürzlich die Ansicht geäußert hat, daß die Begleitminerale der Magnesit- und der Eisenspatlagerstätten recht verschieden seien. Im selben Sinne hat sich Angel (2, S. LXXV) im Jahre 1939, als er anschließend seine neue und bedeutsame Ableitung der Eisenherkunft aus Stoffwechselfvorgängen der Tauernkristallisation bekanntgab, geäußert: „Da tatsächlich die erwähnten Sulfide örtlich und der Abfolge nach mit dem Eisen-

spat (aber nicht mit dem Spatmagnetit) verknüpft sind, muß der Schluß gezogen werden, daß sie aus demselben reagierenden Komplex stammen, in welchem die Tauerngranite ein Glied sind“.

Darüber hinaus schien es mir aber auch lohnend, sowohl das Vorkommen bestimmter Minerale, als das bestimmter Elemente über unsere Spatparagenesen hinaus zu anderen alpinen Lagerstätten zu verfolgen.

Um die Tabelle 2 nicht unnütz und unzweckmäßig in die Länge zu ziehen, sind einige Einschränkungen vorgenommen worden. So wurden nur jene Minerale verzeichnet, die mit der Vererzung, wenn auch als Nachphase, gebildet worden sind. Die Minerale des Altbestandes sind weggeblieben, insbesondere die der Begleitgesteine, die vor der Vererzung schon vorhanden waren. Weggelassen wurden ferner alle Erzeugnisse der Oxydationszone, alle Verwitterungsbildungen in den Bergbauen selbst, wie auf den Halden. Nur dadurch war die Tabelle in eine sachlich konzentrierte Form von noch erträglichem Umfang zu bringen. Gleichwohl soll aber auch hier betont werden, daß z. B. Malachit, ebensowohl wie Kobalt- oder Nickelblüte wertvolle Indikatoren zur Auffindung von gewissen Erzen in unseren Spatlagerstätten darstellen.

Von den Vorkommen kann nur eine kleine Auswahl besser bekannter Lagerstätten gebracht werden. Der Erforschungsstand ist ein sehr ungleicher. Manche sind seit 50 oder gar mehr als 100 Jahren außer Betrieb und trotzdem sind mit alten und neuen Aufsammlungen neuere mineralogische Bearbeitungen erfolgt. Andere Vorkommen stehen noch immer oder erst neuerdings in Abbau und sie sind mineralogisch, über engste Betriebserfordernisse hinaus, unbekannt.

Um Wiederholungen, die bei Anordnung nach Metallen unvermeidlich gewesen wären, zu vermeiden, werden die Mineralarten in der üblichen systematischen Reihung (hier nach Strunz, 1949) vorgenommen. Um den Stoffbestand zusammengefaßt leichter überschauen zu können, wurden die charakteristischen Hauptbestandteile der für die behandelten Lagerstätten nachgewiesenen Mineralarten noch in eine Elementtabelle umgearbeitet.

Die aufgenommenen Mineralnachweise sind größtenteils der Literatur entnommen, nähere Zitate können aus Raumgründen hier nicht gebracht werden. Mir ganz unsicher erscheinende Angaben wurden weggelassen oder mit „?“ gekennzeichnet. Ergänzend wurden einige eigene, noch unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse mitverwertet.

Tabelle 2 und 3

Eine ausführliche Diskussion der Zusammenhänge wird zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Hier kann darauf verzichtet werden, da im selben Hefte gerade solche Verbindungen an ausgewählten Beispielen in meiner Arbeit „Mineralogisches zu Friedrichs Lagerstättenkarte der Ostalpen“ bereits untersucht worden sind und weil außerdem sowohl in dieser Radex-Festschrift (z. B. O. Friedrich, E. Clar u. a.) als auch im gleichzeitig erscheinenden Exkursionsführer (Carinthia II) immer wieder auf solche Zusammenhänge unserer alpinen Lagerstätten hingewiesen wird.

	Eichberg / Semmering Arzbachgraben / Neuberg Veitsch Oberdorf Pretalgraben / Turnau Sunk / Trieben Kotalpe / Turrach Radenthein Lanersbach / Tux Entacher / Dienten	Leogang Zinkwand / Vöttern	Rotgülden	Mitterberg Kitzbühel Schwaz Brixlegg	Pillersee / Kitzbühel Schäfferötz / Werfen Höllgraben / Werfen Johnsbach Radmer Steirischer Erzberg Brandberg / Leoben Altenberg / Neuberg Payerbach / Reichenau Oberzeiring Wölch Olša / Friesach Waldenstein Hüttenberger Erzberg	Kliening Radhausberg Siglitz Schellgaden
	M a g n e s i t -,	Ni-Co-, As-,	Cu-,	Fe-	u. Au-	
	L a g e r s t ä t t e n					
Löllingit	.	×	.	.	.	×
Pararammelsbergit	.	×	.	.	.	×
Arsenkies	.	×	×	.	.	×
Gudmundit	.	×	×	×	.	×
Molybdänglanz	.	?	.	.	.	×
Speiskobalt	.	×	×	.	.	×
Chloanthit	.	×
Flußspat	.	.	×	×	.	×
Magnetit	.	.	×	.	.	×
Hämatit	.	.	×	.	.	×
Ilmenit	.	.	×	.	.	×
Quarz	×	×	×	×	×	×
Zinnstein	.	×	×	×	×	×
Rutil	.	×	.	.	.	×
Anatas	×
Brookit	×
Uranpecherz
Magnetit	×	×	?	.	.	.
Mg-Fe-Mischkarbonate	×	?
Siderit	.	?	×	×	×	×
Kalkspat	×	×	×	×	×	×
Dolomit	×	×	×	×	×	×
Ankerit	×	×	×	×	×	×
Aragonit	×	×	×	×	×	×
Strontianit	.	×	×	×	.	×
Witherit
Zölestin	.	×	×	×	×	×
Baryt	×	.	×	×	×	×
Wolframit	.	.	×	×	×	×
Scheelit	×
Wagnerit	.	.	.	×	.	.
Lazulith
Apatit	×	.	×	.	.	×
Epidot	×
Titanit	.	×	×	.	.	×
Beryll	×
Turmalin	×	×
Tremolit	×	×
Parasepiolith	×
β-Palygorskit	×	.	.	.	×	.
Apophyllit
Talk	×	×	.	.	.	×
Muskovit	×	×
Fuchsit	.	.	.	×	.	.
Leuchtenbergit	×	.	×	.	.	.
andere Chlorite	×	×	×	×	.	×
Hydromuskovit	×	.
Adular	×
Albit	.	×	×	.	.	×
Laumontit	.	×	×	.	.	×
Desmin	×

Tabelle 3:

Die Hauptelemente (u. a. ohne Al, Be, C, Cr, K, Na) der in einigen Magnetit-, Ni-Co-, As-, Cu-, Fe- und Au-Lagerstätten nachgewiesenen Minerale.

Element	Lagerstätten									
	Magnetit-		Ni-Co-	As-	Cu-		Fe-			u. Au-
	Eichberg / Semmering Arzbachgraben / Neuberg Veitsch Oberdorf Pretalgraben / Turnau Sunk / Trieben Kotalpe / Turrach Radenthein Lanersbach / Tux Entacher / Dienten	Leogang Zinkwand / Vöttern	Rotgülden	Mitterberg Kitzbühel Schwaz Brixlegg	Pillersee / Kitzbühel Schäferrotz / Werfen Höllgraben / Werfen Johnsbach Radmer Steirischer Erzberg Brandberg / Leoben Altenberg / Neuberg Payerbach / Reichenau Oberzeiring Wölch Olisa / Friesach Waldenstein Hüttenberger Erzberg	Kliening Radhausberg Siggitz Schellgaden				
Ag	..	..	..	..XX	..	..XX	..	..XX	..	..XX
As	..	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX
Au	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..XX
B	X	..	..	X	..	..	..	..	..	..X
Ba	X	X	..	..	..XX	..XX	..XX	..XX	..X	..X
Bi	X	..	..	..	..XX	..	..	..	..	..XX
Ca	XX	XX	XX	X	..XX	X	..XX	..XX	..XX	..XX
Co	..	..	..	?	..X	..	..	..	..	..XX
Cu	XX	XX	XX	X	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX
F	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..XX
Fe	XX	..	XX	X	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX
Hg	..	..	..	..	..XX	..XX	..XX	..XX	..	..
Mg	XX	XX	XX	X	..XX	..XX	..XX	..XX	..	..
Mn	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..XX
Mo	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..X
Ni	..	..	XX	?	..XX	X	..	..XX	..	..X
P	X	..	..	..	..	..	..	..	..	..X
Pb	X	..	..XX	X	..X	..	..	..XX	..XX	..XX
S	XX	XX	XX	X	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX	..XX
Sb	X	X	..	..	..XX	..	..	..XX	..XX	..XX
Si	XX	XX	XX	X	..XX	X	..XX	..XX	..XX	..XX
Sn	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Sr	..	X	..	..	..XX	..XX	..	..	..	..X
Te	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..X
Ti	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..X
U	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..X
W	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..XX
Zn	..	..	..	..	..	..	..	..XX	..	..XX

Beide Tabellen spiegeln eindringlich die Ähnlichkeiten im Mineral- und Elementbestand der Magnetit- und der Eisenspatlagerstätten, aber auch der Zusammenhänge mit gewissen Ni-Co-, As-, Cu- und Au-Lagerstätten wider. Klar ist zu ersehen, daß eine einzige Lagerstätte jeder Gruppe für sich meist nicht den Stoffinhalt der ganzen Gruppe repräsentiert. Gerade die Großlagerstätten, z. B. Sunk für Magnetit, steirischer Erzberg für Eisenspat, zeigen das in ihrer Mineralarmut ganz deutlich. Bei Vergleichen müssen, wie Redlich und W. Petrascheck es schon getan haben, die Lagerstättentypen zusammengefaßt und miteinander verglichen werden. Eine beachtliche

Zahl von Mineralen (Tabelle 2) und erst recht von Elementen (Tabelle 3) kennzeichnen dann die Blutsverwandtschaft. Auch ist besonders zu beachten, daß eine ganze Reihe gerade von beweiskräftigen Bindegliedern erst in allerletzter Zeit bekannt geworden sind. In diesem Zusammenhang sei nur z. B. bei Magnetit auf Zinnober von Entacher/Dienten (Siegl, 1953), auf die Strontiumminerale von Oberdorf (Matz ab 1939), auf Pb-Zn-Sb- und W-Erze von Lanersbach/Tux (Angel-Weiß, 1953), auf Kobaltglanz von Radenthein (Meixner, 1951) oder auf die neuen Beobachtungen in der Hüttenberger Eisenspatlagerstätte hingewiesen.

Diese Blutsverwandtschaft reicht aber weiter zu den perimagnetischen Lagerstätten der Tauern, wie zu den alpinen Kluftmineralparagenesen.

Das gegenüber Redlichs Zeiten gewaltig angewachsene Beobachtungsmaterial ist ein neues Dokument der „alpinen Metallogenese“ (W. Petrascheck) oder der „ostalpinen Metallprovinz“ (O. M. Friedrich). Weiteres Suchen in unseren Spatlagerstätten wird gewiß weitere Ergänzungen liefern, die das Gesamtbild abrunden werden. In diesem Sinne kann die Tabelle 2 auch anregend für Neufunde wirken.

So möge auch diese Arbeit als mineralogischer Beitrag zur im gleichen Heft dieser Zeitschrift veröffentlichten „Lagerstättenkarte der Ostalpen“ meines Freundes O. Friedrich aufgefaßt werden.

Zusammenfassung

Nach einer Diskussion kristallchemischer Beziehungen bei rhomboedrischen Karbonaten wird die hier gebrauchte Namengebung, speziell der Mischkristallreihen erläutert. — Als Muttergestein der metasomatischen Spatlagerstätten sind nach den geologischen Feldbeobachtungen von E. Clar stets Kalke, nicht Dolomite oder Ankerite anzunehmen.

Die mineralogischen Beziehungen zwischen Spatmagnetit- und Eisenspatlagerstätten der Ostalpen werden auf zweierlei Weise untersucht:

1. Unter Auswertung von CaO-armen (< 4 Gew.-% CaO) Karbonatanalysen des Schrifttums. Das Ca wird parallel als Kalkspat, als Dolomit und als Reinankerit $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ in Abrechnung gebracht (Tabelle 1). Das dann verbleibende Mg/Fe-Verhältnis liefert einen Einblick der Zusammensetzung der Mg-Fe-Mischkarbonate, die als Breunnerite, Mesitine, Pistomesite und Sideroplesite offensichtlich viel verbreiteter sind, als bisher bekannt. Neue eigene Untersuchungen bestätigten das immer wieder. Das primäre Karbonat der Eisenlagerstätten des Typus Schäferötzt/Werfen ist Mesitin! Fast alle „Siderite“ enthalten beträchtlich Mg, so daß sie vielfach richtiger als Sideroplesit, Pistomesit, bzw. Mesitin bezeichnet werden müssen (Mitterberg, Turrach, Neuberg, Lavanttal, St. Martin u. a.). Das hier vorgelegte, sehr erweiterte Material kann als Bestätigung der Auffassungen von Redlich und W. Petrascheck über die genetische Zusammengehörigkeit unserer Magnetit- und Eisenspatlagerstätten angesehen werden.

2. In Tabelle 2 werden für 35 bekanntere Lagerstätten (10 Magnetit-, 2 Ni-Co-, 1 As-, 4 Cu-, 14 Fe- und 4 Au-) aus dem Ostalpenraum das Auftreten von insgesamt 105 Mineralen aus der Erzparagenese registriert. In Tabelle 3 ist dasselbe Material als Übersicht der Verbreitung der chemischen Elemente verarbeitet.

Beide Tabellen bezeugen, wieder im Sinne von Redlich, W. Petrascheck, Friedrich und Clar eine „Blutsverwandtschaft“ der genannten Lagerstätten im Rahmen unserer jungen Ostalpenvererzung.

Summary

After discussing the crystallo-chemical relations between rhombohedral carbonates the terminology here used, particularly as applied to mixed crystals, is explained. On the basis of geological field observations by E. Clar lime stones rather than dolomites and ankerites should always be regarded as the primary rocks of deposits of metasomatic crystalline magnesite and siderite. The mineralogical relations between deposits of crystalline magnesite and siderite of the Eastern Alps are investigated in two different ways:

1. By utilising the available analyses of CaO-poor carbonates ($< 4\%$ CaO by weight), dealt with in the literature on the subject. Ca is subtracted as calcite, dolomite and as pure ankerite $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ (table 1). The remaining Mg/Fe ratio affords an insight into the composition of the Mg/Fe mixed carbonates which obviously occur far more frequently as breunnerites, mesitites, pistomesites and sideroplesites than was previously assumed. Repeated recent investigations by the author confirm this. The primary carbonate of the iron ore deposits of the Schäferötzt/Werfen type is mesitite. Almost all of the „siderites“ contain considerable quantities of Mg, so that in many cases, they would more correctly be termed sideroplesite, pistomesite or mesitite as the case may be (Mitterberg, Turrach, Lavanttal, St. Martin etc.) The more ample material here presented can be considered as a confirmation of the conceptions of Redlich and W. Petrascheck concerning the genetic relationship of our magnesite and siderite deposits.

2. In table 2, thirtyfive of the better known deposits, namely ten magnesite, two Ni-CO, one As, four Cu, fourteen Fe and four Au deposits with a total of 105 minerals of this ore paragenesis, are recorded. In table 3 the same material is used, for a review of the occurrences of the chemical elements.

Both tables again confirm in the sense of Redlich, W. Petrascheck, Friedrich and Clar that there is a „consanguinity“ between the above mentioned deposits within the more recent mineralization of our Eastern Alps.

Résumé

Après avoir discuté les relations chimico-cristallines des carbonates rhomboédriques la dénomination employée dans cet article, surtout en ce qui concerne les groupes de cristaux mixtes, est expliquée. Suivant les observations sur des champs géologiques par M. E. Clar il faut supposer comme rocher mère des gisements métasomatiques de spath toujours la calcaire et non les dolomies ou les ankerites. Les relations minéralogiques entre les gisements de magnésie spathique et ceux de sidérose des Alpes orientales sont examinées suivant deux procédés:

1. En interprétant les analyses des carbonates pauvres en CaO ($< 4\%$ CaO) de la littérature. Ca est déduit simultanément comme calcite, comme

dolomie et comme ankerite pur $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ (voir tableau 1.).

La proportion restante de Mg/Fe nous initie à la composition des carbonates mixtes de Mg-Fe qui, comme breunnerite, mesitines, pistomesite, et sideroplesite sont en effet à trouver beaucoup plus fréquemment que ne l'est connu. De nouvelles recherches effectués dans ce sens ont confirmé ce fait. Le carbonate primaire des gisements de fer représenté par le type Schaefferöetz-Werfen est du mesitine. Presque toutes les sideroses ont une teneur élevée en Mg de manière qu'ils devraient être qualifiés à juste titre plutôt comme des sidéroplesites, de pistomesites et de mesitine etc. (Mitterberg, Turrach, Neuberg, Lavanttal, St. Martin etc.). Le matériel

disponible mentionné dans cette article confirme l'interprétation de M. Redlich et W. Petrascheck sur la relation génétique de nos gisements de magnésie spathique et de la siderose.

2. Dans le tableau Nr. 2 l'auteur enrégistre pour 35 gisements plus connus (10 de magnésie, 2 de NiCO, 1 d'As, 4 de Cu, 14 de Fe et 2 d'Au-) des Alpes orientales l'existence de 105 sortes des minéraux de la paragenèse de minéral. — Dans le tableau no. 3 le même matériel est utilisé pour démontrer la distribution des éléments chimiques.

Les deux tableaux confirment la „consanguinité“ de tous les gisements dans le cadre de la minéralisation tertiaire Alpes orientales suivant Redlich, W. Petrascheck, Friedrich et Clar.

Literaturverzeichnis

- (1) Angel, F., Unser Erzberg. Mitteil. Naturw. Ver. f. Stmk. 75, Graz 1939, 227–321.
- (2) Angel, F., Lehrfahrt auf den steirischen Erzberg. Fortschr. d. Min. 23, 1939, LIV–LXXVI.
- (3) Angel, F., Der Kraubather Olivinfels- bis Serpentinkörper als Glied der metamorphen Einheit der Gleinalpe. Fortschr. d. Min., 23, 1939, XC–CIV.
- (4) Breithaupt, A., Carbonites Pistomesites, kürzer Pistomesit, mit Rücksicht auf Mesitin. Annal. d. Phys. u. Chem. (J. C. Poggendorf) 70, (= 3. Reihe, 10), Leipzig 1847, 146–148.
- (5) Buchrucker, L., Die Mineralien der Erzlagerstätten von Leogang (Salzburg). Z. Kristallogr., 19, 1891, 113–166.
- (6) Buttmann, H., Die Kupferkieslagerstätten von Mitterberg. Freiberg 1913, 1–76.
- (7) Clar, E., Ostalpine Vererzung und Metamorphose. Verh. Geol. B. A., Wien 1945, 29–37.
- (8) Clar, E., Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. Geol. Rundschau, 41, 1953.
- (9) Friedrich, O. M., Über die Vererzung des Nockgebietes. Sitzber. d. Akad. d. Wiss., Math.-nat. Kl. I, 145, Wien 1936, 227–258.
- (10) Friedrich, O. M., Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Z. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Deutschen Reich, 85, Berlin 1937, 63–75.
- (11) Friedrich, O. M., Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Berg- und Hüttenmänn. Mh. 90, Wien 1942, 131–136.
- (12) Friedrich, O. M., Überschiebungsbahnen als Vererzungsfächen. Berg- u. Hüttenmänn. Mh. 93, Wien 1948, 14–16.
- (13) Friedrich, O. M., Zur Genese ostalpiner Spatmagnetit- u. Talklagerstätten. Radex-Rundschau, 1951, 281–298.
- (14) Fugger, E., Die Mineralien des Herzogthumes Salzburg. 11. Jahres-Ber. d. k. k. Oberrealschule, Salzburg 1878, 1–124.
- (15) Hegemann, F., u. H. Steinmetz, Die Mineralgänge von Werfen in Salzburg. Centralbl. f. Min., A, 1927, 45–56.
- (16) Heissel, W., Die geologischen Verhältnisse am Westende des Mitterberger Kupfererzerganges (Salzburg). Jb. 1945 d. Geol. B. A., Wien, 117–127.
- (17) Karl, F., Anwendung gefügeanalytischer Arbeitsmethoden am Beispiel eines Bergbaues (Kupferbergbau Mitterberg. Salzburg), Abh. d. N. Jb. f. Min., 1953, 203–246.
- (18) Leitmeier, H., Vorkommen und Genesis des Siderites. Handbuch d. Mineralchemie (C. Doelter), 1, 1912, 433–436.
- (19) Leitmeier, H., Einige Bemerkungen über die Entstehung von Magnetit- und Sideritlagerstätten. Mitteil. d. Geol. Ges. 9, Wien 1916, 159–166.
- (20) Leitmeier, H., Die Magnetitvorkommen Österreichs und ihre Entstehung. Montan-Zeitung 67, Wien 1951, 133–137, 146–153.
- (21) Matz, K. B., Die Kupfererzlagerstätte Mitterberg (Mühlbach/Hochkönig, Salzburg). Mitteilungsblatt der Abt. f. Min. am Landesmuseum Joanneum, Graz 1953, im Druck.
- (22) Meixner, H., Das Mineral Lazulith und sein Lagerstätten-typus. Berg- und Hüttenmänn. Jb. 85, 1935, 1–22, 33–49.
- (23) Petrascheck, W., Die Magnesite und Siderite der Alpen. Sitzber. d. Akad. d. Wiss., Math. nat. Kl., I 141, Wien 1932, 195–242.
- (24) Petrascheck, W., Die alpine Metallogenese. Jb. d. Geol. B. A. 90, Wien 1945, 129–149.
- (25) Redlich, K. A., Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen. Jb. d. k. k. Geol. R. A. 53, Wien 1903, 285–294.
- (26) Redlich, K. A., Die Genesis der Pinolithmagnesite, Siderite etc., Tscherms. Min. Petr. Mitteil. 26., Wien 1907, 499–505.
- (27) Redlich, K. A., Der Kupfererzbergbau Seekar in den Radstädter Tauern (Salzburg). Z. prakt. Geol. 19, 1911, 350–355.
- (28) Redlich, K. A., Entstehung und Vorkommen des Magnesits. Handb. d. Mineralchemie (C. Doelter) 1, 1912, 243–253.
- (29) Redlich, K. A., Das Schürfen auf Erze von ostalpinem Charakter. Mont. Rundschau, Wien 1912, Nr. 21 (1–9).
- (30) Redlich, K. A., Der Karbonzug der Veitsch und die in ihm enthaltenen Magnesite. Z. prakt. Geol. 21, 1913, 406–419.
- (31) Redlich, K. A., und O. Großpietsch, Die Genesis der kristallinen Magnesite und Siderite. Z. prakt. Geol. 21, 1913, 90–101.
- (32) Redlich, K. A., Die Bildung des Magnesits und sein natürliches Vorkommen. Fortschr. d. Min. 4, 1914, 9–42.
- (33) Redlich, K. A., Das Bergrevier des Schwarzleotales bei Leogang. Z. prakt. Geol. 25, 1917, 41–49.
- (34) Redlich, K. A., Über einige wenig bekannte kristalline Magnesitlagerstätten Österreichs. Jb. d. Geol. B. A. 85, Wien 1935, 101–133.
- (35) Schmidegg, O., Die Erzlagerstätten des Schwazer Bergbaugbietes, besonders des Falkenstein. „Schwazer Buch“, Schlern-Schriften 85, Innsbruck 1951, 36–58.
- (36) Schoklitsch, K., Beitrag zur Physiographie steirischer Karbonspäte. Z. Kristallogr., A 90, 1935, 433–445.
- (37) Schwiner, R., Die Lagerstätten kristallinen Magnesits und ihre Verbreitung im Gebirgsbau der Ostalpen. Berg- und Hüttenmänn. Jb. 85, 1937, 306–314.
- (38) Trauth, F., Geologie der nördlichen Radstädter Tauern und ihres Vorlandes. Denkschr. d. Akad. d. Wiss., Math. nat. Kl. 100, Wien 1925, 101–212.
- (39) Winchell, A. N. und H., Elements of optical Mineralogy, II. Descriptions of minerals. 4. Aufl., New York 1951.
- (40) Zepharovich, V. v., Mitteilungen über neue Vorkommen österreichischer Minerale. Sitzber. d. kgl. böhm. Akad. d. Wiss., Prag 1865, 63–76.

Die Begleitelemente in rhomboedrischen Karbonaten

Von H. Haas, Radenthein

Allgemeines, Beschreibung der Methodik und Ergebnisse

Seit der Einführung der Untersuchung von Rohmagnetit auf spektrochemischem Wege wurden im hiesigen Laboratorium weit mehr als 20.000 Aufnahmen gemacht. Obwohl die Mehrzahl dieser Analysen nicht einer Bestimmung aller im Rohmagnetit enthaltenen Begleitelemente diente, hat doch die große Zahl von Proben aus einer einzigen Lagerstätte gezeigt, daß die spektrochemische Untersuchungsmethode dank der leichten Erfassung von Beimengungen interessante Aufschlüsse gibt.

Die Möglichkeiten, die sich in dieser Richtung bieten, sind in den letzten Jahren von Hege-
mann (1), Schroll (2) und anderen Forschern mit Erfolg ausgenutzt worden.

Aus diesem Grunde wurde auch einer Anregung von H. Meixner gerne Folge geleistet und eine größere Anzahl rhomboedrisch kristallisierender Karbonate auf ihre Begleitelemente informativ untersucht.

Die Proben wurden in freundlicher Weise von den Herren Angel (3), Friedrich (4), Krejicek (5) und Meixner (6) aus verschiedenen Sammlungen ausgesucht und beigelegt. Grundsätzlich sollten bei der Untersuchung nur Kristalle oder Spaltstücke verwandt werden, um nur diejenigen Elemente zu erfassen, die im Gitter der betreffenden Mineralien eingebaut sind. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Fragestellung vorliegender Arbeit wesentlich von der anderer Autoren. In den meisten Fällen konnten nur sehr kleine Substanzmengen in genügender Reinheit erhalten werden. Es war daher nicht möglich, die sonst üblichen Anreicherungsverfahren anzuwenden, so daß auf die Erfassung aller kleinster Spuren bewußt verzichtet wurde.

Die Erfahrungen in unserem Laboratorium (7) haben außerdem gelehrt, daß trotz Anwendung des Niederspannungsfunkens nach Pfeilsticker (sehr kurze aber auch sehr hohe Stoßenergie) die Erfassungsgrenze von Fall zu Fall verschieden ist, so daß auch in bezug auf eine quantitative Deutung der Ergebnisse große Vorsicht zweckmäßig schien. Die in Tabellenform zusammengestellten Befunde beschränken sich daher auf eine Gruppierung der identifizierten Elemente nach vier Konzentrationen:

stark, mittel, schwach, Spuren.

Diese Einteilung ist zwar unter tunlichst gleichen Gesichtspunkten getroffen, aber jeweils nur relativ gültig. Der Mangel an Eichproben machte sich hier störend bemerkbar. Außerdem muß noch berücksichtigt werden, daß die Prüfung ausgesuchter Kristalle eines Vorkommens keineswegs

ein allgemeines Bild über die dort auftretenden Begleitelemente geben kann und soll.

Im folgenden sei die Methodik der spektrochemischen Untersuchung kurz beschrieben:

Die Proben wurden auf einem Stahlzylinder aus gehärtetem Werkzeugstahl pulverisiert, mit Glycerin p. a. zu einer Paste angerieben und in den vorbereiteten Krater der Kohleelektroden („H. S.“ carbon rods der Firma Johnson, Matthey & Co., Ltd., London) eingebracht. Die Dicke der Kohlen betrug 6,5 mm. Der Probenkrater hatte 2 mm Durchmesser bei 2 mm Tiefe. Als Gegenelektrode wurde ein gleich starker, plangeschliffener Kohlestab verwendet.

Elektrodenabstand:	2,5 mm
Vorfunkens:	3 sec. in der Weise, daß dabei der Funke nur den Kohlenrand, nicht aber die Probe erreichte.
Anregung:	Zur Verwendung kam der Niederspannungsfunke (nach Pfeilsticker) mit einer Änderung der Steuerung in der Weise, daß während der gesamten Funkdauer der Funke(Hochspannungs-)kreis dauernd erregt war und nur der Bogenkreis gesteuert wurde. Eine genaue Beschreibung dieser Schaltung, sowie die Diskussionen ihrer Vorteile erscheint demnächst an gleicher Stelle.
Bogenkreis	Spannung 120 Volt, Stromstärke 3 Ampere Kapazität 40 µF Widerstand 10 Ω Bogendauer 0,15 sec. Pause 0,27 sec.
Gesamte Belichtungsdauer:	45 sec.
Spektrograph:	Zeiß Qu 24
Zwischenbildblende:	offen
Filter:	Zeiß Dreistufenfilter 100—50—20%
Spalt:	50 µ
Platte:	Kodak B 10

Die Auswertung der Spektren erfolgte mit den Tafeln von Göbller (8) unter Zuhilfenahme der Atlanten von A. Gatterer (9) und der Wellenlängentafeln von Harrison (10). Sie ist dadurch erschwert, daß bei der beschriebenen Art der Anregung eine Überlagerung von Bogen- und Funkspektrum eintritt. Dies wirkt sich besonders bei eisenreichen Mineralien störend aus, so daß eine eindeutige Erfassung kleinster Spuren von Kobalt und Nickel schwierig war und die Befunde in einzelnen Fällen mit Fragezeichen versehen wurden.

Es soll aber nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Einstufung der Konzentration nur relativ, das heißt, daß die Linienintensität eines Elementes sowohl durch die Art der chemischen Bindung als auch durch den wechselnden Prozentgehalt der Beimengungen stark beeinflußt ist. (11) (12) (13) (14) (15) (16).

Die Mineralnamen in der Tabelle sind in einigen Fällen sogenannte Etikettenbezeichnungen, die sich bei einigen Proben durch die spektrochemische Analyse als irrig herausstellten. In der Tabelle wurden die Anfangsbezeichnungen beibehalten, die Korrektur, die noch durch andere Methoden*) bestätigt wurde, in Klammer gesetzt.

* Brechungsindex, spezifisches Gewicht, Goniometermessungen u. a. m.

Literaturverzeichnis

- (1) Hegemann, F., Heidelberger Beitr. Mineral. Petrogr. 1 (1949) S. 690–715.
- (2) Schroll, E., Anz. Öst. Akad. d. Wiss. math. nat. Klasse (1950) S. 21–25.
- (3) Angel, F., Proben Nr. 101–102.
- (4) Friedrich, O., Leoben, Proben Nr. 105–127.
- (5) Krejciek, E., Joanneum, Graz, Proben Nr. 128–153.
- (6) Meixner, H., Hüttenberg, Proben Nr. 1–100.
- (7) Kahler, F., H. Haas, Chr. Fischer, Radex-Rundschau, Heft 1, 1952, Seite 33–45.
- (8) Gößler, F., Tafeln zu den Bogen — Funkenspektren des Eisens, 1942, Jena.
- (9) Gatterer, A., Atlas der Restlinien, 1947.
- (10) Harrison, G. R., Wavelength Tables.
- (11) Carlsson, C. G., J. T. M. Yü Iron Steel 1950, S. 273.
- (12) Carlsson, C. G., Jernkontorets Annaler 135 (1951) S. 607.
- (13) Churchill, J. R., R. G. Russel, Ind. Eng. Chemistry 17 (1945) 24.
- (14) Hasler, M. F., C. E. Harvey, E. W. Barlay, Proc. of the Am. Soc. for Test Mat. 48 (1948) S. 944.
- (15) Gillis, J., J. Eekhout, Spectrochim. Acta 4 (1951) S. 284.
- (16) Kaiser, H., Erzmetall, 5 (1952) S. 138.

T a b e l l e n

Abkürzungen: xx freie Kristalle, meist aus Klüften
Spaltstücke aus Handstücken.

Bezeichnung Fundort	Hauptbest. theoret.	Spektrochemischer Befund			
		stark	mittel	schwach	Spuren
1 Siderit xx Hüttenberger Erzberg	Fe	Fe Mn	Ca Mg	Al	Si Sr
2 Siderit xx Hüttenberger Erzberg	Fe	Fe Mn	Ca Mg	Al	Si Sr
3 Kalkspat xx Olsa	Ca	Ca	Mg	Fe	Si Cu Al Mn Sr CO?
4 Dolomit xx „Langer Bach“ Geiselalpe	Ca Mg	Mg	Ca Fe Mn	Al Si	Cu
5 Dolomit xx Werk Tux Et 1965	Mg Ca	Mg	Ca Fe Mn	Si Sr	
6 Dolomit # Martha II Q 161 N, 10 m	Mg Ca	Mg Ca		Sr	Ag Fe Mn Al Si Cu
7 Dolomit xx „Langer Bach“ Geiselalpe	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Ag Sn? Cu Si
8 Magnesit xx Werk Tux Et 1953 (Dolomit)	Mg	Mg Ca		Fe Mn	Ag Si
9 Dolomit xx Werk Tux Et 15	Mg Ca	Mg Ca			Ag Si
10 Dolomit xx Werk Tux Lager Kristaller (Magnesit)	Mg Ca	Mg	Fe Mn	Ca	Si

Bezeichnung Fundort	Hauptbest. theoret.	Spektrochemischer Befund			
		stark	mittel	schwach	Spuren
11 Magnesit # Tux Etage 8	Mg	Mg	Si Ca Ti	Al Fe Sr Ag Cu Mn	
12 Magnesit # Oberdorf	Mg	Mg	Ca Fe Mn Si		Sr
13 Magnesit # Oberdorf	Mg	Mg	Si Fe Mn Ca		Cu Al
14 Magnesit # Breitenau	Mg	Mg	Mn Fe Ca		Si
15 Magnesit # Asturreta	Mg	Mg		Ca Fe Mn	Si
16 Magnesit # Asturreta	Mg	Mg	Ca Si	Fe Mn	K? Al
17 Magnesit # Asturreta	Mg	Mg	Ca	Fe Mn Si	K? Al Zn
18 Magnesit # Breitenau	Mg	Mg	Fe Mn	Ca	Ag Al Cu Si Sn?
19 Magnesit — Breitenau	Mg	Mg	Fe Mn	Ca Al Si	Ag Cu Sn?
20 Dolomit # Oberdorf	Mg Ca	Mg	Ca	Fe Mn	Sr Si ZnAl
21 Dolomit # Oberdorf	Mg Ca	Mg	Ca	Fe Mn Ag Sr Si Cu	
22 Magnesit xx Oberdorf	Mg	Mg		Mn Fe Ca	Cu Ag
23 Dolomit xx Oberdorf	Mg Ca	Mg	Ca	Fe Mn	Sr Cu Ag Si
24 Dolomit Oberdorf	Mg Ca	Mg	Ca	Mn Fe	Ba Sr Cu Ag Si
25 Magnesit xx Oberdorf	Mg	Mg		Fe Mn Ca	Cu Si B
26 Dolomit xx Oberdorf	Mg Ca	Mg Ca		Sr Fe Mn Ag	Cu Si
27 Dolomit xx Oberdorf	Mg Ca	Mg Ca		Sr Fe Mn	Si
28 Dolomit xx Asturreta	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn Sr		Cu Si
29 Magnesit xx Asturreta	Mg	Mg	Fe Mn	Ca	Ag Cu Si
30 Magnesit xx Asturreta	Mg	Mg	Fe Mn	Ca	Al Si
31 Magnesit # Asturreta	Mg	Mg	Ca Fe Mn		Si

Bezeichnung Fundort	Hauptbest. theoret.	Spektrochemischer Befund			
		stark	mittel	schwach	Spuren
32 Dolomit xx Asturreta	Mg Ca	Mg Ca		Fe Mn Sr Si	Al
33 Dolomit xx Oberdorf (Magnesit)	Mg Ca	Mg	Ca Fe Mn		Si
34 Dolomit xx Oberdorf	Mg Ca	Mg Ca		Fe Mn Sr	Si
35 Dolomit xx Oberdorf	Mg Ca	Mg	Ca Sr		Fe Mn
36 Dolomit Oberdorf	Mg Ca	Mg Ca		Sr Fe Mn	Si
37 Pistomesit # Turnhof Flachau	Mg Fe	Mg Fe Mn		Ca Al	Si
38 Dolomit # Hirt	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Si
39 Dolomit Hirt	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Si
40 Dolomit # Hirt	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Si Ag
41 Magnesit # Sunk	Mg	Mg	Fe Mn	Ca	Si
42 Kalkspat # Unter Sulzbachtal	Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr Si	Ag Cu Al
43 Siderit xx Mitterberg	Fe	Mg Fe Mn	K? Ca		Ag Al Si
44 Karbonat # Ingelsberg Hofgastein		Mg Ca	Fe Mn	Si Sr	Cu
45 Ankerit xx Steir. Erzberg	Ca Mg Fe	Ca Mg Fe Mn		Sr	Si
46 Ankerit # Steir. Erzberg	Ca Mg Fe	Mg Ca Fe Mn		Na?	Cu Ag Zn Si Sn?
47 Magnesit xx Wald	Mg	Mg	Ca Si Fe	Sr Al Mn Na? Ag Cu	
48 Dolomit xx Unterlaussa	Mg Ca	Mg Ca		Na? Si Al Fe Mn Sr	Cu Ag
49 Magnesit xx Oberdorf	Mg	Mg	Ca Fe Mn Si		Al
50 Ankerit xx Mitterberg	Ca Mg Fe	Mg Ca Fe Mn		Sr	Si Co?
51 Siderit xx Mitterberg	Fe	Mg Fe Mn		Na Ca	Ag Al Si
52 Ankerit xx Steir. Erzberg	Ca Mg Fe	Mg Ca Fe Mn		Na	Sr Ag Al Si
53 Mesitin Schmirn/Olperer	Mg Fe	Mg Fe Mn		Ca	Si
54 Dolomit xx Sunk	Mg Ca	Mg Ca	Sr Fe Mn		Ag

Bezeichnung Fundort	Hauptbest. theoret.	Spektrochemischer Befund			
		stark	mittel	schwach	Spuren
55 Siderit # Sohlenalm/Veitsch	Fe	Mg Fe Mn		Ca Si Sr	Ag Al
56 Siderit # Buchberggraben Bischofshofen (Braunspat)	Fe	Mg Ca Fe Mn		Si Sr	Cu Al Ag Co?
57 Kalkspat xx Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca Mg		Fe Mn Sr	Si Cu Ag Al
58 Kalkspat xx Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca Mg		Fe Mn Si Sr	Al Ag B?
59 Kalkspat xx Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca Mg		Fe Mn Sr	Al Ag Si B?
60 Mn-haltiger Kalkspat # Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca	Mg Fe Mn	Sr	Ag
61 Kalkspat # Felixbau Hüttenberg	Ca	Ca Mg		Fe Sr	Ag Mn Al Si Cu
62 Kalkspat Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca	Fe Mn Si	Sr	Ag Cu Al
63 Kalkspat xx Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca Mg		Sr Fe Zn Ag	Mn Si
64 Kalksinter Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca Mg	Si	Fe Mn Sr Al	Ag
65 Kalkspat xx Felixbau Hüttenberg	Ca	Ca	Mg	Fe Mn Sr Al	Si
66 Kalkspat xx Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca	Mg Fe Mn	Sr Na?	Ag Al Si
67 Kalkspat xx Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca	Mg Fe Mn	Sr	Ag Al Si
68 Kalkspat # Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca	Mg Mn Fe	Sr	Si Al
69 Siderit # Hüttenberger Erzberg	Fe	Mg Fe Mn Ca		Sr Al	Si Co?
70 Braunspat # Mitterberg	Mg Fe Ca	Mg Fe Mn Ca		Ag Sr Si	Al Zn
71 Pinolithischer Dolomit # Mitterberg	Mg Ca	Mg Fe Mn Ca		Sr Ag Si	
72 Pinolit-ankerit # Mitterberg	Mg Fe Ca	Mg Fe Mn Ca		Sr Ag Al Si	
73 Sideroplesit # Mitterberg	Mg Fe	Mg Fe Mn Ca		Sr Si Ag	
74 Sideroplesit # Mitterberg	Fe Mg	Mg Fe Mn Ca		Sr	Al Si
75 Pinolitankerit # Mitterberg	Mg Ca Fe	Mg	Ca	Fe Mn Si	Sr
76 Kalkspat xx Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca	Mg Fe Mn	Sr Al Si Zn	Ag Cu Sn?

Bezeichnung Fundort	Hauptbest. theoret.	Spektrochemischer Befund							
		stark		mittel		schwach		Spuren	
77 Siderit Hüttenberger Erzberg	Fe	Mg Fe Mn	Ca Al Cu B	Si Zn	Ag Co? Sn?				
78 Braunspat xx Hüttenberger Erzberg	Mg Fe Ca	Ca Mg Fe Mn	Si		Sr Al	Zn Ag Cu			
79 Siderit xx Hüttenberger Erzberg	Fe	Mg Fe Mn	Ca		Sr Al	Si Zn Ag Cu			
80 Aragonit (Eisenblüte) Felixbau Hüttenberg		Ca	Mg Fe Mn	Sr	B	Al Si Ag?			
81 Ankerit xx Hüttenberger Erzberg	Mg Fe Ca	Ca Mg Fe Mn			Al Sr Cu	Si Zn Ag Sn?			
82 Kalkspat xx Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca	Mg	Fe Mn Sr	B Cu Ag Al Si V?				
83 Kalkspat Hüttenberger Erzberg	Ca	Ca	Mg Mn Fe	Si Sr	Cu Zn Ag Al				
84 Siderit Hüttenberger Erzberg	Fe	Mg Fe Mn	Si Ca Al Ti	Zn Ag Cu	Sn? Sr				
85 Magnesit Plankogel Knappenberg	Mg	Mg	Si Fe Mn	Ca	Sr Ag Ni?				
86 Braunspat xx Hüttenberger Erzberg	Mg Fe Ca	Mg Ca	Fe Mn	Na Sr	Ag Si Zn Cu Sn?				
87 Verdrängungskarbonat Hüttenberger Erzberg		Ca	Fe Mn Mg	Na Sr	Ag Si Zn Cu Al Sn?				
88 Dolomit Hüttenberger Erzberg	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr Ag	Si Al Cu B?				
89 Dolomit xx Hüttenberger Erzberg	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Si Ag Cu Al Sn?				
90 Braunspat xx Hüttenberger Erzberg	Mg Fe Ca	Mg Ca	Fe Mn Si	Na Ag Sr	Cu Al				
91 Magnesit Magnesitschurf Turrach	Mg	Mg	Fe Mn Ca Si Al Ti	Ag Cu Sr Na					
92 Dolomit xx Raibl	Mg Ca	Mg	Ca	Fe Mn	Ag Cu Si Zn				
93 Mesitin xx Mitterberg	Mg Fe	Mg Fe	Mn Si Ca	Sn? Al Sr Zn	Ag Cu	Ti? Ni?			
94 Mesitin xx Traversella	Mg Fe	Mg Fe	Mn Si Ca	Sn? Al Sr Zn	Ag Cu	Ti?			
95 Siderit xx Wölch	Fe	Mg Fe	Mn	Ca Si Sr	Al	Zn Cu Ag			
96 Magnesit xx Kaswassergraben Groß-Reifling	Mg	Mg	Mn Fe Si	Ca Al	Zn				
97 Braunspat Dorfer Wallhorn-Alpe	Mg Fe Ca	Fe	Si Mg Ca Mn	Al Zn Cu	Sr				
98 Magnesit xx Radenthein Abbau XVII	Mg	Mg	Ca Fe Mn	Si Ti					

Bezeichnung Fundort	Hauptbest. theoret.	Spektrochemischer Befund			
		stark	mittel	schwach	Spuren
99 Dolomit xx Oberdorf	Mg Ca	Ca Mg		Mn Fe Sr	Si
100 Karbonat Schellgaden Talklagerstätte		Mg Fe	Mn Ca Si	Cr	Cu Sr Al Co?
101 Magnesitbaustelle E 7 in blauem Dolomit, weiße Kristalle, Tux		Mg	Ca Fe Mn	Si	Co Cu Ag (Al) Ni?
102 Magnesitbaustelle E 7 in blauem Dolomit, dunkle Kristalle, Tux		Mg	Ca Fe Mn Si		Ag Cu Al Sn? Co? Ni?
Bleiglanz Tux Et 1978 aus 102		Pb	Sb Zn Ag Ca	Cu Cd As	Al Si Sn? Bi? B
Antimonglanz Tux Et 1978 aus 102		Sb	Cu Pb (Ag) Ca	Mg As	Bi? Fe Al Si
Grauspießglanz Tux Et 1978 aus 102		Mg Pb Sb	Cu Fe Zn Ag Si Mn	Ca Al Ti As Cd Sn	
Blauer Disthen Zwischenlager E 17 Bruch Radenthein		Al Si	Ca Mg Fe Cr K	Sn V	Bi Mn Ag Co Zn Cu
103 Magnesit Großkorn heller Saum Stollen 9 A Tux		Mg	Ca Fe Mn Si		
104 Magnesit Großkorn dunkler Kern Stollen 9 A Tux		Mg	Fe Mn Ca Si		
105 Magnesit Rabenwald Theresienstollen	Mg	Mg	Ca Fe Mn Si		Cu Sr Al
106 Eisenspat Sohlalm Antonitstollen	Fe	Fe Mn	Mn	Zn Ti Si Ca	Al Sr Cu
107 Eisenspat Gollrad	Fe	Mg Fe	Mg	Ca Si	Sr Al
108 Dolomit Stangensattel (aus MgCO ₃ -Vorkommen)	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Si Al Ag Zn Cu
109 Dolomit Peitler Rennweg (aus Talk-Asbest-Vorkommen)	Mg Ca	Mg	Ca Fe Mn	Sr	Si
110 Ankerit Seekar, Radst. Tauern (aus Cu-Lagerstätten)	Mg Fe Ca	Mg	Ca Fe Mn Si		Sr Zn
111 MgCO ₃ Kaswassergraben (salinärer MgCO ₃)	Mg	Mg	Fe Mn Ca Si		Sr Al
112 Ankerit Hammergraben b. Filz- moos (Cu-Kies Gg.)	Mg Fe Ca		Mg Fe Mn Ca		Sr Si Al Cu Zn
113 Ankerit Sommererhalt bei Dienten (FeCO ₃) Lagerst.	Mg Fe Ca		Mg Fe Mn Ca		Si Cu
114 FeCO ₃ Hohentwiel Pongau FeCO ₃ Lagerst.	Fe		Mg Si Al Fe Mn	Ca Zn	Ti Sr Ag Cu

Bezeichnung Fundort	Hauptbest. theoret.	Spektrochemischer Befund			
		stark	mittel	schwach	Spuren
115 FeCO ₃ Fürbach bei Wagrain FeCO ₃ Lagerst.	Fe		Mg Si Ca Fe Mn		Sr Zn Cu Al
116 FeCO ₃ (MgCO ₃ -Thürnberg- Flachau) FeCO ₃ -Lagerst.	Fe		Mg Si Ca Fe Mn		Cu Al
117 FeCO ₃ Taghaube bei Mitterberg FeCO ₃ Lagerst.	Fe	Mg	Fe Mn	Ca Si Al	Sr Cu Co?
118 Dolomit Larzenbach Cu-Lagerst.	Mg Ca	Mg Ca	Cu Fe Mn	Si	Sr Al
119 Dolomit Oberer Giglerbauer Schladminger Tauern (Cu-Lgst.)	Mg Ca	Mg Ca	Si Fe Mn		Al Sr Cu
120 Kalkspat Zinnoberbau Eisen- kappel (Hg-Lgst.)	Ca	Ca	Mg Si Fe Mn	Sr	
121 FeCO ₃ Hirschwang (Semmering) Fe-Lgst.	Fe	Mg	Fe Mn Ca	Al Si Sr Cu	
122 Dolomit Rotgulden Friedrichs- stollen (As-Lgst.)	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Si Sr	
123 Schwabegg Drautal Dolomit- Kalkspat? (Cu-Hg-Lgst.)	Mg Ca	Mg	Fe Mn Cu Ca Al Si		Sr Ti Zn
124 FeCO ₃ Arzbach Vorau Fe-Lgst.	Fe	Mg	Fe Mn Si Ca	Sr	Al Cu
125 FeCO ₃ Pitten Nd. Öst. Fe-Lgst.	Fe	Mg	Fe Mn Ca	Si Sr	Al Cu
126 FeCO ₃ Waldenstein Fe-Lgst.	Fe	Mg	Fe Mn Ca	Si Sr	Al Cu
127 Fe-Dolomit bis Ankerit Zinkvand Mitterstollen Halde (Co-, Ni-, As-Lgst.)	Mg Fe Ca	Mg	Ca Fe Mn Si Cu	As Al Ag	Sr Zn
128 Ankerit Dienten Salzburg	Mg Fe Ca	Mg	Ca Fe Mn		Si Sr Al
129 Ankerit Erzberg Steiermark	Mg Fe Ca	Mg	Ca Fe Mn		Sr Al
130 Ankerit Erzberg Steiermark	Mg Fe Ca	Mg	Ca Fe Mn		Sr Al Si
133 Ankreit Erzberg Steiermark	Mg Fe Ca	Mg	Ca Fe Mn		Al Sr Si Cu
134 Ankerit Schellgaden Salzburg	Mg Fe Ca	Mg	Ca	Fe Mn	Sr Si Ag Al Si
135 Ankerit Veitsch Steiermark	Mg Fe Ca	Mg Ca		Fe Mn	Sr Si Ag
136 Dolomit Arzbachgraben bei Neuberg	Mg Ca	Mg Ca		Fe Mn	Sr Si Ag

Bezeichnung Fundort	Hauptbest. theoret.	Spektrochemischer Befund			
		stark	mittel	schwach	Spuren
137 Dolomit Dienten Salzburg	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Si
138 Dolomit Greinerberg Zillertal	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Si Sr	Cu Ag
139 Dolomit Höllgraben bei Werfen	Mg Ca	Mg Ca		Fe Mn	Sr Ag Si Zn
140 Dolomit Höllgraben bei Werfen	Mg Ca	Mg Ca		Fe Mn	Sr Si Ag
141 Dolomit Leogang Salzburg	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Cu Sr	Ag Zn Si Al
142 Dolomit Bachleralpe Pregratten Tirol	Mg Ca	Ca Mg	Mn	Si Sr Fe	Ag
143 Dolomit Schellgaden Salzburg	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr Ti Na	Si
144 Dolomit Sohlenalpe Steiermark	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Si	Na Cu Sr Al
145 Dolomit Sunk Trieben Stmk.	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Si Al
146 Dolomit Veitsch Stmk.	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Cu Sr	Si Al Ag Zn
147 Magnesit Hohentauern Stmk. (Dolomit)	Mg	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Si Ag Zn Al
148 Magnesit Mariazell Stmk.	Mg	Mg	Fe Mn	Si Ca	Ag Al Zn
149 Magnesit Sunk Trieben Stmk.	Mg	Mg	Si Fe Mn	Ca	Ag Al Zn
150 Siderit Erzberg Stmk.	Fe	Mg Ca Fe Mn		Si Sr	
151 Siderit Fluderalpe bei Seewiesen	Fe	Mg Fe Mn	Ca Sr Si		Cu
152 Siderit Sohlenalpe	Fe	Mg Fe Mn	Ca Sr Si		Cu
153 Dolomit vom Pb-Bergbau Arzwaldgraben Stmk.	Mg Ca	Mg Ca	Fe Mn	Sr	Na Si Al

Zur Verteilung der Begleitelemente in rhomboedrischen Karbonaten

(Mineralogische Bemerkungen zu H. Haas: Die Begleitelemente in rhomboedrischen Karbonaten)

Von H. Meixner, Knappenberg

(Lagerstätten der Österreichischen Alpine-Montangesellschaft)

(Erste Feststellungen über die Verteilung von Neben- und Spurenelementen in rhomboedrischen Karbonaten verschiedener Lagerstättentypen der Ostalpen.)

(First reference to the distribution of secondary elements and traces of elements in rhombohedral carbonates of the different types of mineral deposits of the Eastern Alps.)

(Première constatation sur la répartition des éléments secondaires dans les carbonates rhomboédriques de différents types de gisements des Alpes orientales.)

In einer anderen gleichzeitig in dieser Festschrift erscheinenden Arbeit (6) habe ich mich in einem anderen Zusammenhange mit Magnesit-, Eisenspat- und Mg-Fe-Mischkarbonatanalysen von Ostalpenvorkommen beschäftigt und dabei feststellen müssen, daß es fast gar keine neueren chemischen Untersuchungen an mineralogisch als homogen befundenem Material gibt und daß die vorhandenen älteren Analysen nahezu ausschließlich nur die Hauptelemente Mg und Fe, die Nebenelemente Ca und Mn und „Unlöslich“ oder „SiO₂“ ausweisen.

Von weiteren Nebenelementen ist bisher so viel wie nichts bekannt gewesen, von Spurenelementen liegen nur vereinzelte Daten z. B. von Köhler-Leitmeier (5) oder neuerdings wieder von Haberlandt (3, S. 623 ff.) vor, die durch Lumineszenzuntersuchungen an Kalkspat gewonnen werden konnten. Auf diesem Wege ist aber nur eine begrenzte Anzahl von Elementen erfaßbar und die Deutung der Leuchterscheinungen ist noch nicht in allen Fällen gelungen.

Hauptzweck der vorstehenden Arbeit von H. Haas (2) sollten also erste Hinweise auf bisher in unseren rhomboedrischen Karbonaten übersohene Nebenelemente sein, sowie auf Spurenelemente, soweit sie ohne Anreicherungsverfahren spektrochemisch nachgewiesen werden können. Trotzdem dabei schon um 150 Proben bearbeitet wurden, sind wir uns bewußt, daß dies nur ein Anfang sein kann, daß der jetzige Zeitpunkt für weitreichende Schlüsse noch verfrüht ist und wir hoffen in den nächsten Jahren diese Untersuchungen systematisch gemeinsam noch weiter fortsetzen zu können.

Entgegen verschiedenen neueren Arbeiten, in denen spektrochemisch Glieder ganz anderer Mineralgruppen untersucht worden sind und bei denen die Verfasser in der Lage waren, die Mengen der Spurenelemente in % oder in g/to zu fassen, erfolgt hier die Elementangabe in anderer Weise. Nach den Erfahrungen im Radentheiner Forschungslaboratorium (4), in dem in den letzten Jahren über 20.000 Aufnahmen durchgeführt worden sind, muß bei den Karbonaten bei Fremdzusätzen für Eichaufnahmen sehr vorsichtig verfahren werden.

Für die vorstehende Arbeit von H. Haas (2) verdanken wir je 23 Proben den Koll. O. Friedrich (Mineralog. Inst. d. Montanist. Hochschule

Leoben) und E. Krajček (Mineralog. Abt. d. Landesmuseums Joanneum in Graz), während 100 von mir gelieferte Proben teils der „Hüttenberger Werkssammlung“, teils den Sammlungen von Bergdirektor Dipl.-Ing. K. Tausch und Dipl.-Ing. K. Matz entnommen sind, oder aus umfangreichen eigenen Materialsammlungen herrühren. Allen Beteiligten sei für ihre Hilfe bestens gedankt.

Wir haben uns bemüht, frisch abgeschlagene, lupen- bzw. binokular-mikroskopisch als möglichst rein befundene Proben zu gewinnen, die entweder von Kristallen auf Klüften (xx) oder von Spaltstücken (#) aus dem Gesteins- (Erz-, Gangart-) Bestände stammen. Bei dem von mir gelieferten Material sind in vielen Fällen bereits optische, kristallographische oder spezifische Gewichtsbestimmungen (Berman-Mikrowaage) vorgenommen worden, um die mineralogische Bezeichnung der Proben festzulegen; insgesamt hält sich die Namengebung der Proben aber oft an die Sammlungsetiketten und an die im Schrifttum für die betreffenden Lagerstätten üblichen Namen. Nach den Ergebnissen der spektrochemischen Untersuchungen werden in einigen Fällen zu einem späteren Zeitpunkt noch ergänzende Untersuchungen erforderlich sein. Damit im Einklang stehen Erfahrungen, die kürzlich bei der Neubearbeitung von Mg-Fe-Mischkarbonaten gemacht worden sind (6).

Weiterhin schien es von großem Interesse, ob der nach der geschilderten Methodik spektrochemisch feststellbare Elementbestand es gestatten würde, Leitelemente auszusondern, die Hinweise auf die Mineralbildung und auf die Lagerstättenentstehung geben würden. Die Auswahl des Probematerials ist bereits von solchen Fragestellungen beeinflusst; außerdem wurde z. B. auf Gleich- und Ungleichmäßigkeiten innerhalb einer Lagerstätte nach Ort und Jahr der Aufsammlung, nach der Kristalltracht, nach den Mineralsukzessionen auf einer Stufe, nach bereits erkannten Bildungsunterschieden usw. geachtet. Genauere Aufzeichnungen darüber liegen für jede Probe vor, auf sie soll im einzelnen erst später an Hand eines größeren Materials zurückgekommen werden.

Nach Mineralgruppen aufgegliedert, enthält das vorliegende Material

21 „Magnesite“

31 „Siderite“

- 12 Mg-Fe-Mischkarbonate
- 19 Kalkspäte
- 46 „Dolomite“
- 20 Proben Braunspat bis Ankerit.

Nach Lagerstätten und Fundorten geteilt, ergibt sich die folgende Aufstellung:

Aus Magnesitlagerstätten:

- Arzbachgraben / Neuberg (Nr. 134)
- Asturreta / Spanien (Nr. 15—17, 28—32)
- Erhard / Breitenau (Nr. 14, 18, 19)
- Kaswassergraben / Großreifling (Nr. 96, 111)
- Leogang (Nr. 139)
- Mariazell (Nr. 146)
- Oberdorf a. d. L. (Nr. 12, 13, 20—27, 33—36, 49, 99)
- Radenthein (Nr. 98)
- Sunk / Trieben (Nr. 41, 54, 143, 145, 147)
- Tux, Umgebung (Nr. 4—11, 101, 102)
- Veitsch (Nr. 144)
- Wald (Nr. 47)

Aus Talklagerstätten:

- Greiner (Nr. 136)
- Hirt (Nr. 38—40)
- Ingelsberg / Gastein (Nr. 44)
- Peitler / Rennweg (Nr. 109)
- Rabenwald (Nr. 105)
- Schellgaden (Nr. 100, 141)

Aus Fe-Lagerstätten:

- Arzbach / Vorau (Nr. 124)
- Dienten (Nr. 113, 128, 135)
- Felixbau / Hüttenberg (Nr. 61, 65, 80)
- Fluderalpe / Seewiesen (Nr. 149)
- Fürbach / Wagrein (Nr. 115)
- Gollrad (Nr. 107)
- Hirschwang (Nr. 121)
- Höllgraben / Werfen (Nr. 137, 138)
- Hohentwiel / Pongau (Nr. 114)
- Hüttenberger Erzberg (Nr. 1, 2, 57—60, 62—64, 66—69, 76—79, 81—90)
- Olsa / Friesach (Nr. 3)
- Pitten (Nr. 125)
- Sohlenalpe / Veitsch (Nr. 55, 106, 142, 150)
- Steirischer Erzberg (Nr. 45, 46, 52, 124, 130, 131, 148)
- Turnhof / Flachau (Nr. 37, 116)
- Turrach (Nr. 91, 108)
- Veitsch (Nr. 133)
- Waldenstein (Nr. 126)
- Wölch (Nr. 95)

Gangarten aus Cu-Lagerstätten:

- Giglerbaue (Nr. 119)
- Hammergraben / Radstadt (Nr. 112)
- Larzenbach (Nr. 118)
- Mitterberg (Nr. 43, 50, 51, 56, 70—75, 93, 117)
- Schwabegg (Nr. 123)
- Seekar (Nr. 110)

Aus anderen Lagerstätten und Vorkommen:

- Bachleralpe / Pregratten (Nr. 140)

- Eisenkappel (Hg) (Nr. 120)
- Raibl (Pb-Zn) (Nr. 92)
- Rotgülden (As) (Nr. 122)
- Schellgaden (Au) (Nr. 132)
- Schmirn (Nr. 53)
- Traversella (Nr. 94)
- Unterlaussa (CaF₂) (Nr. 48)
- Untersulzbachtal (Nr. 42)
- Wallhoralpe (Nr. 97)

Besondere Sensationen, wie es etwa die Auffindung eines Ceriumankerits (Codazzit) gewesen wäre, sind nicht herausgekommen; es ist mir auch nicht bekannt, ob die spektrochemische Methodik zur Feststellung von Ce-La-Gehalten überhaupt geeignet ist.

Die Hauptmetalle (Mg, Fe, Ca, ± Mn) der rhomboedrischen Karbonate finden sich meistens in der Kolonne „stark“ der Tabellen von H. Haas; jedoch ist es ganz auffällig, daß einige Male bei manchen sicher richtig bezeichneten Mineralen (z. B. einigen Dolomiten, Mg-Fe-Mischkarbonaten und sogenannten „Sideriten“) Ca bzw. Fe erst in der Kolonne „mittel“ aufscheinen. Unter „mittel“ treffen wir in relativ wenigen Fällen gelegentlich auch schon die Elemente Al, K?, Si, Sr und Ti.

Außer diesen Nebenbestandteilen bringt die Kolonne „schwach“ noch Ag, B, Cr, Cu, Na, Sn? und Zn, während unter „Spuren“ außer den bisher aufgezählten, gelegentlich noch Ba, Co?, Ni? und V? beobachtet worden sind.

Der Gehalt an Nebenbestandteilen und Spuren ist trotz der Herkunft des Materials aus einer ganzen Reihe verschiedenartiger Erz- und Mineralagerstätten der Ostalpen überraschend gleichförmig.

Besonders auffallend sind das in nahezu jeder Probe nachgewiesene Strontium und ähnlich häufig treten auch Silber und Kupfer auf. Strontium ist durchaus nicht nur in den Karbonaten jener Lagerstätten zugegen, aus denen bereits eigene Strontiumminerale (Strontianit und Zölestin) bekannt sind, sondern auch in den anderen, denen selbständige Sr-Minerale bisher fehlen, und noch dazu in gegenüber „Spuren“ offensichtlich sogar erheblicheren Mengen. Diese Verbreitung des Strontiums kommt nicht ganz überraschend, die Diskussion der Vorkommen von Strontianit und Zölestin aus dem Ostalpenraum erwies diese Minerale als Durchläufer in recht verschiedenen Lagerstättentypen (7). Sr ist also in ziemlich sämtlichen Sideriten, Magnesiten, Kalkspäten und Dolomiten-Ankeriten der Spatlagerstätten zugegen, auch in Dolomit aus Antigorititen (Hirt, Peitler, Greiner). Gerade der „salinare“ Magnesit vom Kaswassergraben zeigt in der einen Probe kein Sr, in der anderen bloß Spuren davon.

Nach Noll (8, S. 516) gestattet die optische Spektroskopie (ohne chemische Anreicherungen) die Bestimmung bis herunter auf 0,001% SrO. Der Gehalt an Sr in Eruptivgesteinen wird in den Lehrbüchern mit 0,02 bis 0,03% angegeben. Noll (8, S. 548/549) fand in sedimentären Kalksteinen und Dolomiten sowie Kalkversteinerungen SrO in

Mengen zwischen 0,01 und 0,5 Gew.%, in einem Cumberlander Kalkspat < 0,03 %. In diesem Zusammenhang wäre es sehr interessant, wenn für unsere verschiedenen Ostalpen-Späte, die unter „mittel“, „schwach“ und „Spuren“ ausgewiesenen Sr-Beobachtungen ergänzend quantitativ ausgewertet werden könnten.

Weit verbreitet sind, wie schon erwähnt, Ag und Cu, und durchaus nicht nur in den Cu-Erzlagerstätten. Genetisch voll parallelisierbare Proben aus derselben Lagerstätte stimmen in ihren Nebenbestandteilen ganz und gar nicht immer voll überein.

Ba ist in unseren Karbonaten bloß in einem einzigen Dolomit von Oberdorf angetroffen worden; aus der Magnesitlagerstätte Oberdorf, aus der die betreffende Probe stammt, sind Bariumminerale bisher unbekannt, wohl aber wurde in der benachbarten Talklagerstätte Oberdorf ein einziges Mal um 1913/14 Baryt in geringen Mengen nachgewiesen.

Die Magnesite und Dolomite von Asturreta (Spanien) fügen sich auch in den Neben- und Spurenelementen ganz den Beispielen aus den Ostalpen an.

Einige Bestandteile (Si, Al, K, Ti) werden sich bei den metasomatischen Verdrängungsspäten voraussichtlich zwanglos auf Relikte zurückführen lassen.

Neben der Vergrößerung des Materials im Sinne der bisher geübten Auswahl zeigt sich nun schon die Notwendigkeit, bei weiteren Untersuchungen auch auf das nicht metasomatierte Muttergestein außerhalb der Lagerstätten zurückzugreifen, um weitere Vergleichsmöglichkeiten zu gewinnen.

Das in bezug auf die Zahl der Vorkommen immerhin bereits einigermaßen breite Untersuchungsmaterial scheint kaum Aussicht zu bieten, unter den spektrochemisch nachgewiesenen Bestandteilen „Leitelemente“ zu finden, die auf unterschiedliche Bildungsbedingungen Hinweise liefern könnten. Eine neuere und eingehende spektrochemische Untersuchung von S. Gavelin und Gabrielson (1) an sulfidischen Erzen aus dem Skellefte Gebiet (Schweden) zeigt auch, daß „Leitelemente“ selbst in solchen Lagerstätten für genetische Typisierungen sehr schwer zu finden sind.

Zusammenfassung

Zur spektrochemischen Untersuchung durch H. Haas (2) gelangten 21 Magnesite, 31 Siderite, 12 Mischkarbonate der Reihe $MgCO_3 - FeCO_3$, 19 Kalkspate, 46 Dolomite und 20 Braunspate bis Ankerite. Mit Ausnahme von 8 Proben aus der spanischen Magnesitlagerstätte Asturreta, stammt das ganze Material aus den Ostalpen, und zwar 42 aus Magnesit-, 9 aus Talk-, 61 aus Eisen-, 17 aus Kupfer- und 10 aus andersartigen Lagerstätten.

Der Bestand an Neben- und Spurenelementen ist in fast allen Karbonaten auffallend ähnlich. Besonders Strontium, Silber und Kupfer sind allgemein verbreitet. Für genetische Deutungen brauchbare „Leitelemente“ sind nicht gefunden worden. Eine weitere Auswertung soll erst an Hand eines größeren Materials erfolgen.

Summary

Twentyone samples of magnesite, thirtyone of siderite, twelve of mixed carbonates of the $MgCO_3 - FeCO_3$ series, nineteen of calcite, forty-six of dolomite and twenty of brownspar, including ankerite were spectrochemically analysed by H. Haas (2). All these samples, with the exception of eight from the Spanish magnesite deposit of Asturreta, originated from the Eastern Alps, namely: forty-two from magnesite, nine from talcum, sixtyone from iron ore, seventeen from copper and ten from other deposits.

The contents of secondary elements and of those present only in traces are in almost all carbonates strikingly similar. Particularly strontium, silver and copper are of general occurrence. Elements that might serve as guides for a genetic interpretation could not be found. When more ample sample material will be available, the results so far obtained will be more extensively utilized.

Résumé

Les minerais examinés spectrochimiquement par Mlle H. Haas étaient les suivants:

21 de échantillons de magnésiens, 31 de sidérites, 12 de carbonates mixtes du système $MgCO_3 - FeCO_3$, 19 de spaths calcaires, 46 de dolomies, et 20 de spaths brunissants jusqu'à des ankerites. A l'exception de 8 échantillons du gisement espagnol de magnésie d'Asturreta, tous les échantillons provenait des Alpes orientales à savoir 42 de gisements de magnésie, 9 de talc, 61 de fer, 17 de cuivre et 10 en provenance d'autres gisements.

La teneur en éléments secondaires est très analogue dans tous les carbonates. Surtout le strontium, l'argent et le cuivre sont très généralisés. — Des „Leitelemente“ permettant l'interprétation génétique n'ont pas été trouvés. Une interprétation ultérieure suivra dès qu'un plus grand nombre d'échantillon sera disponible.

Literaturverzeichnis

- (1) Gavelin, S., und O. Gabrielson, Spectrochemical investigations of sulphide minerals from the ores of the Skellefte District. Sver. Geol. Undersökning, Avh. och uppsatser Ser. Årsbok 41, Stockholm 1947, 1—45.
- (2) Haas, H., Die Begleitelemente in rhomboedrischen Karbonaten. Radex-Rundschau, 1953.
- (3) Haberlandt, H., Neue Lumineszenzuntersuchungen an Fluoriten und anderen Mineralien IV. Sitzber. d. Akad. d. Wiss., Math. nat. Kl., I, 158, Wien 1949, 609—646.
- (4) Kahler, F., — H. Haas und Chr. Fischer: Die spektrochemische Analyse von Magnesit. Radex-Rundschau, 1952, 33—45.
- (5) Köhler, A., und H. Leitmeier, Das Verhalten des Kalkspates im ultravioletten Licht. Zentralbl. f. Min., A, 1933, 401—411.
- (6) Meixner, H., Mineralogische Beziehungen zwischen Spatmagnetit- und Eisenspatlagerstätten der Ostalpen. Radex-Rundschau, 1953.
- (7) Meixner, H., Mineralogisches zu Friedrich's Lagerstättenkarte der Ostalpen. Radex-Rundschau, 1953.
- (8) Noll, W., Geochemie des Strontiums. Chemie der Erde 8, 1934, 507—600.

LAGERSTÄTTENKARTE DER OSTALPEN

(Erze und einige nutzbare Minerale)

von O. M. Friedrich

Geologische Grundlage (vereinfacht) nach: Vettors, Geologische Karte der Republik Österreich 1:500.000, herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">Oberkreide-Alttertiär, Flyschzone im allgemeinenTrias-Neokom bzw. UnterkreideKarbon-Perm einschl. permotriad. Quarzschiefer d. Zentralalpen, Schiefer d. Matreier ZoneAltpaläozoikum einschl. Hochwipfelschichten d. Karnischen AlpenQuarzphyllit und verwandte GesteineSchieferhülle der Hohen Tauern, Bündner Schiefer, PräalpauflyschMarmore einschl. solcher der Schieferhülle und KlammkalkKristallin i. allgem. einschl. „alte Granitgneise“Zentralgneise der Hohen TauernSpätalpidische saure Intrusiva und Gefolge, „Periadriatica“Andere Granit- und Granitgneismassive, GrobgnaisgruppeSerpentin u. Peridotit; Diabase, Grünschiefer, PrasiniteGabbro, Monzonit, Melaphyr, BasaltQuarzporphyr (Südtirol); Porphyroid (Grauwackenzone, Graubünden)Andesit-Liparit und andere ErgußgesteineJungtertiär-Alluvium (weiß) | <ul style="list-style-type: none">TauerngoldgängeGoldlagerstätten, Typus Schellgadenheißthermale Lagerst. mit Cu, Ag, Co, Ni usw.alpine KieslagerEisenspatlagerstättenSpätlagerst. mit vorwiegend CuSpätlagerst. mit vorwiegend BarytPb-Zn-Lagerstätten in den KalkalpenPb-Zn-Lagerstätten in anderen GesteinenSb-LagerstättenHg-LagerstättenMagnetit, Typus PlatteEisenerze, Typus StubaiBauxit, Karsteisenerze und ähnlicheandere Eisenerze (außer Eisenspat)MangenerzeChromitGraphitsedim. KupferlagerstättenKieslagerstätten verschiedener ArtSb-LagerstättenMagnetitgänge von Krauth u. a.Molybdänglanz |
|---|--|

