

Die grundlegenden Beobachtungen zur Entstehung der Eisenspatlagerstätten von Hüttenberg

(Ein Beitrag zur Erinnerung)

Von Eberhard CLAR und Heinz MEIXNER

Mit 5 Abbildungen

- I. Einführung (E. CLAR und H. MEIXNER)
- II. Die mineralogischen Grundlagen der Lagerstättenbildung (H. MEIXNER)
- III. Die geologischen Zusammenhänge (E. CLAR)

Zusammenfassung: Im Zusammenhang mit der Einstellung des Bergbaubetriebes an der seit rund 2000 Jahren gebauten, durch ihre Mineralführung berühmten Sideritlagerstätte wird nach einführenden Bemerkungen über die bergbaugeologische Situation (Teil I) eine Zusammenfassung der Beobachtungsgrundlagen für eine Deutung der Lagerstättenentstehung gegeben. Teil II (MEIXNER) behandelt die mineralogischen und mineralparagenetischen Grundlagen, Teil III (CLAR) die geologischen Zusammenhänge und Schlüsse.

Mineralogisch und paragenetisch ist scharf zu trennen zwischen dem „Altbestand“ des metamorphen Kristallins der weiteren Umgebung im Gebiete der Saualpe (1), den Erzeugnissen und Reaktionsprodukten der hydrothermalen Vererzung (2) und den Bildungen der Oxidationszone (3).

Die Platznahme der Erzparagenese ist durchaus jünger als die Verformungen und Kristallisationen der regionalen Metamorphose der weiteren Umgebung und verbunden mit der Umsetzung einiger für sie typischer Minerale und Gesteine. Die Bildung der Erzkörper geschieht im wesentlichen metasomatisch nach bestimmten Marmorarten, verbunden mit Hohlraumabsatz aus Lösungen. Im geologischen Ablauf steht sie im Zusammenhang mit Zerschering und Bruchtektonik, die in ihrem regionalen Verband jedenfalls schon als alpidisch einzuordnen ist. Irgendwelche Restbelege für bereits vor der Metamorphose vorhandene einschlägige Metallkonzentrationen sedimentärer Art und ihre sekundäre Mobilisation fehlen. Die Herkunft der vererzenden Lösungen bleibt mangels zur Freisetzung geeigneter Plutonite offen; wenn die Lösungszirkulation aus Vorgängen der Metamorphose stammt, so kann es sich nach den sichtbaren Zeitrelationen nicht mehr um die variszische Metamorphose handeln, sondern nur um eine Auswirkung der in größerer Tiefe sichergestellten alpidischen Umprägungen.

S u m m a r y: The siderite-mine of Hüttenberg, famous location of numerous mineral specimens, which had been in exploitation uninterruptedly for about 2000 years, was shut down in 1979. In connection with this fact the paper presents a summary of the fundamental observations, which have to be the base of any interpretations concerning the origin of the deposit. After introductory remarks on the geological conditions of mining (part I) the second part (II, MEIXNER) deals with the mineralogical and paragenetical data and part III (CLAR) with the geological relations and genetical conclusions.

Concerning the mineralogical composition there is a very clear distinction between:

- (1) the mineral paragenesis of the metamorphic rocks of the Saualpe,
- (2) the products of deposition and reaction during the hydrothermal ore-mineralisation,
- (3) the formation of secondary minerals in the domain of oxidation.

The deposition of the paragenetic group of ore-minerals doubtless took place as a whole after deformation and regional-metamorphic crystallisation of the country rocks, and is accompanied by the alteration of some typical minerals or rocks among them. The formation of the ore-bodies is essentially an effect of replacement of certain types of marbles and of final precipitation from hydrothermal solutions in open cavities. In the course of the geological evolution this formation is closely connected with the late shearing and fracturing tectonics, which have to be considered not of Hercynic, but of Alpidic age. Any proofs of premetamorphic sedimentary metal-concentrations and their secondary mobilisation could not be observed at all. The origin of the mineralizing solutions remains being an unsolved problem, owing to the lack of plutonites which might have been the source; if these solutions are in some way products of metamorphism the visible time relations point clearly to early Alpidic events, the activity of which newly being proved in greater depth below.

I. EINFÜHRUNG (E. CLAR und H. MEIXNER)

Die mineralogisch-paragenetischen und geologischen Untersuchungen, die die beiden Verfasser und, nach dem Weggang von CLAR, unser später unter Tage tödlich verunglückter Kollege W. FRITSCH in langjähriger ununterbrochener Betreuung des Bergbaubetriebes der Lagerstätte Hüttenberg durchführen konnten, sind – wie schon in dem Bericht des verdienstvollen Bergdirektors K. TAUSCH 1954 (47) hervorgehoben – auf das engste verbunden gewesen mit dem Wirken unseres Jubilars und Freundes Franz KAHLER als dem tätigen Helfer und Förderer aller naturwissenschaftlichen Arbeit in Kärnten.

Über seine Anregung haben wir uns entschlossen, die wichtigsten Beobachtungen und Ergebnisse dieser Arbeiten, die überwiegend schon in einer Reihe von Einzelveröffentlichungen vorgelegt worden sind, aus diesem Anlasse und besonders mit dem Blick auf die Frage der Entstehung der Lagerstätte noch einmal zusammenfassend darzustellen. Es ergibt sich daraus unserer Meinung nach zwar noch nicht eine vollständige Aufklärung der Herkunft der Lagerstätte, aber doch eine klare Gliederung des Entstehungsablaufes in Hinblick auf die Folge der paragenetischen Bedingungen in ihrem Zusammenhang mit der geologisch-tektonischen Geschichte des Gebietes. Eine genetische Deutung muß diesem Rahmen genügen und ist abzulehnen, wenn sie ihm widerspricht oder sich über wesentliche Beobachtungsbefunde hinwegsetzt. Wie gezeigt werden muß, trifft dies zu, wenn man Hüttenberg, im Sinne einer derzeit modernen

Strömung der Lagerstättenlehre, mit O. SCHULZ als eine mit den Begleitgesteinen sedimentierte und mit ihnen im variszischen Gebirge metamorph gewordene Erzlagerstätte zu deuten versucht.

Wie abschließend nochmals zu betonen sein wird, ist die Frage der Entstehung von Hüttenberg keineswegs nur ein lokales Problem, denn wegen seiner Lage im hochmetamorphen Kristallin hat es eine Sonder- und Schlüsselstellung unter den alpinen Spatlagerstätten.

Die einschlägigen Beobachtungen sind heute nicht mehr oder nur zum Teil zu wiederholen und vorzuführen, denn – wie bekannt – ist der Bergbau im Jahre 1979 nach 2000jährigem Betrieb mit definitiv erscheinenden Maßnahmen auf unbestimmte Zeit geschlossen worden. Während die vorhergehende Krise dieses Bergbaues zu Ende des zweiten Weltkrieges vor etwa 35 Jahren überwiegend durch eine Erschöpfung der erschlossenen oder gesicherten Erzreserven gekennzeichnet war, ist es jetzt nach offizieller Darstellung nicht der mangelnde Erfolg des Hoffnungsbaues, sondern es sind betriebswirtschaftliche Gründe, die die Einstellung erzwingen haben. Ohne irgendwie in die uns unzugängliche betriebswirtschaftliche Beurteilung einzugreifen, seien nur ganz kurz die uns geläufigen Lagerstättengeologischen Umstände berührt, die diese Situation naturgemäß und notwendig mitbedingt haben.

Das Hüttenberger Erz ist seit der Auflassung der historisch bedeutsamen kleineren Hütten der Umgebung der Lagerstätte schon durch deren verkehrsgeographische Abgelegenheit und den Transport zu den großen zentralen Verarbeitungsanlagen belastet, und auch das zeitweise durchgeführte Rösten vor dem Transport hat dieses Problem nicht entscheidend gemildert. Schwerer aber wiegt die Tatsache, daß Hüttenberg mangels einer Anlage der Erzaufbereitung von jeher nur so reines Erz fördern und liefern durfte, daß dieses direkt dem Hüttenprozeß zugeführt werden konnte. Die Mitgewinnung der vorhandenen ärmeren, mit Nebengestein verwachsenen Erze war dadurch eng begrenzt. Im geologischen Charakter der Lagerstätte, der Form und Lage der Erzkörper ist zunächst bedingt, daß das Erz praktisch ausschließlich im untertägigen Grubenbau gewonnen werden mußte und daß dabei nur wenige, angenähert stockförmige Erzkörper (wie „Heinrich“- oder „Albert“-„Lager“) einen flächenhaft geschlossenen Abbau in genügend reinem Erz gestattet haben. Ein wesentlicher Teil der Gewinnung stammte immer schon aus unrein verwachsenen Lagerstättenteilen oder aus flözartigen Lagern, die weniger breit waren als die Mindestbreite der zu ihrer Gewinnung vorgetriebenen Abbaustrecken. Beides verlangte eine Abbautechnik, die es gestattete, schon „vor Ort“ im Stollen das gute Erz getrennt von „taubem“ und minderem Hauwerk zu fördern; das war zum Schluß der gefährliche und hohe Einfühlung in das Gebirgsverhalten verlangende Bruchbau mit der alten, körperlich ungemein schweren, aber bergmännisch sauberen Arbeit des Teilabschlages und des Ladens mittels „Trögeln“ von Hand.

Die mit dem Fortschritt der technischen Mittel unausbleibliche Mechanisierung nicht nur des Förder-, sondern auch des Abbau-Betriebes hat auch hier – wenngleich relativ spät – Platz greifen müssen und hat diese eminent selektive Art der Gewinnung von gutem Erz auch aus unrein verwachsenen Vorkommen beendet. Als in den fünfziger Jahren als Erfolg des wissenschaftlich gelenkten Hoffnungsbaues (siehe TAUSCH, 1954 (47)) Erzreserven für gut zwanzig Jahre nachgewiesen waren, bestanden diese Reserven zu wenigstens etwa einem Drittel aus unrein verwachsenen Erzen, die nur entweder durch das alte Abbauverfahren mit selektivem Laden von Hand oder durch die von vornherein als notwendig und selbstverständlich erscheinende Ergänzung jeder mechanisierten Gewinnung, nämlich eine nachgeschaltete mechanische Aufbereitungsanlage zur Reinigung des Fördergutes, verwertbar gewesen wären. Zu dieser Zeit hatte sich die reinigende Aufbereitung von Stückerz im Sink- und Schwimmverfahren als sinnvolle Ergänzung der Großmechanisierung des Abbaues in Eisenerz bereits bestens bewährt. Hüttenberg aber ist bis zur Schließung rund 25 Jahre später immer noch ohne die notwendige Aufbereitungsanlage geblieben und hat deshalb einen wesentlichen Teil der schon nachgewiesenen Erzreserven uneinbringbar nicht nutzen können.

So erscheint uns der Untergang des uralten Bergbaubetriebes Hüttenberg als ein modernes Opfer des mangels nötiger Einsicht nur zur Hälfte angewandten Fortschrittes der mechanisierten Bergbautechnik, so wie letztlich eine Unzahl kleiner, einst von den Vorfahren mit Vorteil genutzter Erzlagerstätten unserer Ostalpen seit rund 100 Jahren am Fortschritt von den kleinen zu immer größeren Betriebseinheiten zugrunde gegangen sind.

Es ist heute modern und zweifellos – mehr vom wissenschaftlichen als vom praktischen Blickwinkel aus – begrüßenswert, wenn solche alte, einst aufgegebenen Vorkommen neu untersucht werden. Auch im Raum Hüttenberg ist das an kleinen Begleitvorkommen ohne einen klärenden aufwendigen Abschluß in Angriff genommen worden. Im Bereich der Hauptlagerstätte ist aber dabei in der Schlußphase eine entscheidende Untersuchung der Tiefe zurückgeblieben. Denn wir müssen heute ganz nüchtern zur Kenntnis nehmen, daß dieser berühmte Bergbau des Norischen Eisens in den 2000 Jahren seiner Geschichte nur über eine Tiefenerstreckung von gerade 550 Metern von den Bergeshöhen bis nahe an die Talsohle von Hüttenberg vorgedrungen ist, während der Raum unter dieser noch durch keine systematische Tiefbohruntersuchung erkundet ist. Zwar ist in diesem Bereich eine deutliche Abnahme der Verzungsdichte und auch der Marmormächtigkeit eingetreten, s. auch MEIXNER 1967 (29); aber erzfreie Teilräume gab es auch schon in höheren Teufen (siehe S. 82) und die Mineralparagenese gibt keinen Hinweis, daß etwa ein Ende der Erzführung nach unten durch sogenannte „primäre Teufenunterschiede“ bevorstehe. So bleibt noch völlig offen, ob die Erzführung dieser bergbauhistorisch so bedeutsamen Lagerstätte

erstaunlicherweise wirklich gerade in der Höhe der Talsohle endet und auch unsere moderne Erschließungstechnik nicht imstande ist, in ihr einen echten, unter die Talsohle fortschreitenden Tiefbau zu entwickeln.

II. DIE MINERALOGISCHEN GRUNDLAGEN DER LAGERSTÄTTENBILDUNG (H. MEIXNER)

Auf Grund der durch mehr als 30 Jahre am Hüttenberger Erzberg durchgeführten mineralogischen Beobachtungen, von denen viel in zahlreichen, zum Teil verstreut gebrachten Veröffentlichungen niedergelegt ist, kann nur an der von CLAR & MEIXNER, 1953 (10, S. 83), vorgestellten Großeinteilung festgehalten werden:

1. Altbestand an Gesteinen und Mineralvorkommen (variszisch), vor der alpidischen Vererzung gebildet.
2. Erzeugnisse im Zyklus der Eisenspatvererzung (alpidisch) unter teilweiser Mitverwendung von Altbestand.
3. Bildungen der Oxidationszone und rezente Verwitterung.

Diese Einteilung hat sich hier wie im ganzen Bereich der Lagerstätten des „Typus Hüttenberger Erzberg“ von Friesach bis ins Lavanttal (Loben, Waldenstein, Theißenegg, Wölch usw.) durchwegs bewährt.

Die Zusammenhänge zwischen den tektonischen Ereignissen mit der Bildung unserer Eisenspatlagerstätten im Groß- wie Kleingefüge hat CLAR, 1932–1954 (6; 9; 10, S. 67–82; 11) in zahlreichen Arbeiten dargelegt. Gleichzeitig folgt nun von CLAR eine zusammenfassende Darstellung aller Befunde, die die epigenetische, alpidische Entstehung aus geologischer Sicht belegen.

In gleicher Weise hat MEIXNER, 1953–1975 (10, S. 70–76, 82–91; 22, S. 101–104; 23; 24; 26; 28; 29; 30 und 32, 210–213) viele Mitteilungen als Beiträge zur Mineralisation der Hüttenberger Lagerstätten geliefert, da es seit 1953 beim fortschreitenden Abbau der Lagerstätte immer wieder zu neuen Funden und zu neuen Beobachtungen gekommen ist. Das soll nun einmal aus mineralogischer Sicht im folgenden zusammenfassend vorgeführt werden.

Der Altbestand an Gesteinen und die Erzeugnisse der Lagerstätte sind für uns beide das Ausgangsmaterial; so ist es selbstverständlich, daß oft Überschneidungen in unseren Darlegungen vorkommen.

Zur Entstehung der Hüttenberger Vererzung stehen im Schrifttum verschiedene Ansichten einander gegenüber.

BRUNLECHNER, 1891–1893 (4; 5), ist noch für eine sedimentäre Bildung eingetreten.

BAUMGÄRTEL, 1902 (3, S. 240), belegt „eine Verdrängung des Kalkcarbonates durch Eisencarbonat“, damit eine Metasomatose, und tritt für epigenetische Herkunft (3, S. 244) ein. Die dafür verantwortlich

gemachte „Einwirkung eines Granites“ (3, S. 244) ist jedoch durch nichts belegt, ebensowenig mit Pegmatit, dessen Kaolinisierung in den Lagerstätten, offensichtlich als Folge der Vererzung, gerade BAUMGÄRTEL, 1902 (3, S. 227, 237, 240 und 241), immer wieder hervorgehoben hat!

REDLICH und H. HABERFELNER, 1928 (19), glauben, einen älteren „primären“, vorwiegend grauen und glimmerführenden Eisenspat – von dem sie wegen dieses Schiefergefüges annehmen, daß er die „kristalline Schieferbildung“ mitgemacht hat – unterscheiden zu können von einem jüngeren, in Gängen und Drusen erscheinenden Spat, mit dem auch die anderen späten Begleitminerale verbunden sind. Betreffs der Entstehung wird vermutet, daß die ersten „primären“ Erze dem Eindringen der Pegmatite gefolgt sind, während die zweite Vererzungsphase von Gang- und Drusen-Siderit Hand in Hand mit der Diaphthorese der Nebengesteine angenommen wird.

Nach den Erfahrungen CLAR–MEIXNER, 1953 (10), und späteren Arbeiten, sowie FRITSCH, 1971 (16), ist die „primäre“ Gruppe von REDLICH–HABERFELNER der durch metasomatische Verdrängung glimmerführenden Marmors gebildete Siderit, die zweite sind die daran ohne belegbares geologisches Zwischenereignis anschließenden und damit untrennbar verbundenen Hohlraum- und Kluftabsätze der gleichen hydrothermalen Lösungszirkulation. Die gesamte Vererzung ist jünger als die (variszische) metamorphe Kristallisation der Gesteinsfolge des Nebengebirges und interferiert mit der nachkristallinen (jedenfalls alpidischen) Zerschungs- und Bruchtektonik, s. CLAR–MEIXNER, 1953 (10, S. 80/81).

Jüngste Innsbrucker Dissertationen sind auf diese ausführlich dargelegten Befunde kaum eingegangen. Aus ihren Untersuchungen folgert SCHULZ, 1979a–c (42, S. 474; 43; 44, S. 249): „Es wird der Schluß gezogen, daß die ursprüngliche Fe-Anreicherung im wesentlichen syngenetisch im prämetamorphen Sedimentverband stattgefunden haben muß, dann aber diagenetische sowie hauptsächlich regionalmetamorphe Überprägungen zu beträchtlichen Umkristallisationen mit Kornvergrößerung geführt haben“. „Es erweist sich die Lagerstätte Hüttenberg als alt angelegt, metamorph überprägt und mobilisiert und ist ihrer Entstehungsgeschichte nach kein Ereignis der alpinen Metallogene, weder in der Tertiärzeit, noch in der Kreide/Tertiärzeit.“

So erscheint es angebracht, die anscheinend in Vergessenheit geratenen, in gut drei Jahrzehnten größtenteils an Ort und Stelle erworbenen, jedoch verstreut veröffentlichten Beobachtungen, die Grundlagen zur Hüttenberger Lagerstättendeutung liefern, kurz zusammenzufassen.

Dabei sei auch auf die letzte Veröffentlichung von FRITSCH†, 1971 (16, S. 292 ff.), verwiesen, der darin eine interessante Aufstellung über die häufigeren, in Hüttenberg unterscheidbaren Eisenspatertypen vorgelegt und näher beschrieben hat.

Allen Betrachtungen liegt die geologische Kartierung von CLAR, 1953 (10, Beilage 5, Karte 1:10.000) zugrunde, ähnlich auf der neuen Saualpenkarte 1:25.000 von WEISSENBACH, PILGER et al., 1978 (48, Saualpe-Nord, Planquadrate 1-8/A-E), in deren NW-Ecke der Hüttenberger Erzberg als seitlicher Ausläufer der Saualpe enthalten ist. Die Hüttenberger Lagerstätte und einige weitere liegen demnach in einem mittelgradig metamorphen (mesozonalen) Teil, während andere, im Grund gleichartige Fe-Lagerstätten im hochgradig metamorphen (katakonalen) Altkristallin auftreten.

Voraussetzung zu gelegentlicher Vererzung sind in beiden Gruppen die verschiedenen *Marmore*, die CLAR, 1953 (10, S. 73), eingehend gegliedert hat. Außer hierin haben für unseren Raum bereits BAUMGÄRTEL, 1902 (3, S. 230/231) und P. EGENTER, 1909 (13, S. 430/431), schon wertvolle Beobachtungen über die metamorphen Mineralbildungen in solchen Marmoren mitgeteilt.

Die Hauptträger unserer Eisenspatlagerstätten zwischen Friesach und Waldenstein sind nämlich die wohl variszisch unter meso- bis katazonalen Metamorphosebedingungen gebildeten *Marmore*. Dabei wurden in vom jeweiligen Ausgangsmaterial abhängigen Mengen als Neben- und Übergemengteile die folgenden Mineralarten gebildet: Graphit, Pyrit, Quarz, Titanit, Zirkon, Zoisit, Uvit, Tremolit, Diopsid, Muskovit (Fuchsit), Phlogopit, Skapolith und Plagioklase. Bezeichnend ist darin mit regionaler Gültigkeit – von den kleinen Pyritgehalten abgesehen – das Fehlen von Eisenmineralen. Wären Eisenminerale (Limonit, Siderit) in den ursprünglichen Kalksedimenten vorhanden gewesen, so ist es unvorstellbar, daß es dann in den Marmoren bei der Metamorphose bei Temperaturen zwischen 500 und 800°C und Drucken von 3 bis 8 kb nicht zur Bildung von Eisenmineralen wie Magnetit bzw. Hämatit, Eisengranaten, Epidot, Eisenamphibolen und Eisenpyroxenen, wesentlich Fe-haltigen Glimmern usw. gekommen wäre. Das ist aber in den Marmoren des ganzen Bereiches nirgends der Fall.

Demgegenüber haben bereits BAUMGÄRTEL, 1903 (3, S. 230/231), CLAR, 1932 (6, S. 136), 1953 (10, S. 73 und 78), und MEIXNER, 1953 (10), 1963 (28, S. 624) und 1970 (30, S. 66), immer wieder auf Relikte dieser Metamorphose in den verschiedenen Eisenspattypen, sichtbar in Dünn- und Anschliffen, aufmerksam gemacht. Verbreitet sind darunter Graphit, Quarz, Pyrit, Muskovit, Phlogopit, Tremolit, Diopsid, Uvit und Skapolith, während, besonders schön in Anschliffen zu sehen, der Titanit (Briefumschlagform) im Erz eine Pseudomorphosierung in ein Anatas-Kalzit-Quarz-Gemenge erfuhr, vgl. MEIXNER, 1960 (26, S. 152), 1963 b (28, S. 642-644) und 1970 (30). Auch EGENTER, 1909 (13, S. 431 und Taf. V, Bild III und IV), hat solche „Pseudomorphosen nach Titanit“ im mit Ankerit und Realgar vererzten Marmor in der Stelzing bei Hüttenberg bereits beschrieben und abgebildet.

Charakteristisch ist innerhalb der Erzlagerstätten des Hüttenberger Erzberges die praktisch totale Zersetzung der zum Teil großen Pegmatitlinsen, auf die schon BAUMGÄRTEL, 1902 (3, S. 227, 237, 240 und 241), aufmerksam gemacht hat, die aber auch E. HABERFELNER, 1937 (18, S. 233), eindringlich hervorgehoben hat: „Am Hüttenberger Erzberg werden die Kalke noch von Pegmatiten durchadert. Diese Pegmatite sind in den Marmoren unverändert. Sobald sie aber in Spateisenstein liegen (der an Stelle des den Pegmatit umhüllenden Marmors trat), sind die Pegmatite völlig zersetzt, z. T. unter Neubildung grünlicher chloritischer und talkiger Massen (Verwechslung mit dem ‚Kaolinmineral‘ H. Mx.) – ebenso beschreibt es FRIEDRICH (FRIEDRICH und CLAR, 1933, S. 76). Wo Glimmerschieferkeile in den verzerrten Marmor hereinragen, tritt im Glimmerschiefer reichlich Chlorit auf.“

Und natürlich auch CLAR, 1953 (10, S. 79), hat bei der Grubenkartierung diese Umsetzung immer und immer wieder angetroffen. Im Erz der Lagerstätte fand man also oft eine „tonige Schmiere“, in der nur gelegentlich Brocken von schwarzem Turmalin (Schörl) und Quarzaggregate auffielen, die in zehnermeterlangen, völlig zersetzten Partien an die einstigen Pegmatiteinlagerungen erinnern. Es mag hier angeführt werden, daß eine Reihe von älteren geologischen Sohlplänen in der Markscheiderei des Bergbaues Hüttenberg als Gesteinsbezeichnung „Turmalin“ enthalten haben. Einerseits charakterisierte das Vorkommen von „Turmalin“ den einstigen Pegmatit, andererseits wies Bergdir. Dipl.-Ing. TAUSCH auf die folgende Ursache hin: Bergdir. SEELAND, der sich ja so ausführlich mit Mineralen und Gesteinen des Hüttenberger Erzberges beschäftigt hat, vgl. 1876 (45, S. 66/67 und Taf. III, geolog. Karte 1:8640), gebrauchte darin anstelle von „Pegmatit“ meist die Bezeichnung „Turmalinfels“, die als „Turmalin“ dann in die Karten gekommen ist.

Die „tonige Schmiere“ ist öfters auch verlagert worden, wenn Grubenwasser führende Kracke vorhanden waren. Tiefer und viele Meter entfernt ist das Tonmineral dann, auf natürlichem Wege geschlämmt, ganz rein abgelagert worden. Dabei ist aber nicht, wie BAUMGÄRTEL, 1903, meinte, „Kaolin“ entstanden, sondern nach neueren Untersuchungen Hydromuskovit, mit einem viel geringeren SiO_2 -Gehalt, als er den Feldspäten ursprünglich zugekommen ist. Der Hüttenberger Erzberg ist unser einziges Eisenlagerstättengebiet in Kärnten, in dem häufig Kalzedon, kristallisierte Quarz (Bergkristall und Amethyst) sowie Opal vorgekommen sind. Deren Entstehung im Hüttenberger Erzberg wurde deshalb von MEIXNER, 1953 (10, S. 87), 1960 (26, S. 152) und 1963b (28, S. 644/645), weniger auf hydrothermale Zufuhr als vielmehr auf die bei der Pegmatitzersetzung durch die Erzlösungen in Freiheit gesetzten SiO_2 -Mengen zurückgeführt. Im Erz der anderen Eisenspatlagerstätten (wie Friesach, Waittschach, Wölch und Waldenstein) ist Pegmatit kaum beobachtet worden, und auch von „Quarzmineralen“ ist dort fast nichts bekannt. Festgehalten muß also werden, daß man während vieler Jahrzehnte in den Erzlagerstätten

des Hüttenberger Erzberges nie frischen Pegmatit beobachten und aufsammeln konnte, sondern nur dessen Abbauprodukte! Unveränderter Pegmatit, oft zusammen mit Marmoren, ist dagegen außerhalb des Hüttenberger Erzberges im ganzen steirisch-kärntnerischen Altkristallin verbreitet.

Eine andere interessante Umwandlung durch Erzlösungen betraf Granate in Granatglimmerschiefern, die in Aufschlüssen und an Bohrkernen leicht aufgefallen sind und deshalb auch als „Indiz der Vererzungsnähe“ verwendet worden sind. Granate von mehreren Zentimetern Durchmesser, im Glimmerschiefer von Eisenspat umrundet und auf Klüften und in Rissen mit ihm durchzogen, sind zunächst nur durch die sechsseitigen Schnitte auffällig, von frischem Granat war nichts zu sehen. Es sind Pseudomorphosen, die aus einem Gemenge von Muskovit- und Chloritschuppen bestehen; es dauerte einige Zeit, bis der erste Verdacht der Umwandlung von „Granat“ in die Pseudomorphosen als Folge der Vererzung auch durch die Auffindung von teilweise verbliebenem, reliktschem Granat gesichert werden konnte, vgl. MEIXNER, 1953 (10, S. 89), 1963b (28, S. 644).

Auch die Granatglimmerschiefer sind ebenso wie die Pegmatite und die Marmore Glieder der mesozonalen Metamorphose. Die Ursache der Umwandlungen liegt allein in den Nebenwirkungen der viel jüngeren Eisenspatvererzung!

Auf die höchst wichtigen und aussagekräftigen Bändererze wird von CLAR, wie schon 1932 (6, S. 136–138), 1953 (10, S. 77–82) und 1954 (11), eingegangen. Erwähnenswert ist aber auch das Auftreten von Baryt-Siderit-Bändererzen und von Barytmetasomatose im Hüttenberger Marmor, vgl. MEIXNER, 1963b (28, S. 645), auch FRITSCH†, 1971 (16, S. 292), der zu einer geplanten eingehenden Darstellung dieser Typen nicht mehr gekommen ist.

Nicht minder bedeutend für die Beurteilung der Hüttenberger Vererzung ist das zum Teil überaus reichliche Auftreten von Baryt, Gips und auch Cölestin, wobei, wie weiter unten näher ausgeführt wird, auch bei den beiden letztgenannten wieder eindeutigste Metasomatose-Erscheinungen festgestellt werden konnten. Barium- und Strontiummineralisationen fehlen den Marmoren des Altkristallins der Ostalpen sonst völlig, sie sind nur an einzelne Erzlagerstätten gebunden. Mit den aufgefundenen großen Mengen sind sie auch kaum aus dem ursprünglichen Sedimentbestand ableitbar. Baryt, als Begleitmaterial der Eisenspatvererzung, ist im vorigen Jahrhundert beim Andreaskreuz/Hüttenberger Erzberg abgebaut worden; seine Gewinnung aus dem Gossener Lager ist auch nach 1950 diskutiert worden, sie scheiterte aber an etwas zu hohen, für die Bleiberger Bergwerks Union nicht tragbaren SiO_2 - und Fe-Gehalten im Hauwerk.

Völlig neuartige Beobachtungen und Ergebnisse zur Metasomatoseforschung im Hüttenberger Erzberg lieferte die Entdeckung von Cölestin-, vgl. MEIXNER, 1958 (24) und 1963 b (28, S. 645), und von Gipsmetasomatose, MEIXNER, 1957 (23) und 1963 b (28, S. 645), in tiefen Teilen des Hüttenberger Erzberges, vgl. den „Schnitt durch das Gossener Lager“ von FRITSCH in MEIXNER, 1957 (23, Abb. 1) = Abb. 3 im Teil von CLAR in dieser Arbeit. Erstere war Ausläufer einer größeren Eisenspatvererzung; als metasomatisches Erzeugnis nach Silikatmarmor ist sie durch zahlreiche Relikte von Phlogopit, Tremolit, Quarz u. a. eindeutig belegt. Die Mächtigkeit des „Cölestinmarmors“ (richtiger ist „Cölestin führender Marmor“) betrug bis über 30 cm, das auffällige Gestein ist aber leider nicht streichend verfolgt worden. Cölestin in Kristallen wurde dann häufig auf Klüften in den benachbarten Eisenspatvorkommen und auch darüber hinaus angetroffen, vereinzelt auch von kleinen Strontianit-xx begleitet.

Noch überraschender war die Auffindung der bislang einmaligen „Gipsmetasomatose“ durch Bohrungen in tiefen Teilen der Lagerstätte, vgl. dazu das vorhin genannte Profil von FRITSCH. Trotz eingehender Suche sind keinerlei Hinweise gefunden worden, daß ursprünglich Anhydrit vorgelegen wäre. Es handelt sich um Gips führende Marmore mit 5 bis 70 Vol.-% Gips in Mächtigkeiten von insgesamt 100 bis 150 Metern! Die Metasomatose, vgl. MEIXNER, 1957 (23), mit zahlreichen Abbildungen, ist durch Aufzehrung und Verdrängung von Kalzit erwiesen, wiederum mit eindeutigen Relikten von Pyrit, Phlogopit, Tremolit, Zoisit, Uvit und Quarz, die vielfach nun „in Gips schwimmen“. Ursprungsgesteine waren Phlogopit- bis Kalksilikatmarmore der hier mesozonalen Metamorphose. Durch Herauslösen von Gips, MEIXNER, 1957 (23, S. 431/432) und 1963 b (28, S. 645/646), können die von CLAR, 1953 (10, S. 80 und 89), beschriebenen, typischen „porösen Marmore“ („Salzkalke“ der Hüttenberger Bergleute), die immer den Vererzungen unmittelbar benachbart auftreten, erklärt werden, abweichend zu 1953, denn die vergipsten Marmore sind erst sehr viel später entdeckt worden. W. E. PETRASCHECK, 1978 (37, S. 83) ließ Schwefelisotopen-Altersbestimmungen auch mit Knappenberger Gips (sowohl von „Gipsmarmor“ als auch von Klufthgips) anfertigen. Für beide Proben ergab dies nach der NIELSEN-Kurve „entweder ein ganz unwahrscheinliches Devon-Alter oder ein Mitteltrias-Alter der Metasomatose“.

Bei der Untersuchung von Hunderten von Anschliffen (aufgesammelt von E. CLAR, K. MATZ und H. MEIXNER) aus Grenzbereichen zwischen verschiedenen Karbonaten, um die gegenseitigen Verdrängungen kennenzulernen, vgl. bes. MEIXNER, 1970 (30), wurden die Sideritisierung und die Ankeritisierung von Kalkmarmor, aber auch die Sideritisierung von Ankerit belegt. Besonders auffällig war die Entdeckung von Polymetasomaten, von rückläufigen „Remetasomaten“ in unseren Eisenspatlagerstätten, wie sie analog bereits durch ANGEL & TROJER,

1953 (1, S. 320) und 1955 (2, S. 385/386 und 390/391), mit Redolomitierungen und Rekalzitierungen von Magnesit in den Spatmagnetitlagerstätten aufgefunden worden waren. Für den Hüttenberger Erzberg und später auch für den Steirischen Erzberg wurden in Anschliffen, an Handstücken und in Aufschlüssen gelegentlich zum Teil recht umfangreiche Rekalzitierungen angetroffen, auf die in verschiedenen Arbeiten von MEIXNER, 1953 (10, S. 89/90), 1956 (22, S. 101), 1960 (28, S. 643) und 1970 (30, S. 67) hingewiesen worden ist. Mangels einer Erzaufbereitungsanlage in Hüttenberg ist die Baubarkeit ganzer Lagerstättenteile dadurch stark beeinträchtigt worden.

Als markantes Beispiel sei der folgende Fund angeführt: In typischem, zehnermeterlangem Bändersiderit (metasomatisch nach Bändermarmor) ist, von einer steilen Kluft ausgehend, beidseitig bis gegen 10 cm breit, eine etwas lichtere Färbung des gebänderten Gesteins zu sehen, die dann vom hellbräunlichen Bändersiderit wieder abgelöst wird. In der Mitte ist die Kluft ganz schmal offen und mit kleinen Kalzit-xx besetzt. Unter völliger Übernahme der Bänderung des Siderits ist im lichterem Mittelteil eine vollständige Rekalzitierung erfolgt (das Belegstück ist im Bergbaumuseum in Hüttenberg zur Schau gestellt). Wenige Meter über diesem Aufschluß, im nächsthöheren Lauf, gelang übrigens in derselben Kluft der Fund von ged. Silber mit interessanten Begleiterzen (Beleg ebenfalls im Hüttenberger Bergbaumuseum); eine Neubearbeitung des Fundes von PAAR & MEIXNER, 1980 (36, S. 67–71) wurde soeben veröffentlicht.

Das Revier Gossen des Hüttenberger Erzberges war lange ein Fundort der auffallenden und gesuchten „bunten Pyrit-xx“ in einem mehrere zehnermeterlangen, großflächigen Krack. Unterlage der Pyrit-xx ist stets ein weißer, einige Millimeter bis Zentimeter dicker Kalzit, der immer an ganz frischen, hellbräunlichen Siderit grenzt. Es handelt sich dabei wiederum um Rekalzitierung, wobei das freigesetzte Fe durch Schwefelwasserstoff an Ort und Stelle mit den Pyrit-xx ausgeschieden worden ist. Erwähnenswert ist, daß bei solchen Vorgängen gelegentlich etwas Mn⁺⁺ aus dem ursprünglichen Eisenspat ins Kalzitgitter geht, so daß solcher Kalzit im UVL oft eine ziegelrote Lumineszenz zeigt und als „Manganokalzit“ bezeichnet wird. Die primären, in Klüften der Vererzung gebildeten Kalzit-xx und ebensowenig die der Oxidationszone zeigen mit dieser Methode nie einen Mn-Gehalt an.

Unsere Untersuchungen ergaben aber auch, daß die manchmal vom Hüttenberger Erzberg gemeldeten Manganminerale Rhodonit und Rhodochrosit, vgl. z. B. SEELAND, 1876 (45, S. 85), wie zum Teil auch schon vorher bekannt, nichts mit der Hüttenberger Eisenspatvererzung zu tun haben, sondern zusammen vor allem mit Spessartin den Manganquarziten des Altkristallins angehören. Die höheren Mn-Gehalte in einigen Eisenspatlagerstätten können aber auf die Nachbarschaft der Man-

ganminerale führenden Quarzite des Altkristallins bezogen werden, unter Manganentnahme bei der Eisenspatvererzung, vgl. MEIXNER, 1963 b (28, S. 644).

Bei jeder Deutung der Lagerstättenentstehung im Hüttenberger Erzberg muß auch die Gesamtkristallisation mitberücksichtigt werden. Sie ist, wie schon mit Baryt und Cölestin gezeigt, unmittelbar mit der Eisenspatabscheidung verbunden. Trotz gelegentlicher Übergänge ist doch oft eine Trennung in die Löllingit - ged. Wismutparagenese mit ged. Gold und ged. Silber, Ni-, Co- und U-Erzen, ged. Wismut und Wismutglanz, mit ged. Arsen, Stibarsen, Antimonit und Kermesit, vgl. dazu MEIXNER, 1953 (10, S. 83/84), 1974 (31), 1975 (32, S. 211), und die Bournonit-Kupferkies-Bleiglanz-Baryt-Paragenese, mit zahlreichen weiteren Erzmineralen, auch Ullmannit u. v. a., vgl. MEIXNER, 1953 (10, S. 83/84) und 1975 (32, S. 211), ausgeprägt.

Für viele der genannten Erze ist nur eine Hydrothermalentstehung bekannt. Allein mittels Zuführen konnte es im Hüttenberger Erzberg - und das gilt jedoch ebenso für Friesach, Waldenstein, Wölch und die Kliening - zu einem „Klein-Joachimsthal“ oder zu einem „Mini-Schneeberg“ kommen. Wie meistens, so müssen wir uns auch bei uns damit abfinden, daß wir über die Herkunft der Erzlösungen nichts wissen und darüber nur Vermutungen anstellen können. Gleichwohl kann verschiedentlich gezeigt werden, daß bei der Bildung solch umfassender hydrothermalen Eisenspat-Lagerstätten auch der Gesteinsbestand der Nachbarschaft des erzführenden Marmors in die Umsetzungen miteinbezogen worden ist.

Für unsere Betrachtungen spielen natürlich auch die Mengen der vorkommenden Minerale und Erze eine Rolle. Es ist durchaus nicht gleichgültig, ob ein an sich seltenes Mineral ein einziges Mal oder bloß hie und da in ein paar Stückchen auftrat, oder ob, wie etwa bei Baryt, einmal Abbau und Gewinnung stattgefunden haben.

So ist immerhin bekannt, daß Cu - (Ag - ?) Erze in den obersten Teilen des Gossener Lagers am Hüttenberger Erzberg vorhanden waren, die zu römischer Zeit abgebaut worden sind, vgl. CLAR, 1953 (10, S. 68) und 1957 (12, S. 508).

Sowohl von Löllingit als auch von an ged. Wismut reichem Eisenspat gab es in unserem Erzberg neben vielen Kleinst- und Kleinfunden mehrmals auch solche, die viele Hunte Ladungen, also zahlreiche Tonnen, dieser Erze geliefert haben, worüber in der Betriebszeit, besonders während des zweiten Weltkrieges, nichts nach außen berichtet worden ist oder werden konnte.

Die Elemente all dieser Mineralisationen können nichts mit dem Altbestand, weder den ursprünglichen Sedimenten noch mit den Erzeugnissen von mittel- oder hochgradiger Metamorphose, zu tun gehabt haben.

Dagegen bestehen ganz enge stoffliche Beziehungen mit einer recht ähnlichen Erzmineralisation zu den gangförmigen Goldlagerstätten der Klienung, die zuletzt von STERK, 1965 (46), untersucht worden sind.

Zum Abschluß dieses Beitrages soll noch von Stoffwechselbeziehungen zwischen Serpentinegestein und Lagerstätten vom Typus des Hüttenberger Erzberges berichtet werden.

Bereits bei der ersten Bearbeitung von Mineralen aus dem Serpentin vom Grießerhof bei Hirt, MEIXNER, 1940 (20, S. 67–72), trat ein Verdacht auf Zusammenhänge dieses Serpentin mit benachbarten Eisenspatlagerstätten vom Typus des Hüttenberger Erzberges auf, der in der Folge immer mehr verstärkt und schließlich zur Gewißheit geworden ist. Der Hirter Serpentin weicht in Teilen seiner Mineralführung völlig von den vielen anderen Vorkommen dieses Gesteins in den Ostalpen ab. Zunächst wurden in damals bedeutenden Teilen des Steinbruchs (die Art des Gesteins wechselt mit dem Abbau) eine teilweise Dolomitisierung des Antigorits, eine Verdrängung von $\frac{1}{3}$ bis zu $\frac{1}{2}$ des Gesteins durch Dolomit und reichliche Ausscheidung dieses Minerals in Klüften festgestellt, vgl. MEIXNER, 1953 (21, S. 142), 1956 (22, S. 96), die nur durch die Ca-Einfuhr in den Serpentin erklärt werden kann. Dazu bietet sich die nahe Eisenspat-Metasomatose an, bei der große Ca-Mengen freigesetzt werden. Wenig nördlich des Hirter Steinbruchs liegen die nächsten Eisenspatvorkommen im Marmor, und auch die Lagerstätten um Olsa bei Friesach sind bloß zwei bis drei Kilometer entfernt. Die Dolomitisierung von Serpentin ist mit einer beträchtlichen Mg-Ausfuhr verbunden, die wiederum in den Eisenspatlagerstätten Verwendung finden konnte. Unser „Eisenspat“ ist, wie von MEIXNER nach chemischen und nach optischen Analysen oftmals betont worden ist, nie „FeCO₃“, sondern stets mit beträchtlichen Mg- und auch Mn-Gehalten versehen, so daß er in den Grenzbereich des Sideroplesits fällt. Und ebenso benötigen Dolomite, Braunsparate und Ankerite, die in den Lagerstätten vom Typus des Hüttenberger Erzberges mit dem Eisenspat entstehen, ebenfalls bedeutende Mg-Mengen, die kaum hydrothermal zugeführt worden sind, sondern eben der vorgezeigten Nachbarschaft entstammen.

Das klingt sehr nach einer theoretischen Erörterung, doch ist im Laufe von 30 bis 40 Jahren Steinbruchbetrieb im Serpentin vom Grießerhof, teilweise als seltene Funde, teilweise häufiger, eine Reihe von Mineralisationen, die einem Serpentinegestein sonst völlig fremd sind, angetroffen worden, die jedoch allesamt eine auffällige Zugehörigkeit zu Lagerstätten vom Typus des Hüttenberger Erzberges zeigen. Besonders das nahe Olsa, mit Ni- und U-Erzen, darf bei Vergleichen nicht übersehen werden. Zunächst waren es Markasit-Kugeln, Kalzedon, Milchquarz, Bergkristall und Amethyst, MEIXNER, 1940 (20, S. 69–72), dazu kamen mit der Dolomitisierung des Serpentin Rotnickelkies und

Maucherit, MEIXNER, 1953 (21, S. 142), schließlich Ankerit- und Dolomit-xx, Hämatit-Sterne und Goethit-Rosetten, MEIXNER, 1956 (22, S. 104), und all dem folgte, sozusagen als „Schlußpunkt“ in den Beziehungen zur Hüttenberger Vererzung, eine Kluffüllung mit Pyrit, Strontianit und Cölestin-xx, MEIXNER, 1959 (25, S. 45–47). Nur schöne Millerit-xx sind seither noch mehrmals hinzugekommen, MEIXNER, 1963a (27, S. 44), viel reicher und besser als erstmals beschrieben.

Vom ungleich größeren Hirter Mineralbestand wurde hier nur das herausgegriffen, was uns unmittelbare Beziehungen zur Eisenspatvererzung bezeugt.

Am Hüttenberger Erzberg liegen die Serpentinvorkommen vom Plankogel ganz benachbart. H. HABERFELNER et al., 1928 (19, S. 96), berichteten zwar: „Manche Partien innerhalb des Serpentinstockes sind auch von sekundärem Siderit (?) und Kalkschnüren durchdrungen“, doch leider fehlen dort jegliche Steinbruchaufschlüsse, und es gibt keine weiteren Beobachtungen darüber. Nur die guten Aufschlüsse im Steinbruch Grieblerhof und in der eng anschließend, lange gebauten Talklagerstätte haben es in vielen Jahren mit Hilfe von interessierten Sammlern ermöglicht, die seltenen, oben gebrachten Beweisstücke für unsere genetische Deutung zusammenzutragen.

So schließt sich der Kreis an mineralogischen Beobachtungen, die mit Bezug zur Genese der Lagerstätte Hüttenberg in den letzten Jahrzehnten vorgenommen werden konnten. Ein bedeutender Teil des Materials, obertags wie in der Grube, ist teilweise gemeinsam mit E. CLAR, W. FRITSCH †, K. MATZ † und K. TAUSCH †, mit Obersteigern, Markscheidern und Steigern sowie interessierten Bergleuten beobachtet und aufgesammelt worden. Außerdem konnten wir mit vielen namhaften Fachkollegen der Welt an Ort und Stelle die Entstehungsfragen der Hüttenberger Lagerstätte diskutieren. Sehr wertvoll waren dabei stets die gründlichen, durch E. CLAR und W. FRITSCH geschaffenen geologischen Aufnahmen mit der Verarbeitung in Sohlkarten und Profilen, mit der Vorführung der 1953 zur Tagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft (Leoben-Pörschach) geschaffenen mineralogisch-petrographisch-lagerstättenkundlichen Schaustellung (nun im öffentlich zugänglichen Bergbaumuseum in Hüttenberg) und Erläuterungen, wie sie unseren jetzt vorgelegten Ausführungen entsprechen. Wir haben bei großen Tagungen und unzähligen Exkursionen, die in den letzten gut 25 Jahren den Hüttenberger Erzberg besucht haben, ziemlich allgemein volle Zustimmung und Anerkennung erfahren.

Hingewiesen soll jedoch noch darauf werden, daß es mit der Fe-Lagerstätte vom Kamuderer/Damniteich bei Moosburg, vgl. MEIXNER, 1978 (33), auch für Kärnten ein typisches Beispiel für eine ursprünglich syngenetische Eisenanreicherung gibt, die bei der späteren Regionalmetamorphose die Mineralisation erfahren hat, die man in Hüttenberg usw. vergeblich sucht!

III. DIE GEOLOGISCHEN ZUSAMMENHÄNGE

(E. CLAR)

Aufbauend auf der vorstehenden mineralogischen und mineralparagenetischen Übersicht wird im folgenden eine Zusammenstellung der wichtigsten geologischen Befunde zum Verständnis der Lagerstättenentstehung versucht.

1. Geologische Situation im großen

Gemäß der zusammenfassenden Darstellung in der „Geologie der Saualpe“, 1978/79 (39), ist die mächtige metamorphe Folge der Saualpenmasse nach oben durch die postvariszische Diskordanz und die Auflagerung des nichtmetamorphen Deckgebirges aus oberkarbonischen, permischen und triadischen Sedimenten begrenzt. Darunter nimmt grundsätzlich die Metamorphose vom Hangenden zum Liegenden zu. Soweit nicht Störungen eingreifen, ist ein allmählicher Übergang von der Anchi- und Epizone zur Mesozone und Katazone nachzuweisen. Sprünge in den Isograden lassen auf synmetamorphe Überschiebungen schließen, also auf eine synmetamorphe Orogenese.

Die Gesamtfolge wird in drei bzw. vier Stockwerke gegliedert. Im oberen Stockwerk mit einer schwach metamorphen und einer tieferen Phyllitgruppe sind Ordovizium, Silur und Devon bis do_2 belegt, so daß Orogenese und Metamorphose als variszisch, nach Überlegungen von SCHÖNENBERG vermutlich altvariszisch, einzustufen ist. Das mittlere Stockwerk mit einer zweigeteilten Glimmerschiefergruppe und der Plankogelserie mit den mannigfaltigen Glimmerschiefern, Quarziten, Amphiboliten, Ultrabasiten usw. liegt in Amphibolitfazies vor und wird nach unten durch die relativ mächtigen erzführenden Marmore des Hüttenberger Erzberges abgeschlossen. Beginnend mit lokal angereicherten Pegmatiteinschüben folgt darunter das zentrale oder untere Stockwerk von sehr mächtigen Paragneisen mit mengenmäßig ganz unbedeutenden Marmoren, Kalksilikatschiefern und auch den eklogitischen Gesteinen. Die Sideritlagerstätten des Hüttenberger Bereiches durchschwärmen vor allem und in bergbaulich genutzter Häufung die Marmorzüge an der Basis des mittleren Stockwerkes, sind aber als kleinere Lager auch mit schmalen Marmoren in den darunterliegenden Paragneisen des unteren Stockwerkes verbunden, also in dem als katazonal eingestuften Bereich.

Zu erwähnen ist schließlich hier als viertes das tief unter dem Bereich der Hüttenberger Sideritlagerstätten erscheinende „Basisstockwerk“ im Fenster von Kliening (und um Wolfsberg); seine mesozonal geprägten Schiefergneise, Glimmerschiefer, Amphibolite, schwächtigen Marmore, Kalksilikatschiefer und Quarzite werden mit einem synmetamorphen Bewegungshorizont vom Saualpenkristallin überlagert und haben eine von diesem unterscheidbare Kristallisationsgeschichte. Das ließ schon ab 1969

N. WEISSENBACH, in PILGER u. WEISSENBACH, 1970 (38), die Möglichkeit diskutieren, daß hier eine aus der Tiefe aufsteigende alpidische Remobilisierung oder Metamorphose (also Kreide bis Tertiär) eingegriffen hat. Radiometrische Arbeiten der letzten Jahre, insbesondere von MORAU, 1979 (34), siehe auch FRANK, 1980 (14), haben in diesem Sinne zunächst grundsätzlich bestätigt, daß im tiefen Bereich der Kor- und der Saualpe eine intensive altalpine Erwärmung bis zu Bedingungen der Amphibolitfazies gewirkt haben muß. Wir haben abschließend darauf zurückzukommen, daß dieser Sachverhalt für die Erklärung unserer Lagerstätten von wesentlichem Belang sein kann.

2. Die Gesteinsgesellschaft

Die kürzeste Übersicht, was im Umkreis der Lagerstätte als die in der variszischen Metamorphose unter mesozonalen bis (im Liegend) hochkazonalen Bedingungen geprägte Gesteins- und Mineralgesellschaft gesichert ist, gibt wieder MEIXNER, 1975 (32, S. 211). Dieser „Altbestand“ umfaßt Eklogite mit Karinthin und Klinozoisit, Disthenflasergneise und Schiefergneise, Kalksilikatfels, Pegmatite, reine, bänderig pigmentierte und glimmer- bzw. silikatreiche Kalkmarmore, Granatglimmerschiefer, auch mit Disthen, Staurolith, lokal Chlorit und Chloritoid, Quarziten, örtlich mit Mn-Mineralen, Amphiboliten und Antigoritserpentin. Der Bestand läßt nach MEIXNER schließen, daß diese Folge bei der variszischen Metamorphose unter etwa 500 bis 800°C und Drucken von 3 bis 8 kb geprägt worden ist.

3. Lagerung

Es ist bisher noch keinem der Bearbeiter einschließlich der Anhänger einer sedimentären Erzbildung gelungen, mit oder ohne Einbeziehung der Erz-„Lager“ auch nur angenähert eine Art Schichtfolge des erzführenden Marmorbereiches aufzustellen. Erkennbar ist, wie die beigegebenen Schnitte von CLAR-MEIXNER, 1953 (10), in den Abb. 2-4 hier schnell zeigen, eine sehr wechselnde Folge von reineren, meist gebänderten, und unreinen, glimmerreichen Marmoren mit meist dünnen Glimmerschieferlagen, die dann mit Übergängen im Liegend und im Hangend in mächtiger Entwicklung den marmorreichen Komplex einschließen. Das durchschnittliche Einfallen der Folge in mittleren Winkeln gegen SSW mit schwach bogiger Krümmung des Streichens ist kombiniert mit einer wilden „polytropen“ Verfallung der offenbar schon vorher verschuppten Folge. Diese Verfallung nimmt vom Liegend gegen das Hangend wildere Formen an und ist im ganzen Grubenbereich ebenso wie über Tage auch an allen Einzelaufschlüssen als eine straffe Lineation in der Richtung der B-Achse dieser Faltung das beherrschende Element der tektonischen Orientierung. Diese Lineation fällt im Westteil mit etwa 5-15° gegen WNW und stellt sich im Osten – im Zusammenspiel mit den quer dazu durchschneidenden Bruchstörungen – bis zu 40° auf. Diese Verfallung in

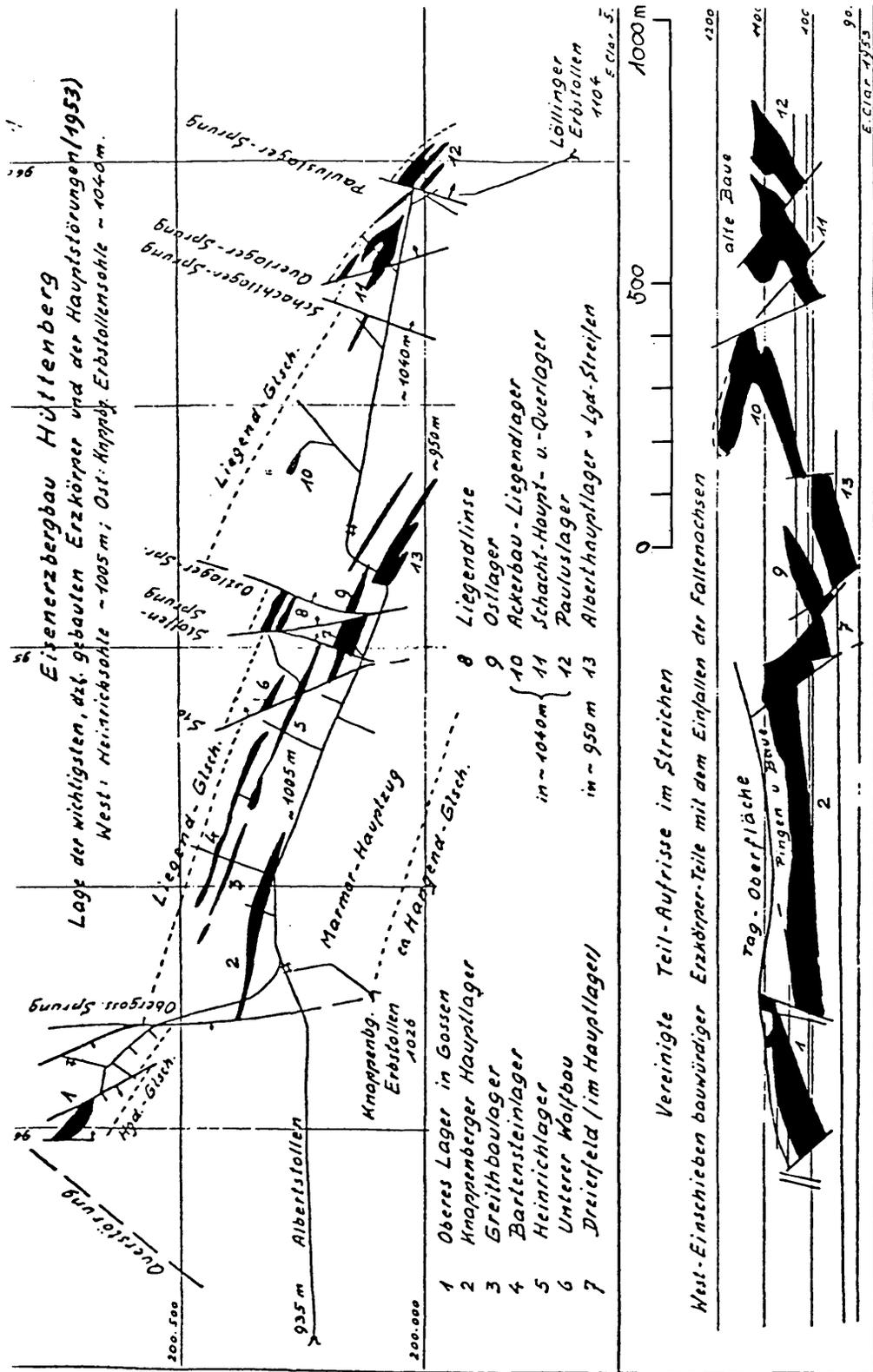


Abb. 1: Aus CLAR-MEIXNER, 1953 (Beilage 6).

Verbindung mit den schon synmetamorphen (h01)-Zerscherungen hat zur Folge, daß unterscheidbare Gesteinskörper, wie z. B. die vorwiegend vererzten Bändermarmore – soweit verfolgbar – weniger als flächig anhaltende Lager oder Linsen denn als Stengel oder „Lineale“ geformt sind. Manche der metasomatischen Erzkörper übernehmen dann von ihrem Wirtsgestein diese Formentwicklung (siehe auch Abb. 4).

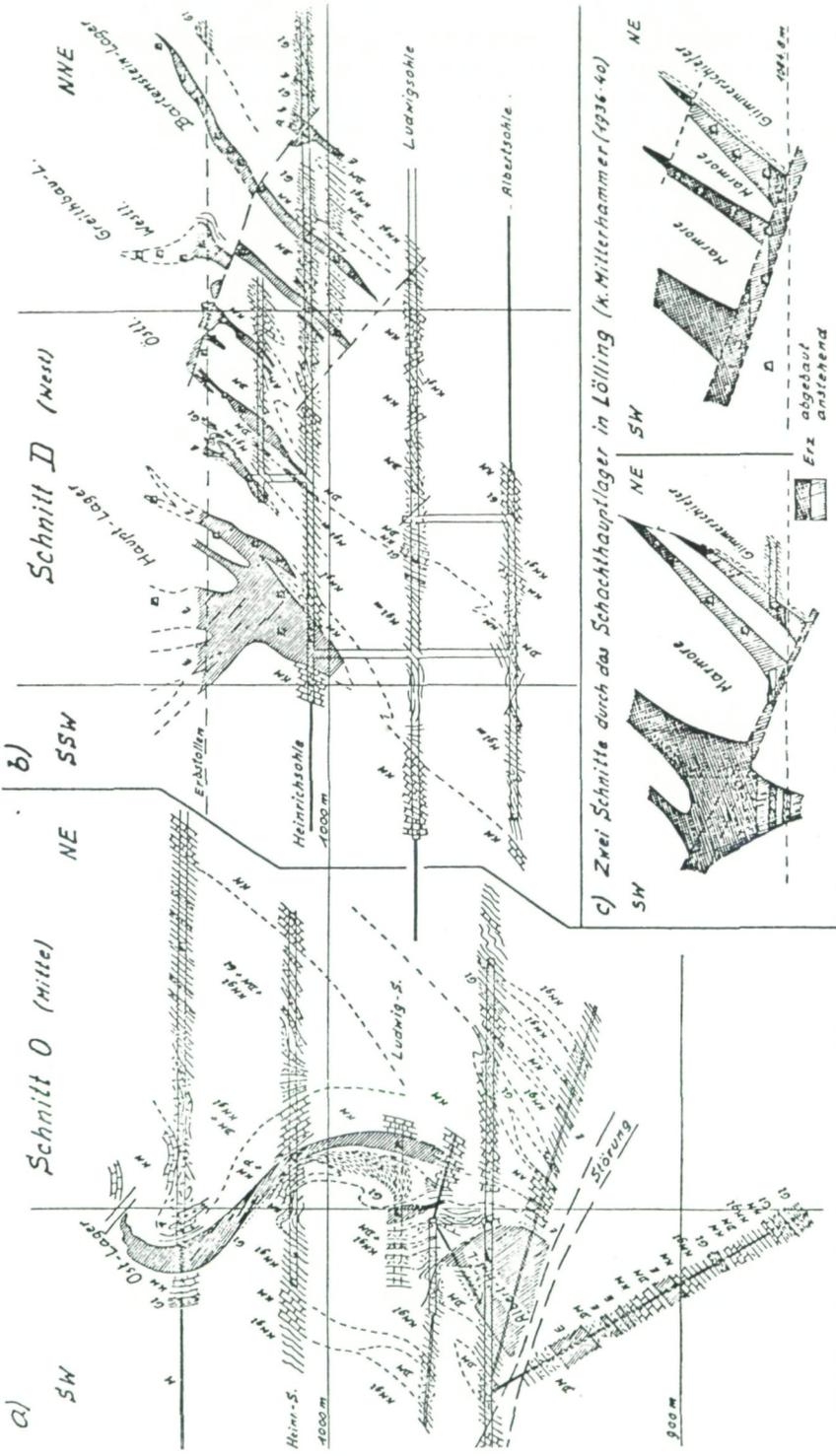
Die Korngefügeuntersuchungen von FUCHS, 1978–1980 (17), haben die Dominanz dieser B-achsialen Gefügeprägung in allen metamorphen Nebengesteinen der Lagerstätte nun erwartungsgemäß auch korngefügeanalytisch belegen können.

4. **Petrotektonik und Metamorphose**

In der „Geologie der Saualpe“ stellt WEISSENBACH (39, S. 140/141) fest, daß alle Gesteine im Saualmgebiet eine leichte, zonenweise auch starke rüpturelle Beanspruchung mit einer Verbiegung von Glimmer und Zerbrechung von Granat zeigen. Das ist eine sicher nachmetamorphe – also möglicherweise schon alpidische, mesozoisch-tertiäre – Deformation und sicher nicht die das durchgreifende Falten- und Lineargefüge der großen Tektonik erzeugende Durchbewegung. Diese beherrschenden Gefügeregelungen sind vielmehr erzeugt und abgebildet im Zuge der vorhergehenden, von WEISSENBACH beschriebenen, mit einer allgemeinen Durchbewegung verbundenen, syn- und postkinematischen metamorphen Kristallisationen. Auch wir hatten schon 1953 (10, S. 78) feststellen können, daß die Verfaltung im wesentlichen vorkristallin ist in bezug auf die metamorphe Kristallisation der Marmore und Glimmerschiefer.

FUCHS war in seiner Dissertation 1978 anscheinend noch geneigt, die Regelungen auf eine postkristalline Deformation zu beziehen (S. 8: alle eingemessenen Kornarten beweisen die postkristalline Deformation; und S. 11: auch die Gesteine der Lagerstätte zeigen überwiegend eine postkristalline Deformation); in der Publikation 1980 (17, TMPM) ist diese Vorstellung nicht mehr vertreten und die obigen älteren Feststellungen einer wesentlich postkinematischen Kristallisation werden anscheinend anerkannt; S. 1: „Eine die variszische Orogenese überdauernde Thermo-metamorphose hat die bestehenden Regelungen nicht verwischt . . .“.

Dieser Ablauf mit der Abbildung der von der Durchbewegung erzeugten Regelungen durch die metamorphe Kristallisation ist wesentlich für das Verständnis der tatsächlich auftretenden Sideritstrukturen. Nach SCHULZ, 1979 (42, S. 474), sind die heutigen Sideritmarmore großteils prädeformative Kristallite, aber oft mit selektiver Nachbildung alter Sedimentstrukturen. Für SCHULZ handelt es sich also bei unseren Sideriten als „Marmor“ nicht nur rein deskriptiv um körnige Karbonatgesteine, sondern um kristalline Schiefer, an denen die gefügebildende Durchbewegung mit Kornregelung und die ihr nach obigem folgende metamorphe Kristallisation irgendwie nachweisbar sein müßten.



Eisenerzlagerstätte Hüttenberg
 Ausgewählte Schnitte durch Erzkörper

Abb. 2: Aus CLAR-MEIXNER, 1953 (Beilage 7).

Sein Schüler FUCHS hat nun 1978–1980 (17) in seinen korngefügeanalytischen Untersuchungen von Hüttenberg hauptsächlich die metamorphen Nebengesteine mit dem erwarteten Ergebnis einer sehr scharfen B-Tektonit-Regelung analysiert, nur ganze zwei Diagramme, D 21 und 22, stammen aus Sideriterz. Im ersten aus einem vererzten Glimmermarmor ist keine klare Orientierungsregel ablesbar, wobei FUCHS (S. 250) eine Deutung mit Wachstumsregel und eine spätere Betätigung der (durch den Glimmer) vorgezeichneten s-Flächen diskutiert. Jedenfalls fehlt völlig ein Hinweis auf eine B-tektonische Deformation. D 22 stammt von einem Siderit mit Schrägbänderung (siehe CLAR 1954 (11)), in dem, wie dort beschrieben, die Schnittgerade der s-Ebenen des Aufschlusses mit dem regionalen Lineations-B übereinstimmt. Das Korngefüge zeigt aber keineswegs irgendeine B-tektonische Regelung, sondern FUCHS schreibt ganz richtig: „Zweifellos handelt es sich dabei um eine starke Wachstumsregel, bei der sich c parallel zu einer gegebenen Anwachsfläche, sei sie real oder nur gedacht (Blastetrix SANDER, 1950), einstellt.“

Wir müssen also hier die für alles weitere sehr wichtige Feststellung machen, daß die korngefüge-analytischen Untersuchungen von FUCHS keinerlei Beleg oder Hinweis dafür erbracht haben, daß die Siderite von Hüttenberg im Sinne der Deutung von SCHULZ zusammen mit dem Nebengestein der Lagerstätte B-tektonisch durchbewegt und als „Marmore“ metamorph kristallisiert seien. Sie zeigten im Gegenteil an den zwei geprüften Sideritproben, daß in ihrem Gefüge eine Regel tektonisch ungestörten Wachstums beobachtet wird, die naturgemäß nicht älter sein kann als die allgemeine und durchgreifende B-tektonische Deformation aller tatsächlich metamorphen Begleitgesteine der Lagerstätte, sondern nur jünger als deren syn- und postkinematische Metamorphose.

Daß die alle Begleitgesteine der Erze beherrschende, scharf B-tektonische Korngefügeregel gerade beim Siderit fehlt, ist nicht etwa darauf zurückzuführen, daß der Siderit in seinem Kristallgitter, also als Mineral, nicht geeignet wäre, die erlittene Durchbewegung des Gefüges in der Regelung der Kornorientierung abzubilden und zu bewahren. Im Gegenteil hat LADURNER, 1955 (19a), gezeigt, daß die c-Achsen-Regelung von B-tektonisch durchbewegtem Siderit weitgehend mit der von ebenso durchbewegtem Calcit oder Dolomit übereinstimmt. Wenn diese tektonische Korngefügeregel (abgesehen von der aus dem Calcit-Marmor metasomatisch in Andeutung übernommenen Keimregelung, siehe Seite 77, und Bezug CLAR, Lit. 6 und 11) hier fehlt, dann bezeugt das eben, daß das Korngefüge des Siderites die B-tektonische Durchbewegung der Nebengesteine noch nicht mitgemacht hat und in einer späteren Wachstums-Kristallisation erzeugt worden ist.

Anders in der petrotektonischen Einordnung gegenüber der Verfaltung und Metamorphose des Gebietes verhalten sich die Bruchstörungen

Eisenerzlagerstätte Hüttenberg

Schnitt durch das Gossener Lager

SSW

NNO

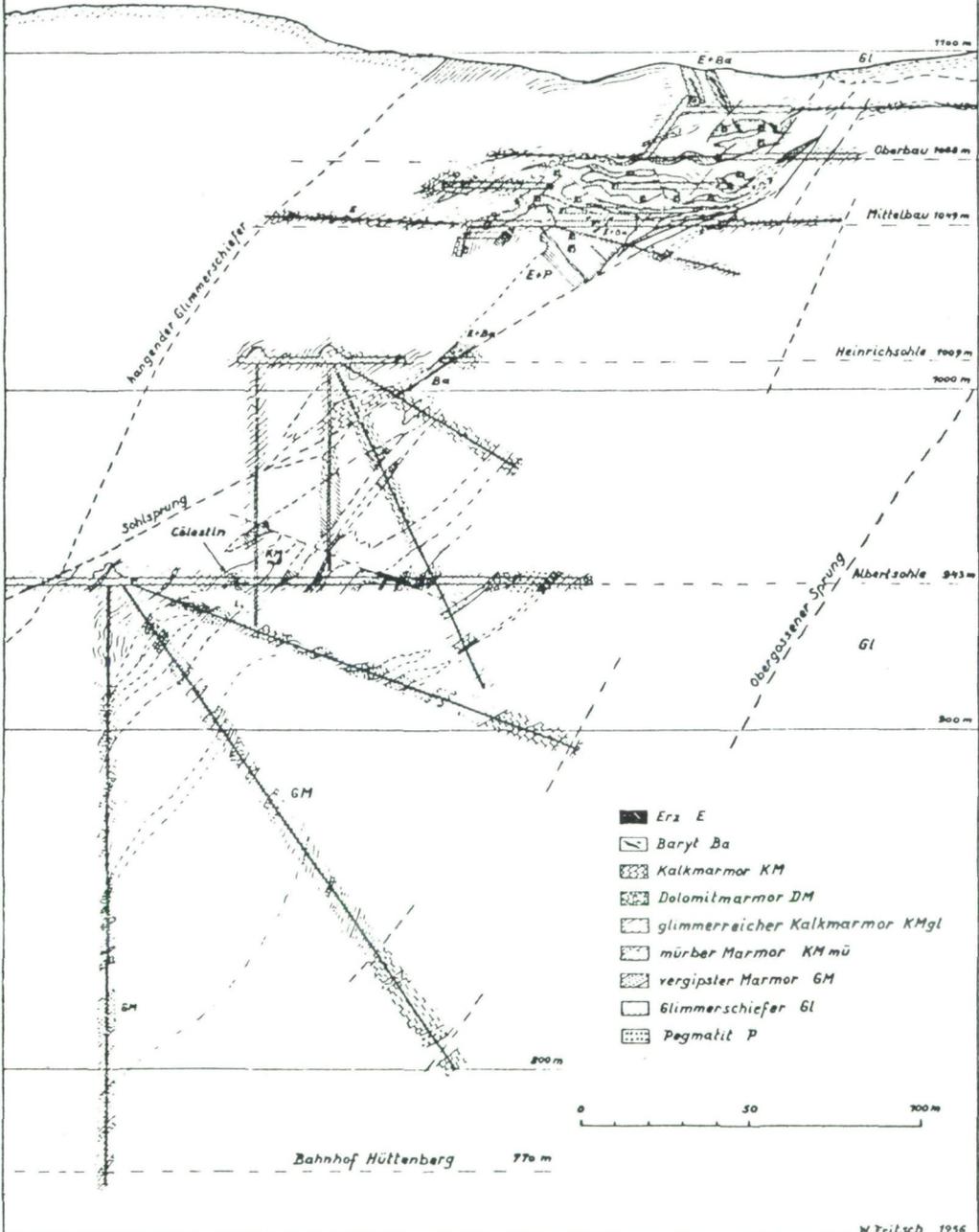


Abb. 3: Aus MEIXNER, 1957 (Abb. 1 zu S. 422-424).

(siehe Abb. 1, 2 und 5). Eine Gruppe unter ihnen, nämlich die als (h0l) indizierbaren, sich ungefähr in der Richtung der Faltungs- und B-Achsen schneidenden Scherfugen, sind teilweise als sogenannte „Glimmerstörungen“, QUIRING, 1929 (40), schon *synmetamorph* angelegt, teilweise sind sie als „Lettenstörungen“ von mylonitischen Harnischen begleitet und daher *nachkristallin* bewegt. Die zweite Gruppe, die quer zur Faltung zerschneidenden „Sprünge“, haben wohl immer tonig-mylonitische Harnischflächen bis Kluffüllungen. Das System der Bruchstörungen und seine Beziehung zum Absatz bzw. der Kristallisation der Erze ist für das Verständnis der Bedingungen und der zeitlichen Einordnung der Lagerstättenbildung grundlegend wichtig (siehe die folgenden Abschnitte 5 und 6!). Es ist festzuhalten, daß diese Bruchstörungen also in der Masse jünger sind als die metamorphe Kristallisation und daß dieses Bruchsystem nach den geologischen Zeugnissen in der weiteren Umgebung erst nach der Kreide und im Tertiär wirksam war. Es ist hier außerdem auf die Überlegungen und Daten zu verweisen, die FRITSCH, 1971 (16), in seiner nachgelassenen Arbeit angestellt und mitgeteilt hat.

5. Zu den Strukturen der Lagerstätte

Seit der Begriff der Verdrängung oder Metasomatose in die Lagerstättenlehre Eingang gefunden hat, werden von allen Bearbeitern der Lagerstätte Hüttenberg überzeugende Bilder der Verdrängung anderer Karbonate, vor allem Kalzit, durch Siderit, aber auch Ankerit, und umgekehrt „Remetasomatose“ (MEIXNER) durch Kalzit beschrieben. Auch FUCHS und SCHULZ bestätigen, daß „der Metasomatose bei der Ausbildung der Lagerstätte in ihrer heutigen Form eine wesentliche Rolle zukommt“. Wir hielten und halten diese Metasomatose für den die Strukturen und Formen der Lagerstätte *entscheidend* bestimmenden Vorgang, allerdings vielfältig kombiniert mit den allenthalben verbreiteten, durch die tektonische Vorbereitung des Lösungszutritts und der Lösungsvorgänge selbst vorbereiteten echten *Hohlraumabsätzen* von Siderit und der ihm nachfolgenden Erzparagenese. Auch FUCHS anerkennt ja das Vorkommen echter Anlagerungs- und Wachstumsregelungen im Siderit, also freien Hohlraumabsatz. Dabei verbleiben als fast regelmäßiges Merkmal im Sideriterz Resthohlräume von kleinsten Dimensionen aufwärts mit freien Drusen von Siderit und den jüngeren Generationen der hydrothermalen Mineralabfolge der „Erzparagenese“. Den Hohlräumen im Sideriterz von Hüttenberg hat FRITSCH, 1971 (16), seine letzte, für das Verständnis der Entstehung der Lagerstätte so wichtige Arbeit gewidmet.

Die Schnitte durch den Lagerstättenbereich, wie unsere Abb. 1 bis 5, zeigen deutlich, daß die Erzkörper *überwiegend* als „Lager“ in der Schichtung oder Schieferung der Nebengesteine liegen und in dieser den Einschaltungen von Glimmerschiefer oder glimmerreichen Lagen geringerer Durchlässigkeit folgen. Deutlich sind aber auch, besonders zusammen mit Störungen, nicht lagerförmige, das generelle Schichtgefüge schneidende

Erzkörper zu erkennen. Örtlich, an den Enden der Erzführung im Streichen oder innerhalb mächtigerer Marmore oder in unreinem Erz, ist dabei immer wieder zu sehen, wie die Grenzen von metasomatischem, körnigem Siderit und Marmor diskordant oder wolkig die Schichtung, Pigmentbänderung oder die durch die Stellung der Glimmerblätter gegebene Schieferung überschneiden. Dabei übernimmt der verdrängende Siderit ganz ohne Umlagerung die bei der synmetamorphen Tektonik und Durchbewegung erzeugten Strukturen des Kalkmarmors – also Falten usw. – ebenso wie die meist bänderige Pigmentierung und andere Verunreinigungen (z. B. Glimmer) in unveränderter Orientierung und Gefüge-
regelung als Relikte.

Die gegenüber der Faltung und Durchbewegung des Nebengesteins postkinematische Platznahme und Kristallisation des Siderites (und seiner Begleitparagenese) ist an solchen Stellen eine offenkundige Beobachtungstatsache. Ebenso ist offenkundig, daß in einem solchen metasomatischen Sideritgefüge etwa durch Pigment angedeutete Faltenstrukturen oder eine gefügestatistisch B-tektonische Orientierung eingeschlossener Glimmer keineswegs als ein Beleg für eine B-tektonische Durchbewegung oder gar Metamorphose des Siderites gedeutet werden kann, sondern nur als ein aus dem verdrängten Marmor übernommenes Gefügerelikt. Der Sachverhalt ist noch offenkundiger, wenn der Siderit – wie fast allgemein verbreitet – gleichzeitig von offenen kleinen oder größeren Drusenhöhlräumen durchsetzt ist, die naturgemäß sicher mit den Druckbedingungen einer mesozonalen Durchbewegung und Metamorphose unvereinbar sind (siehe auch FRITSCH, 1971 (16)).

In einer kleinen Arbeit konnte CLAR, 1932 (6), schon vor fast 50 Jahren zeigen, daß bei dieser Sideritmetasomatose in Hüttenberg nicht nur die fremden Verunreinigungen des Kalkmarmors in gleicher Anordnung als Relikte übernommen werden, sondern daß auch die tektonisch erworbene statistische Regelung der Kornorientierung des Marmors in einer unschärferen, vergleichbaren statistischen Orientierung des auf diesem Untergrund gewachsenen Siderit-Korngefüges wiedererkannt werden kann und abgebildet wird.

Es liegt also durchaus im Sinne dieser älteren Beobachtungen, wenn SCHULZ, 1979, (42, S. 249), berichtet, daß FUCHS in den Hüttenberger Sideritlagern S- und B-Tektonitregelungen als Relikte im Sideritkorngefüge ebenso wie in den unmittelbar begleitenden Teilgefügen von Ankerit usw. nachweisen konnte. Die beiden publizierten Siderit-Diagramme D 21 und 22 bei FUCHS (17) zeigen dies allerdings nicht, eher ist D 20 (Quarz) und insbesondere das Ankeritdiagramm D 23 in diesem Sinne zu deuten. Denn der metasomatische körnige Ankerit übernimmt noch viel exakter als der Siderit, nämlich mit viel geringerer Vergrößerung der Korngrößen, mit weniger Resthöhlräumen bzw. Drusen und nur seltenen Anzeichen von Hohlraumabsatz aus Lösungen, die ältere Bänder-

und Faltenstruktur des Kalkmarmors, die durch Pigment sowie geregelten Glimmer und Quarz markiert war.

Es widerspricht aber diametral unseren älteren Beobachtungen in der Lagerstätte, wenn SCHULZ im Absatz vorher behauptet, die Erzkörper seien (überwiegend als stoffkonkordante Erzlager) gemeinsam mit dem Begleitgestein in die Faltungen und rupturellen Deformationen mit einbezogen worden. Die tektonische Verformung der Sideritkörper beschränkt sich auf die Bruchzerstückelung und darauf beziehbare Zerbrechung und lokale Harnisch-Mylonitisierung. In jahrelanger, naturgemäß auch sehr darauf gerichteter Beobachtung haben weder wir noch FRITSCH irgendwo in der Grube ein Sideriterz gesehen, an dem nach der Platznahme des Siderites eine Verfaltung, Verschieferung oder eine den Nebengesteinen vergleichbare Metamorphose erkennbar gewesen wäre. Das Erz ist weder ein Tektonit noch ein Metamorphit! Am Rande ist anzumerken, daß im Siderit die „undulöse Auslöschung“, das Schwenken der Achsenlage durch Kristallkorn-Schnitte im Schliff, nicht wie beim Quarz ein Merkmal mechanischer Kornverformung ist, da ja alle Sammler die krummflächige Verzerrung der Sideritrhoeder beim freien Wachstum in offenen Drusen kennen.

Daher ist die von den genannten Autoren verwendete Bezeichnung „Sideritmarmor“ auch nur dann korrekt, wenn damit lediglich als „Phänotyp“ ein makroskopisch körniger Verband von Sideritkristallen bezeichnet wird; der Terminus ist aber irreführend, wenn damit der Anschein erweckt werden soll, als handle es sich um ein Gestein aus der mesozonal-metamorphen Paragenese des Saualmgebietes.

Weit verbreitet, besonders in den mächtigeren und nicht eben lagerförmigen Erzkörpern, sind Schollen- und Breccien-Gefüge, bei denen reinerer, oft besonders grobspätiger und drusenreicher Siderit ein Haufwerk von meist eckigen Brocken aus grau pigmentiert gebändertem oder glimmerreichem Siderit oder auch Ankerit verbindet. Es handelt sich dabei aber um ein mechanisch einheitliches Korngefüge über eine nur durch die Verunreinigungen markierte Vorzeichnung, so daß man trotz Gangdurchaderung u. ä. nicht den Eindruck gewinnt, es könnte sich etwa im Sinne der Beschreibung von REDLICH-HABERFELNER, 1928 (19), um zeitlich oder genetisch weit getrennte und scharf unterscheidbare Generationen der Sideritprossung handeln. Man gewinnt vielmehr folgenden Eindruck: Hier hat eine brecciöse Zertrümmerung und Lockerung den Weg für den Zutritt der hydrothermalen Lösungen geöffnet und diese haben dann die dafür geeigneten Gesteinsbrocken im Stoffaustausch metasomatisch umgewandelt, die Räume dazwischen durch Lösung erweitert und schließlich bis auf die Restdrusen in freiem Hohlräumeabsatz erfüllt. Was an Verformungsmerkmalen erkennbar ist, kann unschwer diesem Prozeß zugeordnet werden; wie ja überhaupt die Platznahme des Erzes, die Vererzung, von einer auflockernden, brechen-

den Verformung des in Glimmerschiefern eingebetteten und von ihnen durchzogenen Marmors offenbar begleitet war. Diese brechende Verformung ist in Vorgang und Erscheinung ganz klar zu trennen von der viel älteren bruchlos-plastischen wilden Verfaltung und Stenglung des Schichtstoßes unter den Hochdruck-Bedingungen der mesozonalen Metamorphose, in deren Kristallisation diese variszische Verformung erstarrt ist.

Das Wechselspiel von Auflockerung vorgegebener anisotroper Strukturen, metasomatischem Stoffaustausch, Teilauflösung in den Hydrothermen und Absatz von Siderit und jüngeren Begleitmineralen in freien Räumen ist weiterhin besonders zwingend demonstriert durch die ja recht eingehend von CLAR, 1954 (11), beschriebenen Erzgefüge mit „antipolarer“ Parallel-, Schräg- und Kreuzbänderung. Es wird wohl allgemein anerkannt, daß solche Gebilde ebenso wie die hier recht seltenen „monopolar“-rhythmisch gebänderten, sinterartigen Anlagerungsgefüge und das Gefolge der Drusenminerale völlig unvereinbar sind mit den Bedingungen einer mesozonalen Hochdruckmetamorphose vom Barrow-Typ. Es können nur Erzeugnisse einer nachmetamorphen, unter ganz anderen Druck- und Temperaturbedingungen vor sich gehenden, hydrothermalen Lösungszirkulation sein, wie das ja wohl auch schon die Zusammensetzung und die Mineralfolge der „Erzparagenese“ schlüssig belegen. Eine nähere Beschreibung dieser komplizierten, auf tektonisch verformter Grundlage gewachsenen Verdrängungs- und Absatzrhythmite erübrigt sich hier wohl mit dem Hinweis auf die Behandlung in den Arbeiten CLAR, 1954 (11), und FRITSCH, 1971 (16).

Die Deutung der Lagerstättenentstehung bei SCHULZ scheint sich auf die Vorstellung zu stützen, daß diese postmetamorphe hydrothermale Lösungszirkulation eine Spätphase der regionalen variszischen Orogenese und Metamorphose sein könne. Gerade wir wollen einen solchen Gedanken mit dem Hinweis auf eigene frühe Veröffentlichungen – wie CLAR-FRIEDRICH, 1933 (7), und CLAR, 1945 (8) – keineswegs grundsätzlich ausschließen. Konkret aber schließen ihn bei unserer Lagerstätte folgende Befunde zwingend aus:

- a) Die Produkte dieser Lösungszirkulation bezeugen übergangslos ganz andere Druck- und Temperaturbedingungen als die der regionalen Metamorphose.
- b) Sie hat keineswegs im ganzen Bereich der regionalen Metamorphose charakteristische Zeugnisse hinterlassen, sondern bleibt auf die engsten örtlichen Bereiche der Erzlagerstätten beschränkt.
- c) Unter ihrer Einwirkung werden, streng auf diese Einwirkungsbereiche beschränkt, charakteristische bzw. auch typomorphe Mineralbildungen der Metamorphose postmetamorph und postkinematisch instabil und zu Mineralen der „Erzparagenese“ umgesetzt (siehe unten).

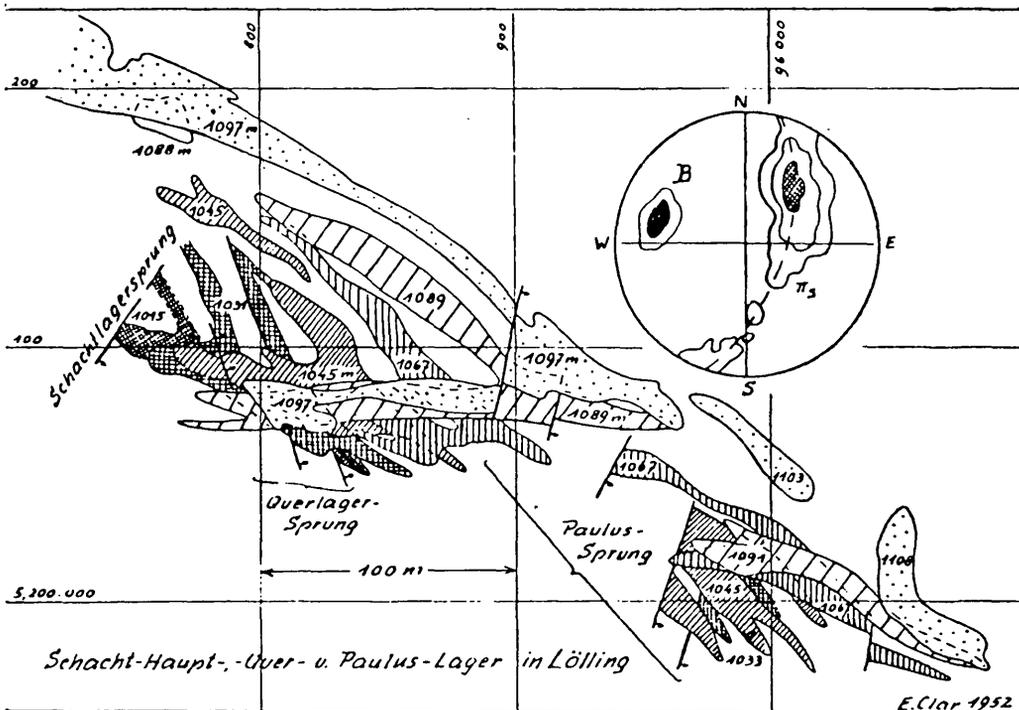
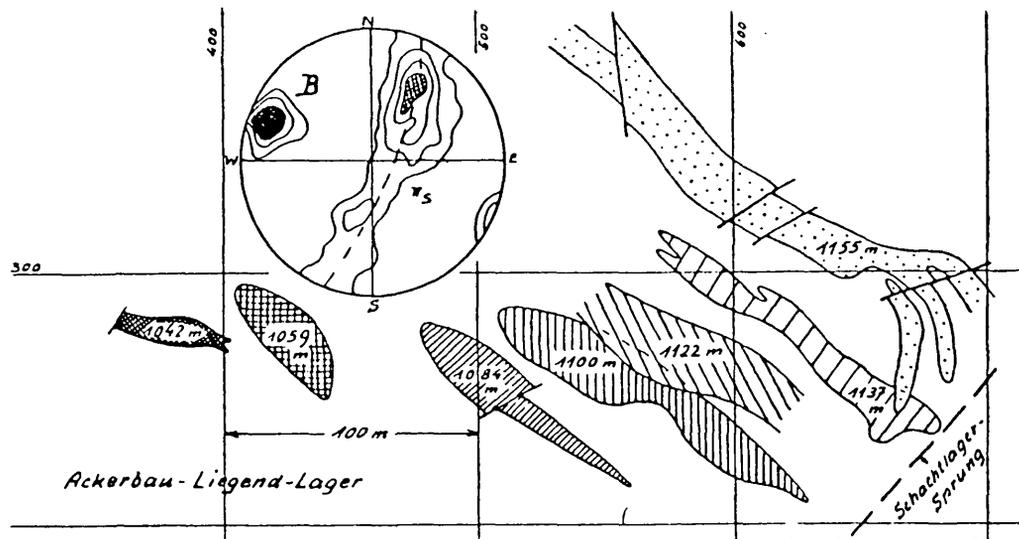
d) Die Einwirkung und der Absatz der Produkte dieser Lösungszirkulation haben im Ablauf der tektonischen Verformungen des weiteren Gebietes eine völlig andere Stellung als die variszische B-tektonische Formung und Metamorphose; sie ist vielmehr verbunden mit der zweifelsfrei wesentlich jüngeren, vermutlich alpidischen (kretazisch-tertiären), postmetamorphen Bruch- und Zerscherungs-Tektonik (siehe gleichfalls weiter unten).

e) Irgendwelche Anzeichen oder Belege oder Reste einer vormetamorphen, primär-sedimentären Erzanreicherung fehlen völlig. Die Vorstellung von SCHULZ verlangt daher, daß solche primäre Erzanreicherungen im Zuge der Metamorphose vollständig, ohne Hinterlassung von Spuren, „mobilisiert“, das heißt in Lösung gebracht, worden wären und erst nach Erlahmen der B-tektonischen Verformung und der mesozonal metamorphen Kristallisationen in einer viel jüngeren tektonischen Entwicklungsphase, nämlich während postkristalliner Zerschering und Bruchtektonik, aus diesen Lösungen wieder abgesetzt worden wären. Und dieser ganze Vorgang wäre extrem selektiv auf den Element- und Mineralbestand der MEIXNERSCHEN „Erzparagenese“ beschränkt geblieben, im weiten Feld der übrigen regional wirkenden Gesteinsmetamorphose hätte dieser Vorgang keinerlei Spuren oder Veränderungen und Reaktionen hinterlassen. Auch dazu weiteres in den folgenden Abschnitten.

6. Form und Anordnung der Lagerstättenkörper

Wie erwähnt, folgen die Grenzen der Erzkörper überwiegend schichtigen Gesteinsgrenzen und Einschaltungen, so daß der Bergmann von je hier die Bezeichnung „Lager“ gebraucht hat. Aber auch unter Annahme wildester Verschuppung und Faltung ist es noch niemandem gelungen, in der Folge der Nebengesteine und der Erzlager eine solche Art von Regelmäßigkeit und Wiederkehr zu erkennen, daß man die tatsächliche Anordnung als Produkt der tektonischen Verformung einer oder mehrerer flözarartige Einschaltungen einer Schichtfolge mit voraussagbarer Höflichkeit bestimmter Horizonte auslegen könnte. Neben Lagern von flachlinsigem Vertikalschnitt gibt es auch eher stockförmige Querschnitte der sogenannten „Hauptlager“, sehr allgemein aber lineare Längung der Erzkörper in der Richtung der Faltenachsen, der allgemeinen B-Lineation und stengeligen Form vieler verfalteter Marmorlagen. Wie erwähnt, nimmt die Komplikation der Faltung vom Liegend zum Hangend zu und dementsprechend sind auch die Erzkörper im Liegend mehr flachlinsig gestreckt, im Hangend mehr Stengel von kompliziertem Querschnitt (siehe die Übersichtsprofile Abb. 2 und 4). Die Verdrängung bildet selektiv ältere Formen nach.

Beim Versuch einer Zusammenfassung und Übersicht aller bisher abgebauten Erzkörper und anderer geologischer Daten über die ganze bisher erschlossene Teufe in Plänen und Schnitten ergab sich über das oben



Eisenerzlagerstätte Hüttenberg

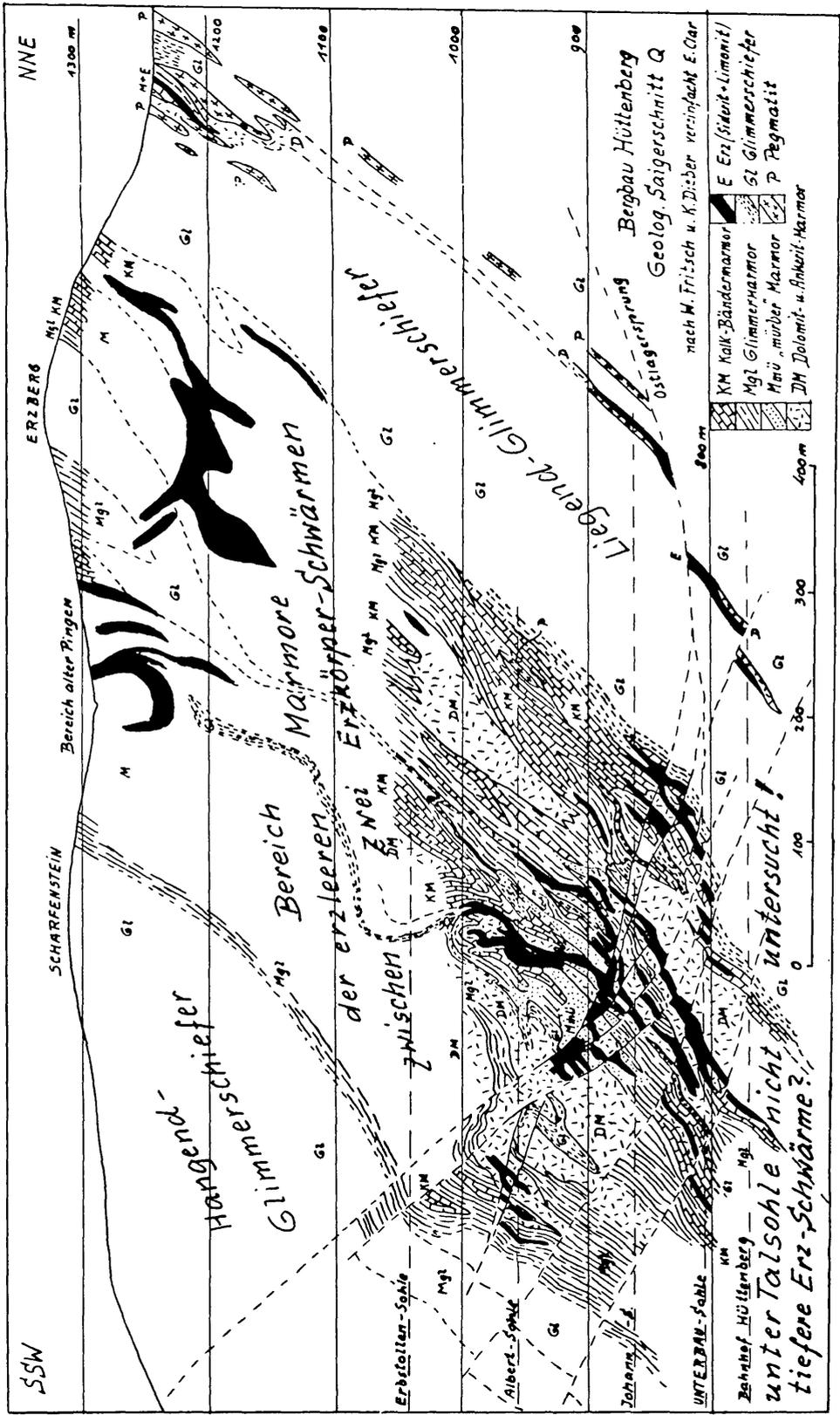
Einschieben von Verdrängungs-Erzkörpern mit dem Einfallen des Lineargefüges und der Faltenachsen (B), dargestellt in Horizontalschnitten verschiedener Höhe mit statistischem Lagenkugel-Diagramm der s -Flächen-Pole π_3 und von B.

Abb. 4: Aus CLAR-MEIXNER, 1953 (Beilage 8).

Gesagte hinaus eine überraschende Verteilungsregel (siehe besonders Abb. 2b und 5): Eine Höhenzone im Westen und zwei Höhenzonen im Osten sind durch eine, die ganze Mächtigkeit der Marmor-Schichtfolge verquerende Häufung von Lagerstättenkörpern ausgezeichnet, während unter und zwischen diesen Höhenbereichen eine fast vollständige Vertaubung, also erlere Marmore, gleichfalls quer über die ganze Mächtigkeit, gefunden wurde. Es ist deutlich (Abb. 5!), daß sich die Erzkörper im Einfallen der Marmore in Schwärmen häufen. Die Aufschluß- und Bestandskrise des Bergbaues in den vierziger Jahren beruhte darauf, daß der Hoffnungsbaue damals gerade in der Vertaubungszone unter dem großen westlichen und unter dem oberen östlichen (Löllinger) Erzkörperschwarm daran war, zu scheitern; der Erfolg der fünfziger Jahre und die folgende, bislang letzte Blütezeit, beruhten unter Mithilfe geologisch-mineralogischer Forschung auf der Entdeckung und dem Abbau bzw. der Erschließung eines tieferen Schwarmes im Mittelabschnitt oder Osten. Der zum Zeitpunkt der Schließung des Bergbaues erreichte Stand der Tiefenerkundung (wie erwähnt flächenmäßig gesehen auf Talsohle endend) reicht nur aus, um festzustellen, daß unter den ausgebauten Erzkörperschwärmen Vertaubungszone folgen, er reicht aber nicht aus, um bei Fehlen „primärer Teufenunterschiede“ in der Mineralführung zu entscheiden, ob unter diesen Vertaubungen wieder neue Erzkörperschwärme folgen können.

Im Zuge der ständigen geologischen Detailaufnahme der fortschreitenden Grubenerschließung konnte die in der Tektonik liegende Bedingung des Auftretens und der Anordnung dieser Schwärme oder „Kaskaden“ von Erzkörpern verständlich aufgeklärt werden: Schon in der Beschreibung von CLAR-MEIXNER, 1953 (10), wurde berichtet, daß sich die nachkristallinen, also nach metamorphen Bruchstörungen des weiteren Grubenbereiches in vier Richtungsgruppen ordnen lassen. Sie alle sind vermutlich Begleitverformungen zur großen Verstellung an der Gört-schütztaler Störungszone, deren System ab Mitteleozän dominant wurde, siehe THIEDIG in „Geologie der Saualpe“ (39). Die vier Hauptgruppen dieser mylonitischen Scherfugen sind: 1. Tonige Gleitfugen im generellen Schichteinfallen und häufig zugleich Salband von lagerförmig gestreckten Erzkörpern; 2. Sogenannte „Überschiebungen“ (dem Verstellungssinn nach wenigstens zum Teil Abschiebungen) als flach Nordost fallende Störungsbündel den ganzen Marmor-Komplex durchschneidend; diese beiden Gruppen sind als zweischarige (höl)-Zerschierung homoaxial zur B-Lineation der vorkristallinen und vormetamorphen bzw. synmetamorphen Faltung entsprechend deren Anisotropie zu verstehen. 3. und 4. verquerende Störungen mit NNO-Streichen und steilem sowie NNW-Streichen und mittlerem Ostfallen, die vom Bergmann als „Sprünge“ registriert und benannt wurden (s. Abb. 1, 2c, 5).

Die bergmännische Erfahrung in Hüttenberg nimmt schon seit langem zur Kenntnis, daß diese Sprünge nicht „ausrichtbar“ sind, das



Aus Archiv Bergbau Hüttenberg, vereinfacht CLAAR 1980.

heißt, daß an ihnen abschneidende Erzkörper, besonders Erzlager, nicht mit einer für den betreffenden Sprung gesetzmäßigen Verstellung wieder fortsetzen, also als fertige Gebilde „verworfen“ werden und jenseits wieder aufgefunden und verfolgt werden können. Mehrfach sieht man, wie Erzkörper an der Störung definitiv enden, aber sich dabei an ihr verbreitern und eine scheinbare Fortsetzung andere Form und Begleitschichten hat. Außerdem finden sich in diesen Störungen noch Absätze von Jungphasen der Erzmineralfolge. Der Sachverhalt erzwingt den Schluß, daß die Platznahme des Erzes, also die Bildung der Erzkörper zu ihrer heutigen Form, diese Störungen und deren Zertrümmerungsbereich schon wenigstens in der Anlage vorgefunden hat, daß sie also mit der Aktivität dieser Störungen in zeitlichem Wechselspiel steht.

Viel überzeugender ist diese Interferenz mit der Formgebung und Lokalisierung von Erzkörpern bei der Richtungsgruppe 2 unserer Störungen, den „Überschiebungen“. Eine ausgezeichnete Darstellung der einschlägigen markscheiderischen Aufnahme der abgebauten Erzkörper dieser Stellung im einstigen Schachthauptlager in Lölling (Abb. 2c) verdanken wir K. MITTERHAMMER in den Bergbauakten 1936–1940. Der Störungsbereich selbst ist metasomatisch vererzt (keineswegs etwa nur Schlepperz!) und von ihm aus sind flammenartig und selektiv die reaktionsfreudigeren Marmorlagen auf begrenzte Distanz in Erzlager umgewandelt. Nachbewegungen erzeugten noch Harnische auf diesem Erz. Einen grundsätzlich gleichartigen Zusammenhang zwischen einem tieferen Störungsbündel dieser Richtung mit dem dortigen Schwarm von Erzkörpern konnten wir im Bereich des sogenannten IIIer-Feldes studieren, und wieder gleichartig, aber noch deutlicher, zeigt das von FRITSCH und DIEBER angenommene Profil durch den abgebauten Bereich zwischen Albert- und Unterbau-Sohle den quer durch die ganze Mächtigkeit der Marmorgruppe angeordneten Erzkörperschwarm, der ebenfalls an ein solches Störungsbündel der sogenannten „Überschiebungen“ geknüpft ist (Abb. 5) und von ihm flammenartig nach oben und unten ausstrahlt.

Im gleichen Sinne lassen sich manche der von H. HABERFELNER 1937 (19), wiedergegebenen Schnitte verstehen; auch zeichnet H. HABERFELNER eine ganze Reihe von ihm beobachteter zum Nebengestein diskordanter, also gangartiger Erzgrenzen und erwähnt ausdrücklich (19, S. 121), daß er auch in den ihm noch zugänglichen Aufschlüssen in dem vorwiegend konkordanten Bärenbachlager (dem Objekt der ohne einen Untertage-Aufschluß durchgeführten Studie von SCHULZ, 1979 (43)), die Gangnatur durch primäre Drusen gekennzeichnet fand, daß es im Liegenden unmittelbar an Kalk herantritt und daß man dort deutliche Verscheidungen des Erzes mit den Schieferschichten sah. Echte Quergänge von Siderit mit Baryt und Cu-Erzen zeigt auch das Profil Gossen, Abb. 3, ganz oben. Es ist also falsch, zu behaupten, siehe obige Arbeit, S. 54, daß man weder im Raum Bärenbach noch in der Lagerstätte Hüttenberg diskordante Erzgänge kennt, die als Zufuhrwege für Hydrothermen in

Frage kämen. Zumindest die gerade oben beschriebenen, metasomatisch vererzten Störungsbündel der „Überschiebungen“ erfüllen auch diese primitiv-lehrbuchmäßige Forderung.

7. Erzparagenese und metamorphes Nebengestein

Bei der Behandlung der „Sideritlagerstätten im Kristallin der Saualpe“ vertritt SCHULZ, 1979 (44, S. 249) die Vorstellung, daß hier diagenetische sowie hauptsächlich regionalmetamorphe Überprägungen zu beträchtlichen Umkristallisationen mit Kornvergrößerungen der ursprünglich synsedimentär im prämetamorphen Sedimentverband gebildeten Fe-Anreicherung geführt haben.

Dazu ist allgemeingültig vorzuschicken: Die Bedingungen einer vom Gestein erlittenen Metamorphose werden durch die dabei in ihm gewachsene stabile Mineralgesellschaft beschrieben und definiert. In der Umgebung unserer Lagerstätte sind das die Paragenesen der Amphibolitfazies; sie sind hier in den Nebengesteinen regional – vielleicht mit Ausnahme schwacher, nur örtlich stärker wirksam gewesener oder jüngerer Diaphthorose-Überprägung – erhalten geblieben, ohne daß außerhalb der Lagerstätte irgendwelche Neubildungen einer nachfolgenden hydrothermalen und nachmetamorphen Nachphase erkennbar wären. Denn die Hydrothermalphase der Lagerstätten und die Diaphthorose der Nebengesteine sind sicher nicht identische Prozesse.

Ganz anders überall dort, wo das stattgefunden hat, was wir im vollen Wortsinn als Vererzung zu beschreiben haben, wo also das Haupterz Siderit und die es begleitende oder ihm folgende Mineralgesellschaft abgesetzt wurde, die MEIXNER als „Erzparagenese“ zusammenfaßt. Hier werden Mineralgesellschaften oder Minerale der metamorphen Fazies instabil und es bilden sich in den vorher metamorphen Nebengesteinen durch Pseudomorphose oder Neuabsatz neue Minerale und Mineralgemeinschaften, die zum Teil dem Bereich der Gesteinsmetamorphose überhaupt fremd sind. Sie sind sicher nicht Produkte etwa irgendeiner allgemein wirksamen Spätphase der variszischen Regionalmetamorphose, sondern von dieser nicht nur zeitlich weit getrennt, auch räumlich beschränkt auf die im Vergleich zur Metamorphose winzigen Teilbereiche der hydrothermal-epigenetischen Vererzung.

MEIXNER hat diese Umbildungen beschrieben und gibt in seinem Teil hier nochmals eine Zusammenfassung. Das schönste Beispiel ist die Zersetzung der Pegmatitlinsen und -gänge, die von der Vererzung als metamorphe Einschlüsse im verdrängten Kalkmarmor angetroffen worden sind. Sie erscheinen als weiche, hellgrünlich-tonige Massen, deren Natur mit freiem Auge oft nur durch Brocken von schwarzem Turmalin und gelegentliche Reste schriftgranitischer Quarzgefüge erkennbar bleibt. Es handelt sich um die Zersetzung von Feldspat zu Hydromuskovit unter SiO_2 -Abfuhr, die

nach MEIXNER für den Quarz, Chalzedon und Opal in den vielen Kristall-Drusenräumen des Erzes verantwortlich ist.

Die für unsere Fragestellung hier wichtigste Feststellung ist die, daß bei den laufenden geologischen Grubenaufnahmen kein einziges Vorkommen von unzersetztem Pegmatit im Sideriterz und kein einziger so zersetzter Pegmatit im unvererzten Marmor angetroffen worden ist. Der Zusammenhang zwischen dieser, der Regionalmetamorphose fremden Umsetzung und der lokalen hydrothermal-epigenetischen, nachmetamorphen Vererzung ist eindeutig.

Weitere von MEIXNER beschriebene Hydrothermalveränderungen der Vererzung im metamorphen Nebengestein sind die Umsetzung von Titanit in Anatas-Quarz-Gemenge, von Glimmerschiefergranaten am Erzkontakt in Muskowit-Chlorit-Gemenge und schließlich die erst in der Tiefe des Gossener Abschnittes unter dem Auslaugungsbereich feststellbar gewordene Gips- und Coelestin-Metasomatose ausgedehnterer Marmorpartien. Man darf heute nach Entdeckung der gipsreichen Kalkmarmore wohl als sicher annehmen, daß die früher beschriebenen sogenannten „Mürbmarmore“ – oft sandig-zerreibliche, lockere Kalkmarmore mit reichlich grünumrandetem Phlogopit – Auslaugungsprodukte solcher gipsreicher Marmore sind. Sie sind im Knappenberger und im Löllinger Revier mit seinem tief abgesenkten Bergwasserspiegel in größeren Massen angetroffen worden, und wir verdanken H. HABERFELNER den mündlichen Hinweis, daß sie schon den alten Bergleuten als Anzeichen für den überhaupt vererzten Bereich galten, ohne selbst unmittelbar Begleiter der Erzlager zu sein. Nach unseren Schnitten scheinen sie eher den Bereich der Vererbung erzreicherer Marmorabschnitte gegen die Teufe hin zu bevorzugen, ohne daß wir eine Ursache anzugeben vermögen.

Klar ist auch auf Grund des engen räumlichen Verbandes, der sich beim bergmännischen Aufschluß der Lagerstätte als eine ausgezeichnete Hilfe erwiesen hat, daß die Ankeritmarmore ein Begleitprodukt der Sideritmetasomatose sind. Sie haben überwiegend die Bänderstruktur pigmentierter Kalkmarmore unter geringer Kornvergrößerung und Entwicklung eines spezifischen Glanzes (Lichtbrechung!) fast ungestört metasomatisch übernommen und sind als Zwischenstadien oder Randbildungen zu den mit ihnen räumlich verbundenen Sideriterzkörpern zu verstehen. Sie zeigen fast nie das grobspätige, drusenreiche und oft brecciöse Korngefüge der Sideriterze und sind deshalb sicher überwiegend nicht Rückbildungen aus Siderit durch die von MEIXNER entdeckte und beschriebene „Rekalzitisierung“, sondern Begleitbildungen auf dem Wege zum Siderit.

Schließlich sind auch die im Lagerstättenbereich angetroffenen und in den Profilen unserer Abbildungen ausgeschiedenen Dolomitmarmore nicht regional verbreitete Bestandsglieder des variszischen Hochkristallins der zentralen Saualpe; das gilt, obwohl in diesem Hochkristallin karbonatreichere Glimmerschiefer vielfach Dolomit als Gemengteil führen

(39, S. 76). Nur im Nahbereich der Hüttenberger Lagerstätten sind Dolomitmarmore sehr verbreitet (siehe die Abb. 2a, b und 5 mit Kurzbezeichnung DM), die sich von den Kalkmarmoren im Aufschluß meist durch Fehlen der Bänderung, weißliche, bei Verwitterung durch ihren Fe-Gehalt oft schwach ockerige Färbung, feineres Korn und durch die Häufigkeit kleinster Kristalldrüsen-Poren unterscheiden.

Gerade die letztere Eigenheit legt auch unabhängig vom Verband mit der Lagerstätte den Schluß nahe, daß es sich bei ihnen nicht um unveränderte Kristallisationsgefüge der Hochdruckmetamorphose handeln kann. Vermutlich sind auch sie Begleitprodukte der Hydrothermal-Metasomatose im Rahmen der erzbildenden Lösungszirkulation. Der Augenschein und die räumliche Verbindung zu den Erzkörpern legen die Vorstellung nahe, daß vorwiegend die grauen und bänderig pigmentierten Marmore zu Siderit oder Ankerit umgewandelt worden sind, während die Dolomitisierung vor allem un pigmentierte und glimmerarme, mehr massige Typen in ihrer Begleitung ergriffen hat. Es ist auch möglich, daß es sich um Früh- oder Spätphasen im Ablauf der Lösungszirkulation und -verdrängung handelt. Jedenfalls ist auch hiebei wieder offenbar, daß die Reaktionen der Verdrängung zu einem beachtlichen Grade selektiv verlaufen, daß sie stoffliche Austauschreaktionen sind, in denen das Endprodukt weitgehend von Feinheiten im mineralischen, chemischen und strukturellen Aufbau des ursprünglichen Gesteins abhängt.

8. Befunde zur Deutung der Lagerstättenbildung

Mit Ausnahme der bescheidenen, weit im Hangend isolierten Manganquarzite fehlen im Bereich der Hüttenberger Lagerstätten jedwede als solche belegbare Reste oder Zeugnisse eines primär-sedimentären Absatzes von Fe-Erzen oder der anderen, sie heute begleitenden Erzmehle ebenso wie Reste oder Zeugnisse einer vormetamorphen Konzentration. Die von SCHULZ und seinem Schüler FUCHS vertretene Annahme einer schon sedimentären Erzkonzentration schließt also die Vorstellung ein, daß bei der variszischen Metamorphose zwar die gesamte Nebengesteinsfolge mit einer neuen, der tiefen Mesozone (Amphibolitfazies) angepaßten Mineralgesellschaft sowie den Strukturen und Korngefügen der Tiefenverformung (Schieferung, Fließfaltung etc.) erhalten geblieben ist; nur die in dieser Folge sedimentär eingelagerten ersten Erzkonzentrationen seien ohne Hinterlassung von Resten vollständig „mobilisiert“, das heißt in Lösung gegangen und mit neuen Strukturen nach Abbau des hohen Überlagerungsdruckes der Metamorphose wieder abgesetzt worden.

Für uns ist das eine viel schwerer vorstellbare Selektivität des Lösungsvorganges und des Kristallisationsvermögens als die von uns erschlossene, aber von SCHULZ kritisierte, durch die Reaktionsfreudigkeit der karbonatischen Ausgangsgesteine diktierte Selektivität der Metasomatose.

Die in der Lagerstätte vertretene Mineralgesellschaft ist weder der charakteristischen Paragenese irgendeiner Mineralfazies der Metamorphose einzugliedern, noch sind die Strukturen der Lagerstätte Strukturen kristalliner Schiefer mit den Zeugnissen der differentiellen Durchbewegung. Schieferung und Faltung gibt es im Erzverband ausschließlich in der Form von Reliktstrukturen, die aus den Marmoren metasomatisch übernommen sind, oder in eingeschlossenen Schollen von Nebengesteinen.

In sicherem Zusammenhang mit der Platznahme des Erzes werden gewisse typomorphe Minerale der Nebengesteine instabil und umgesetzt; der Reichtum des Erzes an offenen Drusenhöhlräumen belegt zudem das Fehlen des der mesozonalen Metamorphose vom Barrow-Typ eigenen Druckes.

In der Zeitfolge der geologischen Ereignisse unseres Gebietes steht der Erzabsatz gemäß den Formbedingungen der Erzkörper und ihrer Lokalisierung im Wechselspiel mit der von der variszischen Metamorphose durch die ganze postvariszische Sedimentserie getrennten Bruchtektonik und Zerbrechung der altmetamorphen Marmore. Der Erzabsatz ist also um geologische Formationen jünger als die Metamorphose, und die Zeitspanne zwischen den beiden Vorgängen muß in der Größenordnung von 200 Millionen Jahren liegen. Es handelt sich um einen nach der Entlastung von den Bedingungen der variszischen Tiefenmetamorphose abgelaufenen, daher jedenfalls alpidischen, rein hydrothermal-epigenetischen Stofftransport in den Lagerstättenbereich und um Absatzreaktionen mit dem weit vorher metamorph gewordenen Nebengestein.

Die Lagerstätte selbst ist gewiß nicht metamorph! Sie ist eine nichtmetamorphe jüngere Bildung innerhalb der viel älteren hochmetamorph umgewandelten Umgebung.

In der Gegenüberstellung mit diesen Befunden erscheint die These einer sedimentären Bildung der Hüttenberger Erze mehr als der Ausfluß eines heute verbreiteten axiomatischen Glaubens an die sedimentäre Herkunft aller lagerähnlichen Erzkonzentrationen denn als das Ergebnis einer unvoreingenommenen wissenschaftlichen Analyse. Darum versuchen wir, die Beobachtungsgrundlagen für eine Zeit verfügbar zu halten, die wieder bereit ist, sie in harmonischem Zusammenhang zu verarbeiten.

Woher allerdings diese hydrothermalen Lösungen und die von ihnen transportierten Stoffe stammen, das bleibt nach wie vor offen, ist zurzeit einer Ableitung aus örtlichen Beobachtungen unzugänglich und nur in allgemeinen, aus der regionalen Geologie sich ergebenden Überlegungen faßbar. Passende Plutone oder Vulkanite zur Abspaltung der nach klassischen Regeln der Lagerstättenlehre abwandernden Restlösungen sind ja hier nicht bekannt.

Aber es gibt einen Gedankengang, der eine gewisse Begegnung, wenn auch keineswegs Deckung, mit den Vorstellungen von SCHULZ ermöglicht. FRIEDRICH und CLAR haben 1933 (7) auf einen genetischen Zusammenhang zwischen der damals wesentlich umfassender als heute gedachten epigenetischen Lagerstättenbildung der alpidischen Ara in den Ostalpen und der abwandernden Lösungszirkulation der alpidischen Metamorphose geschlossen; in dem Sinne, daß (7, S. 79) auch Kristallisationshöfe der Metamorphose ohne sichtbaren Intrusionskern als Zentren aszendenter Lagerstättenbildung aus abwandernden Lösungen in Betracht zu ziehen sind. Stoffbilanzen zu dieser Vorstellung hat ANGEL (2a und andere Arbeiten) abgeleitet. In einer späteren Arbeit zum gleichen Thema, CLAR, 1945 (8), wurde dann versucht klarzustellen, daß es verfehlt wäre, „solche Lagerstätten wegen der Verknüpfung des Vererzungsvorganges mit der Gesteinsmetamorphose als ‚meta-morphe Lagerstätten‘ zu bezeichnen. Es handelt sich ja nicht um irgendwelche Gebilde, die einer Metamorphose unterworfen worden wären, sondern wie sonst um Absätze aus hydrothermalen Lösungen . . .“. Eine weitere Stellungnahme zur systematischen Einordnung, auch gegenüber SCHNEIDERHÖHN, findet sich im Nachwort zu diesem zitierten Artikel.

Mögliche Lösungszirkulationen im Anschluß an die variszische Metamorphose scheiden für Hüttenberg nach den vorigen Darlegungen aus Gründen der Zeitfolge aus. Als einzige zeitlich korrelierbare Vorgänge der Tiefe ist heute in diesem weiteren Raum an eine weiträumige Lösungsabwanderung aus den Umbildungsprozessen der altalpidischen Metamorphose in größerer Tiefe des ostalpinen Kristallins zu denken, deren Existenz jetzt auf Grund der geochronologischen Daten grundsätzlich feststeht, deren Wirkungsweise aber noch zu wenig bekannt ist, um solche Spekulationen daran knüpfen zu können. Die mögliche zeitliche Einordnung dieser Prozesse in den Gesamtablauf der postvariszischen Entwicklung des Ostalpenraumes ist am klarsten bei OBERHAUSER, 1978 (35), nachzulesen. Eine solche Einstufung könnte allein auch der S-Isotopen-Altersbestimmung des Gipses (PETRASCHECK 1978, 37) bei Annahme von „sekundär-hydrothermale“ Ferntransport gerecht werden.

Abschließend ist noch besonders zu betonen, daß Hüttenberg für die Analyse und das Verständnis der Entstehung der ostalpinen Spatlagerstätten überhaupt eine hervorragende Bedeutung und Schlüsselstellung zukommt. Denn Hüttenberg zeigt durch seine Lage im hochkristallinen Nebengesteinsverband, unseres Erachtens unausweichlich, daß hier variszische Regional-Metamorphose und hydrothermale Lagerstättenbildung zwingend nur als zwei zeitlich und räumlich völlig getrennte und ursächlich voneinander unabhängige geologische Ereignisse verstanden werden können. Bei den in anchi- und epimetamorphen Begleitgesteinen liegenden Spatlagerstätten hingegen (z. B. Siderite und Magnesite der Grauwackenzone) liegt wegen der nahen Vergleichbarkeit epi- bis anchimetamorpher Bildungsbedingungen und Paragenesen einer-

seits, der Bildungen rein hydrothormaler Prozesse andererseits die Versuchung nahe, einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen einer Metamorphose der umgebenden Region und einer Neuformung der Lagerstätte zu vermuten. Es kommt dazu, daß hier auch die Wirkungen der voralpidischen (paläozoischen) und der alpidischen (mesozoisch-tertiären) Metamorphosen wegen der Ähnlichkeit der von ihnen erzeugten Mineralfazies nur unscharf oder nicht trennbar sind und daher in einer Analyse die Überlagerung von drei, in ihrer Wirkung ähnlichen Prozessen aufgliedert werden müßte.

L I T E R A T U R

- (1) ANGEL, F., & F. TROJER (1953): Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose. – Radex-Rdsch., 315–334.
- (2) – (1955): Zur Frage des Alters und der Genesis alpiner Spatmagnetite. – Radex-Rdsch., 374–392.
- (2a) ANGEL, F. (1939): Exkursionsberichte Fortschr. Min. 23., Bericht VIII, Steir. Erzberg, 54–74.
- (3) BAUMGÄRTEL, B. (1902): Der Erzberg bei Hüttenberg in Kärnten. – Jb. k. k. geol. R.-A. (Wien), 52:219–244.
- (4) BRUNLECHNER, A. (1891): Die Abstammung der Eisenerze und der Charakter der Lagerstätten im nordöstlichen Kärnten. – Carinthia II (Klagenfurt), 81/1:33–51.
- (5) – (1893): Die Form der Eisenerzlagerstätten in Hüttenberg. – Z. prakt. Geol. (Berlin), 1:301–307.
- (6) CLAR, E. (1932) Gefügestatistisches zur Metasomatose. – Z. Krist. B. (TMPM), Leipzig, 43:129–143.
- (7) CLAR, E., & O. FRIEDRICH (1933): Über einige Zusammenhänge zwischen Vererzung und Metamorphose in den Ostalpen. – Z. prakt. Geol. (Berlin), 41:73–79.
- (8) CLAR, E. (1945): Ostalpine Vererzung und Metamorphose. – Verh. Geol. B. A. (Wien), 29–37.
- (9) – (1953): Geologisches Gefüge und Formentwicklung von metasomatischen Karbonatlagerstätten (Siderit und Magnetit) der Ostalpen. – Congr. géol. intern., C. R., 19. Sess., Alger 1952, Sect. X (Alger), 83–96.
- (10) CLAR, E., & H. MEIXNER (1953): Die Eisenspatlagerstätte von Hüttenberg und ihre Umgebung. – Carinthia II (Klagenfurt), 143/63:67–92.
- (11) CLAR, E. (1954): Über Parallel-, Schräg- und Kreuzbänderung in Spatlagerstätten. – TMPM (Wien), 4:55–64.
- (12) – (1957): Die altei. Bergbaue am Hüttenberger Erzberg. – Carinthia I (Klagenfurt), 147:505–516, mit Karte 1:10.000.
- (13) EGENTER, P. (1909): Die Marmorlagerstätten Kärntens. – Z. prakt. Geol. (Berlin), 17:419–439.
- (14) FRANK, W. (1980): Radiometrische Datierung frühalpiner Metamorphosevorgänge in den Ostalpen. – Jahresbericht 1979 zum Hochschulschwerpunkt S 15 (Leoben), 11–20.
- (15) FRITSCH †, W. (1970): Eine Prospektion auf Magnetit-Hämatit-Lagerstätten am Sonntags- und Kraigerberg bei St. Veit an der Glan in Kärnten. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. (Wien), 19:295–314.
- (16) FRITSCH †, W. (1971): Hohlräume in Sideriterz des Eisensteinbergbaues Hüttenberg. – Carinthia II (Klagenfurt), Festschrift KAHLER, Sh. 28:291–304.

- (17) FUCHS, H. W. (1978–1980): Korngefügeanalytische Untersuchungen der Sideritlagerstätte Hüttenberg, Kärnten. – Diss. Univ. Innsbruck bzw. TMPM (Wien), 27:233–260.
- (18) HABERFELNER, E. (1937): Die Geologie der österreichischen Eisenerzlagerstätten. – Z. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Deutschen Reich (Berlin), 85:226–240.
- (19) HABERFELNER, H., et al. (1928): Die Eisenerzlagerstätten im Zuge Lölling–Hüttenberg–Friesach in Kärnten. – Berg- und Hüttenmänn. Jb. (Wien), 76:87–114, 117–126.
- (19a) LADURNER, J. (1955): Über ein geregeltes Sideritgefüge. – Jb. Geol. B. A. Wien, 98:15–20.
- (20) MEIXNER, H. (1940): Neue Mineralfunde aus der Ostmark XI. – Carinthia II (Klagenfurt), 130/50:59–74.
- (21) – (1953): Der Serpentin des Grießerhofs (Gulitzen) bei Hirt, Kärnten. – Carinthia II (Klagenfurt), 143/63:140–144.
- (22) – (1956): Nickelmineralisation und Stoffwechselbeziehungen zwischen Serpentinestein und Eisenspatlagerstätten am Beispiel des Antigoritits vom Grießerhof bei Hirt, Kärnten. – Carinthia II (Klagenfurt), Festschrift zum 70. Geburtstag von F. ANGEL, Sh. 26:95–106.
- (23) – (1957): Eine Gipsmetasomatose in der Eisenspatlagerstätte des Hüttenberger Erzberges. – Festbd. SCHNEIDERHÖHN, Abh. N. Jb. Min. (Stuttgart), 91:421–440.
- (24) – (1958): Über das Vorkommen von Zölestin-Kristallen und von Zölestinmetasomatose in den Silikatmarmoren des Hüttenberger Erzberges, Kärnten. – Fortschr. Miner. (Stuttgart), 36:53 und 54.
- (25) – (1959): Einige interessante Mineralfunde (Strontianit-, Cölestin-, Apatit-, Ilmenit- und würfelige Magnetit-Kristalle) aus dem Antigoritserpentin vom Grießerhof bei Hirt in Kärnten. – Carinthia II (Klagenfurt), 149/69:44–49.
- (26) – (1960): Stoffwanderungen bei der Eisenspatmetasomatose des Lagerstättentypus Hüttenberg. – Fortschr. Miner. (Stuttgart), 38:152–154.
- (27) – (1963a): Ein schöner Milleritfund vom Grießerhof (Gulitzen) bei Hirt, Kärnten. – Der Karinthin (Klagenfurt), 49:44.
- (28) – (1963b): Die Metasomatose in der Eisenspatlagerstätte Hüttenberg, Kärnten. – TMPM (Wien), 8:640–644.
- (29) – (1967): Einige Ergebnisse zur Wirtschaftlichkeit durch mineralogisch-geologische Lagerstättenuntersuchung im Eisenspatbergbau Hüttenberg. – Berg- und Hüttenmänn. Mh. (Wien), 112:177–180.
- (30) – (1970): Metasomatosen in österreichischen Lagerstätten karbonatischer Eisenerze. – Arch. Lagerstättenforschung i. d. Ostalpen (Leoben), 10:61–74.
- (31) – (1974): Altbekannte und neue (Kermesit, Antimonit) Antimonminerale aus den Eisenspatlagerstätten des Hüttenberger Erzberges. – Der Karinthin (Salzburg), 71:137–141.
- (32) – (1975): Minerale und Lagerstätten im Bereiche der Saualpe, Kärnten. – Clausthaler Geolog. Abh. (Clausthal-Zellerfeld), Sdbd. 1:199–217.
- (33) – (1978): Grunerit und Bavalit (Daphnit), zwei für Kärnten neue Minerale, vom Kamuderer/Damniteich bei Moosburg/Kärnten. – Der Karinthin (Salzburg), 79:56–61.
- (33a) – (1981): Die Minerale des Hüttenberger Erzberges in Kärnten, einschließlich seiner Umrahmung. – Der Aufschluß. Heidelberg. 32/3:85–97.
- (34) MORAUF, W. (1979): Isotopengeologische Untersuchungen an Gesteinen der Korralpe und Saualpe, SE-Österreich. – Dissertation Univ. Bern. 3 Teile.
- (35) OBERHAUSER, R. (1978): Die postvariszische Entwicklung des Ostalpenraumes unter Berücksichtigung einiger für die Metallogeneese wichtiger Umstände. – Verh. Geol. B. A. (Wien), 43–53.

- (36) PAAR, W., & H. MEIXNER (1980): Neues zu Mineralparagenesen des Hüttenberger Erzberges und damit verwandter Mineralisationen I. – Carinthia II (Klagenfurt), 170/90:65–75.
- (37) PETRASCHECK, W. E. (1978): Zur Altersbestimmung einiger ostalpiner Erzlagerstätten. – Mitt. Österr. Geol. Ges. (Wien), 68:79–87.
- (38) PILGER, A., & N. WEISSENBACH (1970): Stand und Aussichten der Forschung über Stratigraphie, Tektonik und Metamorphose in der Saualpe in Kärnten. – Clausthaler Geolog. Abh. (Clausthal-Zellerfeld), 5, 39 Seiten.
- (39) PILGER, A., & R. SCHÖNENBERG (1975): Geologie der Saualpe. – Clausthaler Geolog. Abh. (Clausthal-Zellerfeld), Sdbd. 1, 232 Seiten.
- (40) QUIRING, H. (1929): Zur Tektonik des Kärntner Erzberges. – Z. prakt. Geol. (Berlin), 37:177–185, 202–205.
- (41) REDLICH, K. A. (1931): Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagerstätten. – Beitr. z. Gesch. d. Österr. Eisenwesens, Abt. 1 (Wien–Berlin–Düsseldorf), Heft 1:165 Seiten.
- (42) SCHULZ, O. (1979a): Metallogene in den österreichischen Ostalpen. – Verh. Geol. B. A. (Wien), Jg. 1978, 471–478.
- (43) – (1979b): Die Sideritlager in den Paragneisen von Bärenbach bei Hüttenberg. – Carinthia II (Klagenfurt), 169/89:37–57.
- (44) – (1979c): Beiträge zur Metallogene in den Ostalpen – Verh. Geol. B. A. (Wien), 237–264.
- (45) SEELAND, F. (1876): Der Hüttenberger Erzberg und seine nächste Umgebung. – Jb. k. k. Geol. R.-A. (Wien), 26:49–112.
- (46) STERK, G. (1965): Zur Kenntnis der Goldlagerstätte Klienung im Lavanttal. – Carinthia II (Klagenfurt), 155/75:39–59.
- (47) TAUSCH, K. (1954): Der Hüttenberger Erzberg – ein Beispiel des Nutzens wissenschaftlicher Lagerstättenforschung. – Montan-Rdsch. (Wien), Sonderheft Erzbergbau: 132–136.
- (48) WEISSENBACH, N., A. PILGER et al. (1978): Geologische Karte der Saualpe-Nord, 1:25.000, Geolog. B. A. (Wien).

Anschriften der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Eberhard CLAR, Wilhelm-Exner-Gasse 15/26, A-1090 Wien; Em. O. Univ.-Prof. Dr. Heinz MEIXNER, Institut für Geowissenschaften, Abt. Mineralogie, der Universität, Akademiestraße 6, A-5020 Salzburg.