

Die Mitterberger Kupferkieslagerstätte Erzführung und Tektonik

von Joseph BERNHARD *)

mit 55 Abbildungen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhalt	4
Vorwort	5
100 Die Kupferkieslagerstätte Mitterberg	6
110 Geographische Übersicht	6
120 Die geologischen Verhältnisse	7
121 Die Stratigraphie im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte.....	8
122 Die Tektonik im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte.....	12
130 Genesis und Alter der Mitterberger Kupferkiesgänge	15
140 Die Ganggruppen in den Mitterberger Kupferkiesgängen	16
150 Die bergbaulichen Aufschlüsse in der Mitterberger Kupferkieslagerstätte.....	18
200 Zielsetzung in vorliegender Arbeit	20
300 Die Erzführung in der Mitterberger Lagerstätte.....	20
310 Beschreibung der Einzelminerale	21
311 Die kupfererzführenden Minerale	21
312 Die sulfidischen Eisenminerale	23
313 Die Nickel-Kobalt-Minerale	29
314 Die Blei-, Zink- und Quecksilber-Minerale	34
315 Die oxydischen Minerale	35
316 Arsenkies.....	35
317 Gold	37
318 Ankerit, Siderit und Limonit.....	38
319 Ergebnisse der Neubeschreibung der Einzelminerale	38
320 Die Verknüpfung der Einzelminerale zu Vererzungsgenerationen	39
321 Die Vererzungsgenerationen im Mitterberger Hauptgang	39
322 Vergleichende Untersuchungen in genetisch nahestehenden Lagerstätten.....	40
323 Die Hämatit-Magnetit-Paragenese	41
324 Ergebnisse aus der Verknüpfung der Einzelminerale zu Vererzungsgene- rationen	43
330 Die Erzverteilung im Mitterberger Hauptgang nach erzmikroskopischen Ergebnissen	44
331 Hämatit-Zone.....	45
332 Maucherit-Zone	46
333 Armerz-Zone	46
334 Reicherz-Zone	46

*) Anschrift des Verfassers: Dr. Ing. Joseph BERNHARD, 8202 Bad Aibling, Rosenheimerstraße 40, D.B.R.

335	Millerit-Zone	47
336	„Zonare Pyrit“-Zone	47
337	Teufenunterschied im Mitterberger Hauptgang	47
338	Lateraler Unterschied im Mitterberger Hauptgang	47
339	Ergebnisse der erzmikroskopischen Kartierung	48
400	Die Tektonik der Mitterberger Kupferkieslagerstätte	49
410	Bemerkungen zur Arbeitsmethode	50
420	Analyse der B-Achsengefüge	50
430	Analyse der Klüfte (K)	55
440	Analyse der Schichtungsflächen (S)	57
450	Analyse der Gangflächen (G)	61
460	Analyse weiterer Gefügedaten	64
470	Zusammenfassung der tektonischen Untersuchungen	66
500	Die Beziehungen zwischen Vererzung und Tektonik	67
510	Der Mitterberger Hauptgang und seine junge Tektonik	67
511	Die Inhomogenität zwischen Erzgang und Nebengestein	68
512	Die tektonische Stellung der Quergänge	69
513	Die Gangbilder im Mitterberger Hauptgang und in den Quergängen	70
514	Die mobilisierten Erze der Mitterberger Lagerstätte	73
515	Die Mobilisierbarkeit der Mitterberger Mineralien	74
516	Mobilisation im Nebengestein des Mitterberger Hauptganges	76
520	Der alte tektonische Bau des Mitterberger Hauptganges	76
530	Zusammenfassung der Ergebnisse des Vergleichs zwischen Vererzung und Tektonik	79
600	Zur Genese der Mitterberger Lagerstätte und Stellungnahme zur Literatur	80
700	Die praktische Bedeutung der Ergebnisse für den Mitterberger Kupferbergbau	82
800	Zusammenfassung	83
900	Literaturverzeichnis	86

Inhalt

In vorliegender Arbeit wird die Vererzung und die Tektonik der Mitterberger Kupferkieslagerstätte (Mühlbach/Hochkönig) untersucht.

Es wurde festgestellt, daß in der Mitterberger Kupferkieslagerstätte Hochtemperaturkupferkies und niedrigtemperiert-gebildeter Kupferkies anstehen. Außerdem konnte beobachtet werden, daß die Mitterberger Pyrite nur zum Teil der chemischen Formel FeS_2 entsprechen, während die meisten „Pyrite“ in zonarer Anordnung aus den Komponenten Pyrit, Gersdorffit, Arsenkies und Bravoit aufgebaut sind und daher als „zonare Pyrite“ angesprochen werden. Erstmals konnten in der Mitterberger Lagerstätte die Mineralien Ullmannit, Maucherit, Skutterudit und Millerit beobachtet werden.

Die Verknüpfung der einzelnen Mineralien zu Vererzungsgenerationen zeigte, daß in der Mitterberger Lagerstätte drei Vererzungsgenerationen anstehen. Die erste Vererzungsgeneration führt vorwiegend die Nickelminerale Gersdorffit, Ullmannit, Pentlandit, Maucherit, Skutterudit, sowie Arsenkies, Quarz und Ankerit; die zweite und jüngere Vererzungsgeneration Hochtemperaturkupferkies, Ankerit und Quarz, wobei die jüngere Vererzungsgeneration Minerale der ersten Vererzungsgeneration umwandelte. Im Gegensatz zu diesen beiden Vererzungsgenerationen, die als azsendente, mesohydrothermale Vererzungen anzusprechen sind und dem ost-west-streichenden Mitterberger Hauptgang folgen, ist die dritte und jüngste Vererzungsgeneration ein tektonisch bedingtes Mobilisat der beiden älteren Vererzungsgenerationen. Diese jüngste Vererzungsgeneration führt niedrigtemperiert-gebildeten Kupferkies, Quarz, Ankerit und Fahlerz und kam in den nord-süd-streichenden Quergängen, sowie in druckarmen Bereichen des Mitterberger Hauptganges zum Absatz.

Der ost-west-streichende Mitterberger Hauptgang gliedert sich in sechs Teufenzonen, nämlich in die Hämatit-Zone, die teilweise über Tag ausbeißt; an diese schließen sich in Richtung Teufe die Maucherit-, Amerz-, Reicherz-, Millerit- und „zonare Pyrit“-Zone an. Diese Zonen tauchen in ihrer primären Anlage mit 5° gegen Westen ein.

Zwischen der zweiten und dritten Vererzungsgeneration intrudierten „Diabase“, wobei diese die Erzgänge der ersten und zweiten Vererzungsgeneration durchsetzen, während

die mobilisierten Erze (dritte Vererzungsgeneration) ihrerseits wieder die „Diabas“-Gänge durchhörtern.

Auf Grund der tektonischen Analyse konnte der Bereich des Mitterberger Hauptganges in drei Homogenitätsbereiche in bezug auf B aufgegliedert werden. Im Osten des Mitterberger Hauptganges herrscht der Plan B_1 90 E 15 W (ältester Plan), im Westen der Plan B_2 110 E 20 W und in einer Zone, diagonal von Westen nach Osten ansteigend der Plan B_3 60—70 E horizontal (jüngster Plan) vor. Die kluffhomogenen Bereiche ließen sich in derselben Weise aufgliedern, wobei diese den B-homogenen Raumkörpern entsprechen. Die Kluffmaxima liegen in Okl-Lage und teils in ac-Lage zu den Maxima der vorgenannten B-Pläne, woraus sich die tektonische und zeitliche Zusammengehörigkeit der entsprechenden Kluff- und B-Achsen-Maxima ergab.

Die vergleichende Untersuchung zwischen Vererzung und Tektonik erbrachte, daß die erste und zweite Vererzungsgeneration, deren Erzgänge auffallend konstant in ost-westlicher Richtung streichen und wahrscheinlich der Achsenebene einer alten, heute nicht mehr eindeutig nachweisbaren Großantiklinale folgen, durch junge, alpidische, tektonische Beanspruchungen mit den Achsen-Richtungen B_1 , EW 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 E horizontal überprägt wurden, wobei der bereits vorhandene Mineralbestand teilweise mobilisiert und das Mobilisat in die durch dieselben tektonischen Beanspruchungen aufgerissenen nord-süd-streichenden Quergänge und in jene Gangbereiche des Mitterberger Hauptganges, die nur geringen Drücken ausgesetzt waren, abgedrängt wurde.

Nachdem die primär entstandenen, azendenten, mesohydrothermalen Gänge, also die Gänge mit der ersten und zweiten Vererzungsgeneration an den „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ enden, die HEISSEL ins Perm stellt, kann abgeleitet werden, daß die primäre Mitterberger Vererzung als permische oder präpermische anzusprechen ist, während die Mobilisationen dieses Erzbestandes durch eine alpidische Tektonik ausgelöst wurden.

Vorwort

Die Kupferkieslagerstätte Mitterberg wurde im Jahre 1931 erzmikroskopisch eingehend von E. BÖHNE untersucht. Darüber hinaus wurde die Lagerstätte im Jahre 1953 von F. KARL nach den neuesten gefüge-analytischen Arbeitsmethoden analysiert. Auf diese beiden Arbeiten stützte sich die Verwaltung der Kupferbergbau Mitterberg Ges. m. b. H., wenn es galt, grundlegende Entscheidungen hinsichtlich der Vor- und Ausrichtung in der Grube zu treffen.

Nachdem gerade seit dem Jahre 1945 der Bergbau im Westteil der Lagerstätte große neue Feldesteile erschlossen hatte, lag es nahe, auch diese neuen Feldesteile zu untersuchen. Im Jahre 1956 wurde ich seitens des Bergbaues beauftragt, das Westfeld der Mitterberger Kupferkieslagerstätte erzmikroskopisch zu analysieren. Dabei konnte ich die erzmikroskopischen Ergebnisse von BÖHNE (1931) nur zum Teil bestätigen, was wohl auf die in den letzten Jahren verbesserten erzmikroskopischen Arbeitsmethoden zurückzuführen sein dürfte. Wegen der Enge des Untersuchungsgebietes im Westfeld konnte ich aber meine Ergebnisse nicht auf die gesamte Lagerstätte übertragen. Auf gemeinsame Anregung von Herrn Prof. Dr. Ing. A. MAUCHER und Herrn Dir. Dipl.-Ing. M. Maczek erweiterte ich daher die erzmikroskopischen Untersuchungen auf die gesamte Lagerstätte.

Während meiner erzmikroskopischen Untersuchungen, die sich von 1956 bis 1962 hinzogen, ergaben sich bald Zusammenhänge mit der von KARL (1953) analysierten Tektonik. Auf Anregung von F. KARL wurde sodann die von F. KARL auf das Hauptfeld abgestellte tektonische Analyse von mir auch auf das Westfeld erweitert.

Hinsichtlich der Stratigraphie, mit der sich ebenfalls Berührungspunkte ergaben, konsultierte ich Herrn Prof. Dr. W. HEISSEL, der seit Jahren dieses Gebiet um Mitterberg bearbeitet.

Wegen der Fülle an offenen Fragen im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte konzentrierte ich mich bei meiner Arbeit nur auf die erzmikroskopischen und tektonischen Verhältnisse, während ich mich hinsichtlich stratigraphischer Fragen auf die Untersuchungen und Ergebnisse von HEISSEL stützte.

Meinen hochverehrten Lehrern Herrn Prof. Dr. Ing. A. MAUCHER und Herrn Prof. Dr. Ing. H. VORSCHELT möchte ich an dieser Stelle danken, denn sie gaben mir die Grundlagen mit, die diese Arbeit ermöglichten.

Herrn Prof. Dr. W. HEISSEL, Herrn Prof. Dr. Ing. HÜTTENHAIN und Herrn Prof. Dr. F. KARL möchte ich besonders dafür danken, daß sie immer Zeit fanden, mit mir über anstehende Fragen zu diskutieren.

Der Bergwerksdirektion und der Verwaltung der Kupferbergbau Mitterberg Ges. m. b. H. sei dafür gedankt, daß sie mir die Arbeit in ihrer Grube ermöglichten und die Arbeitsgeräte zur Verfügung stellten. Besonders bedanke ich mich bei Herrn Bergdirektor Dipl.-Ing. M. Maczek, der stets mit regem Interesse den Fortgang der Arbeit verfolgte, weiterhin bei den Betriebsleitern Herrn Dipl.-Ing. W. Lob und Herrn Dipl.-Ing. S. Biancardi sowie bei Markscheider Herrn H. Klausner, die als ausgezeichnete Kenner der Grube mich auf viele offene Fragen aufmerksam machten.

Ferner danke ich noch allen Mitarbeitern der Kupferbergbau Mitterberg Ges. m. b. H., die mich bei der Anfertigung von Anschliffen, Dünnschliffen und chemischen Analysen unterstützten.

100 Die Kupferkieslagerstätte Mitterberg (Übersicht und Ergebnisse früherer Arbeiten)

110 Geographische Übersicht

Die Kupferkieslagerstätte Mitterberg bei Mühlbach/Hochkönig, liegt zwischen den steil abfallenden Südwänden des Hochkönigs im Norden und dem Längstale der Salzach im Süden. In west-östlicher Richtung erstreckt sich der Lagerstättenbereich auf Grund der Fundstellen von Kupferkies von Dienten am Hochkönig bis östlich von Bischofshofen (Abb. 1).



Abb. 1: Geographische Lage der Mitterberger Kupferkieslagerstätte.

Wenn auch in dem abgegrenzten Bereich viele geringmächtige Kupferkiesgänge anstehen, so sind als Kupferkieslagerstätte Mitterberg nur jene Gangzüge bekannt, deren wirtschaftlicher Abbau lohnt. Im engeren Sinne besteht daher die Mitterberger Lagerstätte aus dem Mitterberger Hauptgang

nördlich des Mühlbaches (Nordrevier), dem Brander-, Burgschwaig- und Birksteingang südlich desselben (Südrevier) und dem Buchberggang östlich des Salzachtales (Abb. 2). Der wirtschaftlich wichtigste Gangzug, der auch heute noch gebaut wird, ist der Mitterberger Hauptgang.

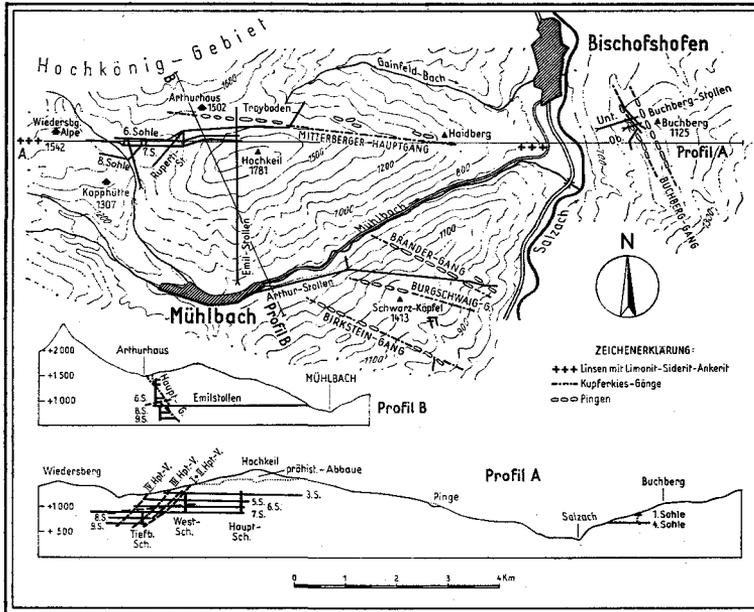


Abb. 2: Die Gänge der Mitterberger Kupferkieslagerstätte.

Die Erzgänge der Mitterberger Lagerstätte liegen in Gesteinen der Grauwackenzone. Diese trennt die zentrale Alpenkette von den nördlichen Kalkalpen und erstreckt sich in einem fast ununterbrochenen Zuge von Schwaz in Tirol bis nach Gloggnitz in Niederösterreich.

120 Die geologischen Verhältnisse

Die nördliche Grauwackenzone im Bereich der Mitterberger Kupferkiesgänge ist morphologisch durch den EW-streichenden Höhenrücken des Hochkeil—Haidberg (Abb. 2), durch den nahezu EW-streichenden Höhenrücken des Schwarzköpfl zwischen dem Mühlbachtal und dem Salzachtal und durch den fast NS-streichenden Buchberggrücken östlich der Salzach gekennzeichnet. Mit wenigen Ausnahmen streichen auch die Gänge der Mitterberger Lagerstätte parallel zu und in diesen Höhenrücken (Abb. 2). Während im südlichen und im östlichen Lagerstättenbereich die Ausbisse (Pingen) der Gänge auf den Höhenrücken zu verfolgen sind, schiebt der Höhenrücken des Haidberg—Hochkeil nach Westen unter die Trias ein. Im Bereich der Mitterberger Lagerstätte stehen daher Gesteine der Grauwackenzone und im Nordwesten die überlagernde Trias an.

121 Die Stratigraphie im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte

Während die metamorphen Gesteine der Grauwackenzone durch sichere Fossilfunde altersmäßig gegliedert und eingestuft werden konnten, ist eine solche Gliederung im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte auf Grund der lokalen Fossilarmut noch sehr unsicher. Gerade aber eine eindeutige altersmäßige Einstufung der Mitterberger Grauwackengesteine wäre zur Klärung des Alters der Mitterberger Kupferkieslagerstätte von größter Bedeutung.

Im engsten Lagerstättenbereich wurden bisher nur im Nordrevier, auf der 5. Sohle, Pflanzenfossilien mit pyritisierten Zellstrukturen gefunden. STERK (1955) nimmt an, daß sie karbonischen Alters seien. Sichere Fossilfunde stammen aus Kalken der normalen Grauwackenschiefer bei Dienten am Hochkönig. Beschrieben wurden von v. GÜMBEL (1889) *Cardiola interrupta* und von AIGNER (1931) *Cardiola* und *Orthoceras*. Die Einstufung dieses Grauwackenhorizontes ins Obersilur gilt heute als gesichert.

Der derzeitige Stand der stratigraphischen Gliederung wird im folgenden aufgezeigt. Der von HAIDEN (1936) aufgestellten, durch Fossilfunde belegten und derzeit gültigen Gliederung der Grauwackenzone werden die Gliederungen von HEISSEL und früherer Autoren gegenübergestellt. Außerdem ist die Schichtfolge, wie sie derzeit unter Tage ansteht, angefügt (Abb. 3).

Die altersmäßige Gliederung der Grauwackenzone nach HAIDEN (1936) unterscheidet Quarzphyllite und Tonglimmerschiefer, beide vermutlich kambrischen Alters, eine untersilurische Serie mit Gabbro, Diabas, Prasinit sowie Quarzporphyr samt Tuffen, Arkosensandstein und Konglomerate, weiterhin Tonschiefer und Tonflaserkalke. Die überlagernde Obersilurische Schichtfolge führt roten Orthocerenkalk, der in schwarze und blaugraue Kalke eingelagert ist, sowie Kieselschiefer mit Graptolithen. Das Devon steht in massigen, grauen und roten Kalken sowie Dolomiten, die zum Teil in Magnesit umgewandelt sind, an. In den überlagernden karbonischen Sandsteinen und Tonschiefern wurden *Pecopteris plumosa*, *Asterocalamites* und *Lepidostrobus* gefunden. Das Perm besteht aus Brekzien von Silur- und Devonkomponenten, die von DEL-NEGRO (1960) als Ohnesorge'sche „Devondolomitbrekzie“ beschrieben wurde. OHNESORGE (1925) deutete diese Brekzie als eine Bruchlinie, die das Paläozoikum von der Trias trennt.

HEISSEL, der Aufnahmegeologe im Bereich der Mitterberger Lagerstätte, unterscheidet auf dem Kartenblatt 5050, St. Johann im Pongau (Abb. 4), Gesteine der Grauwackenzone und Kalke sowie Dolomite der Trias. Die Grenze zwischen den triadischen und paläozoischen Gesteinsserien ist nach HEISSEL eine Verschuppungszone.

Während die Gliederung der triadischen, fossilführenden Schichten in Werfener Schichten, Buntsandstein, Rauhwacke, Gutensteiner Dolomit, Ramsaudolomit, Raiblerschichten, Hauptdolomit und den das Hochkönigsmassiv aufbauenden Dachsteinkalk gesichert ist, werden von HEISSEL die metamorphen, paläozoischen Gesteinsserien derzeit, wie folgt, untergliedert:

Die Basis der Grauwackenserie besteht im Raume Mühlbach aus grauen Phylliten und im Bereich des Buchberges aus verquarzten Schiefern (Abb. 3). HEISSEL faßt sie als normale Grauwackenschiefer zusammen und auf Grund ihrer fossilführenden Kalkeinlagerungen (Orthoceraskalke) sind sie eindeutig silurischen Alters. Überlagert werden die normalen Grauwackenschiefer nach HEISSEL von Serizitphylliten und von Porphyroidschiefern.

Gliederung der Grauwackenzone nach HAIDEN (1936)	Die paläozoischen und mesozoischen Schichtenfolgen im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte nach HEISSEL (Aufnahmestand 1962)	Die untertägige Schichtenfolge im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte nach BERNHARD (Aufnahmestand 1962)	Die untertägige Schichtenfolge nach RÖHNE (1931)	Die untertägige Schichtenfolge nach TRAUH (1916)	Die untertägige Schichtenfolge nach BUTTMANN (1913)	Die untertägige Schichtenfolge nach v.GÜMBEL (1889)																																																																																
TRIAS	TRIAS DACHSTEINKALK HAUPTDOLMIT RAIBLER SCHICHTEN RAMSAUDOLMIT GUTENSTEINER DOLMIT RAUHWACKE BUNTSANDSTEIN WERFENER SCHICHTEN	TRIAS	TRIAS	TRIAS	TRIAS	TRIAS																																																																																
Brekzien aus Silur- und Devonkomponenten (Ohnesorges „Devon-Dolomitsbrekzie“) Feste Sandsteine bis Tonschiefern mit Pecopteris Asteroalamites Lepidostrobus Graue-rote Kalke und Dolomite, teils metasomatisch in Magnesit umgewandelt Rote Orthocerenkalke Blaugraue Kalke Kiesel-schiefern (Lydite) mit Grapholithen Tonfläsenkalk Tonschiefern Quarzporphyr, Tuffe, Ankersenssdst. Gabbro, Diabas, Prasinit Tonglimmenschiefer Quarzphyllit	<table border="1"> <tr> <td>PERM</td> <td>FRÄGLICH</td> <td>Grüne Werfener Schichten v. Mitterberg Fellerbach-Schichten (Bunte Serie)</td> <td>Grüne Brekzien Anhydrit Grüne Serie-Quarzite bis quarzitisches Schiefer Louchgrüne Phyllite Serizitphyllit und Leukophyllit Violette Schiefer</td> </tr> <tr> <td>KARBON</td> <td>Lithologische Beschaffenheit (Heisel, Karl)</td> <td>Quarzite Fleckschiefer Violette Schiefer Quarzkonglomerat Gainfeldkonglomerat</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DEVON</td> <td>FRÄGLICH</td> <td>Metadiabas-Schiefer Porphyroid-Schiefer Serizit-Phyllite</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SILUR</td> <td>ESSSTUFENDE (Gümbel 1889) Lager (1911) (Kriegsberg)</td> <td>Normale Grauwackenschiefer mit eingelagerten paläozoischen Kalken, Dolomiten und Magnesiten</td> <td>Graue Phyllite (Mühlbach) verquarzten Schiefer (Buchberg)</td> </tr> <tr> <td>KAMBRUM</td> <td></td> <td>?</td> <td>?</td> </tr> </table>	PERM	FRÄGLICH	Grüne Werfener Schichten v. Mitterberg Fellerbach-Schichten (Bunte Serie)	Grüne Brekzien Anhydrit Grüne Serie-Quarzite bis quarzitisches Schiefer Louchgrüne Phyllite Serizitphyllit und Leukophyllit Violette Schiefer	KARBON	Lithologische Beschaffenheit (Heisel, Karl)	Quarzite Fleckschiefer Violette Schiefer Quarzkonglomerat Gainfeldkonglomerat		DEVON	FRÄGLICH	Metadiabas-Schiefer Porphyroid-Schiefer Serizit-Phyllite		SILUR	ESSSTUFENDE (Gümbel 1889) Lager (1911) (Kriegsberg)	Normale Grauwackenschiefer mit eingelagerten paläozoischen Kalken, Dolomiten und Magnesiten	Graue Phyllite (Mühlbach) verquarzten Schiefer (Buchberg)	KAMBRUM		?	?	<table border="1"> <tr> <td>PERM</td> <td>Edzleer</td> <td>Grüne Werfener Schichten v. Mitterberg mit Anhydrit-u.-Gipsführung</td> </tr> <tr> <td>KARBON</td> <td>GANG-„DIABASE“</td> <td>Bunte Knollen-schiefer (Violette Schiefer) Braun-grünfleckige Phyllite Helle Phyllite</td> </tr> <tr> <td>DEVON</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SILUR</td> <td>KÜPFERKIES-GANGE</td> <td>Serizit-Quarzit-Phyllite Dunkle Phyllite mit Graphitführung (Graphitphyllite)</td> </tr> <tr> <td>KAMBRUM</td> <td></td> <td>?</td> </tr> </table>	PERM	Edzleer	Grüne Werfener Schichten v. Mitterberg mit Anhydrit-u.-Gipsführung	KARBON	GANG-„DIABASE“	Bunte Knollen-schiefer (Violette Schiefer) Braun-grünfleckige Phyllite Helle Phyllite	DEVON			SILUR	KÜPFERKIES-GANGE	Serizit-Quarzit-Phyllite Dunkle Phyllite mit Graphitführung (Graphitphyllite)	KAMBRUM		?	<table border="1"> <tr> <td>PERM</td> <td>QUARZ- und eisenreiche Sandsteine</td> <td>Schiefer</td> </tr> <tr> <td>KARBON</td> <td>KLAFTSICHE</td> <td>Bunte Konglomeratzone (Pyrit-sierte Zellstrukturen Sterk 1955)</td> </tr> <tr> <td>DEVON</td> <td></td> <td>Schiefer</td> </tr> <tr> <td>SILUR</td> <td></td> <td>Pinzgauer Phyllite</td> </tr> <tr> <td>KAMBRUM</td> <td></td> <td>?</td> </tr> </table>	PERM	QUARZ- und eisenreiche Sandsteine	Schiefer	KARBON	KLAFTSICHE	Bunte Konglomeratzone (Pyrit-sierte Zellstrukturen Sterk 1955)	DEVON		Schiefer	SILUR		Pinzgauer Phyllite	KAMBRUM		?	<table border="1"> <tr> <td>PERM</td> <td>FEHLT</td> </tr> <tr> <td>KARBON</td> <td>FEHLT</td> </tr> <tr> <td>DEVON</td> <td>FEHLT</td> </tr> <tr> <td>SILUR</td> <td>Sandstein und konglomerat-ähnliches Gestein Blauer Schiefer Lager Schiefer Wilden Schiefer</td> </tr> <tr> <td>KAMBRUM</td> <td>?</td> </tr> </table>	PERM	FEHLT	KARBON	FEHLT	DEVON	FEHLT	SILUR	Sandstein und konglomerat-ähnliches Gestein Blauer Schiefer Lager Schiefer Wilden Schiefer	KAMBRUM	?	<table border="1"> <tr> <td>PERM</td> <td>Sandstein und konglomerat-ähnliches Gestein</td> </tr> <tr> <td>KARBON</td> <td>Blauer Schiefer Lager Schiefer Wilden Schiefer</td> </tr> <tr> <td>DEVON</td> <td>Serizit-Schiefer</td> </tr> <tr> <td>SILUR</td> <td>Grauwacken</td> </tr> <tr> <td>KAMBRUM</td> <td>?</td> </tr> </table>	PERM	Sandstein und konglomerat-ähnliches Gestein	KARBON	Blauer Schiefer Lager Schiefer Wilden Schiefer	DEVON	Serizit-Schiefer	SILUR	Grauwacken	KAMBRUM	?	<table border="1"> <tr> <td>PERM</td> <td>Grüne Schiefer</td> </tr> <tr> <td>KARBON</td> <td>Blauer Schiefer Lager Schiefer</td> </tr> <tr> <td>DEVON</td> <td>Wilden Schiefer</td> </tr> <tr> <td>SILUR</td> <td>Grauwacken</td> </tr> <tr> <td>KAMBRUM</td> <td>?</td> </tr> </table>	PERM	Grüne Schiefer	KARBON	Blauer Schiefer Lager Schiefer	DEVON	Wilden Schiefer	SILUR	Grauwacken	KAMBRUM	?
PERM	FRÄGLICH	Grüne Werfener Schichten v. Mitterberg Fellerbach-Schichten (Bunte Serie)	Grüne Brekzien Anhydrit Grüne Serie-Quarzite bis quarzitisches Schiefer Louchgrüne Phyllite Serizitphyllit und Leukophyllit Violette Schiefer																																																																																			
KARBON	Lithologische Beschaffenheit (Heisel, Karl)	Quarzite Fleckschiefer Violette Schiefer Quarzkonglomerat Gainfeldkonglomerat																																																																																				
DEVON	FRÄGLICH	Metadiabas-Schiefer Porphyroid-Schiefer Serizit-Phyllite																																																																																				
SILUR	ESSSTUFENDE (Gümbel 1889) Lager (1911) (Kriegsberg)	Normale Grauwackenschiefer mit eingelagerten paläozoischen Kalken, Dolomiten und Magnesiten	Graue Phyllite (Mühlbach) verquarzten Schiefer (Buchberg)																																																																																			
KAMBRUM		?	?																																																																																			
PERM	Edzleer	Grüne Werfener Schichten v. Mitterberg mit Anhydrit-u.-Gipsführung																																																																																				
KARBON	GANG-„DIABASE“	Bunte Knollen-schiefer (Violette Schiefer) Braun-grünfleckige Phyllite Helle Phyllite																																																																																				
DEVON																																																																																						
SILUR	KÜPFERKIES-GANGE	Serizit-Quarzit-Phyllite Dunkle Phyllite mit Graphitführung (Graphitphyllite)																																																																																				
KAMBRUM		?																																																																																				
PERM	QUARZ- und eisenreiche Sandsteine	Schiefer																																																																																				
KARBON	KLAFTSICHE	Bunte Konglomeratzone (Pyrit-sierte Zellstrukturen Sterk 1955)																																																																																				
DEVON		Schiefer																																																																																				
SILUR		Pinzgauer Phyllite																																																																																				
KAMBRUM		?																																																																																				
PERM	FEHLT																																																																																					
KARBON	FEHLT																																																																																					
DEVON	FEHLT																																																																																					
SILUR	Sandstein und konglomerat-ähnliches Gestein Blauer Schiefer Lager Schiefer Wilden Schiefer																																																																																					
KAMBRUM	?																																																																																					
PERM	Sandstein und konglomerat-ähnliches Gestein																																																																																					
KARBON	Blauer Schiefer Lager Schiefer Wilden Schiefer																																																																																					
DEVON	Serizit-Schiefer																																																																																					
SILUR	Grauwacken																																																																																					
KAMBRUM	?																																																																																					
PERM	Grüne Schiefer																																																																																					
KARBON	Blauer Schiefer Lager Schiefer																																																																																					
DEVON	Wilden Schiefer																																																																																					
SILUR	Grauwacken																																																																																					
KAMBRUM	?																																																																																					

Abb. 3: Vergleichende Übersicht der über- und untertägigen Schichtenfolgen der Grauwackenzone im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte.

In das Hangende der Porphyroidschiefer stuft HEISSEL die Metadiabas-schiefer ein. Darüber folgt das Gainfeldkonglomerat. Das Gainfeldkonglomerat ist nach KARL (1954) ein metamorphisiertes Tuffitkonglomerat, das sowohl KARL (1954) als auch HEISSEL auf Grund der lithologischen Beschaffenheit dem Karbon zuordnen. Übergend in Quarzkonglomerate wird diese Konglomeratserie nach HEISSEL von violetten Schiefern, Fleckschiefern und Quarziten überlagert, die an den Hängen des Hochkeil noch anstehen.

Während im Bereich des Hochkeil und damit auch im engsten Gangbereich die Quarzite die jüngste geologische Formation des Paläozoikums darstellen, werden diese westlich der Mitterberger Lagerstätte von einer bunten Serie, die violette Schiefer, Serizitphyllit und lauchgrüne Phyllite führt, überlagert. HEISSEL nennt diese bunte Serie nach ihrem Fundort Fellersbachschichten. Erst diese werden von den „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ überlagert, die sich auch nördlich und südlich des Hochkeil hinziehen (Abb. 4). Während HEISSEL (1954) die „Grünen Werfener Schichten von

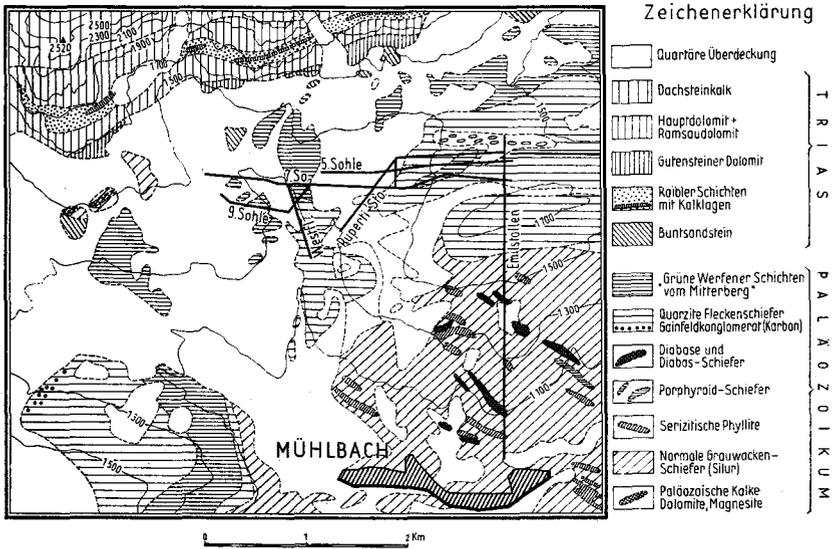


Abb. 4: Geologische Karte nach HEISSEL im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte.

Mitterberg“ auf Grund des Haselgebirgscharakters — sie führen Quarzite, quarzitisches Schiefer, Anhydrit und Brekzien — als Glied der Werfener Schichten und damit der Trias ansah, stellt er sie jetzt, auf Grund jüngster noch nicht veröffentlichter Aufnahmen, noch ins Paläozoikum.

Ein Vergleich der stratigraphischen Gliederung nach HEISSEL mit der von HAIDEN (1936) zeigt, daß die Schichtfolgen nur beschränkt zu parallelisieren sind. Ausgehend von den Innsbrucker Quarzphylliten über die östlich anschließenden Wildschönauer Schiefer bis zu den graphitischen Schiefen, die bei Dienten am Hochkönig nach AIGNER (1931) silurische Fossilien führen, läßt sich eine große Linie bis zu den normalen Grauwackenschiefern herstellen. Sie ist das bis jetzt älteste Schichtpaket der Grauwackenzone und ihr silurisches Alter scheint gesichert zu sein.

Das Hangende der jüngsten Grauwackenserie ist bei HEISSEL (1945) durch eine Verschuppungszone und bei HAIDEN (1936) durch die Ohnesorg'sche „Devondolomitbrekzie“ gegeben. Auch hierin besteht eine Parallelität. Im Bereich zwischen Silur und Perm dagegen bestehen Unterschiede hinsichtlich der faziellen Beschaffenheit der Grauwackengesteine sowie hinsichtlich ihrer altersmäßigen Einstufung. Während HEISSEL die Meta-

diabasschiefer zwischen Obersilur bis Karbon einreicht, stellt HAIDEN (1936) die Diabase ins Untersilur (Ordovizium). Wenn auch die Altersstellung der Diabase, bei denen HIESSLEITNER (1954) sogar von zwei verschiedenen alten Diabasgenerationen spricht, beim derzeitigen Stand der Erkenntnisse noch nicht restlos geklärt ist, so darf angenommen werden, daß sie jedenfalls karbonischen oder präkarbonischen Alters sind und nach den Ergebnissen von HEISSEL und HAIDEN (1936) nicht jünger als das Karbon sind.

Neben diesen vermutlich karbonischen Metadiabasschiefern treten in der Lagerstätte Gangdiabase auf, die den Erzgang durchsetzen und bis hinauf zu den „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ beobachtet werden konnten, wobei diese Gangdiabase allerdings die „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ nicht mehr durchhörtern.

Nach KARL (1953) sind diese intrudierten Gesteine hinsichtlich des Mineralbestandes zwar nicht mehr als Diabase anzusprechen, wohl aber als ehemalige Ergußgesteine, deren heutige Gesteinsbildner Karbonat, Chlorit oder Hellglimmer und Quarz sind. Die auffallend grüne Färbung dieser ehemaligen Ergußgesteine erklärt KARL (1953) durch den Chlorit- und Glimmergehalt.

Im Gegensatz zum Kalkreichtum der Grauwackenzone führen die Grauwackenserien im Bereich der Mitterberger Lagerstätte paläozoische Kalke in geringeren Mengen. Diese Kalke, bei denen es sich nach BÖHNE (1931) um einstige Korallenkalke handelt, deren Fossilführung durch Umkristallisation verwischt wurde, sind heute meist in Ankerite, Dolomite und Magnesite umgewandelt und bilden Stöcke und Linsen, die in zunehmender Teufe auskeilen. TRAUTH (1916) und HEISSEL (1945) erklären die Umwandlung durch Metasomatose und HEISSEL weist darauf hin, daß kein genetischer Zusammenhang zwischen den Ankeritstöcken und den Kupferkiesgängen besteht.

Die Ankeritstöcke haben oft beträchtliche Ausmaße, wie etwa der Ankeritfels des Götschenbergs am Eingang in das Mühlbachtal, der eine Mächtigkeit von 6 m aufweist. Nach AIGNER (1930) führen die Ankeritstöcke bis zu 30% Eisengehalt und wurden im vorigen Jahrhundert am Nagelschmiedpaffen bei Dienten, in der Sommerhalde, am Kollmannseck, auf der Kapachalpe, am Bürgloche, in der Fuchsgrube, am Wetterkreuze, auf der Taghaube und in der Blumau ausgebeutet. Auch die Magnesitstöcke zwischen Dienten und Schwarzach-St. Veit wurden in den Jahren 1925—1929 rege beschürft.

Die stratigraphische Gliederung nach HEISSEL läßt sich weitgehend auf die Verhältnisse unter Tage übertragen, nur daß dort teilweise andere stratigraphische Bezeichnungen vorgenommen wurden (Abb. 3).

GÜMBEL (1889), BUTTMANN (1913); TRAUTH (1916), AIGNER (1930) und BÖHNE (1931) erwähnen, daß die Mitterberger Kupferkiesgänge nirgends in den „Grünen“ hineinsetzen. Unter dem „Grünen“ verstanden sie jenes Schichtpaket, das HEISSEL (1954) als „Grüne Werfener Schichten von Mitterberg“ beschrieb und das jüngste Schichtglied der Grauwackenzone darstellt. Es liegt auch heute noch kein Aufschluß vor, der diese Beobachtung widerlegen würde, sondern ganz im Gegenteil, es wurde bei Aufschlußarbeiten

in jüngster Zeit immer wieder festgestellt, daß die Kupferkiesgänge am Kontakt mit den „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ enden. Dies bedeutet, daß die Mitterberger Kupferkiesgänge in ihrer primären Anlage auf Grund der derzeitigen Aufschlußverhältnisse spätestens im Perm zum Absatz kamen.

122 Die Tektonik im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte

Der Mitterberger Hauptgang streicht EW und fällt mit $40\text{--}90^\circ$ gegen Sein. An nahezu NS-streichenden Störungen sinkt er staffelbruchartig gegen W in die Tiefe. Außerdem wird im Westteil der Mitterberger Lagerstätte der obere Teufenbereich des Mitterberger Hauptganges auf einer nahezu horizontal liegenden Störungsfläche (Hangendüberschiebung) gegen S verschoben (Abb. 2).

Die Schichtung wurde von der Schieferung weitgehend verwischt, so daß sie heute nur noch schwer zu erkennen ist. Die Schichtungsflächen streichen nahezu EW und fallen sowohl gegen N als auch gegen S ein, wobei das nördliche Einfallen überwiegt.

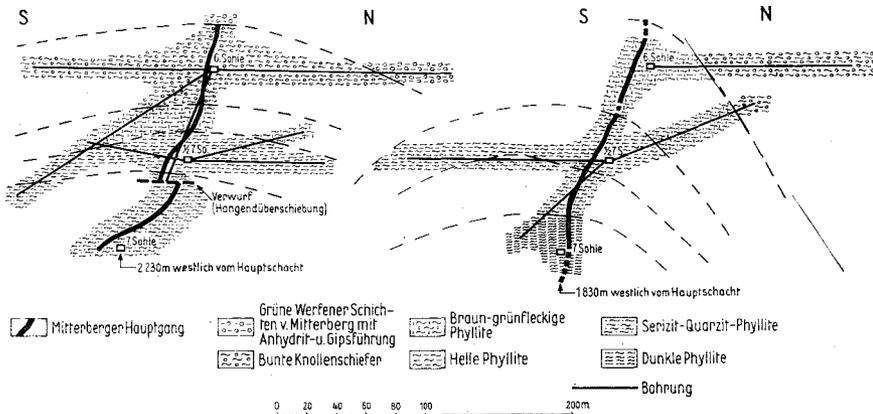


Abb. 5: Bohrprofile im Westfeld des Mitterberger Hauptganges.

Im Westteil des Mitterberger Hauptganges wurde durch Untersuchungsbohrungen festgestellt, daß die Schichtung im Hangenden des Mitterberger Hauptganges gegen S und im Liegenden desselben gegen N einfällt, was beweisen würde, daß der Mitterberger Hauptgang in der Achsenfläche einer Antiklinale liegt (Abb. 5). Leider konnte diese Beobachtung weder im Mittelfeld, in dem weitreichende Aufschlüsse ins Hangende und Liegende fehlen, noch im Ostfeld, in dem zwar durch den Emilstollen ein entsprechender Aufschluß vorhanden ist, aber dennoch ein sicherer Beweis nicht erbracht werden konnte, so eindeutig bestätigt werden, daß von einer vorhandenen Antiklinale mit Sicherheit gesprochen werden könnte. Während die Schieferung im Buchberg- und im Südevier die gleichen Daten aufweist wie im Nordrevier, sind die Streich- und Fallrichtungen der Gänge sowie der Schichtpakete verschieden (Abb. 6).

STAFF (1865) sprach im Bereich der Mitterberger Lagerstätte die Schieferung als Schichtung an, hielt die Kupferkiesgänge für Lagergänge und bezeichnete das anstehende Nebengestein als Lagerschiefer. Den Begriff Lagerschiefer (Abb. 3) übernahmen GÜMBEL (1889), BUTTMANN (1913) und TRAUTH (1916), obwohl schon POŠEPNY (1880) erkannt hatte, daß die Mitterberger Kupferkiesgänge weder der Schieferung noch der Schichtung folgen. Auch in jüngerer Zeit wurde noch der spitze Winkel zwischen Fall- und Streichrichtung des Ganges einerseits und der Schieferung andererseits übersehen. So folgen auch nach PETRASCHECK (1926) die Mitterberger Erzgänge der Schieferung. Obwohl BÖHNE (1931) beschrieb, daß die Mitter-

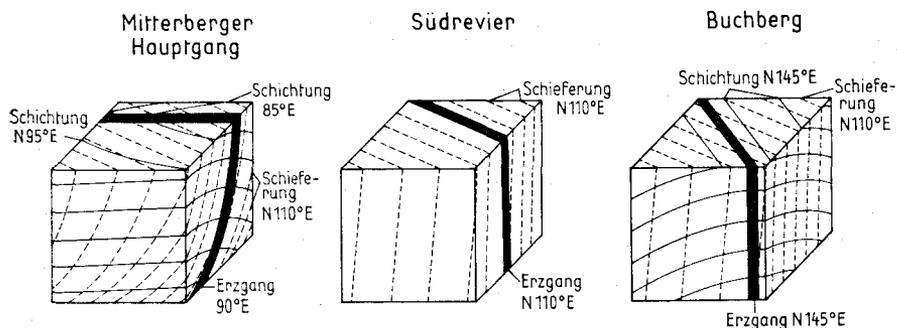


Abb. 6: Schematische Darstellung der Streich- und Fallrichtungen der Erzgänge, der Schieferung und der Schichtungsflächen.

berger Kupfererzgänge Störungslinien, deren Verschiebungsbeträge allerdings unbedeutend sind, folgen, läßt PETRASCHECK (1932) nochmals die Mitterberger Kupferkiesgänge der Schieferung folgen, indem er in der Abhandlung „Die Magnesite und Siderite der Alpen“ (Sber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-nat. Klasse, Abt. I, 141. Bd., 3. u. 4. Heft, 1932) auf Seite 232 schreibt: „Die Karbonspätigen Kupfererzgänge von der Mitterberger Alpe bei Bischofshofen folgen der Schieferung der Gesteine, die ihrerseits post-triasisch ist“.

Nachdem einerseits festgestellt wurde, daß die Mitterberger Kupferkiesgänge weder der Schieferung noch der Schichtung folgen und andererseits weder HEISSEL noch KARL (1953) sich dazu äußern, auf welche tektonische Anlage der auffallend geradlinige Verlauf der Mitterberger Kupferkiesgänge zurückzuführen sei, wird auf TRAUTH (1916) hingewiesen, der die Tektonik der Grauwackenzone fast durchwegs in nahezu EW-streichende Falten auflöst. Nach TRAUTH (1916) bilden die Kalkstein-Linsen und -Stöcke EW-streichende Kalksteinzüge, die den Muldenkernen der einzelnen Synklinalen folgen. TRAUTH (1916) kommt so zu dem Ergebnis, daß sich neben einer jüngeren, alpidischen Faltung der Schiefer auch noch eine ältere, variszische Faltung nachweisen lasse. Auch SCHWINNER (1933) äußerte sich in diesem Sinne und GANNS (1941) hält den Nachweis einer variszischen Faltung durch die Streckung der Phyllite für möglich. GANNS (1941) schreibt hiezu in seiner Abhandlung „Das Paläozoikum am Südrand des Dachsteins“ (Mitt. RfB., Zweigstelle Wien, 2, 9—18) auf Seite 165: „Die Streckung ist durch Striung auf den Schichtflächen zu erkennen und bildet mit dem Verlauf der alpidischen

Streichungsrichtung einen Winkel“. KARL (1954) dagegen hält auf Grund der Ergebnisse seiner Abhandlung „Der derzeitige Stand B-achsialer Gefügeanalysen in den Ostalpen“ den sicheren Nachweis einer voralpinen Gebirgsbildung nicht für möglich, weil die voralpinen B-Richtungen in den Summationsbereich der alpidischen B-Richtungen fallen und deshalb von diesen nicht mehr zu unterscheiden sind. KARL (1953) unterschied deshalb in seiner Abhandlung „Anwendung gefügeanalytischer Arbeitsmethoden am Beispiel eines Bergbaues (Kupferbergbau Mitterberg, Salzburg)“ auch nur drei alpidische Formungsakte, während er keine sicheren Anhaltspunkte feststellen konnte, die eine voralpine Gebirgsbildung bestätigen würden. Lediglich das Vorhandensein eines Magmatismus (Ergußgesteine) und eines Anlagerungs-s sind nach KARL (1953) die einzigen sicheren Anzeichen für Vorgänge vor drei als alpin analysierten Teilformungsakten. Weiterhin schreibt KARL (1953) in der Abhandlung „Anwendung gefügeanalytischer Arbeitsmethoden am Beispiel eines Bergbaues (Kupferbergbau Mitterberg, Salzburg)“ (Neues Jb. Mineral. Abh., 85, 2, S. 203—246) auf Seite 241: „Diese Formungsakte mit B EW 15 W (2), B N 70 W 20 W (1) und wahrscheinlich N 60 — 70 E horizontal (3) folgen altersmäßig in der Reihe 2, 1, 3 (älter zu jünger), in der Häufigkeit ihrer sichtbaren tektonischen Zeichen in der Reihenfolge 1, 2, 3 (häufig bis gering). Sie erfaßten die Gesteine der Grauwackenzone und der auflagernden Trias, wobei eine stockwerkähnliche Horizontverschiedenheit sich dadurch ausdrückt, daß im höheren Horizont der Hochkönigtrias Plan 3 stärker hervortritt als in den Gesteinen der tiefer liegenden Grauwackenzone. Tangentialtransporte sind für Plan 3 im begrenzten Raume wahrscheinlich. Plan 2 und Plan 1 hingegen schließen als relativ statische Formungen — also Amplatzgefüge — einen derartigen Transport aus. Das vom Bergbau erkannte stufenförmige Absinken des Erzganges im Westen des Abbaubereiches fügt sich gut in das durch die Arbeit gewonnene tektonische Gesamtbild der Lagerstätte ein und ist dem Bewegungsbilde des Formungsplanes 3 anzuordnen.“

Im Gegensatz zu KARL (1953), der das stufenförmige Absinken des Erzganges im Westen des Abbaubereiches dem Bewegungsbilde des Formungsplanes 3 zuordnet und der den Formungsplan 3 sowohl in der Grauwackenzone als auch in der überlagernden Trias analysierte, weist HEISSEL (1945) darauf hin, daß die Westbrüche des Bergbaues nicht in die Trias hineinreichen.

HEISSEL (1945) schreibt hiezu in seiner Abhandlung „Die geologischen Verhältnisse am Westende des Mitterberger Kupfererzganges (Salzburg)“ (Jb. Geol. B. A., Wien, 3. u. 4. Heft) auf Seite 126: „Es ist zu betonen, daß obertag von den im Bergbau angefahrenen Störungen nichts zu beobachten ist. Allerdings sind die Aufschlüsse in der Grauwackenzone nicht immer häufig und nördlich schließt die Schuttverkleidung des Griebfeldes an. Träten durchgreifende Störungen im Sinne der Westbrüche auf, so müßten sie obertägig am besten im Raibler Horizont und in den liegenden und hängenden Dolomit-Kalkgesteinen zu beobachten sein.“

Auch BÖHNE (1931) hat festgestellt, daß die Westbrüche anscheinend nicht in die Trias hineinreichen und daraus gefolgert, daß sie entweder älter als die Trias selbst sein müssen, oder älter als die Störung, an der die Trias auf den Grauwacken auflagert. Ein derartig hohes Alter der Westbrüche hält aber HEISSEL (1945) für vollkommen unwahrscheinlich. Nach HEISSEL

(1945) gehören vielmehr diese Bewegungsflächen einer jungen, wenn nicht jüngsten Bewegungsphase der alpidischen Tektonik an.

Die Ergebnisse von HEISSEL (1945) und von KARL (1953) stimmen hinsichtlich des alpidischen Alters der Westbrüche überein. Während aber KARL (1953) den analysierten Formungsplan 3 sowohl in der Grauwackenzone als auch in der überlagernden Trias feststellen konnte, dem er auch die untertägigen Westbrüche zuordnete, wurde von HEISSEL (1945) ein Hineinreichen der Westbrüche in die Trias nicht beobachtet. Nach HEISSEL (1945) ist die Trias-Grauwackengrenze durch ausgeprägte Verschuppungen an um die EW-Richtung streichenden, N-fallenden Störungen mit Überschiebungsscharakter gekennzeichnet.

Diese Verschuppungszone ist nicht nur auf den Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte beschränkt, sondern sie wurde von HEISSEL am gesamten Kalkalpen-Südrand zwischen Saalfelden und Hüttau beschrieben. HEISSEL kommt dabei zu dem Ergebnis, daß die Überlagerung der Grauwackengesteine durch die der skytischen Stufe keine primär-stratigraphische (transgressive), sondern eine tektonische ist.

Während HEISSEL die Kalkalpen-Grauwackengrenze als Verschuppungszone beschreibt, kam es nach CORNELIUS (1941) an dieser Grenze zu einer Abscherung, wobei Gesteine der Werfener Schichten und der Grauwackenzone ineinander verspießt wurden. THURNER (1943) dagegen spricht diese Zone als eine Reliefüberschiebung großen Formats an; die Kalkalpen hätten sich während des gemeinsamen Vormarsches von den Grauwacken losgelöst und selbständig verschoben, wobei die Grauwacken als Reliefuntergrund wirkten. Demgegenüber betont CORNELIUS (1943), daß es sich um keine Überschiebung handle, sondern um eine Abscherung der Kalkalpen von ihrer variszisch gefalteten Unterlage. HAMMER (1938) deutet die Kalkalpen-Grauwackengrenze dagegen wiederum als Überschiebungsfläche. Er beruft sich dabei auf SCHWINNER (1933), der diese Störungsfläche als Leit- und Gleitschiene für die Westbewegung der nördlich davon gelegenen Alpentile bezeichnet hatte. OHNESORGE (1927) nimmt zahlreiche Überschiebungen an, die teils gegen N, teils gegen W und NW gerichtet sind und in verschiedenen Phasen der Gebirgsbildung entstanden.

130 Genesis und Alter der Mitterberger Kupferkiesgänge

Nach BLEEK (1906) sind die Mitterberger Kupferkiesgänge Kontaktlagerstätten, die ihre Entstehung dem Empordringen des Zentralgneises der Tauernkette verdanken. Hierbei soll es sich allerdings nicht um eine gewöhnliche Kontaktmetamorphose, sondern um eine Piezokontaktmetamorphose, d. h. um eine Kontaktmetamorphose unter erhöhtem Druck handeln, die nicht bloß die mineralische Beschaffenheit und Struktur der Schiefer selbst beeinflußt, sondern auch ihre Kristallinität bewirkt hat. Im Anschluß an den Durchbruch des Zentralgneises sollen dann als nachvulkanische Erscheinung erzbringende warme Lösungen in Spalten emporgestiegen sein und in diese Kupfer- und Eisenerze abgesetzt haben.

BUTTMANN (1913) dagegen fand keine Anhaltspunkte für den kontaktmetamorphen Charakter der Mitterberger Gesteine, weil diese nirgends massiv

auftreten, sondern stets geschiefert sind. Außerdem ist nach BUTTMANN (1913) für eine Piezokontaktmetamorphose die Mitterberger Alpe viel zu weit (über 12 km) vom Zentralgneis entfernt. BUTTMANN (1913) hält vielmehr das basische Magma, aus dem die verschiedenen metamorphen Eruptivgesteine der Grauwackenzone entstanden sind, für den Erzbringer, indem im Gefolge dieser Magma(Diabas)ausbrüche stark mineralisierte warme Lösungen ihre festen Bestandteile in den vorhandenen Spalten absetzten.

Da diese Eruptivgesteine nach HEISSEL, HIESSELEITNER (1950—1951) und KARL (1953) paläozoisch sind, würden sowohl nach BLEEK (1906) als auch nach BUTTMANN (1913) die Erzgänge hohen geologischen Alters sein.

Für wesentlich jünger hält die Mitterberger Kupferkiesgänge TRAUTH (1916), der die Erzlagerstättenbildung in der Pinzgauer-Schieferzone und ihrer nördlichen und südlichen Nachbarschaft wenigstens zum Teile in die Zeit der großen, relativ jugendlichen Deckenbewegungen der Alpen einreicht. Dieser Anschauung schließt sich auch AMPFERER (1923) an, der die Gangbildung mit den prägosauischen Deckenbewegungen der Alpen in Verbindung bringt, aber doch auch das Vorhandensein älterer und jüngerer Erzlagerstätten für möglich hält.

BÖHNE (1931) dagegen hält die Mitterberger Kupferkiesgänge für permischen Alters. Er beruft sich dabei auf BUTTMANN (1913), der die Magma(Diabas)ausbrüche sowie die Diabastuffe am Gainbachfall bei Bischofshofen ins Perm einordnet und die Ausfüllung der Mitterberger Kupferkiesgänge als Nachwirkung dieser Magmaeruptionen deutet.

Nach PETRASCHECK (1926, 1928, 1932, 1945) sind überhaupt alle ostalpinen Lagerstätten, die Golderzgänge der Tauern, die Kupferkies- und Eisenerzlagerstätten der Grauwackenzone sowie die Blei- und Zinklagerstätten der Kalkalpen jungtertiären Alters und infolge ihrer einheitlichen Entstehung und substanziellen Verwandtschaft nur als primäre Teufenunterschiede derselben Metallprovinz aufzufassen. PETRASCHECK (1926) grenzt das Alter dieser Lagerstätten und damit auch das Alter der Mitterberger Kupferkiesgänge ab, indem er in seiner Abhandlung „Das Alter alpiner Erze“ (Sonderdruck a. d. Verh. d. Geol. B. A., 1926, Nr. 4) schreibt: „Zwischen der austrischen Faltung und der savischen Faltung, in der Stilleschen Terminologie gesprochen, ist demnach die Epigenese der alpinen Erzlagerstätten erfolgt.“

140 Die Ganggruppen in den Mitterberger Kupferkiesgängen

Die Mitterberger Kupferkiesgänge werden zur spätigen Quarzkupferkiesformation gerechnet. Frühere Bearbeiter nahmen an, daß die Gangspalten wegen ihres verschiedenen Inhalts wenigstens teilweise wiederholt aufgerissen wurden und verschiedene Lösungen in denselben empordrangen.

Nach BLEEK (1906) wurden zuerst die Quarzkupferkiesgänge gebildet und erst später nach einem neuerlichen Aufreißen der Gangspalte aus einer zweiten Lösung Ankerit und Quarz abgesetzt, wobei teilweise eine chemische Auflösung der älteren Gangfüllung eintrat und beide Gangtypen miteinander vermischt wurden.

BUTTMANN (1913) unterscheidet eine ältere Quarzganggruppe und eine jüngere Ankeritgruppe. Die ältere Quarzganggruppe gliedert sich nach BUTTMANN (1913) ihrerseits wiederum in eine (1) Hauptspat-, (2) Kupferkies- und (3) Hauptquarzgangformation (1—2—3 = älter zu jünger) und die jüngere Ankeritganggruppe entsprechend in eine (1) Hauptspat-, (2) Hauptsulfid- und in mehrere (3) Quarzgenerationen. Nach BUTTMANN (1913) sind fast alle Erze und Gangarten verschiedenen Alters, wobei die jüngeren Quarze die älteren Karbonate teilweise metasomatisch verdrängt haben. Die Hauptmasse der Kupfererze, begleitet von Nickel- und Kobaltverbindungen, gehört nach BUTTMANN (1913) der Hauptsulfidgeneration der jüngeren Ankeritgruppe an.

BÖHNE (1931) unterscheidet eine alte Ganggruppe und eine junge Querganggruppe. Während BÖHNE (1931) die ältere Ganggruppe in eine (1) Erste Erzgeneration, (2) Karbonatgeneration, (3) Quarzgeneration und in eine (4) Kupferkiesgeneration (1—2—3—4 = älter zu jünger) untergliedert, wird die junge Querganggruppe nicht altersmäßig, sondern im Hinblick auf ihr lokales Vorkommen unterteilt. Von der jungen Querganggruppe sind nach BÖHNE (1931) die Hämatit-Magnetitparagenese ausschließlich auf die oberen Teile des Mitterberger Hauptganges und auf das abgesunkene Westfeld, das Arsenkies-Serizitvorkommen vorwiegend auf die oberen Sohlen beschränkt während die Magnetkies-Pentlanditparagenese charakteristisch für die Quergänge im Südevier und im Buchberggang ist.

Die Erste Erzgeneration führt nach BÖHNE (1931) im Mitterberger Hauptgang Pyrit und Gersdorffit und im Südevier Pyrit und Glanzkobalt. Auf diese sulfidisch-arsenidische Erzgeneration folgt die Karbonatgeneration, die in den oberen Teufen Eisenspat, in den tieferen Ankerit führt und so einen primären Teufenunterschied zeigt. Die Karbonatgeneration wird von der folgenden Quarzgeneration verdrängt. Während in den tieferen Teufen des Mitterberger Hauptganges und im Südevier die Karbonatgeneration fast vollständig von der Quarzgeneration verdrängt wurde, blieb in den oberen Teufen des Hauptganges die Karbonatgeneration noch weitgehend erhalten, sodaß BÖHNE (1931) hierin einen sekundären Teufenunterschied zu erkennen glaubte. Auf die Periode der kieselsauren Lösungen folgt nach BÖHNE (1931) die Kupferkiesgeneration, die die heute gebaute Kupfererzlagerstätte geschaffen hat. Diese Kupferkiesgeneration verdrängte zuerst die Quarze der Quarzgeneration, was BÖHNE (1931) auf die alkalische Beschaffenheit der kupferhaltigen Thermen zurückführt, anschließend griff sie auch die Karbonate an. Der Vererzungsvorgang ist nach BÖHNE (1931) in den verschiedenen Gangteilen und Teufen verschieden weit vorgeschritten. Edle Erzanbrüche mit bis zu 1-5 m mächtigem Derbkies wechseln unvermittelt und regellos mit armen Gangflächen ab, in denen Kupferkies nur als schmale Naht an einem Salband den Pyrit begleitet und Gangarten mehr oder minder fehlen. Neben diesen unmittelbar wechselnden Kupferkiesmächtigkeiten schiebt nach BÖHNE (1931) auch noch eine Vertaubungszone von Osten nach Westen in die Tiefe ein.

Im Gegensatz zur älteren Ganggruppe, die in vier verschieden alten, azendenten Erzgenerationen die nahezu EW-streichenden Gangspalten füllt, folgt die junge Querganggruppe, nach BÖHNE (1931) nahezu NS-streichenden Spalten, die sich mit den älteren EW-streichenden Spalten kreuzen.

Die Hämatit-Magnetitparagenese der jungen Querganggruppe ist ausschließlich auf die oberen Teile des Mitterberger Hauptganges beschränkt und zeigt nach BÖHNE (1931) folgende Altersfolge: (1) Quarz, (2) Hämatit-Magnetit, (3) Pyrit, (4) Kupferkies, (5) Ankerit und (6) Spateisen (1—2—3—4—5—6 = älter zu jünger). Ob es sich dabei um eine aszendente oder um eine deszendente Paragenese handelt, läßt BÖHNE (1931) offen. Eine deszendente Entstehung erklärt BÖHNE (1931) durch die Überlagerung von „Haselgebirge“, deren Salzlösungen die Siderite in Hämatite umgewandelt haben sollen. Das Fehlen von Malachiten sowie die Umwandlung von Hämatit in Magnetit ließen aber BÖHNE (1931) eine deszendente Entstehung doch zweifelhaft erscheinen und er vermutet aszendente Entstehung aus eisenhaltigen Dämpfen. Außerdem beruft sich BÖHNE (1931) auf HUTTENLOCHNER (1925), der die Umwandlung von Hämatit in Magnetit als einen Reduktionsvorgang, begünstigt durch aufsteigende sulfidisch-arsenidische Erzlösungen, erklärt. Da aber die Hämatit-Magnetitparagenese der jungen Querganggruppe ausschließlich auf die oberen Teile des Mitterberger Hauptganges beschränkt ist, fand BÖHNE (1931) weder durch eine aszendente, noch durch eine deszendente Deutung der Hämatit-Magnetitparagenese eine befriedigende Klärung.

Regional in tieferer Teufe im Mitterberger Hauptgang, aber gleichaltrig mit der Hämatit-Magnetitparagenese, steht die Arsenkies-Serizitparagenese der jungen Querganggruppe an. Diese zeigt nach BÖHNE (1931) folgende Altersfolge: (1) Quarz, (2) Pyrit, (3) Arsenkies und Serizit, (4) Fahlerz und Kupferkies, (5) Ankerit und (6) Spateisen. BÖHNE (1931) erklärt die Arsenkies-Serizitparagenese durch aszendente, stark aktive heiße Lösungen.

Die nach BÖHNE (1931) vorwiegend auf das Südevier und auf den Buchberggang beschränkte Magnetkies-Pentlanditparagenese der jungen Querganggruppe zeigt folgende Altersfolge: (1) Quarz und Chlorit, (2) Pyrit, (3) Magnetkies und Pentlandit, (4) Arsenkies, (5) Fahlerz und Kupferkies, (6) Ankerit und (7) Spateisen. Auch diese Paragenese ist aszendent.

Die Paragenesen der jungen Querganggruppe sind nach BÖHNE (1931) von den Quergängen auch in die älteren EW-streichenden Gänge eingewandert, sodaß die Minerale der älteren Ganggruppe an verschiedenen Stellen, vorwiegend an den Kreuzungsstellen der Quergänge mit den nahezu EW-streichenden älteren Gängen, von den Paragenesen der jungen Ganggruppe verdrängt wurden. BÖHNE (1931) spricht die junge Querganggruppe als eine tiefhydrothermale Vererzungsphase mit einem magmanahen Gepräge an und bringt sie, indem er sich auf HUTTENLOCHNER (1925) beruft, mit jungen Magmen, die im Anschluß an die oberkretazisch-tertiäre Auffaltung der Alpen emporstiegen, in Zusammenhang.

Die ältere Ganggruppe dagegen hält BÖHNE (1931) für eine magmaferne Nickel-Kobalt-Kupferkiesformation und reiht diese ins permische Alter ein, wobei er sich auf die Ergebnisse von BUTTMANN (1913) beruft.

150 Die bergbaulichen Aufschlüsse in der Mitterberger Kupferkieslagerstätte

Im Jahre 1828 wurden auf dem Troyboden die Ausbisse des Mitterberger Hauptganges entdeckt, wo Pingenzüge auf einen prähistorischen Bergbau hinweisen. Der Mitterberger Hauptgang, der auffallend geradlinig in EW-

Richtung streicht, fiedert in den oberen Teufen in mehrere Gänge auf, die unter verschiedenen Namen gebaut wurden (Abb. 7). Aber auch in tieferen Teufen fiedert er in Hangend- und Liegendgänge auf und wird zuweilen von parallelen Gängen, wie der Nickel- und der Bertagang, begleitet, bei denen noch offen gelassen werden muß, ob es sich um Apophysen des Mitterberger Hauptganges oder um selbständige Gänge handelt. Im Bereich des Westschachtes wurden nahezu NS-streichende Quergänge mit besonders reichem Erzadel angefahren; es sind dies der NS-Gang und der Transversalgang.

Während im Osten der Mitterberger Hauptgang aus wirtschaftlichen Gründen aufgelassen wurde, weil Kupferkies zu Gunsten von Pyrit zurücktritt, sinkt der Mitterberger Hauptgang gegen Westen immer mehr in die Tiefe, wobei das Absinken durch W-fallende und NS-streichende Störungen noch gefördert wird. Die oberen Teufen des Mitterberger Hauptganges wurden im vorigen Jahrhundert durch den Josefi-Oberbau-Stollen (1480 m über NN) und durch den Josefi-Unterbau-Stollen (1387 m über NN) erschlossen (Abb. 7). In den Jahren 1868—1905 folgten der tiefer liegende Johann-Barbara-Stollen (1340 m über NN) und in den Jahren 1892—1911 der Ruperti-Stollen (1268 m über NN), die mit dem an Nordhang des Hochkeil angesetzten Daniel- bzw. Virgilstollen durchschlägig waren. Um die tiefen Teufen des Mitterberger Hauptganges zu erschließen, wurde im Jahre 1906 der Emil-Stollen (875 m über NN) angeschlagen, der im Jahre 1917 über den Hauptschacht mit dem Ruperti-Stollen durchschlägig wurde. Bis zum Jahre 1926 wurde der Westschacht von der 3. Sohle bis zur 5. Sohle und im Jahre 1942 bis zur 7. Sohle geteuft. Das abgesunkene Westfeld wurde durch den Tiefbauschacht, der im Jahre 1953 bis zur 8. Sohle und im Jahre 1957 bis zur 9. Sohle geteuft wurde, erschlossen.

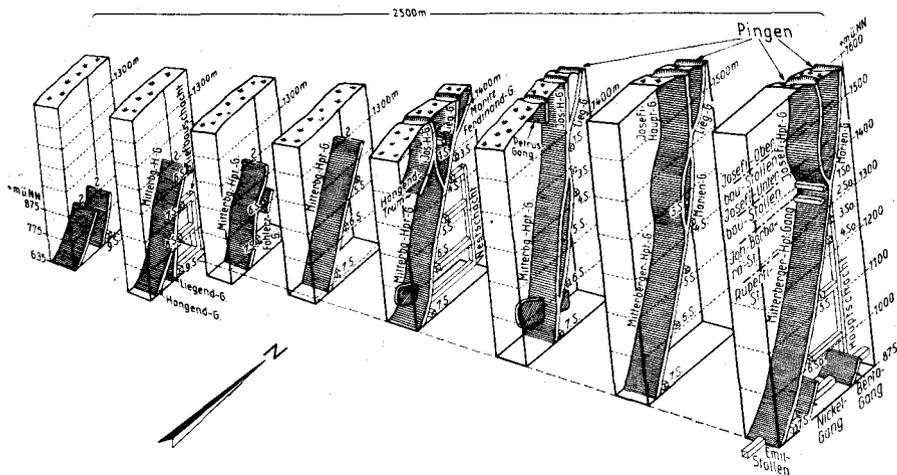


Abb. 7: Der Mitterberger Hauptgang und seine Nebengänge.

Zu befahren sind heute nur noch der Bereich zwischen der 5. Sohle und der 9. Sohle, während die oberen Teufenbereiche verbrochen sind.

Von den Gängen im Südevier ist nur noch der Brandergang — Auffahrung rund 400 m streichende Erstreckung — zu befahren, während die übrigen Gänge ebenfalls verbrochen sind. Erschlossen ist das Südevier durch den Artur-Stollen, der heute als Oberwasserstollen für ein Kraftwerk dient.

Der Buchberggang, durch zwei querschlägige Stollen (875 m und 714 m über NN) angefahren, ist über Tage an einem Doppelpingenzug zu verfolgen und wird im Süden durch die Daxstörung ($45^\circ/45^\circ$ N), im Norden durch die Nordstörung ($50^\circ/45^\circ$ N) begrenzt. Seine streichende Auffahrung beträgt rund 400 m und seiger ist er rund 210 m aufgeschlossen.

200 Zielsetzung in vorliegender Arbeit

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Ing. A. MAUCHER wurde im Jahre 1956 vom Verfasser vorliegender Arbeit das Westfeld des Mitterberger Hauptganges erzmikroskopisch untersucht. Es war dabei nur an eine Ergänzung der Arbeit von BÖHNE (1931) in den neu aufgeschlossenen Feldesteilen gedacht.

Die von mir im Jahre 1956 durchgeführten Untersuchungen konnten die erzmikroskopischen Ergebnisse von BÖHNE (1931) im Westfeld nur zum Teil bestätigen. Darüber hinaus kam ich im Westfeld zu abweichenden Ergebnissen hinsichtlich der Erzführung und der Genesis im Hauptgang und in den Quergängen. Wegen der Enge des Untersuchungsgebietes im Westfeld konnte ich aber die Ergebnisse nicht auf die gesamte Lagerstätte übertragen.

Auf gemeinsame Anregung von Herrn Direktor Dipl.-Ing. M. Maczek und Herrn Prof. Dr. Ing. A. MAUCHER erweiterte ich daher in vorliegender Arbeit die erzmikroskopischen Untersuchungen auf die gesamte Lagerstätte. Nach Durchsicht und Auswertung von 2036 Erzanschliffen, 206 chemischen Analysen und 4 Spektralanalysen konnten zwar die Paragenesen und die lokal sich ändernden Erzführungen geklärt werden, aber es zeigten sich Beziehungen zwischen den Paragenesen und der Tektonik der Lagerstätte. Um die Zusammenhänge zwischen den Paragenesen und der Tektonik zu klären, ergänzte ich daher die von KARL (1953) analysierte Tektonik im neuerschlossenen Westfeld.

Das Ziel vorliegender Arbeit war somit eine erzmikroskopische Neubearbeitung der Mitterberger Erzminerale, deren Verknüpfung zu Vererzungsgenerationen und die Klärung der Beziehung zwischen Vererzungsgenerationen und dem analysierten Bewegungsplan.

300 Die Erzführung in der Mitterberger Lagerstätte

Die Mitterberger Erzminerale konnte ich in drei Vererzungsgenerationen untergliedern (Abb. 8). In der Vererzungsgeneration I sind die ältesten und in der Vererzungsgeneration III die jüngsten Erzminerale zusammengestellt.

Einzelne Minerale treten sowohl in einer älteren als auch in einer jüngeren Vererzungsgeneration auf; andere hingegen lassen sich überhaupt in keine Vererzungsgeneration einordnen, weil sie ihre Entstehung einem besonderen genetischen Vorgang verdanken. Innerhalb der einzelnen

Vererzungsgenerationen sind die Mineralien so geordnet, daß die unter dem Mikroskop scheinbar älteren Mineralien in der Abb. 8 oben und die jüngeren unten stehen.

Gliederung der Mitterberger Erzminerale

Vererzungsgeneration I	Vererzungsgeneration II	Vererzungsgeneration III
PYRIT I (MIT ZONENBAU)	PYRIT II ?	PYRIT III
ARSENKIES I	ARSENKIES II	ARSENKIES III
SKUTTERUDIT I	—	—
ROTNICKELKIES I	—	—
GERSDORFFIT-ULLMANNIT I GLANZKOBALT I	—	GERSDORFFIT III
MAGNETKIES I	MAGNETKIES II (ALS ENTMISCH- UNES PRODUKT IN KUPFERKIES I)	—
MARKASIT I	MARKASIT II (IN KUPFERKIES II)	—
MAUCHERIT I	—	—
PENTLANDIT I	—	—
MILLERIT I	UMGEWÄNDelter MILLERIT	—
—	BLEIGLANZ II	BLEIGLANZ III
—	ZINKBLENDE II (TEILS IM KUPFERKIES II)	—
—	CUBANIT II (IM KUPFERKIES II)	—
—	ZINNOBER II (MIT FAHLERZ II)	ZINNOBER III ?
—	GOLD II (IM FAHLERZ II UND IM KUPFERKIES II)	KUPFERKIES III
HOCHTEMPERATUR- KUPFERKIES I ?	HOCHTEMPERATUR- KUPFERKIES II (DEFORMIERT)	—
ANKERIT I ?	ANKERIT II	ANKERIT III
—	FAHLERZ II	FAHLERZ III
QUARZ I	QUARZ II	QUARZ III
	HAMATIT	
	MAGNETIT	

Abb. 8: Die Vererzungsgenerationen der Mitterberger Lagerstätte.

Um Verwechslungen auszuschalten, wurde dem Mineralnamen die Generationszugehörigkeit in römischen Ziffern angefügt. Dies war besonders dann notwendig, wenn dasselbe Mineral in einer älteren und in einer jüngeren Vererzungsgeneration auftritt, also verschieden alt ist. Ein Beispiel ist der Kupferkies, der in der Vererzungsgeneration II als Hochtemperaturkupferkies II und in der Vererzungsgeneration III als niedrigtemperiert-gebildeter Kupferkies III ansteht.

310 Beschreibung der Einzelminerale

311 Die kupfererzführenden Minerale

1. Kupferkies

BÖHNE (1931) beschreibt „jungen“ und „alten“ Kupferkies. Der „junge Kupferkies“ ist grobkristallin, spröde und schon im Handstück am hohen Glanz zu erkennen; der „alte Kupferkies“ dagegen ist feinkristallin und hat ein mattes Aussehen. Dieser makroskopische Befund gilt auch heute.

Erzmikroskopisch konnte ich die Kupferkiese nach Einschlüssen, Deformationen und Zerfallstrukturen in „junge“ und „ältere“ Kupferkiese einteilen und die „älteren“ Kupferkiese II auf Grund von Deformationsbildern weiterhin untergliedern.

Kupferkies II (nicht deformierter Kupferkies):

Nicht deformierter Kupferkies II zeigt „Oleanderblatt“-Zwillingslamellen und führt Einschlüsse von Zinkblende, Magnetkies und Cubanit sowie Markasit. Magnetkies liegt in Tüfelchen und in „Flammen“ im Kupferkies. Ob es sich dabei um Relikte zerfallener Cubanitlamellen handelt, ist nicht mit Sicherheit zu behaupten.

Die Zinkblende im Kupferkies II tritt meist in Form von Zinkblendesternchen auf, was nach RAMDOHR (1960) auf hohe Bildungstemperaturen schließen läßt. Zinkblende und Magnetkies+Cubanit scheinen sich gegenseitig zu vertreten; denn bei starkem Vorherrschen von Zinkblende fehlen Magnetkies+Cubanit oder umgekehrt.

Die Bildungstemperatur dieses Kupferkieses ist bei etwa 300° C anzunehmen, da nach BORCHERT (1934) die Entmischung von „kubischem Hochtemperaturkupferkies“ unter Cubanitausscheidung bei 250–300° C vor sich geht. Sie kann nicht wesentlich höher als 300° C gewesen sein,



Abb. 9: Vergr. 60×, Nicols gekreuzt. Deformierter Kupferkies II mit Pyrit-Einschlüssen.

da sich sonst Markasit (nach ALLEN, CRENSHAW, MERWIN [1914] bis zu 350° C) in Pyrit umgewandelt hätte.

Kupferkies II (deformierter Kupferkies):

Deformierter Kupferkies II führt wie der nicht deformierte Kupferkies II Einschlüsse von Zinkblende, Magnetkies, Cubanit und Markasit, doch zeigt er im Gegensatz zum nicht deformierten Kupferkies II Deformationsbilder.

„Polysynthetische Zwillingslamellen“ (Abb. 9) und feinlamellare, sich kreuzende Scharen mit relativ hohen Anisotropieeffekten charakterisieren diesen Kupferkies II als deformierten Kupferkies.

Kupferkies III:

Dieser Kupferkies III zeigt weder Deformationserscheinungen noch führt er Zinkblende-, Magnetkies- und Cubanitmischungen. Er hat ein grobkörniges Gefüge ohne Deformation und zeigt nur sehr schwache Anisotropieeffekte. In Schnüren tritt er im nicht deformierten Kupferkies II auf und bildet mitunter beachtliche Derberzanreicherungen.

2. Fahlerz

Makroskopisch tritt Fahlerz nur fallweise in Form von Derbnestern auf, wobei es dann örtlich an Menge den Kupferkies überwiegt. Wenn auch die Beobachtungen unter dem Mikroskop diese Verteilung bestätigen, so ist dennoch in sehr vielen Schlifften, wenn auch in sehr geringen Anteilen, Fahlerz festzustellen.

Nach BÖHNE (1931) ist das Mitterberger Fahlerz aus 47% Cu, 14% As, 5% Sb und Spuren von Hg zusammengesetzt. Nach spektrographischen Kontrollanalysen enthält es weniger Antimon, als bei BÖHNE (1931) angegeben wurde. Neben Hg treten noch in geringen Anteilen Vanadium, sowie Zink und in Spuren Silber auf. Die verschiedenen Reflexionseindrücke einzelner Körner und die unterschiedlichen Analysenergebnisse lassen vermuten, daß das Fahlerz nicht einheitlich aufgebaut ist, sondern es dürften dabei verschiedene Zwischenglieder vom Tetraedrit bis zum Tennantit beteiligt sein.

312 Die sulfidischen Eisenminerale

1. Pyrit

Die Pyrite sind, abgesehen von den im Nebengestein (Phyllit) verteilten, die ihre Entstehung dem „Schwefelkreislauf“ im Sinne von SCHNEIDERHÖHN (1944) verdanken, in solche ohne und mit Zonenbau zu trennen. Anisotropieeffekte zeigen nur die letzteren, Idiomorphie dagegen beide.

Pyrit III (ohne Zonenbau) schwimmt meist im Kupferkies und entspricht, wie chemische Analysen ergaben, dem reinen FeS₂.

Pyrit I (mit Zonenbau) stellt einen Anteil von 72% von den unter dem Mikroskop untersuchten Pyriten. Die mikroskopischen Daten (isotrop bis deutlich anisotrop, verschiedenes Reflexionsvermögen) und die chemischen

Analysen mit Ni- und As-Gehalten lassen erkennen, daß die Pyrite I nicht den klassischen Pyriten mit der chemischen Formel FeS_2 entsprechen. Ihr Aufbau ist durch konzentrische Zonen charakterisiert (Abb. 10).

- a-Zone: Meist als Kern zeigt sie große Härte, Isotropie, hellgelbe Farbe und entspricht auch sonst dem reinen FeS_2 .
- b-Zone: Weißhell, geringere Härte als die a-Zone, deutliche Anisotropieeffekte.
- c-Zone: Weiß nach braunrosa, gegen die a- und b-Zone matt und geringere Härte, sieht einem Bravoit sehr ähnlich und ist isotrop.
- d-Zone: Weiß nach stahlgrau, Härte liegt zwischen der von b- und c-Zone, isotrop und ist dem Gersdorffit ähnlich.

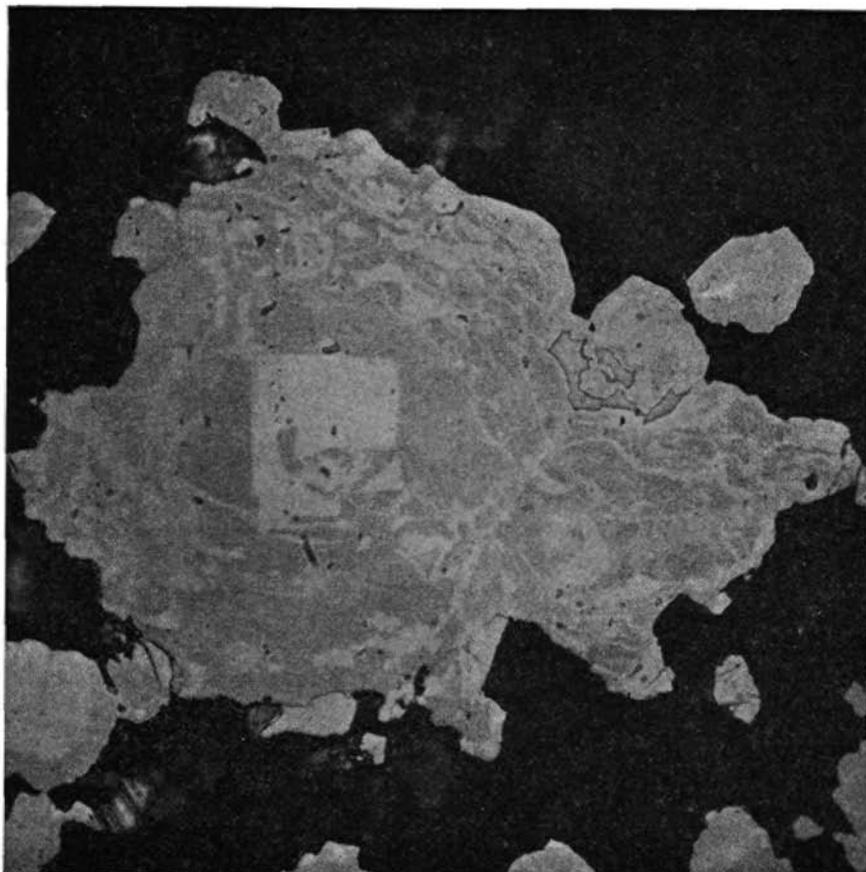


Abb. 10: Vergr. $60\times$, Nicols leicht gekreuzt. „Zonarer Pyrit“ mit konzentrischen Zonen ist in Quarz (schwarz) eingelagert. Eine Zone wird von Kupferkies (grau) verdrängt.

Der zonare Aufbau von a (Kern) nach d (außen) ist zwar sehr häufig, doch kommen alle möglichen Variationen vor, indem d mit b oder c mit d usw. vertauscht sind. Auch fehlen öfters ein oder sogar zwei Zonen. Durch-

geführte Ätzversuche mit HNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, HCl , KOH , KCN und FeCl_3 führten zu keinem charakteristischen Ergebnis. Die Resultate von quantitativen chemischen Analysen ¹⁾, wobei Schiffe mit den Kombinationen a+b, a+c, a+d ausgesucht wurden, zeigt die Abb. 11.

Zonenkombination	a+b			a+c			a+d		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Durchgeführte Analysen									
Gew.-% S:	36,57	42,17	35,97	53,10	53,00	53,05	36,31	36,00	36,07
Gew.-% Fe:	40,40	42,10	40,02	34,90	29,00	27,10	23,10	23,05	23,00
Gew.-% Ni:	—	—	—	11,94	17,00	18,31	17,62	17,02	17,18
Gew.-% As:	23,00	15,30	22,70	—	—	—	22,60	21,90	22,55
% Su:	99,97	99,87	98,69	99,94	99,91	98,46	99,63	97,97	98,80
Flächenintegration a:	1:1	2:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1

Abb. 11: Tabelle von chemischen Analysen von zonaren Pyriten.

Die a-Zone wurde, wie oben schon angeführt, als FeS_2 ²⁾ erkannt, infolgedessen konnte die b-Zone als Arsenkies und die d-Zone als Gersdorffit errechnet werden. Für die c-Zone ergab sich eine durchschnittliche Zusammensetzung von 58·2 Gew.-% NiS_2 und 41·8 Gew.-% FeS_2 , was einem Bravoit entspricht.

Die übereinstimmenden Ergebnisse von chemischen Analysen und mikroskopischen Beobachtungen charakterisieren die Mitterberger Pyrite I mit Zonenbau als einen Typ, dessen Bestandteile Pyrit, Arsenkies, Bravoit und Gersdorffit sind.

Der Verdrängung durch Kupferkies fallen zuerst die Bravoit- und dann die Gersdorffit-Zonen zum Opfer, während Pyrit und besonders Arsenkies resistenter sind (Abb. 12). Die Kataklyse an den Pyriten mit Zonenbau kennt alle Stadien, vom mylonitisch zerriebenen Pyrit bis zum Pyrit, der nur von Rissen durchzogen wird. Eigenartige Formen, bei denen

¹⁾ Schiffe mit allen möglichen Kombinationen wurden ausgesucht, die Pyrite ausgebohrt und analysiert. Die dabei notwendigen Flächenintegrationen zur Errechnung der chemischen Zusammensetzung der Minerale — es wurde dabei angenommen, die a-Zone entspreche reinem FeS_2 auf Grund der mikroskopischen Daten — wurden bei den Kombinationen a+b+c+d oder a+c+d so ungenau und die Analysergebnisse so vielseitig deutbar, daß hier nur die besten Ergebnisse mit den Kombinationen a+b, a+c, a+d angeführt wurden.

²⁾ FeS_2 enthält: 46·55% Fe und 53·45% S.

Wenn sich die FeS_2 -Flächen und die Flächen der b-Zonen wie 1:1 verhalten (durch Integration ermittelt), so gilt für Beispiel a+b I:

$$\text{S: } 36\cdot57 \times 2 = 73\cdot14 - 53\cdot45 = 19\cdot69$$

$$\text{Fe: } 40\cdot40 \times 2 = 80\cdot80 - 46\cdot55 = 33\cdot45$$

$$\text{As: } 23\cdot00 \times 2 = 46\cdot00 - 0\cdot00 = 46\cdot00$$

Der Arsenkies besteht aus: 34·3% Fe, 19·7% S, 46·0% As.

Analysergebnisse und theoretische Zusammensetzung stimmen somit überein.

die Pyrite zwischen den Kanten zweier benachbarter Kristalle eingespannt und Scherbeanspruchungen (MAUCHER 1939) ausgesetzt sind, kommen vor (Abb. 13). Typisches Beispiel einer Kataklyse zeigt die Abb. 14, woumliegende Pyritkörner das in der Mitte liegende am meisten zerbrochen und Abb. 15,

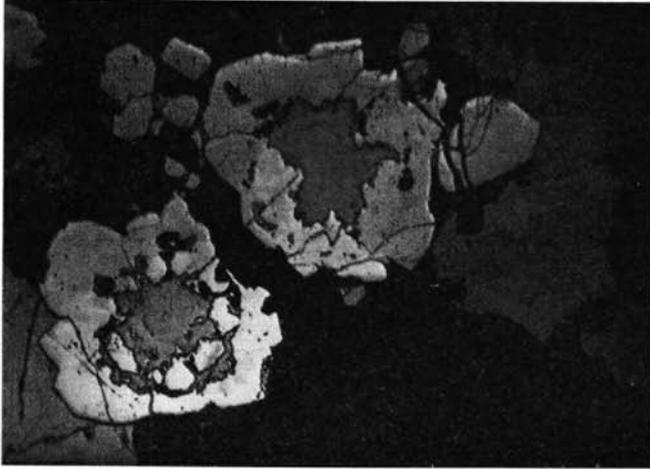


Abb. 12: Vergr. 40 \times . Kupferkies (grau) und Quarz (schwarz) verdrängen die wenig resistenten Komponenten (Bravoit und Gersdorffit) der „Zonaren Pyrite“ (weiß).



Abb. 13: Vergr. 40 \times . Pyrit (weiß) ist zerschert. Die Fugen sind mit Kupferkies (grau) und Quarz (schwarz) ausgefüllt.

wo die Bewegung der abgescherten Teile zu erkennen ist. Die so abgescherten Pyritteile wurden mechanisch verschleppt und zwar wurden Beträge bis zu 153 mm gemessen.

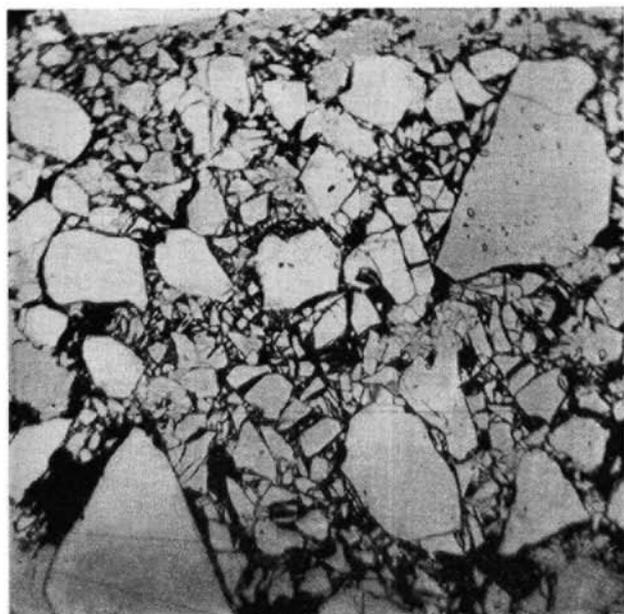


Abb. 14: Vergr. $40\times$. Zerriebene Pyritkörner (weiß). Quarz (schwarz) und Kupferkies (grau) füllen die Fugen.

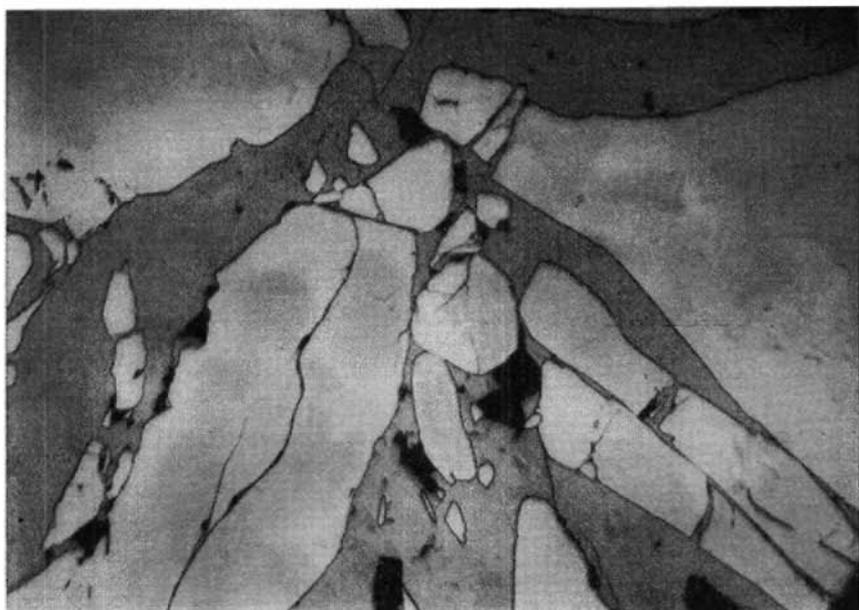


Abb. 15: Vergr. $40\times$. Von Pyriten (weiß) wurden Teile abgeschert und im Kupferkies (grau) mechanisch verschleppt.

Die Schliﬄplatte, auf der Verschiebungsbeträge bis zu 153 mm beobachtet wurden, hatte Kantenlängen von 170—140 mm. Wenn es bei dem Material technisch gelingen würde, noch größere Schliﬄplatten herzustellen, dann könnten wahrscheinlich noch größere mechanische Verschiebungsbeträge an abgescherten Pyritteilen nachgewiesen werden.

2. Magnetkies

Zwei genetische Typen von Magnetkies wurden beobachtet:

- a) azsender Magnetkies I Anteil 89%
- b) Magnetkies II als Entmischungsprodukt im Hochtemperaturkupferkies II Anteil 11%

Azsender Magnetkies I ist vorwiegend an den Salbändern anzutreffen und mit Pyrit I (mit Zonenbau), Gersdorffit-Ullmannit I und Pentlandit I vergesellschaftet. Er zeigt unter dem Mikroskop derbe Anreicherungen und häufig Deformationen mit Translation // (0001). Weiterhin ist Magnetkies mit Markasit verwachsen (Abb. 16). Als verdrängendes Mineral wurde nur Kupferkies beobachtet.

Die Einschlüsse von Magnetkies II im Kupferkies II wurden schon oben besprochen und als Entmischungsprodukt des Hochtemperaturkupferkieses II beschrieben.



Abb. 16: Vergr. 40×. Markasit (weiß) ist mit Magnetkies (geätzt = dunkelgrau) verwachsen. Kupferkies (geätzt = hellgrau) und Quarz (schwarz) umschließen die Markasit-Magnetkies-Verwachsung.

3. Markasit

Aszendenter Markasit II liegt im Kupferkies II (Abb. 17). Seine aszendente Bildung wurde in der Literatur bezweifelt, gilt aber jetzt als gesichert (HELKE 1933, LINDGREN 1935, RAMDOHR 1960). Deszendenter Markasit ist vergesellschaftet mit Gold und Hämatit und tritt nur in oberen Teufen auf.

Markasit I ist (Abb. 16) weiterhin dem Magnetkies I // (0001) eingelagert. Desgleichen liegt Markasit mit Magnetkiesresten zwischen den Korngrenzen von Pyriten I (mit Zonenbau).

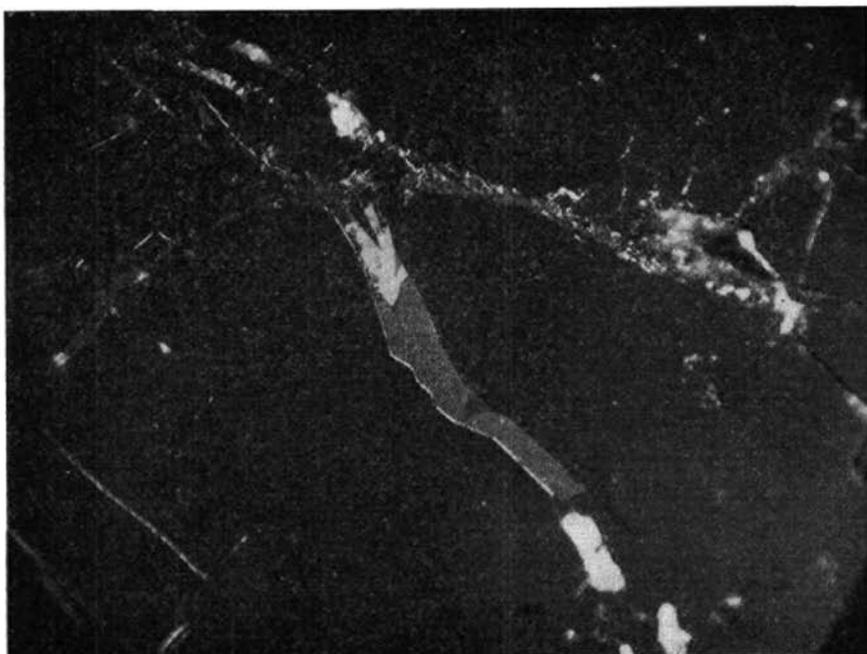


Abb. 17: Vergr. 40 \times . Aszendenter Markasit (hell und grau), bei gekreuzten Nicols, im Kupferkies (dunkelgrau).

313 Die Nickel-Kobalt-Mineralie

1. Gersdorffit-Ullmannit

Gersdorffit I wurde als Komponente der Mitterberger Pyrite I (mit Zonenbau) beschrieben.

Weiterhin tritt Gersdorffit noch auf:

1. Als Derberz in bis zu max. 15 cm mächtigen Gängen, die fast frei von Begleitmineralien sind;
2. fein verteilt in idiomorphen Körnern im Kupferkies III;
3. in wechselnder Menge, ebenfalls idiomorph, im Kupferkies II, wobei er mit einer Komponente, die von BÖHNE (1931) als Chloanthit beschrieben wurde, eine Mineralassoziation bildet.

Abweichend von den Literaturangaben (RAMDOHR, 1960) zeigen die Mitterberger Gersdorffite weder bleiglanzartige Spaltbarkeit // (100), noch trifft zu, daß sie Co und Fe führen (GOLL 1937, DUNN 1937), sondern ihr Chemismus entspricht der stöchiometrischen Zusammensetzung von NiAsS, wie Analysen bewiesen haben. Die angebliche Mineralassoziation Gersdorffit-Chloanthit konnte durch Ätzversuche mit Bromdämpfen und durch Analysen als Gersdorffit-Ullmannit bestimmt werden. Gersdorffit-Ullmannit I zeigen denselben zonaren Aufbau wie die Pyrite I (mit Zonenbau).

Der Verdrängung durch Kupferkies fallen zuerst die Ullmannit-Zonen zum Opfer (Abb. 18).

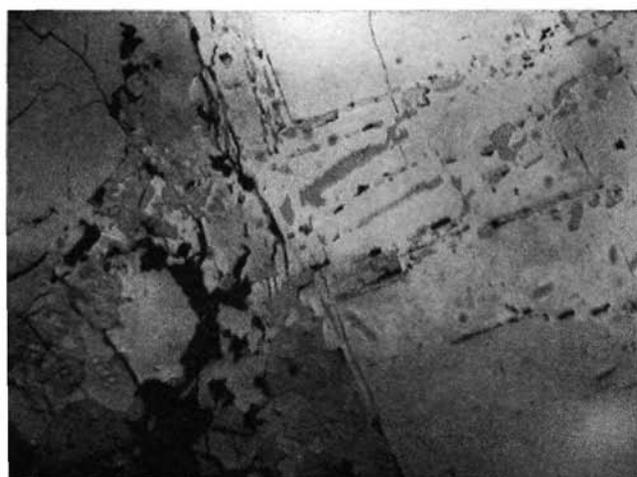


Abb. 18: Vergr. 40 \times . Die Ullmannit-Komponente des Gersdorffit-Ullmannit (rechte Bildseite, Gersdorffit = hellgrau) wurde von Kupferkies (grau) verdrängt. Auf der linken Bildseite Kupferkies (grau) Pyrit (weiß) und Quarz (schwarz).

Sie scheinen weniger resistent zu sein. Eine restlose Verdrängung, also auch des Gersdorffits durch Kupferkies (pseudomorph nach Gersdorffit), ist selten und dann nur an Kupferkiesen in der Gangart zu beobachten. Als aktive Verdränger treten Gersdorffit-Ullmannit I nicht auf.

	Ni ₂ -FeS ₂	FeS ₂	FeAsS	NiAsS	NiSbS
Ni ₂ -FeS ₂	Bravoit	+	+	+	-
FeS ₂	+	Pyrit	+	+	-
FeAsS	+	+	Arsenkies	+	-
NiAsS	+	+	+	Gersdorffit	+
NiSbS	-	-	-	+	Ullmannit

Legende: + = beobachtet
- = nicht beobachtet

Abb. 19: Verwachsungsmöglichkeiten des Ullmannit und Gersdorffit mit anderen Mineral-komponenten.

Die Ullmannit-Komponente kann durch die FeS_2 - FeAsS - oder Bravoiit-Komponente ersetzt sein, womit wieder Pyrite I (mit Zonenbau) vorliegen. Ullmannit als Komponente der Pyrite I (mit Zonenbau) konnte nicht beobachtet werden (Abb. 19).

Mikro- und makroskopische Auswertungen ergaben eine Verteilung des Gersdorffits wie folgt:

- 64% in Derberzgängen bis zu 15 cm mächtig;
- 7% im Kupferkies III;
- 19% als Komponente der Mitterberger Pyrite I (mit Zonenbau);
- 10% als Komponente des Ullmannit.

2. Millerit

Millerit mit hoher Anisotropie und lichtgelber Farbe tritt in der Mitterberger Lagerstätte in drei Formen auf:

- a) als azsendente BildungAnteil 83%
- b) als deszendente BildungAnteil 1%
- c) als hydrothermales UmwandlungsproduktAnteil 16%

Azsender Millerit I mit oft deutlicher Spaltbarkeit nach (1011) sitzt älteren Mineralien, wie Pyrit I (mit Zonenbau) und Gersdorffit I, auf und wird vom Kupferkies II verdrängt (Abb. 20).

Auch Millerite, die unter hydrothermalen Bedingungen aus Pentlanditen entstanden, wurden beobachtet. Solche Millerite treten strahlig, büschelig oder in Form von gekrümmten Nadeln im Kupferkies II auf oder bilden Millerit-Säume an den Pentlanditen (Abb. 21). RAMDOHR (1960) beschreibt ebenfalls solche Umwandlungen beim Millerit-Vorkommen in Bellnhausen bei Marburg.

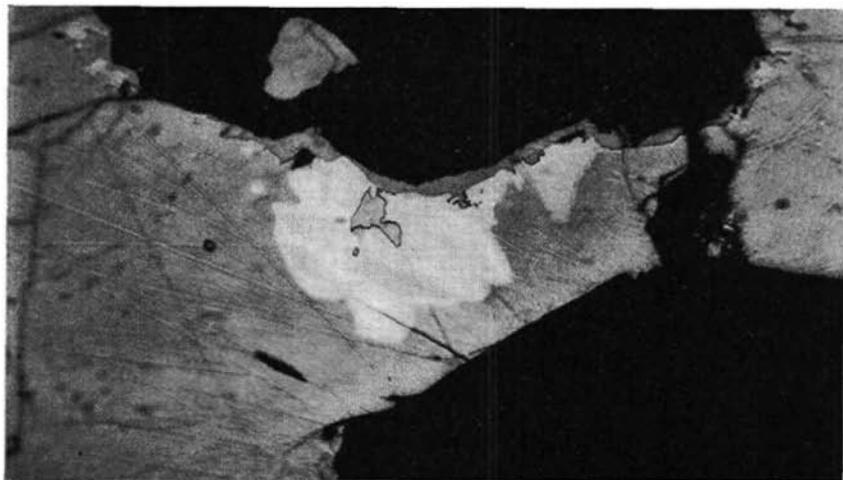


Abb. 20: Vergr. 40 \times . Azsender Millerit (weiß) umschließt Pyrit (grau mit Relief) und sitzt dem Gersdorffit (grau) auf, der sich als Saum am Quarz (schwarz) hinzieht. Kupferkies (leicht hellgrau) verdrängt die anwesenden Minerale, außer Quarz.

Die feinen, netzartigen Einlagerungen von Millerit in Maucherit lassen ebenfalls auf Umwandlungen schließen. Wie die Relikte von Gersdorffit zeigen, wird hier Gersdorffit in Millerit + Maucherit umgewandelt.



Abb. 21: Vergr. $80\times$. Pentlandit (hellgrau) stößt an ein Pyritkorn (weiß). Die dem Kupferkies (grau) zugekehrten Pentlandit-Spitzen führen weiße Millerit-Säume. Diese Millerit-Säume sind unter hydrothermalen Bedingungen in Millerite umgewandelte ehemalige Pentlandite.

Während eine Umwandlung von Gersdorffit in Millerit + Maucherit in der Literatur nicht beschrieben wird, ist die Umwandlung von Pentlandit in Millerit bekannt. RAMDOHR (1960) beschreibt Millerit des Merensky-Reefs, der unter hydrothermalen Bedingungen zusammen mit Pyrit aus Pentlandit entstanden ist. Desgleichen wurde Millerit von SCHNEIDERHÖHN (1929) als hydrothermales Zersetzungsprodukt von Pentlandit beobachtet.

Deszendenter Millerit, nur in geringen Teufen, sitzt in schönen Nadeln, bis zu 3 cm lang, Drusenräumen auf. Er hat keine wirtschaftliche Bedeutung.

3. Pentlandit

Pentlandit I, in Gesellschaft von Pyrit I (mit Zonenbau), Gersdorffit-Ullmannit I und Magnetkies I, begleitet in derben Massen die Salbänder der Mitterberger Gänge. Seine Ränder und Säume bestehen, wie schon oben besprochen, in der Regel aus Millerit. Pentlanditflammen im Magnetkies (RAMDOHR 1960) konnten nicht beobachtet werden; vielmehr liegen beide Minerale in getrennten Körnern nebeneinander. Eine nachträgliche Umwandlung von Magnetkies in Pentlandit unter Zufuhr von Ni wurde nicht festgestellt.

4. Maucherit

Maucherit I mit Millerit-Einlagerungen, tritt an den Salbändern der Erzgänge auf. Er wird vom Kupferkies II verdrängt.

Im derben Kupferkies selbst konnte er nicht beobachtet werden. Sein Begleiter ist Rotnickelkies I und seltener auch Skutterudit I.

5. Rotnickelkies

Rotnickelkies I, meist kataklastisch zerbrochen, zeigt undulöse Auslöschung auf Grund subparalleler Verwachsungen (RAMDOHR, 1960). Paramorphosen nach Maucherit oder gegenseitige Verdrängungen von Rotnickelkies und Maucherit konnten nicht beobachtet werden. Der Gehalt der Lagerstätte an Rotnickelkies ist sehr gering, so daß keine weiteren Aussagen gemacht werden können.

6. Skutterudit

Ähnlich den Pyriten I (mit Zonenbau) und den Gersdorffit-Ullmanniten I sind die Mitterberger Skutterudite I aus mehreren Komponenten aufgebaut. Ätzversuche mit konz. HNO_3 und FeCl_3 ließen mindestens drei Komponenten erkennen:

- a) Die Außenpartien bildet eine isotrope, helle, zinnweiß erscheinende Komponente (Abb. 22) in zonarer Anordnung. Sie ist der Träger der

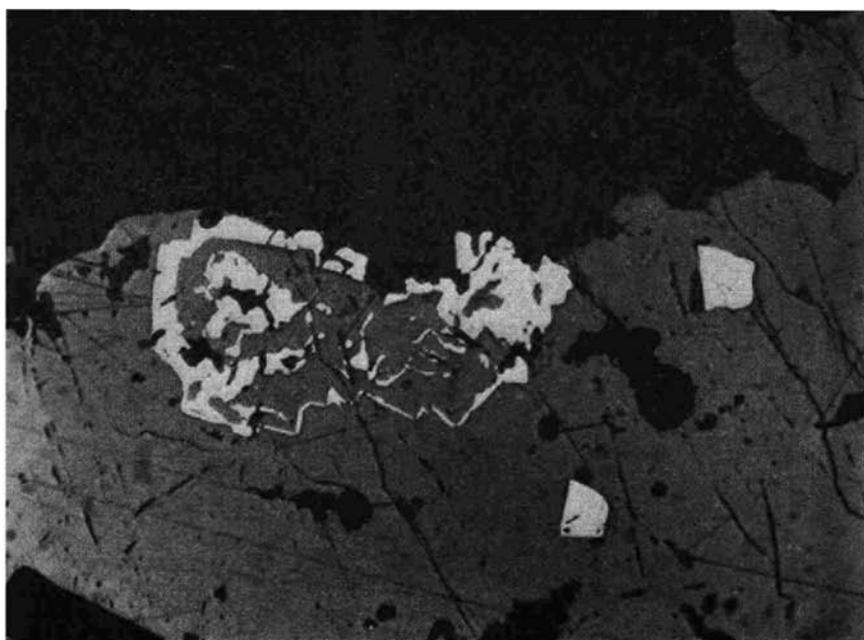


Abb. 22: Vergr. $60\times$. Die resistente Chloanthit-Komponente (weiß) ist noch erhalten, während die Komponenten Weißnickelkies und Speiskobalt vorwiegend durch Kupferkies (grau) und daneben auch von Quarz (schwarz) verdrängt wurden.

Kristallform (RAMDOHR 1960) und verhält sich äußerst resistent sowohl gegen Ätzung als auch gegen Verdrängung durch Kupferkies. Diese Außenpartie umschließt die beiden anderen Komponenten.

- b) Diese Komponente ist ebenfalls hell, aber dennoch ein wenig matter als die Außenpartie. Sie zeigt keine zonare Anordnung und bildet die Grundmasse des Skutterudit-Kerns. Nur ganz schwache Anisotropieeffekte waren zu beobachten.
- c) In der Grundmasse der Komponente b) liegt gesetzlos eingebettet eine etwas dunklere, im Vergleich zu den Komponenten a und b leicht rötlich erscheinende Komponente, mit schwachen Anisotropieeffekten.

Im Gegensatz zur a-Komponente sind die Komponenten b und c weder besonders resistent gegen Ätzung, noch gegen Verdrängung durch Kupferkies oder Fahlerz. Es entstehen Verdrängungsrelikte, wie sie die Abb. 22 zeigt.

FLÖRKE (1923) beschreibt Nickelminerale, die ähnliche Zusammensetzung zeigen. Übertragen auf die Mitterberger Vorkommen ist die

a-Komponente mit Chloanthit

b-Komponente mit Weißnickelkies (Rammelsbergit)

c-Komponente mit Speiskobalt

zu bezeichnen.

Wegen der röntgenographischen Zusammengehörigkeit faßt RAMDOHR (1960) diese drei Minerale als Skutterudit zusammen wobei

Chloanthit der Hauptkomponente,

Weißnickelkies der Komponente I,

Speiskobalt der Komponente II,

entsprechen würde.

7. Glanzkobalt

Glanzkobalt I tritt in sehr geringen Anteilen mit Skutterudit I auf. Er scheint in den Mitterberger Erzgängen den Gersdorffit zu vertreten; denn niemals konnten sie gemeinsam beobachtet werden. Auch der Wechsel von Kobalt- und Nickelblüte an den Erzstößen bestätigt diese mikroskopische Beobachtung.

Glanzkobalt ist, was die Idiomorphie und Kataklyse betrifft, dem Pyrit ähnlich. Sein schlechtes Polierverhalten und seine Anisotropieeffekte lassen ihn aber deutlich gegen Pyrit und Arsenkies unterscheiden. Wie Gersdorffit I bevorzugt auch Glanzkobalt I die Salzbänder der Gänge und wird von Kupferkies II verdrängt.

314 Die Blei-, Zink- und Quecksilber-Minerale

1. Bleiglanz

Bleiglanz II, allotriomorph, mit typischer Spaltbarkeit // (100) und dreieckigen Ausbrüchen ist im Mitterberger Hauptgang eine mineralogische Seltenheit; im Buchberggang dagegen erreicht er schon teilweise Anteile bis zu 1% des Erzinhalt und ist dann meist mit Zinkblende vergesellschaftet.

2. Zinkblende

Zinkblende II in Form von Zinkblendesternchen wurde beim Kupferkies II besprochen. Daneben tritt sie gemeinsam mit Bleiglanz im Buchberggang auf. Die Verwachsungen zeigen dieselben Bilder, wie sie hinreichend aus Blei-Zink-Paragenesen bekannt sind.

3. Zinnober

Zinnober in feinen Kluftausfüllungen kann als mineralogische Seltenheit, besonders in Lagerstättenbereichen, in denen Fahlerz vorherrscht, beobachtet werden.

315 Die oxydischen Minerale

1. Hämatit — Magnetit

Magnetite, die durchschnittlich 2·1 Gew.-% TiO_2 führen, treten am Kontakt „Diabas“-Erzgang und in den obersten Teufen des Mitterberger Hauptganges auf. Während die Magnetite am Kontakt „Diabas“-Erzgang durch Kontaktmetamorphose aus Fe-führenden Karbonaten (Ankeriten) entstanden sein dürften, war in den obersten Teufen des Mitterberger Hauptganges ein mehrmaliger Wechsel von Martitisierung und Magnetitisierung zu beobachten. Wie aus den Schliffbildern zu ersehen war, entstanden offensichtlich aus Ankeriten zuerst Magnetite, diese wurden fast vollständig martitisiert und anschließend wurden die schön ausgebildeten Hämatitleisten teilweise wieder magnetitisiert.

Die Assoziation Hämatit — Magnetit wird von Kupferkies III und vom jungen Ankerit verdrängt (Abb. 23 und Abb. 24).

2. Quarz

Quarz tritt im Gesamtbereich der Mitterberger Lagerstätte auf. Neben der unterschiedlich starken Verkieselung der Nebengesteine sind in den Gangbereichen zwei Quarztypen zu unterscheiden:

- I. Ein schmutzigweißer Quarz II von feinkristalliner Beschaffenheit und feinmuscheligen Bruch;
- II. ein großkristalliner, glasiger Quarz III mit glattem Bruch.

Im Gegensatz zum Quarz III zeigt der Quarz II unter dem Mikroskop undulöse Auslöschung.

316 Arsenkies

Folgende Arsenkiesformen konnten beobachtet werden:

- a) Arsenkieskristalle — bis zu 5 cm lang — von rhombischem Habitus, in tektonisch stark beanspruchten serizitischen Tonschiefern;
- b) Arsenkies I als Komponente der Pyrite I (mit Zonenbau) wurde schon oben besprochen;

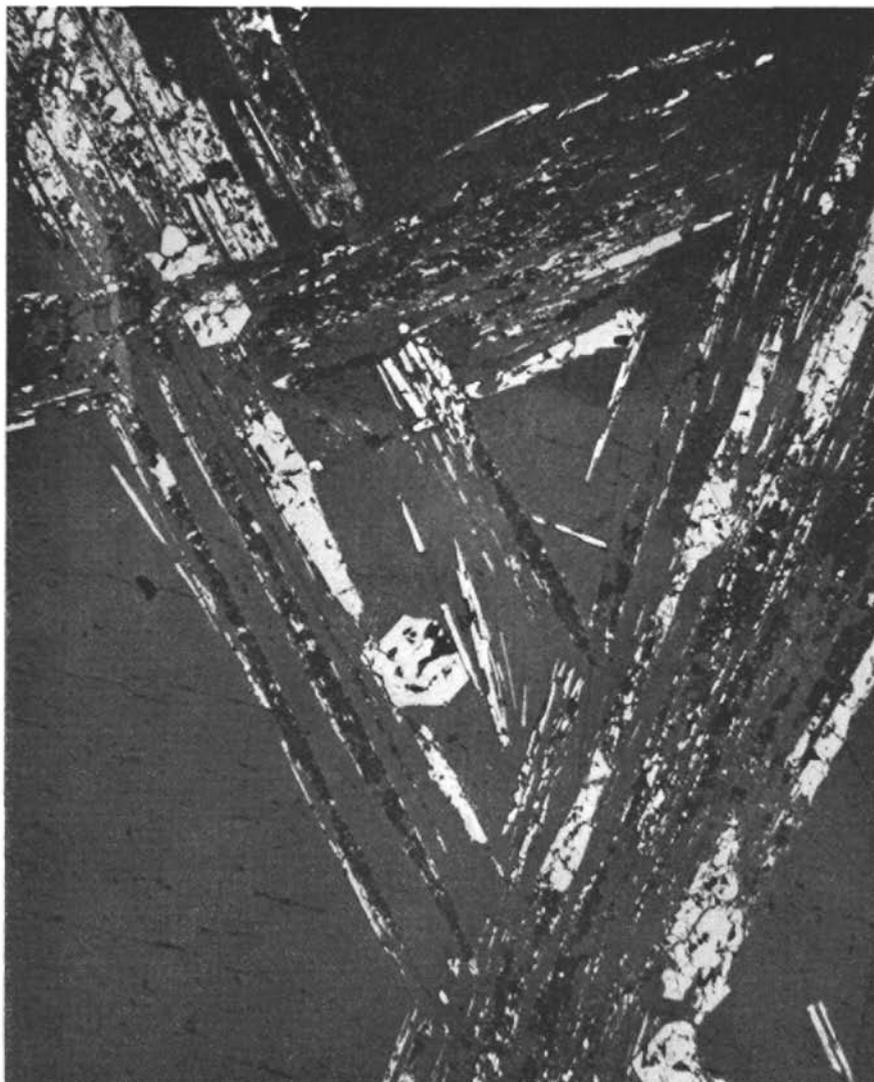


Abb. 23: Vergr. $40\times$. Durch Martitisierung entstandener Hämatit (weiß) wird von Kupferkies (grau) verdrängt.

- c) Idiomorphe Arsenkieskörner, in keiner Weise zerbrochen, schwimmen wie die Pyrite III im Kupferkies III; relativ selten beobachtet;
- d) Massiges Auftreten von Arsenkies mit Kataklyseerscheinungen und nachträglichem Verkitten durch Kupferkies und Quarz (vorwiegend im Buchberggang beobachtet);
- e) Arsenkies, nadelförmig und orientiert (vorwiegend im Südrevier).

Analysenergebnisse und mikroskopische Beobachtungen an den Mitterberger Arsenkiesen ließen keine Abweichungen von den Literaturangaben (RAMDOHR 1960) erkennen.

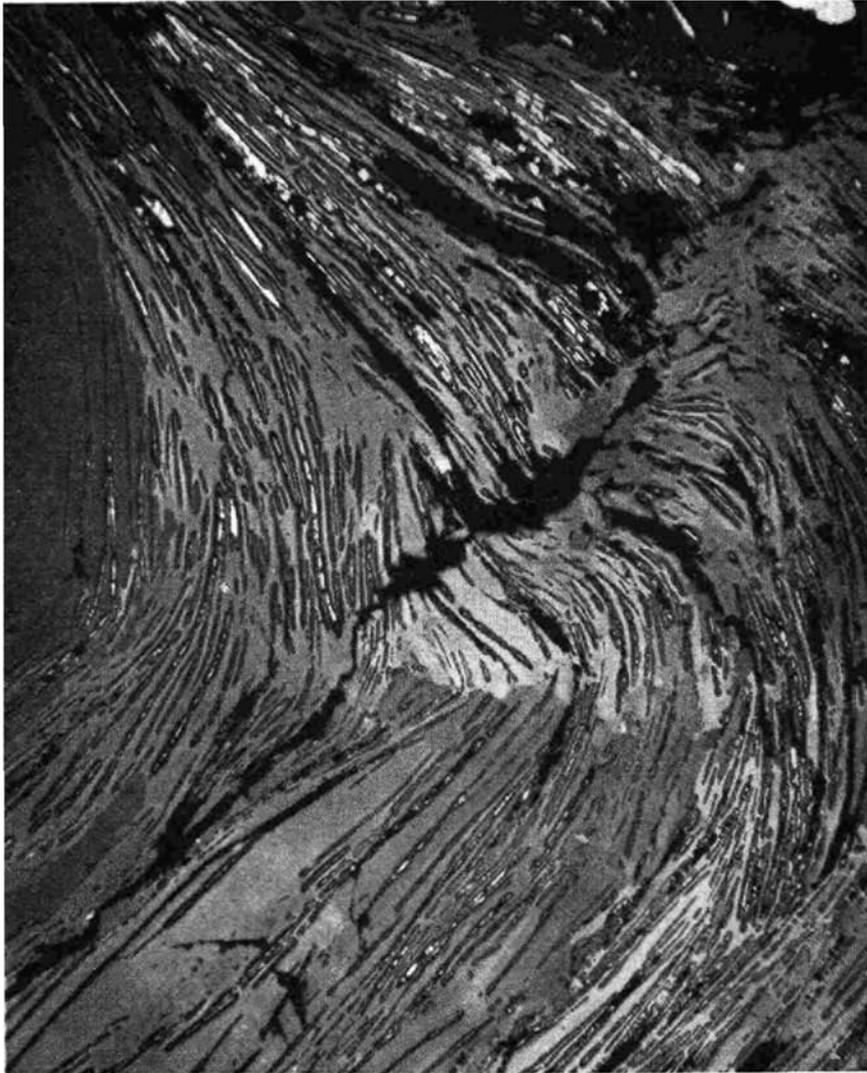


Abb. 24: Vergr. $40\times$. Durch Martitisierung entstandener Hämatit (weiß) wird von Ankerit verdrängt. Die Hämatitleisten sind deformiert.

317 Gold

Gediegen Gold, in feinen Pünktchen (Durchmesser $1-3\ \mu$), unregelmäßig im Kupferkies II verteilt, wurde nur in den oberen Teufen der Erzgänge festgestellt. Der Gehalt beträgt mitunter bis zu $1.5\ \text{g/t}$ Haufwerk. Weiterhin ist Gold dem Fahlerz eingelagert (BÖHNE 1931).

Der Hochtemperaturkupferkies, der auch deformiert sein kann, dürfte auf Grund der Einschlüsse (Zinkblende, Magnetkies, Cubanit und Markasit) bei einer Bildungstemperatur von 250—300° C entstanden sein und ist auf Grund der Verdrängungsbilder älter als der niedrigtemperiert-gebildete Kupferkies, der keine Einschlüsse führt.

2. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten konnte ich feststellen, daß nur ein Teil der Mitterberger Pyrite der chemischen Formel FeS_2 entspricht, während ein Anteil von 72% von den unter dem Mikroskop untersuchten Pyriten der chemischen Formel FeS_2 nicht entspricht. Diese von der chemischen Formel FeS_2 abweichenden Pyrite führen im zonaren Aufbau die Komponenten Pyrit, Gersdorffit, Arsenkies und Bravoiit. Sie wurden daher von mir als Pyrite mit Zonenbau bezeichnet, um sie gegen die Pyrite mit der chemischen Formel FeS_2 abzugrenzen.

Während die Pyrite mit Zonenbau vom Hochtemperaturkupferkies verdrängt werden, also älter als dieser sind, treten die Pyrite ohne Zonenbau nur im niedrigtemperiert-gebildeten Kupferkies auf.

3. BÖHNE (1931) erkannte, daß der Gersdorffit eine Komponente führt. BÖHNE (1931) sprach diese als Chloanthit an.

Im Gegensatz hiezu konnte ich feststellen, daß es sich bei dieser Komponente um Ullmannit handelt.

4. An Mineralien, die in der früheren Literatur über die Mitterberger Lagerstätte noch nicht erwähnt sind, wurden Millerit, Maucherit und Skutterudit festgestellt. Altersmäßig entsprechen diese Mineralien dem Pyrit mit Zonenbau.

320 Verknüpfung der Einzelmineralien zu Vererzungs-generationen

321 Die Vererzungs-generationen im Mitterberger Hauptgang

Auf Grund der Auswertung von Verdrängungsbildern, wie sie sich bei der erzmikroskopischen Untersuchung der Mitterberger Mineralien zeigten, konnte ich drei Vererzungs-generationen feststellen (Abb. 8). Die Mineralien der Vererzungs-generation I (Pyrit I [mit Zonenbau], Arsenkies I, Skutterudit I, Rotnickelkies I, Gersdorffit-Ullmannit I, Magnetkies I, Markasit I, Maucherit I, Pentlandit I, Millerit I) werden von den Mineralien der Vererzungs-generation II (Hochtemperaturkupferkies II mit Zinkblende, Cubanit, Magnetkies, Markasit, Bleiglanz II, Ankerit II, Fahlerz II, Quarz II) verdrängt; ebenso verdrängen die Mineralien der Vererzungs-generation III (Pyrit III, Arsenkies III, Kupferkies III, Ankerit III, Fahlerz III, Quarz III) die Mineralien der älteren Vererzungs-generationen I und II.

Während die Vererzungs-generation III durch den niedrigtemperiert-gebildeten Kupferkies III, durch den Pyrit III mit der chemischen Formel FeS_2 und durch den nicht undulösen Quarz III eindeutig gegen die älteren Vererzungs-generationen I und II abgegrenzt werden konnte, ist eine solche Abgrenzung zwischen der Vererzungs-generation I und II nicht restlos gesichert.

Es ist auffallend, daß in der Vererzungsgeneration I fast nur Ni-Mineralen ohne Kupferkies und ohne Gangarten, wie Ankerit und Quarz, anstehen, während in der Vererzungsgeneration II der Kupferkies und die Gangarten, aber ohne Pyrit, auftreten. Quarz und Pyrit als typische „Durchläufer-Mineralen“ und zum Teil auch Kupferkies und Ankerit, müßten sowohl in der Vererzungsgeneration I als auch in der Vererzungsgeneration II auftreten.

Im Bereich des Mitterberger Hauptganges muß es daher offen gelassen werden, ob nicht auch schon in der Vererzungsgeneration I Hochtemperaturkupferkies sowie Ankerit und Quarz zum Absatz kamen, weil es erzmikroskopisch unmöglich war, einen Hochtemperaturkupferkies II von einem wahrscheinlich anstehenden Hochtemperaturkupferkies I zu unterscheiden. Dasselbe trifft für Ankerit und Quarz sowie für Pyrit I und für einen eventuell möglichen Pyrit II zu.

Während also im Bereich des Mitterberger Hauptganges nicht sicher festgestellt werden konnte, ob der Hochtemperaturkupferkies II, der Ankerit II und der Quarz II nur auf die Vererzungsgeneration II beschränkt sind und nicht auch in der Vererzungsgeneration I vorkommen, ist dagegen die Existenz einer Vererzungsgeneration II gesichert. Umwandlungen von Pentlandit I in Millerit, wie sie von mir im Mitterberger Hauptgang häufig beobachtet wurden, kommen nach RAMDOHR (1960) nur unter hydrothermalen Einflüssen zustande, was beweist, daß die Vererzungsgeneration I bereits vorhanden war, als die Mineralien der Vererzungsgeneration II zum Absatz kamen.

322 Vergleichende Untersuchungen in genetisch nahestehenden Lagerstätten

Zur Klärung der Frage, ob der Hochtemperaturkupferkies II sowie der Ankerit II und der Quarz II nur der Vererzungsgeneration II oder teilweise auch der Vererzungsgeneration I angehören, wurden vergleichende Untersuchungen im Südrevier, im Buchberggang, in der Pyritlagerstätte Schwarzenbach bei Dienten und in der Fahlerzlagerstätte Röhrerbühl bei Kitzbühl durchgeführt. Außerdem wurde das annähernde Verhältnis (am Erzstoß) von Kupferkies : Pyrit ermittelt.

Das Südrevier zeigt wie der Mitterberger Hauptgang ebenfalls drei Vererzungsgenerationen, nur mit dem Unterschied, daß im Südrevier der Gersdorffit-Ullmannit fast gänzlich durch Glanzkobalt ersetzt wird. Weiterhin beträgt das durchschnittliche Verhältnis (am Erzstoß) von Kupferkies : Pyrit = 5 : 1 wie im Mitterberger Hauptgang.

Im Gegensatz zum Mitterberger Hauptgang und zum Südrevier, in denen drei Vererzungsgenerationen festgestellt werden konnten, ist das paragenetische Bild im Buchbergrevier andersartig.

Auffallend ist der hohe Pyritgehalt des Buchbergganges; das Verhältnis Kupferkies : Pyrit beträgt dort 1 : 1. Umwandlungen von Pentlandit in Millerit, wie sie im Mitterberger Hauptgang so häufig vorkommen, konnte ich an Erzen des Buchbergganges unter dem Mikroskop nicht beobachten; außerdem scheint auch das Fahlerz zu fehlen. Während im Mitterberger Hauptgang der Hochtemperaturkupferkies II die Mineralien der Vererzungs-

generation I verdrängt, trifft dies im Buchberggang nicht zu, obwohl Hochtemperaturkupferkies ansteht. Als verdrängender Kupferkies tritt nur der Kupferkies III auf.

Vergleichsanalysen aus der Pyritlagerstätte Schwarzenbach bei Dienten (westlich von Mühlbach) zeigten dieselbe Paragenese wie der Buchberggang; auch dort ist das Verhältnis Kupferkies : Pyrit annähernd 1 : 1.

Neben den paragenetischen Unterschieden zwischen dem Mitterberger Hauptgang und dem Südrevier einerseits und dem Buchberggang und der Pyritlagerstätte Schwarzenbach bei Dienten andererseits zeigt der Bertagang (Abb. 7) wiederum eine abweichende Paragenese.

Der Bertagang führt vorwiegend Fahlerz mit Skutterudit und gediegen Gold neben geringen Anteilen an Kupferkies sowie an Pyrit. Vergleichsuntersuchungen in der Fahlerzlagerstätte Röhrerbühl bei Kitzbühel ergaben nahezu die gleiche Paragenese; auch das Verhältnis Kupferkies : Pyrit = 8 : 1 trifft sowohl für den Bertagang als auch für die Fahlerzlagerstätte Röhrerbühl zu.

Aus den vergleichenden Untersuchungen muß der Schluß gezogen werden, daß die Vererzungsgeneration I des Mitterberger Hauptganges nicht allein nur Pyrit und seine Begleiter förderte und die Vererzungsgeneration II nur Kupferkies mit Gangarten brachte, sondern daß die Vererzungsgeneration I vorwiegend Pyrit mit Begleitmineralien neben geringen Anteilen an Kupferkies zum Absatz brachte und daß die Vererzungsgeneration II vorwiegend aus Kupferkies neben geringen Pyritanteilen bestand.

Im Buchberggang scheint nur die Vererzungsgeneration I auskristallisiert zu sein, während die Vererzungsgeneration II fehlt. Dasselbe gilt auch für die Pyritlagerstätte Schwarzenbach bei Dienten.

Bei der Vererzungsgeneration II kann wiederum unterschieden werden zwischen einer kupferkies-reichen und einer fahlerz-reichen Vererzungsgeneration II. Die letztere entspricht der des Bertaganges im Nordrevier und des Röhrerbühler-Gangzuges, die erstere der des Mitterberger Hauptganges.

323 Die Hämatit-Magnetit-Paragenese

Charakterisierend für die Hämatite-Magnetite ist:

1. Die Hämatite-Magnetite sind altersmäßig jünger als die Minerale der Vererzungsgeneration II und älter als die der Vererzungsgeneration III (Abb. 23, 24).
2. Neben Magnetit am Kontakt „Diabas“-Erzgang, treten Hämatite-Magnetite nur in der obersten Teufe des Mitterberger Hauptganges auf.

Ist schon die altersmäßige Stellung der Hämatit-Magnetit-Paragenese zwischen der Vererzungsgeneration II und der Vererzungsgeneration III bemerkenswert, so ist noch auffallender, daß diese Paragenese nur in den obersten Teufen des Mitterberger Hauptganges zum Absatz kam und nicht auch ihre Spuren in tieferen Teufen — abgesehen von Bereichen, in denen Diabasgänge die Erzgänge durchsetzen — hinterließ.

BÖHNE (1931) stellt die Hämatit-Magnetit-Paragenese in die junge Querganggruppe. Die Entstehung dieser Paragenese erklärt BÖHNE (1931) einmal durch Einwirkung deszendenter salziger Lösungen und andererseits beruft sich BÖHNE (1931) auf HUTTENLOCHNER (1925), der die Entstehung der Hämatit-Magnetit-Paragenese auf einen Reduktionsvorgang zurückführt. Dieser Reduktionsvorgang wurde nach HUTTENLOCHNER (1925) von aufsteigenden sulfidisch-arsenidischen Erzlösungen sowie von den durch die alpine Tektonik bedingten Temperatur- und Drucksteigerungen begünstigt.

Beide Deutungen befriedigen nicht. Die deszendente Deutung von BÖHNE (1931) klärt nicht die Entstehung des Magnetits, der von mir in den obersten Teufen neben dem Hämatit festgestellt wurde. Außerdem bleibt offen, warum nicht auch der Ankerit III, der eindeutig den Hämatit sowie den Magnetit umschließt, in Hämatit umgewandelt wurde. Bei der Deutung nach HUTTENLOCHNER (1925) ergibt sich die Frage, warum der Reduktionsvorgang nur auf die obersten Teufen beschränkt sein soll, während doch die sulfidisch-arsenidischen Erzlösungen sowie die alpine Tektonik auch in tieferen Teufen gewirkt haben. Es müßten also auch in tieferen Teufen Hämatite anstehen.

KARL (1953) kam bei der Untersuchung des Verhältnisses „Diabas“ : Vererzung zu dem Ergebnis, daß die Platznahme dieses Ganggesteines zwischen zwei Vererzungsphasen erfolgte. Dieses Ergebnis kann ich bestätigen, denn der Diabas durchsetzt die Vererzungsgenerationen I und II, während die Vererzungsgeneration III den Diabas durchsetzt (Abb. 26).

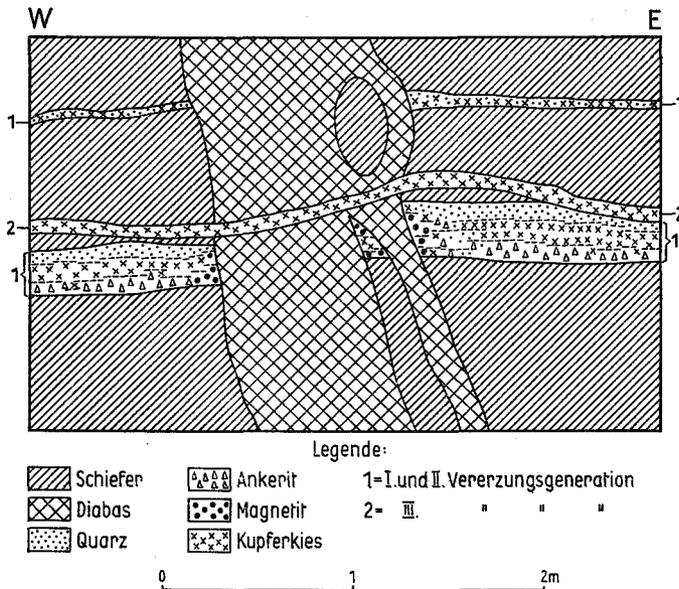


Abb. 26: Gegenseitiges Durchsetzen von Diabas- und Erzgängen im Bereich $\frac{1}{2}$ 7. — 6. Sohle, Mitterberger Hauptgang, 870 m westlich vom Westschacht. (Gangbild am nördlichen Ulm, Erzgänge: EW/70 S, Diabasgang: 10 E/80 E.)

Weiterhin stellte KARL (1953) im Rahmen dieser Untersuchungen fest, daß es in den Kreuzungsbereichen Diabas : Erzgang zu Magnetitbildungen und zwar sowohl im Erzgang als auch im Diabas kam. Diese Magnetite sind an Karbonatholoblasten gebunden. Auch dieses Ergebnis von KARL (1953) kann ich bestätigen, allerdings mit der Einschränkung, daß ich nur dann Magnetite beobachten konnte, wenn der Diabas die Vererzungsgeneration I und die Vererzungsgeneration II durchsetzt; die Magnetite dagegen fehlen, wenn die Vererzungsgeneration III den Diabas durchsetzt.

Diese Beobachtungen lassen den Schluß zu, daß die Magnetite durch Kontaktumwandlung aus Karbonaten der Gangart entstanden sind.

Übertragen auf die Hämatit-Zone, in der die Hämatite ebenfalls aus den Magnetiten (Abb. 23 und Abb. 24) entstanden sind, war anzunehmen, daß auch diese Magnetite durch mögliche Deckenergüsse, deren Zufuhrkanäle die Diabasgänge waren, gebildet wurden. Während in den tieferen Teufen des Mitterberger Hauptganges in den Bereichen der Diabasintrusionen die Fe-führenden Gangkarbonate (Ankerit) nur in Magnetit umgewandelt wurden, bestand die Vermutung, daß es in den obersten Teufen des Mitterberger Hauptganges nicht nur zu einer Umwandlung im Magnetit, sondern zusätzlich zu einer Erhitzungsmartitisierung in oxydischer Atmosphäre kam, sodaß sich in diesem obersten Bereich des Mitterberger Hauptganges sogleich aus Magnetiten Hämatite bilden konnten. Bekannt sind solche Bildungen in Bereichen von Lavaströmen und in Schlacken von Hochöfen; auch RAMDOHR (1960) weist auf solche Umwandlungen hin.

Diese Vermutung konnte aber nicht bewiesen werden, weil einerseits weder im Hangenden der Hämatit-Zone Deckenergüsse festgestellt werden konnten und andererseits es unwahrscheinlich ist, daß die Temperaturen, die für die Umwandlung von eisenführenden Ankeriten in Magnetite nötig sind, bis zu 60 m Teufe (seigere Höhe der Hämatit-Zone) hinabgereicht haben.

Es muß daher offen gelassen werden und einer späteren Bearbeitung vorbehalten bleiben, wie die Bildung der Magnetit-Hämatite in den obersten Teufenzonen erfolgte und warum die Magnetite-Hämatite nur in der obersten Teufenzone und nicht schon in einer tieferen Zone zum Absatz kamen.

324 Ergebnisse aus der Verknüpfung der Einzelminerale zu Vererzungsgenerationen

Hinsichtlich der Verknüpfung der Einzelminerale zu Vererzungsgenerationen wurden folgende Ergebnisse erzielt:

1. Im Gegensatz zu BÖHNE (1931), der eine ältere Ganggruppe mit vier verschiedenen alten Generationen und eine junge Querganggruppe mit drei Paragenesen unterscheidet, konnte ich drei verschieden alte Vererzungsgenerationen feststellen.

Die Vererzungsgeneration I (älteste) führt vorwiegend Nickelminerale, die als Nickelsulfide und als Nickelarsenide vorliegen, wobei selbst der Pyrit sehr stark nickelführend ist (Pyrit mit Zonenbau).

Die Vererzungsgeneration II (jünger), die sich nur deshalb gegenüber der Vererzungsgeneration I als zeitlich jünger erwies, weil unter

ihrer hydrothermalen Einwirkung Minerale der Vererzungsgeneration I umgewandelt wurden, ist charakterisiert durch den Hochtemperaturkupferkies und durch die Masse der Gangarten.

Die Vererzungsgeneration III (jüngste) führt niedrigtemperiertgebildeten Kupferkies sowie junge Gangarten.

2. Weiterhin wurde festgestellt, daß im Mitterberger Hauptgang alle drei Vererzungsgenerationen anstehen, während in den Lagerstätten Buchberg und Schwarzenbach nur die Vererzungsgeneration I und die Vererzungsgeneration III beobachtet werden konnten. Ein Vergleich mit der Fahlerzlagerstätte Röhrerbühl erbrachte, daß die Vererzungsgeneration II als kupferkiesreiche oder als fahlerzreiche Vererzung auftreten kann.

330 Die Erzverteilung im Mitterberger Hauptgang nach erzmikroskopischen Ergebnissen

Auf Grund der Verteilung der Erzminerale im Mitterberger Hauptgang läßt sich dieser in verschiedene Teufenbereiche untergliedern. Es sind dabei folgende Minerale zu unterscheiden:

1. Minerale, die nur in einer bestimmten Teufe auftreten;
2. Minerale, die in jeder Teufe beibrechen können, aber dann nur sporadisch vorhanden sind;
3. Minerale, die in jeder Teufe auftreten, aber mengenmäßig in den verschiedenen Teufen vor- oder zurücktreten;
4. Minerale, als Durchläufer in allen Teufen.

Zur Charakterisierung einer Teufenlage sind nur solche Minerale geeignet, die auf einen bestimmten Teufenbereich beschränkt sind.

Im Mitterberger Hauptgang sind solche Minerale: Hämatit, Maucherit, Millerit und „zonare Pyrite“ (Abb. 27).

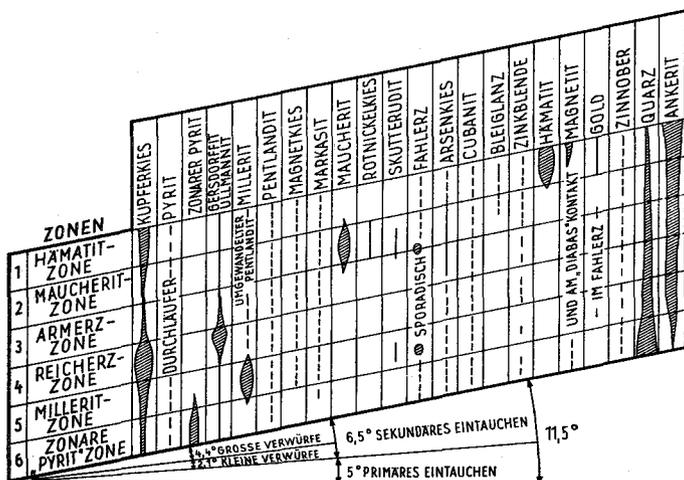


Abb. 27: Die Teufenverteilung der Minerale im Mitterberger Hauptgang.

Werden im Mitterberger Hauptgang die nachgewiesenen Vorkommen von Hämatit verbunden, so ergibt das eine „Hämatit-Zone“, die nach Westen einschiebt (Abb. 28). Parallel zu ihr schieben die in gleicher Weise festgestellten Zonen ein, die sich aus der jeweiligen Verbindung der Vorkommen von Maucherit, Millerit und „zonare Pyrite“ ergeben und entsprechend Maucherit-Zone, Millerit-Zone und „zonare Pyrit“-Zone genannt werden.

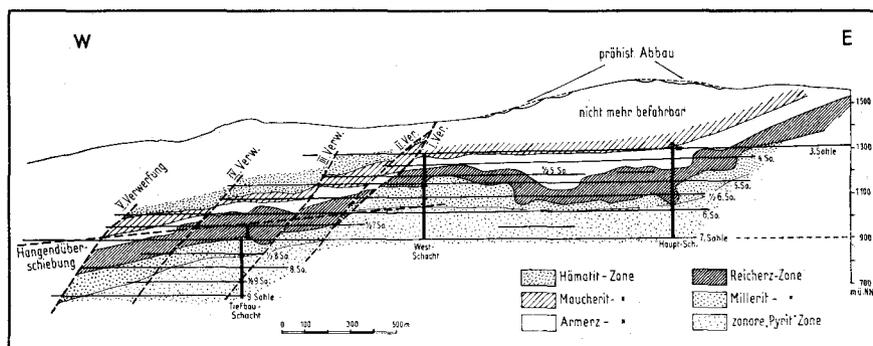


Abb. 28: Die Zonen des Mitterberger Hauptganges.

Weiterhin wurde eine Abgrenzung einer Reicherz- gegen eine Armerz-Zone vorgenommen, die auf unterschiedlichem Kupferkiesgehalt basiert.

Aus Abb. 27 sind das Auftreten und das mengenmäßige Vorkommen in den Zonen zu entnehmen; die Abgrenzung und das Einschieben der Zonen sind aus Abb. 28 zu ersehen.

331 Hämatit-Zone

Die Hämatit-Zone ist über Tage durch die Ausbisse und in der Teufe von der Maucherit-Zone begrenzt. Im Westfeld, in dem der Mitterberger Hauptgang nicht mehr bis über Tage durchsetzt, ist das Auftreten von Hämatit ein sicheres Zeichen dafür, daß der Gang in Richtung Firste sich bald dem Ausgehenden nähert.

Obwohl in dieser Zone alle drei Vererzungsgenerationen anstehen, ist auffallend, daß die Minerale der Vererzungsgeneration I mengenmäßig sehr zurücktreten. Während „zonare Pyrite“ und Maucherit, sowie Skutterudit und Rotnickelkies ganz fehlen, sind Gersdorffit-Ullmannit nur selten anzutreffen.

Kupferkies der Vererzungsgeneration II dagegen ist reich vorhanden. Außerdem führt dieser Kupferkies auch gediegen Gold (bis zu max. 1.5 g/t Haufwerk). Hämatit ist im allgemeinen das jüngste Mineral dieser Zone, außer es stehen Minerale der Vererzungsgeneration III an, die dann als aktive Verdränger auftreten (Abb. 23, 24). Auffallend in der Hämatit-Zone ist weiterhin, daß deszendente Minerale kaum angetroffen werden. Kupferglanz und Malachit aus dieser Zone stammen von älteren Funden.

332 Maucherit-Zone

Diese Zone ist charakterisiert durch den hervorstechenden Maucherit-Gehalt, der bis zu 0,8—1,0% des Haufwerkes beträgt. Außerdem führt diese Zone in geringen Anteilen Rotnickelkies und Skutterudit. Auch hier ist der Gersdorffit-Ullmannit-Gehalt verschwindend gering, sodaß die in dieser Zone anstehenden Nickel-Mineralen fast ausschließlich als Nickelarsenide vorliegen. Im Vergleich zur Hämatit-Zone ist der Kupferkiesgehalt abnehmend, abgesehen von lokalen Anreicherungen, die aber dann vorwiegend aus Kupferkies der Vererzungsgeneration III bestehen.

In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, daß der Kupferkies der Vererzungsgeneration II mengenmäßig konstant gleichbleibend über größere Flächenerstreckungen anhält, während es eine charakteristische Eigenschaft des Kupferkieses der Vererzungsgeneration III ist, sporadisch und dann in großen Mengen aufzutreten. Diese Eigenschaft des Kupferkieses der Vererzungsgeneration III wurde in allen Teufenbereichen des Mitterberger Hauptganges festgestellt, besonders aber in den oberen und mittleren Teufenlagen.

333 Armerz-Zone

Abgesehen von lokalen Anreicherungen von Mineralien der Vererzungsgeneration III führt die Armerz-Zone nur in geringen Mengen Kupferkies, Pyrit und Gersdorffit-Ullmannit. Diese mineralarme Zone wird von weißen, quellfähigen Phylliten begleitet, die besonders schön ausgebildete Arsenkies-Kristalle führen.

Noch in jüngeren Bergbauberichten wurde angenommen, daß die Lagerstätte an dieser Zone gegen die Firste hin begrenzt sei, weil nach herrschender Ansicht die quellfähigen Phyllite den azendenten, hydrothermalen Lösungen den Weg versperrt haben sollten. HIESLEITNER sprach noch 1950 in einem betriebsinternen Gutachten diese Zone als „Stauhorizont“ an, was sehr nahe lag, weil die in die Teufe anschließende Zone sehr gut erzführend ist. Auch BÖHNE (1931) beschrieb eine solche Armerzzone und erwähnte ihr westliches Einschieben.

Die Aufschlüsse in jüngster Zeit erbrachten, daß im Bereich der Armerz-Zone tatsächlich auffallend geringe Mengen an Erzen zum Absatz kamen und daß darüber hinaus diese Zone tektonisch besonders stark zerquetscht und verdrückt ist. Begrenzt wird allerdings der Mitterberger Hauptgang durch diese Zone nicht, wie die darüberliegenden Hämatit- und Maucherit-Zonen beweisen.

334 Reicherz-Zone

Der Reichtum an Kupferkies (8—10% am Erzstoß) dominiert in dieser Zone; Gersdorffit-Ullmannit sind mit durchschnittlich 0,8% und Pyrit mit 0,2—0,3% am Erzstoß vertreten. Die obere Teufe dieser Zone ist charakterisiert durch Gersdorffit-Ullmannit-Reichtum (6—7% am Erzstoß).

Der Kupferkies gehört im allgemeinen der Vererzungsgeneration II an; in besonders edlen Gangpartien dagegen tritt neben dem Kupferkies

der Vererzungsgeneration II auch Kupferkies der Vererzungsgeneration III in sehr unterschiedlichen Mengen auf.

Weiterhin ist in dieser Zone schon eine deutliche Abnahme der karbonatischen Gangart festzustellen, während der Quarz mengenmäßig zunimmt.

335 Millerit-Zone

Gersdorffit-Ullmannit sind in dieser Zone fast ganz durch Millerit ersetzt (Millerit durchschnittlich 0.2—0.3% am Erzstoß). Der Gehalt an Pyrit, besonders der des „zonaren Pyrit“, steigt an (durchschnittlich 0.8%), während der des Kupferkieses fällt. Die Mengenanteile an Karbonat und Quarz sind etwa gleich.

336 „Zonare Pyrit“-Zone

Das Verhältnis Karbonat : Quarz verschiebt sich in dieser Zone weiterhin zu Gunsten des Quarzes. In derselben Weise tritt auch Kupferkies mengenmäßig noch weiter zurück, während die „Pyrite“ zunehmen.

Die Assoziation Gersdorffit-Ullmannit existiert nicht mehr, dafür herrschen die „zonaren Pyrite“ (durchschnittlich 6% am Erzstoß) in dieser Zone vor.

337 Teufenunterschied im Mitterberger Hauptgang

Die Teufenunterschiede im Mitterberger Hauptgang sind durch die sechs Zonen vorgezeichnet.

Chemisch gliedern sich die Teufenunterschiede vom Ausbiß des Mitterberger Hauptganges bis zur tiefsten geologischen Teufe in eine Fe-reiche Zone, in eine Arsenid-, Arsenidsulfid-, Sulfid- und in eine Arsenidsulfidzone, wobei die letztere sich von der ersten Arsenidsulfidzone durch die Art der Verwachsung und durch den größeren Anteil an Fe gegenüber Ni unterscheidet.

Darüberhinaus steigt bei zunehmender Teufe der Quarzgehalt an, während die karbonatische Gangart abnimmt.

338 Lateraler Unterschied im Mitterberger Hauptgang

Ein lateraler Unterschied im Mitterberger Hauptgang ist durch das Einschieben der sechs Zonen nach Westen gegeben.

Das Einschieben der sechs Zonen in den durch vier Hauptverwürfe gegliederten Bereichen ist aus Abb. 29 zu ersehen. Dabei herrschen im Bereich I die W-fallenden Verwürfe stark vor, im Bereich III die E-fallenden, während in den übrigen Bereichen E- und W-fallende in annähernd gleicher Zahl auftreten.

Die Bereiche II, IV und V zeigen somit etwa das ursprüngliche, durch Störungen am geringsten veränderte Einschieben, das „primäres Eintauschen“ genannt werden soll.

Das zusätzlich steilere Einschieben nach Westen, das durch W-fallende Verwürfe verursacht wird, soll, im Gegensatz zum „primären Eintauchen“, „sekundäres Eintauchen“ genannt werden.

Während das „primäre Eintauchen“ nach Westen im Mitterberger Hauptgang 5° beträgt, konnte ein „sekundäres Eintauchen“ von 6.5° durch Konstruktion nachgewiesen werden. 4.4° oder 170 m entfallen davon nach Berechnung und Konstruktion auf die Gesamtverwurfshöhe des I., II., III. und IV. Hauptverwurfes, der Rest (2.1°) auf W-fallende Verwürfe mit kleineren Verwurfshöhen.

„Primäres und sekundäres Eintauchen“ müssen besonders bei Untersuchungsarbeiten scharf getrennt werden, weil das „primäre Eintauchen“ konstant bleibt, während das „sekundäre Eintauchen“ sich ändern kann.

Bereich	Einschieben der 6 Zonen nach Westen
I östlich des I. Hauptverwurfes	$10,4^\circ$
II zwischen I. und II. Hauptverwurf	$5,3^\circ$
III zwischen II. und III. Hauptverwurf	$2,7^\circ$
IV zwischen III. und IV. Hauptverwurf	$6,0^\circ$
V westlich des IV. Hauptverwurfes	$4,0^\circ$

Abb. 29: Einschieben der 6 Zonen in den durch 4 Hauptverwürfe gegliederten Bereichen.

339 Ergebnisse der erzmikroskopischen Kartierung

Die erzmikroskopische Kartierung des Mitterberger Hauptganges führte zu folgenden Ergebnissen:

1. Auf Grund von Mineralien, die nur in einer bestimmten Teufenlage auftreten, konnte ich den Mitterberger Hauptgang in sechs Zonen untergliedern. An die Hämatit-Zone, die teilweise über Tage ausbeißt, schließen in Richtung Teufe die Maucherit-, Armerz-, Reicherz-, Millerit- und als unterster Teufenbereich die „zonare Pyrit“-Zone an.

Ein primärer Teufenunterschied im klassischen Sinne liegt nicht vor, wohl aber dürfte diese Zonengliederung des Mitterberger Hauptganges in Zukunft die Untersuchungsarbeiten unter Tage erleichtern.

2. Weiterhin konnte ich feststellen, daß die Zonen im Durchschnitt mit 11.5° nach W in die Teufe einschieben. Nach Abzug der Verwurfshöhen der W-fallenden Verwürfe (sekundäres Eintauchen) kam ich zu dem Ergebnis, daß die Zonen schon in ihrer primären Anlage mit 5° gegen W eintauchen. Dies bedeutet, daß der EW-streichende Mitterberger Hauptgang entweder schon vor irgendeiner tektonischen Beanspruchung mit 5° gegen W einschob, oder daß der

Mitterberger Hauptgang in seiner ganzen streichenden Erstreckung, einschließlich des umgebenden Nebengesteines, en bloc um 5° aus der Horizontalen gegen W gekippt wurde.

400 Die Tektonik der Mitterberger Kupferkieslagerstätte

In der tektonischen Übersicht (Abschnitt 122, S. 12 ff.) wurden die Ergebnisse früherer tektonischer Untersuchungen wiedergegeben.

In der jüngsten vorliegenden Arbeit, die sich mit der Tektonik von Mitterberg befaßt, kam KARL (1953) zu folgenden Ergebnissen:

1. KARL (1953) erkannte drei sichere alpidische Formungsakte mit BEW 15 W, B N 70 W 20 W und wahrscheinlich N 60—70 E horizontal. Paratektonisch zu diesen tektonischen Vorgängen erfolgte nach KARL (1953) im Mitterberger Hauptgang eine schwache alpidische Vererzungsphase.
2. Die Hauptvererzung im Mitterberger Hauptgang ist nach KARL (1953) wahrscheinlich älter als die schwache alpidische Vererzungsphase.
3. Zwischen der Hauptvererzung und der schwachen alpidischen Vererzungsphase erfolgte nach KARL (1953) das gangartige Eindringen des Ergußgesteines „Diabas“. KARL (1953) folgert, daß dieses Ganggestein als unmittelbarer Erzbringer für die Hauptvererzung ausscheidet.
4. Eine voralpine Gebirgsbildung im Bereich der Grauwackengesteine konnte KARL (1953) nicht bestätigen; lediglich das Vorhandensein von Magmatismus (Diabas) und eines Anlagerungs-s sind nach KARL (1953) die einzigen sicheren Anzeichen für Vorgänge vor den drei als alpin analysierten Teilformungsakten.

Meine erzmikroskopische Neubearbeitung der Mitterberger Lagerstätte bestätigt die tektonischen Ergebnisse von KARL (1953) in folgenden Punkten:

1. Die erzmikroskopische Bearbeitung unterscheidet eine I., II. und III. Vererzungsgeneration. KARL (1953) trennt in eine Hauptvererzung und in eine jüngere schwach alpidische Vererzungsphase. Die I. und II. Vererzungsgeneration würden demnach der Hauptvererzung und die III. Vererzungsgeneration der alpidischen Vererzungsphase entsprechen.
2. Erzmikroskopisch wurde dem „Diabas“ die Altersstellung zwischen der II. und III. Vererzungsgeneration zugewiesen. Dieselbe Altersstellung ergab sich auf Grund der tektonischen Analyse nach KARL (1953).

Bei einem Vergleich der tektonischen Ergebnisse nach KARL (1953) mit meiner erzmikroskopischen Neubearbeitung ist vorerst erwiesen:

1. Im Bereich der Mitterberger Lagerstätte existiert eine alpine Vererzung. Sie wurde von mir erzmikroskopisch als III. Vererzungsgeneration festgelegt; KARL (1953) charakterisiert sie als schwache alpidische Vererzungsphase.

2. Die „Diabas“-Intrusion ist älter als die alpine Vererzung.
3. Die Hauptvererzung des Mitterberger Hauptganges (Hauptvererzung nach KARL (1953) entspricht der I. und II. Vererzungsgeneration nach BERNHARD) ist ihrerseits wiederum älter als die „Diabas“-Intrusion.

Aufgabe der neu durchzuführenden tektonischen Analyse soll es daher sein, die von KARL (1953) durchgeführte tektonische Analyse in den zwischenzeitlich neu aufgefahrenden Grubenfeldern zu ergänzen, um in einer anschließenden erzmikroskopisch-tektonischen Betrachtung die Hauptvererzung (I. und II. Vererzungsgeneration) sowie die alpidische Vererzungsphase (III. Vererzungsgeneration) eingehend untersuchen zu können.

410 Bemerkungen zur Arbeitsmethode

Im Bereich der Mitterberger Lagerstätte wurden unter Tage gemessen:

- a) Schichtungsflächen (S);
- b) Schieferung;
- c) Fältelungs-B (B-Achsen);
- d) Klüfte (K);
- e) Gangflächen (G).

Arbeitstechnisch wurde folgendermaßen vorgegangen: Wie von KARL (1953) bereits schon vorher vorgeschlagen und ausgeführt, wurde von mir auf jeder Sohle im Abstand von 100 m ein Meßpunkt festgelegt. Die im Mitterberger Hauptgang gemessenen Daten sind in Abb. 30 eingetragen.

Die Einzeldiagramme wurden sodann sohlenweise zu Teilsammeldiagrammen einmal in bezug auf gleiche B-Achsen-Richtungen (Abb. 31) und außerdem in bezug auf gleiche Kluftgefüge zusammengezogen.

Aus den Teilsammeldiagrammen in Abb. 31 ergaben sich dann die homogenen Bereiche des Mitterberger Hauptganges, die im Raumbild (Abb. 32) als B- bzw. als K-homogene Raumkörper dargestellt werden.

420 Analyse der B-Achsengefüge

Die Ermittlung dieser Gefügedaten erfolgte durch Visurmessung und durch Ablesen von orientiert entnommenen Handstücken. Auf Handstücken mit zwei B-Achsenrichtungen wurde die „überprägte“ als die ältere und die „aufgeprägte“ als die jüngere B-Achse angesprochen.

Sohlenweise wurden jene Einzeldiagramme zu Teilsammeldiagrammen (Abb. 31) zusammengefaßt, die in bezug auf ihre vorherrschenden B-Achsenrichtungen ähnlich waren. Ich konnte dabei auf den verschiedenen Sohlen folgende homogenen Teilbereiche mit folgenden B-Achsen-Maxima feststellen (vgl. Abb. 31):

5. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

1. homogener Bereich (D 5/1—D 5/5): 88 E 12 W
2. homogener Bereich (D 5/6—D 5/9): 62 E horizontal
3. homogener Bereich (D 5/10—D 5/12): 88 E 17 W
4. homogener Bereich (D 5/13—D 5/19): 108 E 20 W

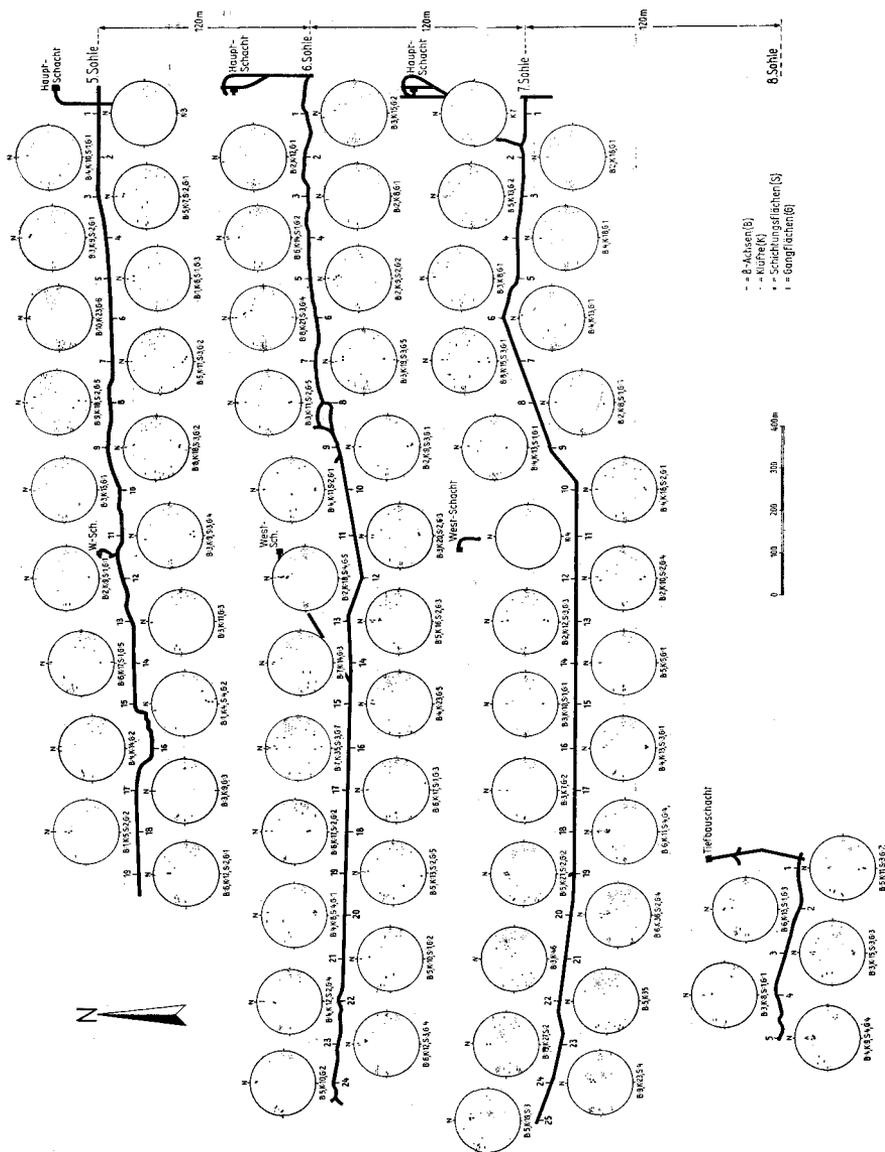


Abb. 30: Gefügedaten des Mitterberger Hauptganges.

6. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

1. homogener Bereich (D 6/1—D 6/13) : 90 E 15 W
2. homogener Bereich (D 6/14—D 6/16) : 66 E horizontal
3. homogener Bereich D 6/17—D 6/24) : 108 E 14 W

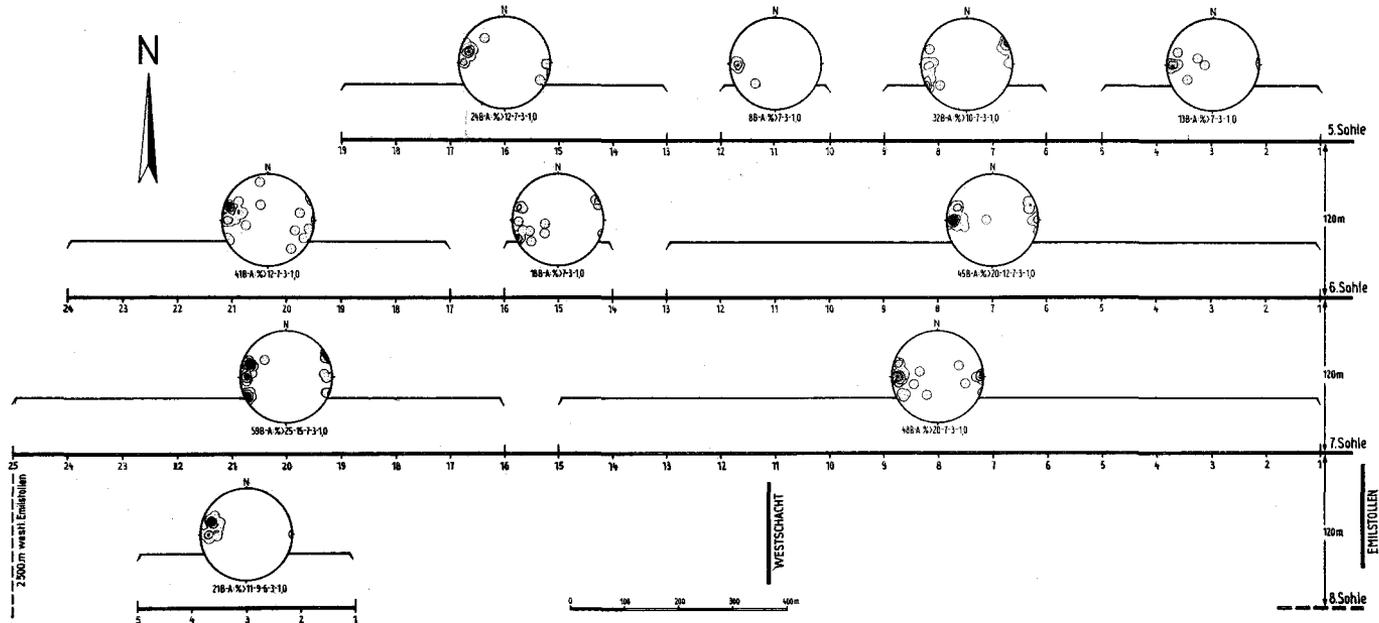


Abb. 31: B-homogene Teilbereiche im Mitterberger Hauptgang.

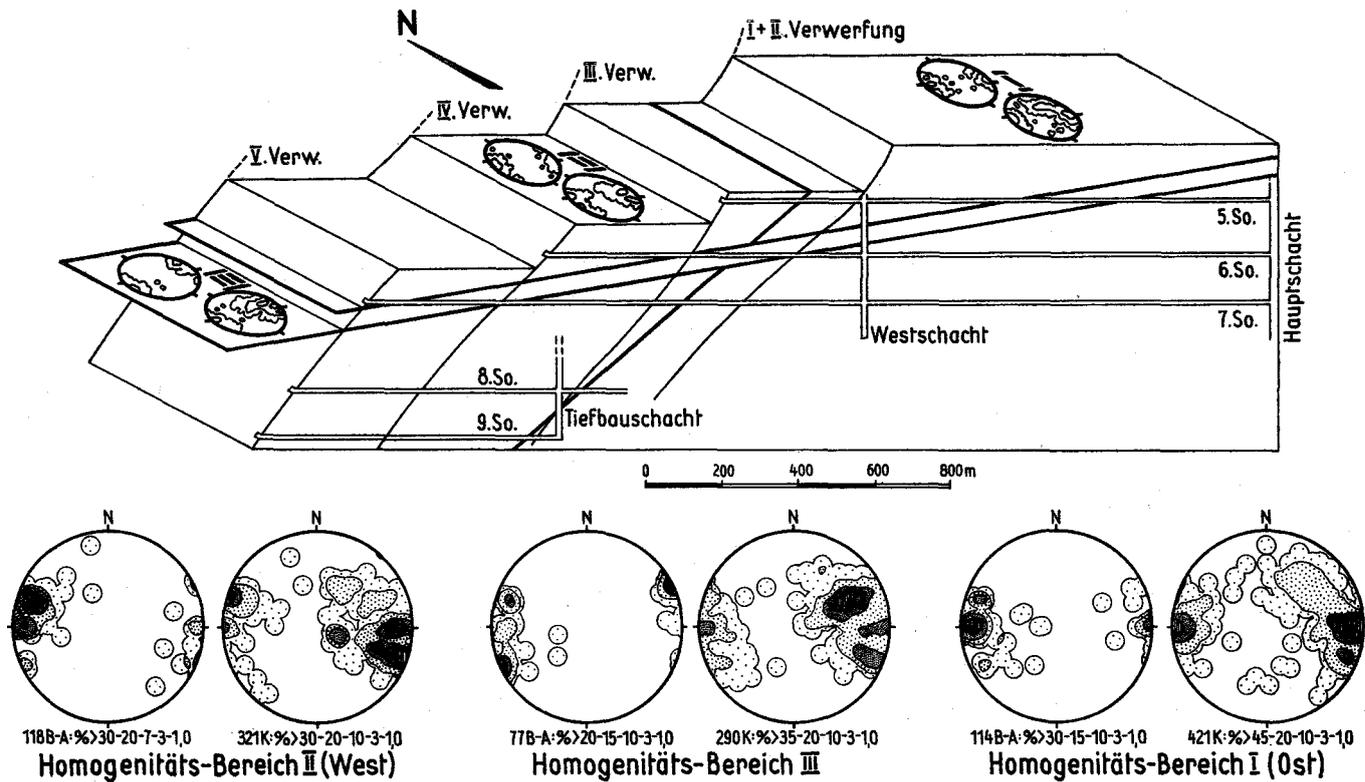


Abb. 32: Tektonisches Raumbild des Mitterberger Hauptganges.

7. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

1. homogener Bereich (D 7/1—D 7/15) : 90 E 14 W
2. homogener Bereich (D 7/16—D 7/25) : 110 E 16 W

8. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

Ein homogener Bereich (D 8/1—D 8/5) : 110 E 20 W

Ein Vergleich der B-Achsen-Maxima untereinander zeigt, daß im Bereich des Mitterberger Hauptganges drei vorherrschende B-Achsen-Maxima und damit drei B-Pläne anstehen:

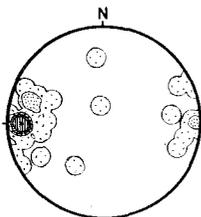
- Plan-B₁ : 90 E 15 W
- Plan-B₂ : 110 E 20 W
- Plan-B₃ : 60—70 E horizontal

Altersmäßig entsprechen sie der Reihenfolge: B₁—B₂—B₃ (= älter zu jünger).

Im Westen des Mitterberger Hauptganges herrschen, wie die Abb. 31, S. 52 und Abb. 32, S. 53 zeigen, der Plan B₂ 110 E 20 W vor, im Osten der Lagerstätte dagegen der Plan B₁ 90 E 15 W. Diagonal von Westen nach Osten ansteigend wird die Lagerstätte von einer Zone durchzogen, in deren Bereich der Plan B₃ 60—70 E horizontal hervortritt.

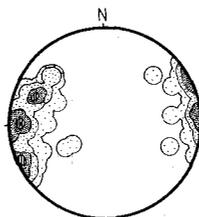
Neben dem Mitterberger Hauptgang wurden die B-Achsen auch im Emilstollen, im Südevier und in der Lagerstätte Buchberg eingemessen.

Während im Emilstollen (Abb. 33) und im Südevier (Abb. 34) der Plan B₁ 90 E 15 W vorherrscht, sind im Buchberg (Abb. 35) alle drei Pläne, nämlich B₁ 90 E 15 W, B₂ 110 E 20 W und B₃ 60—70 E horizontal an allen Meßstellen mit etwa gleicher Intensität vertreten; eine Aufgliederung in homogene Bereiche in bezug auf B war daher im Bereich des Buchbergganges nicht möglich.



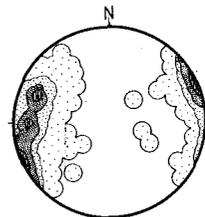
42B-A-%>14-10-5-3-10

Abb. 33



103B-A-%>18-13-5-3-10

Abb. 34



217B-A-%>24-18-6-3-10

Abb. 35

Abb. 33: Diagramm der im Emilstollen eingemessenen B-Achsen.

Abb. 34: Diagramm der im Südevier eingemessenen B-Achsen.

Abb. 35: Diagramm der im Buchberg eingemessenen B-Achsen.

Ein Vergleich des Mitterberger Hauptganges mit dem Buchberggang zeigt, daß die drei Verformungspläne mit B₁, B₂ und B₃ den Mitterberger Hauptgang regional verschieden stark in Anspruch nahmen (vgl. Abb. 31 und Abb. 32), während der gesamte Buchberggang von allen drei Verformungsplänen mit gleicher Intensität beansprucht wurde.

430 Analyse der Klüfte (K)

Die Klüfte im Mitterberger Hauptgang wurden in derselben Weise statistisch erfaßt und ausgewertet wie die B-Achsen (vgl. Abb. 30).

Die sohlenweise Zusammenfassung der im Mitterberger Hauptgang eingemessenen Klüfte zeigt folgende vorherrschende Kluftrichtungen (Abb. 36):

1. Im Bereich der 5. Sohle: NS 80 W und 21 E 81 W;
2. im Bereich der 6. Sohle: NS 82 W;
3. im Bereich der 7. Sohle: NS 71 W;
4. im Bereich der 8. Sohle: 21 E 53 W.

Wenn damit auch die Hauptkluftrichtungen im Mitterberger Hauptgang festgestellt waren, so wurde darüber hinaus noch versucht, sohlenweise die Klüfte jener Einzeldiagramme (Abb. 30) zu Teilsammeldiagrammen (Abb. 36) zusammenzuziehen, die auf Grund ihrer Homogenität in bezug auf K eine Zusammenfassung erlaubten. Die so erarbeiteten homogenen Teilbereiche in bezug auf K zeigen auf den verschiedenen Sohlen folgende Kluffmaxima (vgl. Abb. 36):

5. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

1. homogener Bereich (D 5/1—D 5/5): 1 E 72 W
2. homogener Bereich (D 5/6—D 5/9): 149 E 48 W
3. homogener Bereich (D 5/10—D 5/12): 1 E 86 W
4. homogener Bereich (D 5/13—D 5/19): 21 E 80 W

6. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

1. homogener Bereich (D 6/1—D 6/13): NS 82 W
2. homogener Bereich (D 6/14—D 6/16): 153 E 60 W
3. homogener Bereich (D 6/17—D 6/24): 19 E 80 W

7. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

1. homogener Bereich (D 7/1—D 7/15): NS 84 W
2. homogener Bereich (D 7/16—D 7/19): 20 E 71 W
3. homogener Bereich (D 7/20—D 7/23): 155 E 50 W
4. homogener Bereich (D 7/24—D 7/25): 21 E 21 W

8. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

Ein homogener Bereich (D 8/1—D 8/5): 21 E 53 W

Werden die Klüfte der einander ähnlichen homogenen Bereiche zu Sammeldiagrammen zusammengezogen, ergeben sich im Bereich des Mitterberger Hauptganges folgende Kluffmaxima, die altersmäßig der Reihe K_1 — K_2 — K_3 (= älter zu jünger) folgen:

- Kluffmaximum: K_1 NS 72—86 W
 Kluffmaximum: K_2 20 E 53—80 W
 Kluffmaximum: K_3 155 E 50—60 W

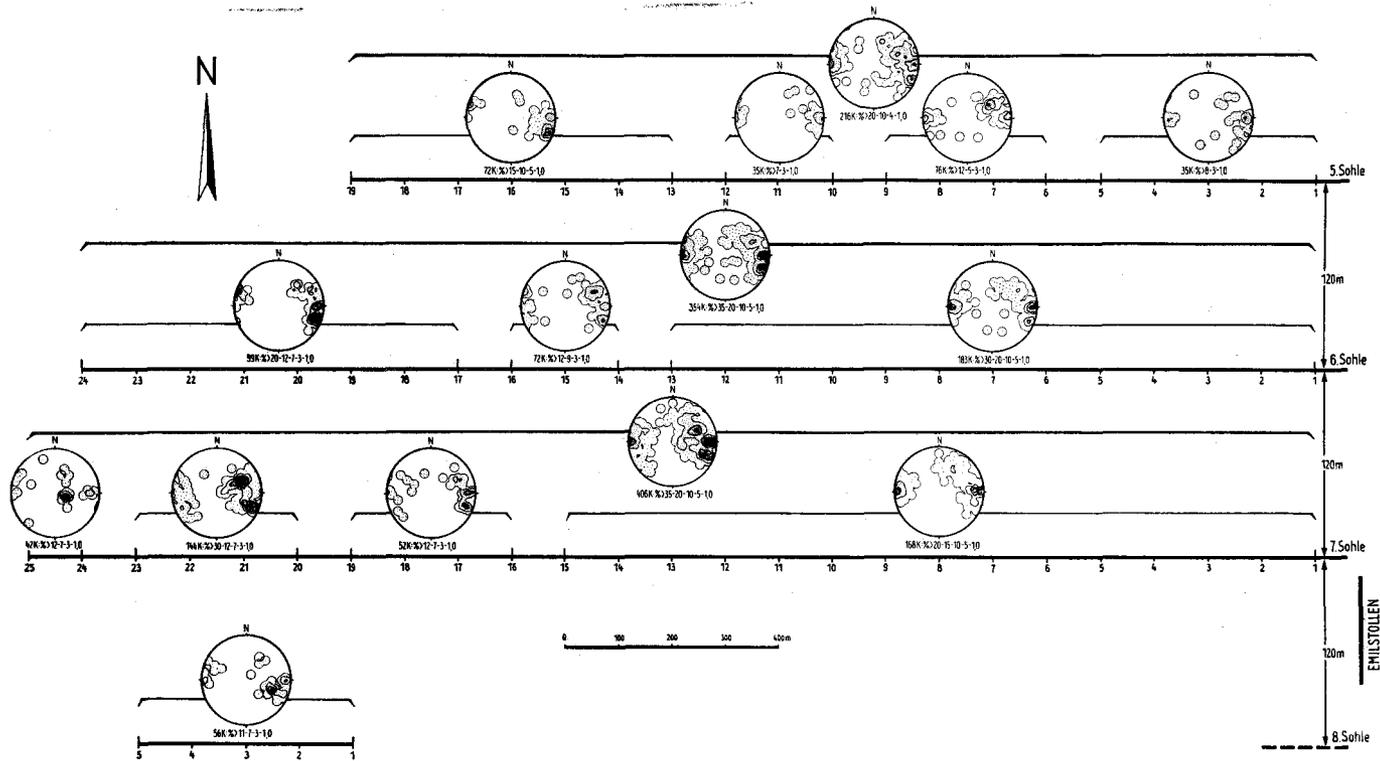


Abb. 36: Sohlenweise Zusammenfassung der im Mitterberger Hauptgang eingemessenen Klüfte und Darstellung der klufthomogenen Teilbereiche.

Bei einem Vergleich der B-Pläne mit den Klufftmaxima fällt sofort auf:

1. Das Klufftmaximum K_2 20 E 53—80 W tritt ebenso im Westen des Mitterberger Hauptganges hervor wie der B-Achsen-Plan B_2 , während im Osten der Lagerstätte das Klufftmaximum K_1 NS 72—86 W in derselben Weise vorherrscht, wie der B-Achsen-Plan B_1 . Auch das Klufftmaximum K_3 155 E 50—60 W ist vorwiegend in jenem Bereich der Lagerstätte anzutreffen, in dem schon das Vorherrschen des B-Achsen-Planes B_3 festgestellt wurde.
2. Auch die Altersfolge der Klufftmaxima $K_1—K_2—K_3$ ist ähnlich der der B-Achsen-Pläne $B_1—B_2—B_3$. Außerdem liegen die Klufftmaxima in Okl-Lage zu den B-Achsen-Plänen und teilweise sogar in ac-Lage zu den B-Achsen (vgl. Abb. 30).

Diese einander zuordnendbaren tektonischen Daten beweisen im Mitterberger Hauptgang drei zeitlich aufeinander folgende tektonische Beanspruchungen senkrecht zu den Linien der drei B-Pläne, die zu Verstellungen der Gesteinspakete parallel den drei Klufftmaxima führten.

Die im Mitterberger Hauptgang aufgezeigte Gesetzmäßigkeit hinsichtlich des Hervortretens und der Zugehörigkeit der Klufftmaxima zu den entsprechenden B-Plänen hat sich auch im Emilstollen, im Südevier und in der Buchberglagerstätte wieder bestätigt.

Im Emilstollen (Abb. 37) und im Südevier (Abb. 38) stehen analog dem vorherrschenden B-Achsen-Plan B_1 (90 E 15 W) die Klufftmaxima mit NS 72—86 W an, während im Buchberggang (Abb. 39) wieder die drei Klufftmaxima $K_1—K_2—K_3$ mit etwa gleicher Intensität anstehend beobachtet wurden.

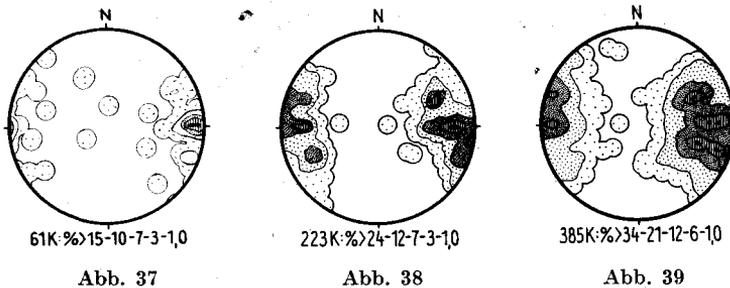


Abb. 37: Diagramm der im Emilstollen eingemessenen Klüfte.

Abb. 38: Diagramm der im Südevier eingemessenen Klüfte.

Abb. 39: Diagramm der im Buchberg eingemessenen Klüfte.

440 Analyse der Schichtungsflächen (S)

Die Schichtungsflächen wurden in derselben Weise wie die Klüfte und die B-Achsen eingemessen (Abb. 30). Die Unterscheidung von Schieferungs- und Schichtungs-S war auf Grund des stofflichen Wechsels der Schichtung möglich.

Im Gegensatz zu den festgestellten homogenen Bereichen in bezug auf B und K im Mitterberger Hauptgang konnten die Schichtungsflächen

nicht zu homogenen Bereichen in bezug auf S zusammengefaßt oder in die oben festgestellten homogenen Bereiche eingeordnet werden. Die Streichrichtung der Schichtungflächen ist im Bereich des Mitterberger Hauptganges konstant eine nahezu ost-westliche, während die Schichten teils gegen N und teils gegen S einfallen. Auf den einzelnen Sohlen wurden folgende Teilmaxima für Streichen und Fallen der Schichtflächen ermittelt (Abb. 40):

5. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

- 1. Teilmaximum: 86 E 60 N
- 2. Teilmaximum: 95 E 56 S

6. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

- 1. Teilmaximum: 84 E 55 N
- 2. Teilmaximum: 95 E 54 S

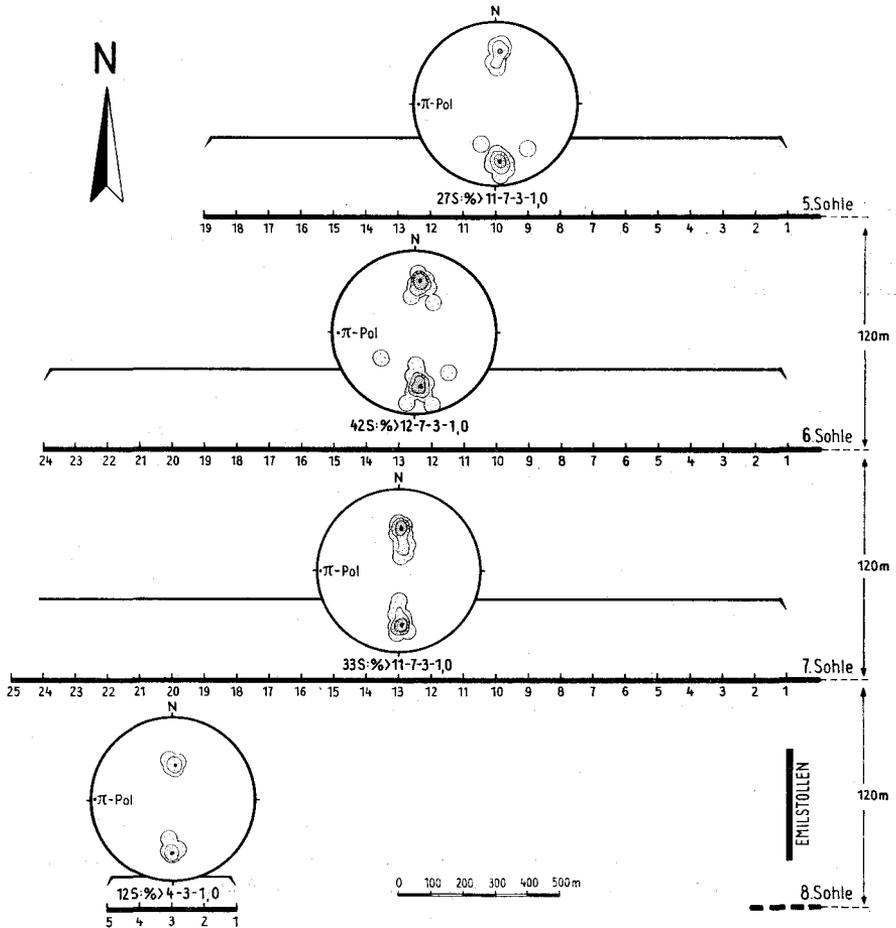


Abb. 40: Streichen und Fallen der Schichtungflächen im Bereich des Mitterberger Hauptganges.

7. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

1. Teilmaximum: 87 E 56 N
2. Teilmaximum: 92 E 43 S

8. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

1. Teilmaximum: 90 E 55 N
2. Teilmaximum: 94 E 35 S

Die Teilmaxima deuten eine Antiklinale an, deren Achsenebene sich leicht vergent gegen N neigt und deren B-Achse gegen W (zirka 5 W) eintaucht. Ob es sich nun tatsächlich hier um eine Großantiklinale oder nur um eine Faltung in 10—100 *m* Bereich handelt, an die sich weiter im Hangenden und Liegenden des Mitterberger Hauptganges weitere Faltungen anschließen, kann mit Hilfe der Diagramme aus Abb. 40 nicht geklärt werden, weil alle Meßpunkte in unmittelbarer Nähe des Mitterberger Hauptganges liegen und keine weitreichenden Querschläge ins Hangende und Liegende offenstanden. Zur möglichen Klärung dieser Frage wurden daher die Schichtungsflächen im NS aufgefahrenen Emilstollen eingemessen (Abb. 41).

Der Emilstollen durchörtert als 3000 *m* langer Querschlag die Hangendpartien des Mitterberger Hauptganges und wurde noch 500 *m* ins Liegende des Mitterberger Hauptganges weitergetrieben; von 3500 *m* bis 3820 *m* ist das Liegende durch eine Kernbohrung (320 *m*) aufgeschlossen.

Von 3820 *m* bis 3100 *m* fallen die nahezu EW-streichenden Schichtungsflächen fast nur gegen N (Abb. 41). Ab 2800 *m* bis 1900 *m* überwiegt das südliche Einfallen und ab 1700 *m* bis 1400 *m* war wiederum ein deutliches N-Fallen festzustellen. Dieses wechselte ab 1300 *m* wieder in ein südliches Einfallen. Ab 1100 *m* war wieder ein N-Fallen zu beobachten, das bis 400 *m* anhielt. Von 400 *m* bis 0 *m* (Stollenmundloch) konnte ich nur noch zwei Schichtungsflächen (Behinderung teils durch Verbaue, teils durch starke Verschmutzung der Ulmen) einmessen, sodaß über diesen Streckenbereich keine Aussagen gemacht werden können. Wie aus den Diagrammen in Abb. 41 zu entnehmen ist, scheint im Bereich des Mitterberger Hauptganges eine größere Faltung in Form einer Antiklinale vorzuliegen, an die sich im Bereich um 1500 *m* eine kleinere Faltung anschließt, die ihrerseits wiederum in eine noch weiter südlich gelegene überzugehen scheint (im Bereich ab 1100 *m* gegen das Mundloch). Irritierend an diesem Faltenbau ist allerdings, daß auch in Bereichen mit N-fallenden Schichtungsflächen mitunter S-fallende auftreten, wie Abb. 41 zeigt.

Dies kann nun bedeuten, daß im Bereich des Emilstollens überhaupt nur Kleinfalten (Antiklinalen oder Synklinalen mit zirka 100 *m* langen Schenkeln) anstehen, wobei die eine oder andere Fallrichtung in den verschiedenen Bereichen des Emilstollens eben stärker ausgeprägt ist oder daß die Großfalten in sich wieder gefaltet sind („antiklinaler Falten Spiegel“). Um diese alternative Frage zu klären, müßten mehrere querschlägige Aufschlüsse im Bereich des Mitterberger Hauptganges vorhanden sein, vorwiegend im westlichen und mittleren Bereich der Mitterberger Lagerstätte, um auch mit Hilfe wechselnder petrographischer Zusammensetzungen der einander überlagernden Gesteinspakete eindeutig die oben angeführte Frage klären zu können.

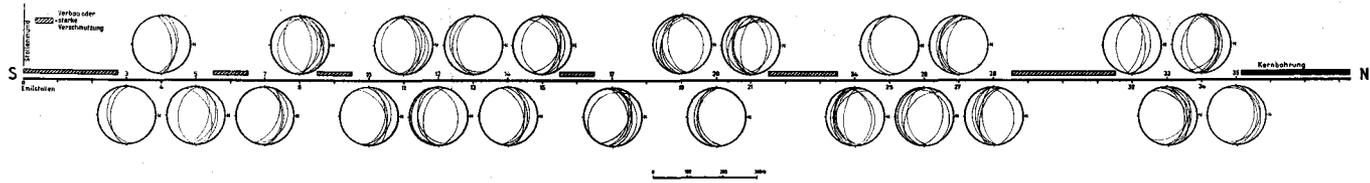


Abb. 41: Diagramme der im Emilstollen eingemessenen Schichtungsflächen.

Die eingemessenen Schichtungsflächen im Bereich des Emilstollens lassen daher zwar das Anstehen einer Großfalte in Form einer Antiklinale im Bereich des Mitterberger Hauptganges als wahrscheinlich erkennen, einen eindeutigen Beweis allerdings liefern sie nicht.

Die tektonische Analyse der Schichtungsflächen im Bereich des Mitterberger Hauptganges als auch die Analyse der Schichtungsflächen im Emilstollen können somit vorerst nicht die vermutete Antiklinale im Bereich des Mitterberger Hauptganges beweisen, wenn auch viele Argumente für das Vorhandensein einer solchen sprechen. Lediglich im Westen des Mitterberger Hauptganges, wo bereits jüngere Horizonte der Grauwackenzone, die petrographisch differenziert werden konnten, angefahren wurden, konnte durch Untersuchungsbohrungen nachgewiesen werden, daß dort tatsächlich eine Antiklinale vorliegt (vgl. Abschnitt 122 und Abb. 5).

Die Schichtungsflächen in der Buchberglagerstätte (Abb. 42) streichen ebenfalls in einer bevorzugten Richtung, nämlich um 145 E, während die Fallrichtungen teils östliche, teils westliche sind.

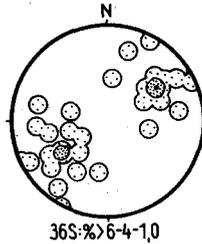


Abb. 42: Diagramm der im Buchberg eingemessenen Schichtungsflächen.

Den Nachweis zu führen, ob eventuell hier eine Antiklinale vorliegen könnte, ist nahezu unmöglich, denn durch die drei sehr intensiv ausgeprägten Kluftrichtungen K_1 — K_2 — K_3 , die den um 145 E streichenden Buchberggang zuerst in NS-Richtung, anschließend in Richtung 20 E und zuletzt in Richtung 155 E verschoben, wurde der Buchberggang teilweise derart verstellt, daß ehemals in Streichrichtung hintereinander liegende Gangteile heute parallel aneinander liegen (Abb. 43).

Die wenigen im Südrevier einwandfrei festgestellten Schichtungsflächen reichen zu keiner Aussage aus.

450 Analyse der Gangflächen (G)

In den Diagrammen der Abb. 30 wurden nur jene Gangflächen eingetragen, die erzführend sind. Nicht dagegen sind in Abb. 30 die erzfreien Quarz- und Ankeritgänge erfaßt, die im Hangenden und Liegenden des Mitterberger Hauptganges so häufig auftreten.

Auffallend ist die außerordentlich konstante EW-Streichrichtung des Mitterberger Hauptganges, während das südliche Einfallen von der 5. Sohle gegen die 8. Sohle immer flacher wird.

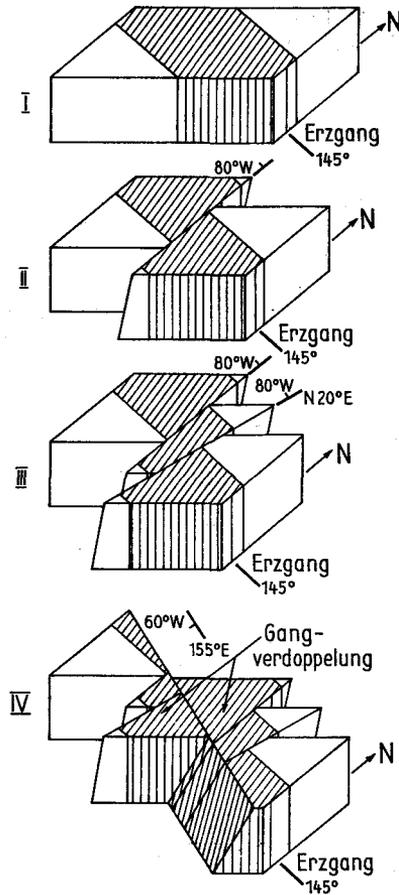


Abb. 43: Schematische Darstellung der Gangverschiebungen im Bereich des Buchberg-ganges, die zu Gangverdoppelungen und zu Gangverärfungen führten.

Neben dem EW-Streichen des Mitterberger Hauptganges wurden untergeordnet auch noch NS-streichende Gänge festgestellt. Auf den einzelnen Sohlen wurden folgende Teilmaxima der eingemessenen Gangflächen ermittelt (Abb. 44):

5. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

Teilmaximum: 90 E 85 S

6. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

Teilmaximum: 90 E 74 S

7. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

Teilmaximum: 90 E 66 S

8. Sohle (Mitterberger Hauptgang):

Teilmaximum: 90 E 54 S

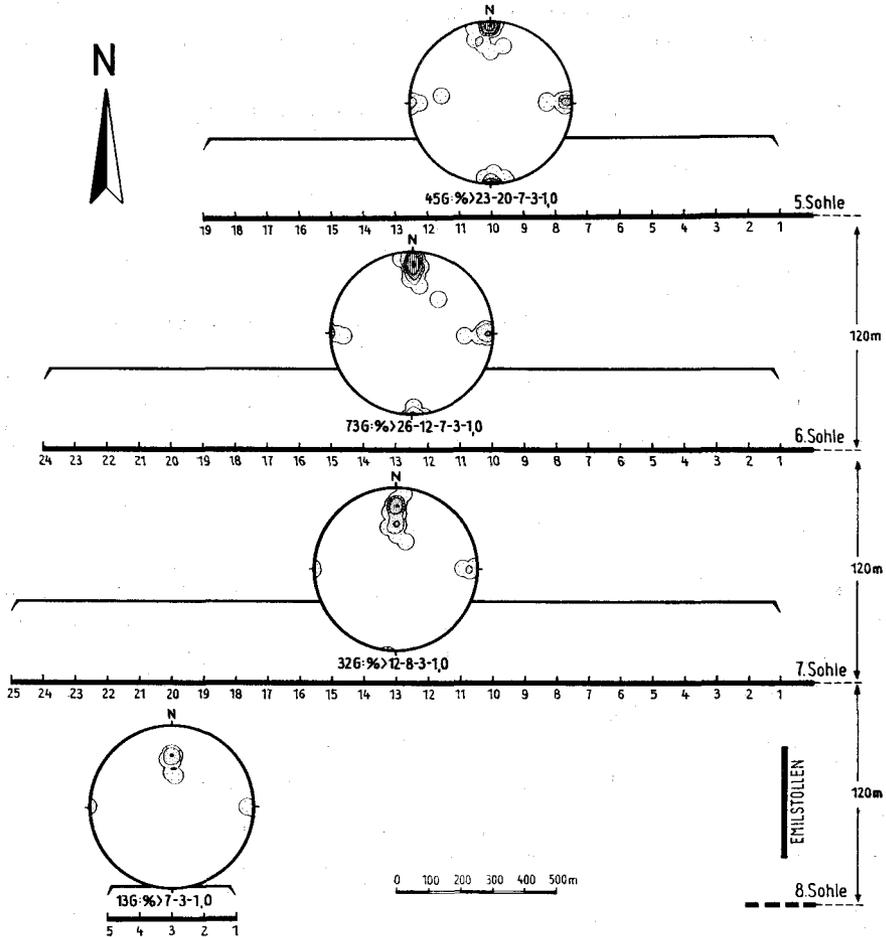


Abb. 44: Diagramme der Gangflächen des Mitterberger Hauptganges.

Im Südevier liegt das Maximum der Gangflächen (Abb. 45) bei 110 E 80 S. Auch in diesem Lagerstättenbereich wurden, wie im Mitterberger Hauptgang, neben dem EW-streichenden Gang, ebenfalls wieder NS-streichende Gänge festgestellt (Abb. 45)

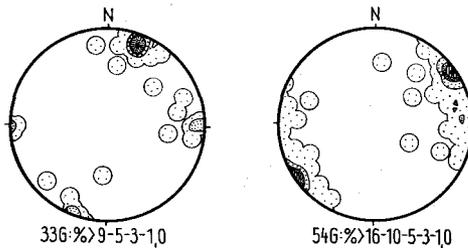


Abb. 45: Diagramm der im Südevier eingemessenen Gangflächen.
 Abb. 46: Diagramm der im Buchberg eingemessenen Gangflächen.

In der Buchberglagerstätte streichen die Gänge um 145 E und stehen nahezu seiger (Abb. 46). Daneben existieren auch hier wieder NS-streichende Gänge.

Auffallend in den drei Lagerstättenbereichen (Mitterberger Hauptgang, Südrevier und Buchberg) ist:

1. Die Gänge streichen außerordentlich geradlinig:
 - a) im Mitterberger Hauptgang konstant um 90 E;
 - b) im Südrevier konstant um 110 E;
 - c) im Buchberg konstant um 145 E.
2. Obwohl die Streichrichtungen der Gänge in den einzelnen Lagerstättenbereichen verschieden sind, streichen die in untergeordneter Anzahl auftretenden querschlägigen Gänge in allen drei Lagerstättenbereichen immer in NS-Richtung. Die Winkeldifferenzen zwischen den vorherrschenden Gangrichtungen und den untergeordneten NS-streichenden Gängen betragen somit:
 - a) im Mitterberger Hauptgang: 90°;
 - b) im Südrevier: 110° oder 70°;
 - c) im Buchberg: 145° oder 35°.

Aus dieser Gegenüberstellung geht hervor, daß offenbar die NS-streichenden Gänge in allen Lagerstättenbereichen einer anderen tektonischen Gesetzmäßigkeit folgen als der EW-streichende Mitterberger Hauptgang sowie der um 110 E streichende Südreviergang und der um 145 E streichende Buchberggang.

460 Analyse weiterer Gefügedaten

Neben der Analyse der erzführenden Gänge wurden in den Hangend- und Liegendpartien des Mitterberger Hauptganges, des Südreviers und des Buchbergganges kurzstreichende quarz- und ankeritführende Gängchen festgestellt.

Diese quarz- und ankeritführenden Gängchen wurden meist nur in Untersuchungsquerschlägen, also stets abseits von den erzführenden Gängen, beobachtet und scheinen auch keine Verbindung mit den Erzgängen zu haben. Soweit es die Aufschlüsse zuließen, wurden sie eingemessen. Dabei konnte ich folgende vorherrschende Richtungen feststellen (Abb. 47):

1. Bereich Hauptschacht bis Westschacht:
 - a) Teilmaximum₁: 46 E 85 E
 - b) Teilmaximum₂: 137 E 84 E
2. Bereich Westschacht bis Tiefbauschacht:
 - a) Teilmaximum₁: 64 E 82 E
 - b) Teilmaximum₂: 154 E 80 E
3. Bereich Südrevier:
 - a) Teilmaximum₁: 48 E 83 E
 - b) Teilmaximum₂: 134 E 80 E

4. Bereich Buchberg:

- a) Teilmaximum₁: 55 E 80 E
 b) Teilmaximum₂: 144 E 82 E

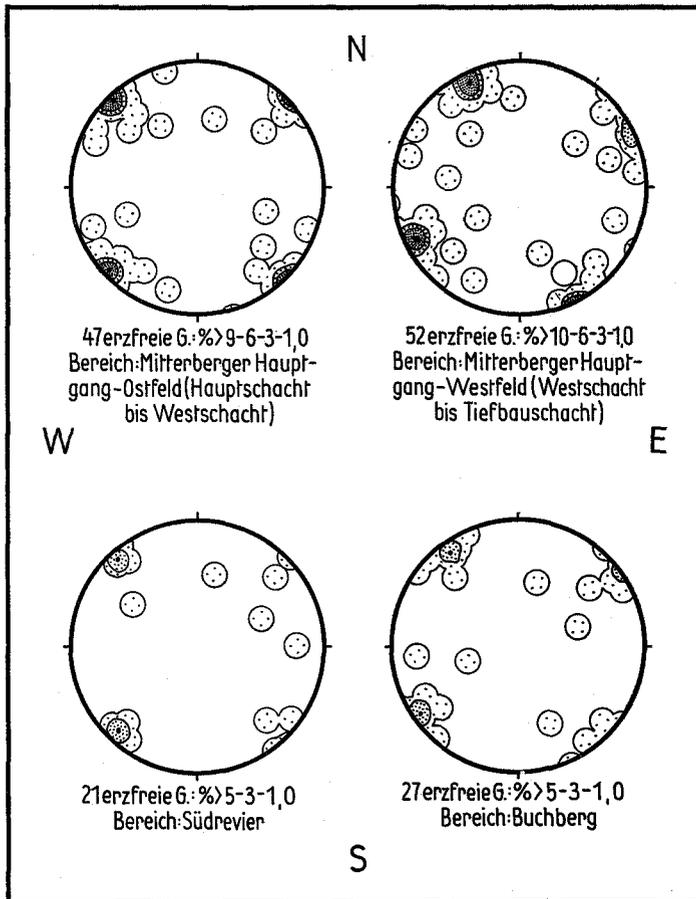


Abb. 47: Diagramme der im Bereich der Mitterberger Kupferkieslagerstätte eingemessenen quarz- und ankeritführenden Gängchen.

Diese Quarz- und Ankeritgängchen mit den angeführten Streich- und Fallrichtungen konnte ich eigenartigerweise nie in unmittelbarer Nähe der erzführenden Gänge beobachten. Zweigten dagegen quarz- und ankeritführende Gängchen unmittelbar von den erzführenden Gängen, also z. B. vom EW-streichenden Mitterberger Hauptgang oder vom um 110 E streichenden Südreviergang ab, so führten diese neben Quarz und Ankerit meist noch Kupferkies und strichen dann nicht mehr in den oben angegebenen Richtungen, sondern fast ausnahmslos in NS-Richtung.

Die gemessenen Daten der Schieferung im Mitterberger Hauptgang wurden nicht weiter ausgewertet, weil die Schieferung in allen homogenen Bereichen (in bezug auf B und K) der Lagerstätte etwa konstant bleibt.

Sie streicht um 110 E und fällt mit 80—40 S ein. Rückschlüsse zur Klärung des tektonischen Baues der Lagerstätte auf Grund der eingemessenen Schieferung waren daher nicht möglich.

470 Zusammenfassung der tektonischen Untersuchungen

Die durchgeführte tektonische Analyse der Mitterberger Kupferkieslagerstätte bestätigte die bereits schon von F. KARL (1953) erkannten drei Formungsakte mit B_1 90 E 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 E horizontal auch in den inzwischen neu aufgeschlossenen Grubenfeldern. Auf Grund der aufgegliederten Homogenitätsbereiche in bezug auf B konnte dann der Bereich des Mitterberger Hauptganges in B-homogenen Raumkörpern (Abb. 32) dargestellt werden, in denen im Westen der Plan B_2 , im Osten der Plan B_1 und in einer Zone, diagonal von W nach E ansteigend, der Plan B_3 vorherrschen. Während im Südrevier nur der Plan B_1 hervortrat, stehen im Buchbergrevier alle drei Pläne B_1 — B_2 — B_3 mit etwa gleicher Intensität an.

Die durch eine Kluftanalyse festgestellten kluft-homogenen Bereiche ließen sich ohne weiteres in die B-homogenen Bereiche eingliedern, sodaß die B-homogenen Raumkörper des Mitterberger Hauptganges auch gleich den kluft-homogenen Raumkörpern entsprechen. Die Kluftmaxima K_1 NS 72—86 W, K_2 20 E 53—80 W und K_3 155 E 50—60 W liegen in Okl-Lage und teilweise sogar in ac-Lage zu den B-Achsen der Teilformungsakte B_1 — B_2 — B_3 , sodaß die tektonische sowie zeitliche Zusammengehörigkeit der entsprechenden Kluft- und B-Achsen-Maxima außer Zweifel steht. Nachdem die Klüfte den Erzgang des Mitterberger Hauptganges verwerfen, ist somit das jüngere Alter der Klüfte sowie der dazugehörigen B-Achsen-Pläne in bezug auf den Erzgang erwiesen. Dieselbe Gesetzmäßigkeit gilt auch für das Südrevier sowie für den Buchberggang, der diesen tektonischen Formungsplänen seine komplizierten Gangverstellungen verdankt (Abb. 43).

Während sowohl die B-Achsen- als auch die Kluftmaxima mit ihren ihnen eigenen Gesetzmäßigkeiten gleichbleibend in allen Lagerstättenbereichen (Mitterberger Hauptgang, Südrevier, Buchberg) hervortreten, scheinen die Erzgänge dieser Lagerstättenbereiche anderen Gesetzmäßigkeiten zu folgen. Den starr EW-streichenden Mitterberger Hauptgang begleiten N- und S-fallende ebenfalls EW-streichende Schichtungsflächen, was zur Vermutung Anlaß gab, daß der Mitterberger Hauptgang der Achsenebene einer Großantiklinale folgt. Die Vermutung wird bestärkt durch das auffallend geradlinige Streichen des Mitterberger Hauptganges. Obwohl im äußersten Westen des Mitterberger Hauptganges die Antiklinale durch Untersuchungsbohrungen bestätigt wurde, konnte der tektonische Nachweis einer solchen Antiklinale infolge mangelnder Aufschlüsse im Mittelfeld und wegen der nicht eindeutigen Ergebnisse im Emilstollen vorerst nicht erbracht werden. Ein Nachweis ähnlicher Art im ebenfalls starr aber um 110 E streichenden Südreviergang scheiterte an der geringen Anzahl der dort eingemessenen Schichtungsflächen und im um 145 E streichenden Buchberggang an der komplizierten tektonischen Verstellung der Gangkörper. In den zueinander unterschiedlich streichenden Gängen des Mitterberger Hauptganges (EW), des Südreviere (110 E) und des Buchberges

(145 E) wurden kurzstreichende, ausnahmslos NS-streichende Quergänge eingemessen, die erzführend sind. Die Eigentümlichkeit des konstanten NS-Streichens dieser erzführenden Quergänge in allen Lagerstättenbereichen läßt vermuten, daß ihre Entstehung auf eine den um EW, 110 E und 145 E streichenden Gängen fremde Tektonik zurückgeführt werden muß.

Neben diesen erzführenden Quergängen wurden in den Hangend- und Liegendpartien der um EW, 110 E und 145 E streichenden Gängen quarz- und ankeritführende Gängchen eingemessen (Abb. 47), deren tektonische Zugehörigkeit ebenfalls noch offen steht.

500 Die Beziehungen zwischen Vererzung und Tektonik

Auf Grund der erzmikroskopischen und tektonischen Ergebnisse kann die Entstehung der Mitterberger Lagerstätte in drei zeitlich unterscheidbare Vorgänge eingeteilt werden:

1. Die Platznahme der Erzlösungen der I. und II. Vererzungsgeneration erfolgte in einer alten, tektonisch vorerst noch nicht einwandfrei geklärten Anlage.
2. Die Erzgänge der I. und II. Vererzungsgeneration sowie das umliegende Nebengestein wurden von „Diabas“-Intrusionen durchörtert, wobei es in Kontaktbereichen zu Mineralumwandlungen kam.
3. Jüngere tektonische Beanspruchungen verformten und versetzten die Lagerstätte, wobei wahrscheinlich gleichzeitig wiederum Erzlösungen, nämlich die der III. Vererzungsgeneration, zum Absatz kamen.

510 Der Mitterberger Hauptgang und seine junge Tektonik

Die III. Vererzungsgeneration wurde erzmikroskopisch nicht nur im EW-streichenden Mitterberger Hauptgang, sondern auch in den Quergängen festgestellt, während die I. und II. Vererzungsgeneration nur im EW-streichenden Mitterberger Hauptgang anstehend beobachtet wurden. Dieses eigenwillige Verhalten der III. Vererzungsgeneration läßt vermuten, daß nach der Platznahme der I. und II. Vererzungsgeneration tektonische Vorgänge eingetreten sind, die es überhaupt erst möglich machten, daß die Erzlösungen der III. Vererzungsgeneration nicht nur dem EW-streichenden Mitterberger Hauptgang folgen, sondern auch in die Quergänge vordringen konnten. Als mögliche tektonische Vorgänge bieten sich nur die drei analysierten Teilformungsakte B_1 EW 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 E horizontal an.

Nachdem die erzführenden Quergänge konstant in NS-Richtung streichen, kämen als mögliche Gangspalten nur die Klüfte in ac- und Okl-Lage zur B-Achsen-Richtung B_1 EW 15 W in Frage. Berücksichtigt man allerdings, daß der Teilformungsplan mit B_1 EW 15 W keine Zerrungstektonik verursachte, die einer möglichen Spaltenbildung in NS-Richtung besonders förderlich gewesen wäre, sondern die Lagerstätte nur parallel der Klüfte versetzte, so sind die Spalten von größerer Mächtigkeit kaum erklärbar, wenn man bedenkt, daß die Gangmächtigkeit der Quergänge oft bis zu 1 m beträgt. Die drei analysierten Teilformungsakte B_1 — B_2 — B_3 scheinen

somit bei erster Betrachtung die Spalten der NS-streichenden Gänge nicht verursacht zu haben.

511 Die Inhomogenität zwischen Erzgang und Nebengestein

Zwischen den Erzgängen und den umgebenden Nebengesteinen besteht eine Inhomogenität, weil die Erzgänge als starre Platten im weicheren Medium des Nebengesteines eingebettet sind. Diese Inhomogenität hat zur Folge, daß der Erzgang und das Nebengestein bei Druckbeanspruchung verschieden reagieren.

Wird ein Erzgang senkrecht zur Streichrichtung beansprucht, so ist die Verformung des Nebengesteins stets intensiver als die des Erzganges, weil der Erzgang als starrer Körper der Verformung Widerstand leistet. Bei abnehmender Gangmächtigkeit nähert sich allerdings die Verformbarkeit des Erzganges immer mehr der des Nebengesteins, sodaß geringmächtige Gängchen (5 cm — 10 cm) fast in derselben Weise gefaltet werden (Abb. 48), wie das umliegende weichere Nebengestein.



Abb. 48: Gefalteter geringmächtiger Erzgang im Südrevier.

Trifft dagegen die Druckrichtung unter einem spitzen Winkel auf die starre, nahezu unnachgiebige Gangplatte, so wird das weichere Nebengestein nicht nur verformt, sondern darüber hinaus noch parallel der starren Gangplatte abgeschoben. Dieser mechanische Vorgang verursacht somit im Hangenden als auch im Liegenden der starren Gangplatte eine Art Zerrungstektonik, die einem Aufreißen NS-streichender Spalten sehr förderlich sein kann. An Hand einer Skizze (Abb. 49) wird klar, daß eine solche Zerrungstektonik nur auftreten kann, wenn im homogenen weicheren Medium „Nebengestein“ ein starrer Körper „Erzgang“ eingelagert ist.

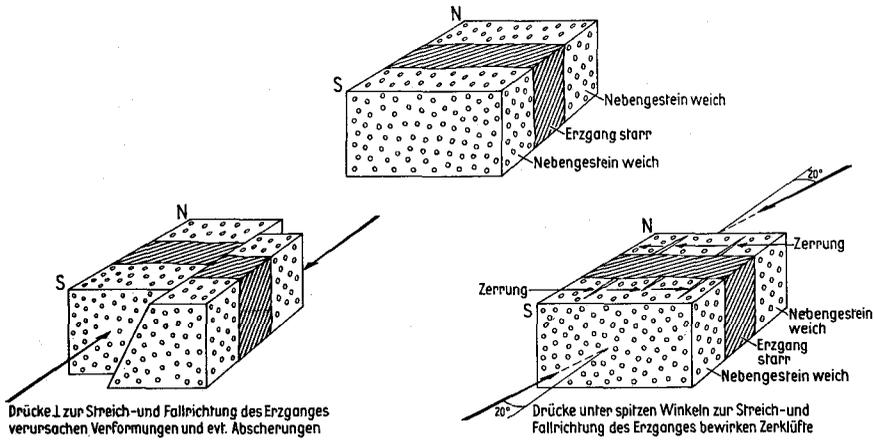


Abb. 49: Schematische Darstellung der Entstehung von NS-streichenden Zerrungsspalten auf Grund der Inhomogenität zwischen Erzgang und Nebengestein.

512 Die tektonische Stellung der Quergänge

Auf Grund der angestellten Überlegungen über die Inhomogenität zwischen Erzgang und Nebengestein scheinen nun die Teilformungsakte B_1 — B_2 — B_3 für die Entstehung der Quergänge doch von Bedeutung zu sein. Die Druckrichtung des Teilformungsaktes B_1 EW 15 W trifft den EW-streichenden Mitterberger Hauptgang senkrecht und hat somit die NS-streichenden Spalten nicht verursacht, sondern nur Klüfte in ac- und Okl-Lage.

Die Teilformungsakte B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 E horizontal dagegen erfüllen die Voraussetzung des Auftreffens von Druckrichtungen auf den Mitterberger Hauptgang unter spitzen Winkeln.

Wegen des häufigeren Auftretens des Teilformungsaktes B_2 gegenüber B_3 im Mitterberger Hauptgang dürfte daher vorwiegend der Teilformungsakt B_2 für die Zerrungstektonik im Hangenden und Liegenden des Mitterberger Hauptganges verantwortlich sein. Neben diesem Ergebnis kann noch weiterhin ausgesagt werden, daß diese Spalten nach Möglichkeit schon vorgegebenen Inhomogenitätsflächen folgen werden. Als Inhomogenitätsflächen bieten sich die vorhandenen Klüfte in ac- und Okl-Lage zur B-Achsen-Richtung B_1 EW 15 W an.

Es kann daher gesagt werden, daß der Teilformungsakt mit B_1 EW 15 W die Anlage der NS-streichenden Gänge schuf und der Teilformungsakt mit B_2 110 E 20 W die schon vorgezeichneten Spalten aufriß, womit das auffallend geradlinige NS-Streichen der Quergänge des Mitterberger Hauptganges erklärt wäre.

Im Gegensatz zum auffallend geradlinigen NS-Streichen der Quergänge im Mitterberger Hauptgang, streichen die Quergänge im Südevier (Abb. 45) und im Buchberg (Abb. 46) nicht so exakt in NS-Richtung. Dies wird darauf zurückgeführt, daß in diesen Lagerstättenbereichen die Druckbeanspruchung des Teilformungsaktes B_1 EW 15 W die Quergangspalten schuf. Während also im Mitterberger Hauptgang die Druckbeanspruchung des Teilformungsaktes B_1 EW 15 W die NS-Spalten vorzeichnete und durch die Druckbeanspruchung des Teilformungsaktes B_2 110 E 20 W aufgerissen wurden, waren in diesen Lagerstättenbereichen die NS-streichenden Spalten nicht durch ältere Druckbeanspruchungen vorgezeichnet, sondern wurden sogleich durch die älteste Druckbeanspruchung mit der B-Achsen-Richtung B_1 EW 15 W aufgerissen.

513 Die Gangbilder im Mitterberger Hauptgang und in den Quergängen

Der EW-streichende Mitterberger Hauptgang zeigt drei verschiedene Typen von Gangbildern:

1. Die Mineralien der I. und II. Vererzungsgeneration begleiten sich in etwa gleichbleibenden Mengenverhältnissen (Abb. 50).

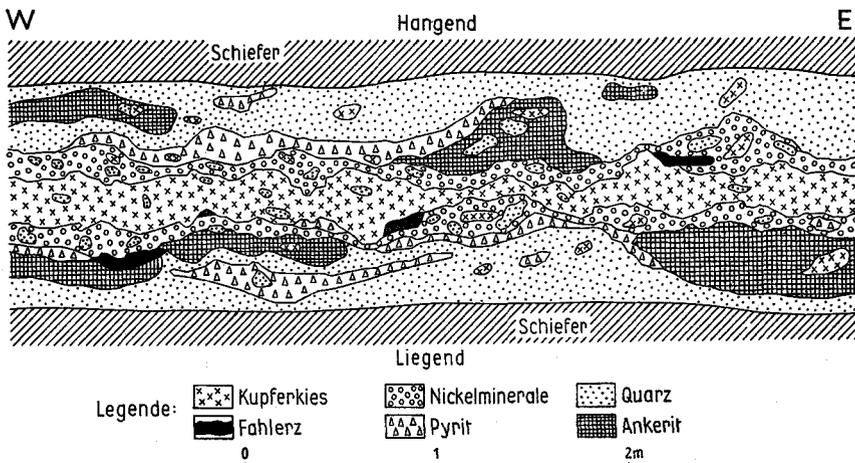


Abb. 50: Normales Gangbild des Mitterberger Hauptganges, Firstbild, Zeche 21, $\frac{1}{2}$ 7. Sohle.

Dabei steht der Kupferkies meist in der Gangmitte an und in symmetrischer Anordnung verlaufen parallel zum Kupferkies in der Streichrichtung des Ganges die Erzschnüre der begleitenden Mineralien, die ihrerseits wiederum mehr oder minder in die begleitenden Quarze und Ankerite eingebettet sind. In einem solchen Gangbild

steht der Kupferkies als nicht deformierter Hochtemperaturkupferkies an und bildet mit dem begleitenden Pyrit ein durchschnittliches Mengenverhältnis von 5 : 1.

2. Im zweiten Typ zeigt das Gangbild keinen symmetrischen Aufbau mehr, sondern Kupferkies, Quarz und Pyrit als Hauptbestandteile sowie die übrigen begleitenden Mineralien sind wahllos durcheinandergemengt (Abb. 51). Der Hochtemperaturkupferkies ist deformiert, der Quarz undulös, die Pyrite und Gersdorffite kataklastisch zerbrochen. Das durchschnittliche Mengenverhältnis zwischen Kupferkies : Pyrit beträgt 2 : 1 bis 0.5 : 1 und auch der mengenmäßige Anteil von Quarz und Ankerit ist im Vergleich zum Gangbild des ersten Typus geringer.

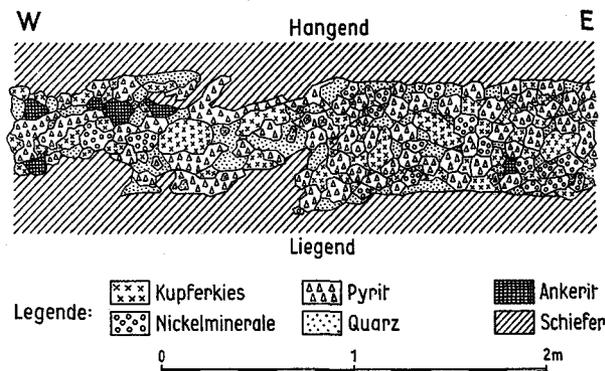


Abb. 51: Firstbild des Mitterberger Hauptganges, Zeche 16, 1/27. Sohle. Der dargestellte Gang ist deformiert und zerbrochen.

3. Der dritte Typ der Gangbilder zeigt denselben Aufbau und dieselben Mineralien wie der erste Typ; darüber hinaus führt er aber auch noch niedrigtemperiert-gebildeten Kupferkies sowie jungen Quarz (Quarz III) und jungen Ankerit (Ankerit III) (Abb. 52).

Das durchschnittliche Mengenverhältnis Kupferkies : Pyrit beträgt 10 : 1 und auch der Quarz- und Ankeritreichtum ist teilweise bedeutend erhöht.

Im EW-streichenden Mitterberger Hauptgang existieren also drei Gangtypen. Der erste Gangtyp führt Mineralien der I. und II. Vererzungsgeneration, der dritte Gangtyp die Mineralien der I., II. und III. Vererzungsgeneration und der zweite Gangtyp wiederum nur die Mineralien der I. und II. Vererzungsgeneration, die aber im Gegensatz zum ersten Gangtyp deformiert sind und was die Mineralien Kupferkies, Quarz und Ankerit betrifft, in bedeutend geringeren Mengenanteilen anstehen als im ersten Gangtyp.

Der EW-streichende Mitterberger Hauptgang zeigt somit keinen einheitlichen Gangtyp, sondern drei Gangtypen, die sich sporadisch sehr häufig ablösen.

Im Gegensatz zur I. und II. Vererzungsgeneration tritt daher im Mitterberger Hauptgang die III. Vererzungsgeneration nur sporadisch auf, während die I. und II. Vererzungsgeneration konstant ansteht, aber teils in deformierter und teils in nicht deformierter Ausbildung.

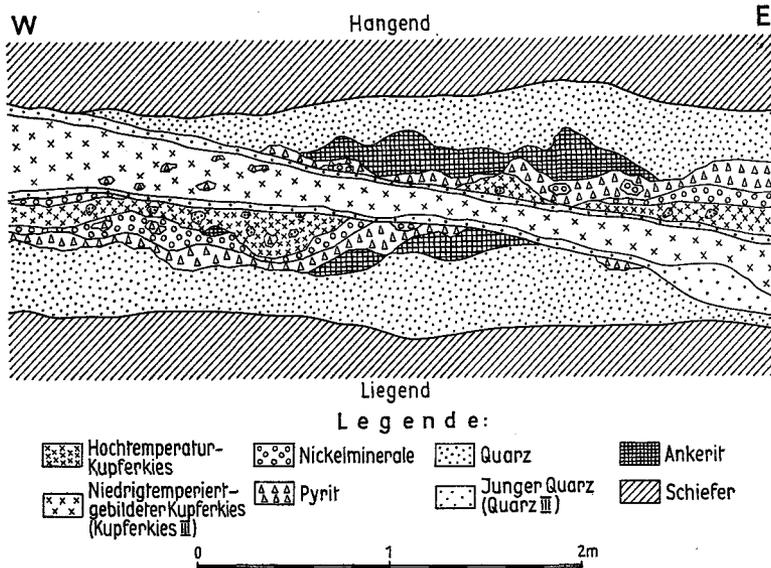


Abb. 52: Firstbild des Mitterberger Hauptganges, Zeche 18, 1/27. Sohle. Der Mineralbestand der I. und II. Vererzungsgeneration wird von Mineralien der III. Vererzungsgeneration (niedrigtemperiert-gebildeter Kupferkies und junger Quarz) durchsetzt.

Die Erzführung in den Quergängen unterscheidet sich nun von der im Mitterberger Hauptgang grundsätzlich durch das Fehlen der I. und II. Vererzungsgeneration. Nur die Mineralien der III. Vererzungsgeneration stehen in den Quergängen an. Neben diesem grundsätzlichen Unterschied zwischen Mitterberger Hauptgang und den Quergängen zeigt auch das Gangbild in den Quergängen einen im Gegensatz zur III. Vererzungsgeneration im EW-streichenden Mitterberger Hauptgang völlig verschiedenen Aufbau. Während die III. Vererzungsgeneration im EW-streichenden Mitterberger Hauptgang niedrigtemperiert-gebildeten Kupferkies und Quarz bzw. Ankerit dicht beieinanderliegend führt, sind in den Quergängen Kupferkies und Quarz bzw. Ankerit selektiv in der Weise getrennt, als der Quarz bzw. Ankerit in den NS-streichenden Quergängen die dem Mitterberger Hauptgang entfernteren Gangbereiche füllen, während der Kupferkies in zum Mitterberger Hauptgang näher liegenden Gangbereichen der Quergänge Platz nahm (Abb. 53).

Die III. Vererzungsgeneration führt also sowohl im Mitterberger Hauptgang als auch in den Quergängen denselben Mineralbestand, die Anordnung der Minerale zueinander dagegen ist verschieden.

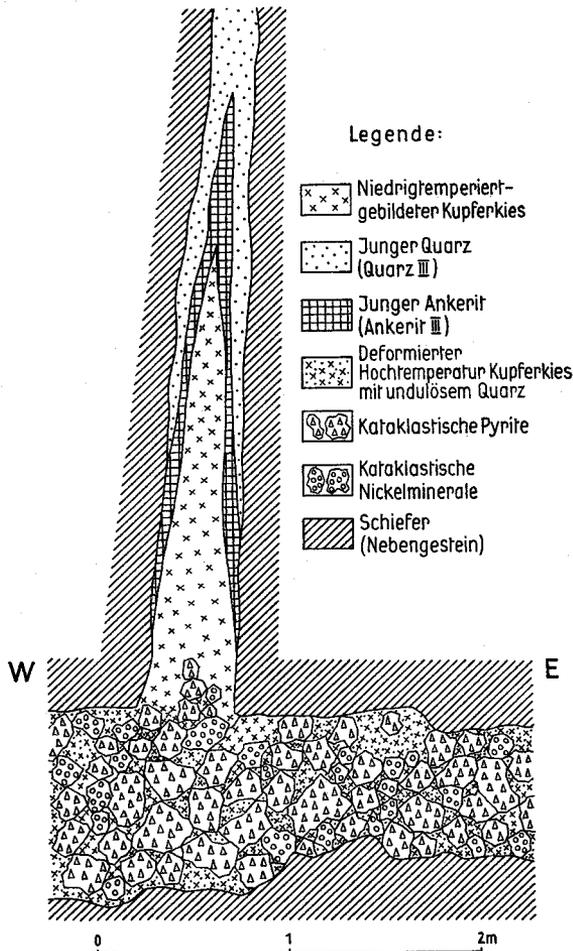


Abb. 53: Firstbild eines Querganges und des Mitterberger Hauptganges, Zeche 16, 7. Sohle.

514 Die mobilisierten Erze der Mitterberger Lagerstätte

Der erste und zweite Gangtypus im EW-streichenden Mitterberger Hauptgang führen zwar denselben Mineralbestand, doch die Minerale des zweiten Typus sind im Gegensatz zum ersten Typus zerbrochen und ärmer an Kupferkies, Quarz und Ankerit. Wegen der Kataklaste an Mineralien muß also dieser Gangtypus Druckbeanspruchungen ausgesetzt gewesen sein. Das im Gegensatz zum ersten Gangtypus ungünstigere Mengenverhältnis von Kupferkies zu Pyrit sowie die geringen Mengen an Quarz und Ankerit deuten darauf hin, daß Kupferkies, Quarz und Ankerit auf Grund der Druckbeanspruchung abgewandert sind, wodurch der zurückgebliebene Pyrit indirekt angereichert wurde. Als Drücke bieten sich nur die Druckbeanspruchungen der analysierten Teilformungsakte mit B_1 EW 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 E horizontal an.

Das hierfür lagerstättenkundlich schönste Beispiel für das Abwandern des Kupferkieses ist in der Mitterberger Lagerstätte der überaus reiche NS-Gang im Bereich des Westschachtes auf der $\frac{3}{4}$ 7. Sohle. Dieser Gang hatte eine Mächtigkeit von bis zu 2 m mit makroskopisch reinem Kupferkies nahezu ohne Begleitminerale und Gangart.

Erzmikroskopische Analysen ergaben, daß dieser reiche NS-Gang niedrigtemperiert-gebildeten Kupferkies (94%), idiomorphen, unzerbrochenen Pyrit (1%), jungen Quarz (3%), CaCO_3 -reichen Ankerit (1%), idiomorphen Gersdorffit, Pentlandit und Millerit — wobei die in geringen prozentualen Anteilen vertretenen Minerale im Kupferkies verteilt waren — führte. Im Gegensatz dazu führte der EW-streichende Mitterberger Hauptgang in diesem Bereich zwar dieselben Mineralien, doch diese waren deformiert; es standen deformierter Hochtemperaturkupferkies, undulöser Quarz und kataklastische Pyrite sowie Gersdorffite an. Das Mengenverhältnis Kupferkies : Pyrit betrug 0.6 : 1 und Quarz sowie Ankerit waren nur noch in geringen Anteilen vorhanden.

An Hand dieses Beispiels wird klar, daß bei Druckbeanspruchung ein Teil des Mineralbestandes der I. und II. Vererzungsgeneration abwandert und als III. Vererzungsgeneration im Druckschatten der Druckbeanspruchung Platz nimmt. Die III. Vererzungsgeneration ist somit ein Mobilisat der I. und II. Vererzungsgeneration, das sowohl durch die Druckbeanspruchung der Teilformungsakte B_1 — B_2 — B_3 mobilisiert, als auch in die von denselben Teilformungsakten aufgerissenen NS-streichenden Gangspalten abgedrängt wurde. Standen dagegen noch keine NS-streichenden Gangspalten offen, wie es bei der senkrecht auf den Mitterberger Hauptgang wirkenden Druckbeanspruchung mit dem Teilformungsakt B_1 EW 15 W der Fall war, wurden die Mobilisate parallel zum Mitterberger Hauptgang in jene Gangbereiche des Mitterberger Hauptganges abgedrängt, in denen die Druckbeanspruchungen gemäß dem Teilformungsakt B_1 EW 15 W zurücktraten.

515 Die Mobilisierbarkeit der Mitterberger Mineralien

Die in die NS-streichenden Gänge abgewanderten Mineralien geben Auskunft über den Grad der Mobilisierbarkeit bzw. über den Grad der Beweglichkeit der Mitterberger Mineralien. Bei diesen Mineralabwanderungen, sei es in die NS-streichenden Gänge oder innerhalb des EW-streichenden Mitterberger Hauptganges, dürften nicht nur die Mobilisation, sondern auch Abpressungen und Verschleppungen eine Rolle gespielt haben, wie vereinzelt kataklastische Pyrite zeigten, die offensichtlich in dem abwandernden Medium mitgeschleppt wurden.

Zur Begriffsbestimmung wird daher unter Mobilisation eine Stoffverschiebung durch Ionenwanderung in festem Zustand, in Lösung oder in Schmelze verstanden, wobei die Richtung der Mobilisation durch Druck und Temperaturgefälle bestimmt wird.

Dieser molekularen-ionaren Beweglichkeit steht die mechanische Beweglichkeit gegenüber, die in Form von Abpressungen oder Verschleppungen auftreten kann.

Unter Abpressung verstehe ich einen rein mechanischen Stofftransport auf Grund der hohen mechanischen Teilbeweglichkeit der Mineralien und ist vergleichbar mit den Abpressungen, wie sie im großen bei der Salztektonek von BORCHERT (1959) beschrieben wurden.

Unter Verschleppung dagegen soll der mechanische Transport der „Bruchstücke“ des nicht mobilisierten und schlecht teilbeweglichen Materials in „abgepreßter“ Umgebung verstanden werden.

Eine Abgrenzung der in Abb. 54 aufgeführten Mineralien dahingehend durchzuführen, welche Minerale noch und welche schon mobilisiert, abgepreßt und verschleppt wurden, war nicht möglich; denn plastische Verformung, Verschleppung und Lösungstransport gingen in der Mitterberger Lagerstätte, ähnlich wie schon von MAUCHER (1939) auf Grube „Bayerland“ festgestellt wurde, Hand in Hand.

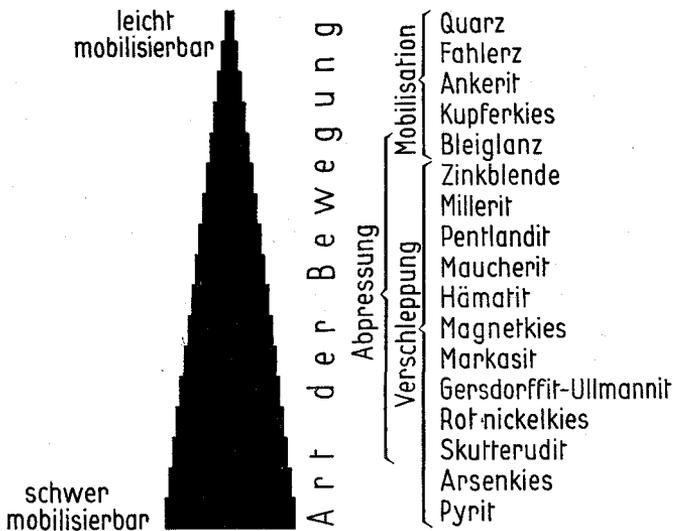


Abb. 54: Einordnung der Mitterberger Mineralien nach dem Grad ihrer Beweglichkeit.

Nur Quarz, Fahlerz, Kupferkies und Ankerit dürften eindeutig durch Mobilisation transportiert worden sein, wie das Fehlen von Deformationen zeigt. Pyrit und Magnetkies dagegen können erst dann abtransportiert werden, wenn vom umlagernden Kupferkies durch Mobilisation bei genügend hohem Druck so viel abgewandert ist, daß die Druckbeanspruchung auch auf diese Mineralien wirken kann; andernfalls schützt der Kupferkies diese Minerale. Es überschneiden sich daher die erzmikroskopisch sichtbaren Zeichen von Verschleppung und Abpressung einerseits, sowie von Abpressung und Mobilisation andererseits.

Ein Vergleich der Minerale in Abb. 54 mit einschlägigen Ergebnissen von Arbeiten über andere Lagerstätten zeigt übereinstimmend, daß Quarz und Kupferkies sehr leicht mobilisierbar sind, während Pyrit kaum mobilisiert wird. In diesem Zusammenhang wird auf die einschlägigen Untersuchun-

gen und Ergebnisse von MAUCHER (1939), SCHNEIDERHÖHN (1953), TAUPITZ (1954), SAKSELA (1957) und OELSNER (1960) hingewiesen.

Es kann daher die Aussage gemacht werden, daß auf Grund der unterschiedlichen Mobilisierbarkeit der einzelnen Minerale der Mineralbestand der I. und II. Vererzungs-generation in den Lagerstättenbereichen, die besonders intensiv den Druckbeanspruchungen nach den Teilformungsakten B_1 — B_2 — B_3 ausgesetzt waren, selektiv mobilisiert wurde, wobei die Minerale je nach dem Grad ihrer Mobilisierbarkeit entsprechend weit von den „Mobilisierungsherden“ abwanderten, was zwangsläufig zu Stoffsonderungen und Kupferkies-, Quarz-, Ankerit- und Fahlerz-Verarmungen an den „Mobilisierungsherden“ sowie zu entsprechenden Anreicherungen in von den „Mobilisierungsherden“ fernerer Gangbereichen führte.

516 Mobilisation im Nebengestein des Mitterberger Hauptganges

Während die NS-streichenden, erzführenden Quergänge mit dem EW-streichenden Mitterberger Hauptgang immer sichtbare Verbindungen zeigten, wurden im Nebengestein quarz- und ankeritführende Gängchen festgestellt, die auf Grund ihrer Gangferne offensichtlich keine Verbindung zum Mitterberger Hauptgang haben (vgl. Abschnitt 460). Diese quarz- und ankeritführenden Gängchen streichen auch nicht in NS-Richtung, sondern ihre Streichrichtungen bilden, wie Vergleiche der Abb. 47 mit Abb. 32, Abb. 34 und Abb. 35 zeigen, fast konstant einen spitzen Winkel von 45° zu den in den jeweiligen Gangbereichen vorherrschenden B-Achsen-Richtungen B_1 — B_2 — B_3 . Auf Grund des auffallend konstanten Winkels von 45° zwischen Streichrichtung dieser Gängchen gegenüber den vorherrschenden B-Achsen-Richtungen wird angenommen, daß es sich bei diesen Quarz- und Ankeritgängchen um Scherflächen (hkO-Flächen) handelt, die durch die Druckbeanspruchung der Teilformungsakte B_1 EW 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 E horizontal entstanden und gleichzeitig mit aus dem Nebengestein mobilisierten Quarzen und Ankeriten gefüllt wurden (epizonale Bedingungen). Ob der bis zu 1 m mächtige, erzfreie Quarzgang am Arzberg (im Süden des Buchbergganges gelegen) ebenfalls als eine solche Scherfläche anzusprechen ist, muß offen gelassen werden, wenn auch die in diesem Gang anstehenden jungen Quarze als offenbar mobilisierte Quarze für eine solche Deutung sprechen.

520 Der alte tektonische Bau des Mitterberger Hauptganges

Die junge Tektonik hat den alten tektonischen Bau im Bereich des Mitterberger Hauptganges so sehr verwischt, daß es heute kaum mehr möglich ist, mit Hilfe einer tektonischen Analyse allein die mögliche frühere tektonische Anlage schlüssig zu beweisen.

Wenn auch die Analyse der Schichtungsflächen (Abschnitt 440 und Abb. 30 sowie Abb. 40) eine Antiklinale andeutet, deren Achsenfläche der EW-streichende Mitterberger Hauptgang (Abb. 44) eventuell folgt, so zeigt doch die Analyse der Schichtungsflächen im Emilstollen, daß im Bereich des Mitterberger Hauptganges nicht eine Antiklinale, sondern vielleicht sogar mehrere,

parallel verlaufende, anstehen. Darüber hinaus wird der Nachweis einer möglichen alten Antiklinale noch erschwert, weil das der jungen Tektonik angehörende B-Achsen-Teilmaximum mit B_1 EW 15 W im B-Summatationsbereich einer möglichen alten Antiklinale liegt, wobei eine Unterscheidung von alten B- und jungen B_1 -Achsen im gleichen Summatationsbereich unter den gegebenen Umständen kaum möglich ist.

Im Gegensatz zu den nicht beweiskräftigen Ergebnissen auf Grund der Analyse der Schichtungsflächen, wurde aber im Westen des Mitterberger Hauptganges durch Untersuchungsbohrungen der Nachweis erbracht, daß der westliche Teil des Mitterberger Hauptganges in der Achsenfläche einer Antiklinale liegt (Abb. 5). Dieser Nachweis ist leider nur für das Westende des Mitterberger Hauptganges zutreffend und diese Beobachtung braucht nicht auch für die mittleren und östlichen Gangbereiche des Mitterberger Hauptganges zutreffen, denn wie die Analyse des Emilstollens zeigte, existieren wahrscheinlich sogar zwei oder mehrere Antiklinalen und es könnte durchaus möglich sein, daß rein zufällig im Westen der Mitterberger Hauptgang der Achsenfläche einer solchen Antiklinale folgt.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse aus der Analyse der Schichtungsflächen mit den erzmikroskopischen Ergebnissen zeigt sich allerdings folgende aufschlußreiche Beziehung:

Die π -Pole der Großkreise aus den Schichtungsflächen im Bereich des Mitterberger Hauptganges tauchen mit 5° gegen W ein (Abb. 40). Der starr EW-streichende Mitterberger Hauptgang (Abb. 44) taucht ebenfalls mit 5° gegen W ein, wie die erzmikroskopische Zonengliederung (Abschnitt 330) bewies (Abb. 27). Die durch eine tektonische Analyse erkannten π -Pole von Großkreisen der Schichtungsflächen decken sich also mit dem erzmikroskopisch analysierten Eintauchen des Mitterberger Hauptganges. Dieses durch verschiedene geologische Arbeitsmethoden erbrachte gleiche Ergebnis, nämlich gleiches westliches Eintauchen des Erzganges und der π -Pole von Großkreisen aus den Schichtungsflächen, beweist meines Erachtens nahezu sicher, daß auch im Mittel- und Ostfeld der Mitterberger Hauptgang der Achsenfläche einer heute nur mehr schwer erkennbaren Antiklinale folgt.

Das Ergebnis, daß der Mitterberger Hauptgang der Achsenfläche einer Großantiklinale folgen soll, wird allerdings erschüttert, wenn man berücksichtigt, daß ja gerade die Achsenfläche einer Antiklinale jener Bereich ist, der durch die Einengungstektonik besonders stark zusammengepreßt wurde. Es scheint daher unmöglich zu sein, daß die Erzlösungen der älteren Vererzung (I. und II. Vererzungsgeneration) gerade in jenem tektonischen Bereich zum Absatz kamen, der auf Grund der vorliegenden Einengungstektonik für eine Spaltenbildung völlig ungeeignet erscheint.

Die erzmikroskopisch analysierte Zonengliederung des Mitterberger Hauptganges (Abschnitt 330 und Abb. 27) brachte das Ergebnis, daß an die Armerzzone in der mittleren Teufenlage in höherer Teufenlage die Maucherit-Zone und in der obersten Teufenlage die sehr reiche Hämatit-Zone anschließen. Außerdem schließt sich an die Armerzzone in tieferer Teufenlage die Reicherz-Zone und folgend die Millerit- und „zonare Pyrit“-Zone an.

Verfolgt man also den Mitterberger Hauptgang in seigerer Richtung, so nimmt die reiche Erzführung der obersten Teufenlage bis zur mittleren

Im härteren Gesteinspaket, bestehend aus braun-grün-fleckigen Phylliten und bunten Knollenschiefern, werden in den hangenden Gesteinspartien Zerrungsspalten in hol-Lage zur B-Achse der Antiklinale aufgerissen sein, während die Druckbeanspruchung in den Liegendpartien desselben Gesteinspaketes eine Einengungstektonik verursachten. Die Liegendpartien dieses härteren Gesteinspaketes wirkten somit als eine Art Widerlager, über das die Hangendpartien gezerzt wurden. Hätte nun die im geologisch Liegenden anschließende weiche, helle Phyllitserie dieselbe Härte aufgewiesen als das überlagernde harte Gesteinspaket, so hätte diese die Funktion eines Widerlagers übernommen, doch die weichen, hellen Phyllite wurden zerquetscht. Die geologischen Liegendpartien des hellen Phyllits bestanden nun wieder aus harten Gesteinsserien (Serizit-Quarzitphyllite und graphitführende Phyllite), die sich der Druckbeanspruchung gegenüber ähnlich verhielten wie das erstgenannte harte Gesteinspaket im Hangenden des hellen Phyllits. Auch hier wirkte wieder die Liegendserie als Widerlager, während sich in den Hangendpartien wieder Zerrungsspalten öffnen konnten. Darüber hinaus war es möglich, daß die Hangendpartien der harten Gesteinsserie wegen der Inhomogenität gegenüber den weicheren, hellen Phylliten gegen diese abgeschert wurden (Abb. 55), wobei die weiche Gesteinsserie der hellen Phyllite als Scherfläche diente.

Diese Beobachtungen und Überlegungen klären den rhythmischen Erreichung des Mitterberger Hauptganges in seigerer Richtung und zeigen, daß es durchaus nicht unmöglich ist, daß der Mitterberger Hauptgang der Achsenfläche einer Antiklinale folgt, ein Ergebnis, das unmöglich wäre, wenn nicht eine Inhomogenität in bezug auf die Härte des anstehenden Nebengesteins vorliegen würde.

Zusammenfassend kann somit gesagt werden, daß die Ergebnisse der tektonischen Analyse der Schichtungsflächen, die Untersuchungsbohrungen im Westen der Lagerstätte sowie die Ergebnisse der erzmikroskopischen Analyse dafür sprechen, daß der Mitterberger Hauptgang der Achsenfläche einer alten Antiklinale folgt. Meine durch verschiedene geologische Arbeitsmethoden gewonnenen Ergebnisse widersprechen sich nicht, sodaß diese Aussage vorerst gerechtfertigt ist. Ein wesentlicher Beweis für die Existenz einer alten Antiklinale, nämlich die Erfassung von alten B-Achsen war nicht möglich, weil diese im Summationsbereich der jungen B-Achsenrichtung mit B₁ EW 15 W liegen.

Der sichere Beweis dieser meiner Aussage wird daher erst dann möglich sein, wenn durch entsprechende Querschläge im Mittel- und Ostfeld des Mitterberger Hauptganges die jungen Gesteinsschichten der paläozoischen Serie aufgeföhren sind.

530 Zusammenfassung der Ergebnisse des Vergleichs zwischen Vererzung und Tektonik

Die vergleichende Untersuchung zwischen Vererzung und Tektonik im Bereich des Mitterberger Hauptganges führte zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Vererzung des Mitterberger Hauptganges, die in einer I. und II. Vererzungsgeneration auftritt, folgt der Achsenfläche einer nahezu sicheren, aber nicht mehr eindeutig analysierbaren Großantiklinale.

Die Inhomogenität des Nebengesteins machte es dabei möglich, daß trotz der NS-gerichteten Einengungstektonik EW-streichende Zerrungsspalten aufreißen konnten, in denen die Erzlösungen der I. und II. Vererzungsgeneration zum Absatz kamen. Auch der rhythmisch auftretende Erzreichtum in den sechs erzmikroskopisch analysierten Zonen ist auf die Inhomogenität der Nebengesteine zurückzuführen. Der so angelegte Mitterberger Hauptgang wurde anschließend von „Diabas“-Intrusionen durchörtert, wobei es an den Kontakten zu Mineralumwandlungen kam (vgl. Abschnitt 323).

2. Durch junge tektonische Beanspruchungen mit den B-Achsenrichtungen B_1 EW 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 horizontal wurde der Mineralbestand des Mitterberger Hauptganges teilweise mobilisiert. Das Mobilisat wanderte dabei in die durch dieselben tektonischen Beanspruchungen aufgerissenen NS-streichenden Quergänge ein und erhöhte außerdem den Erzadel in jenen Gangbereichen des Mitterberger Hauptganges, die den Druckbeanspruchungen weniger stark ausgesetzt waren.

Im Gegensatz zu BÖHNE (1931) ist daher die Quergangvererzung keine ascendente Vererzung, die von den Quergängen in den EW-streichenden Mitterberger Hauptgang eingewandert ist, sondern, gerade umgekehrt, ein Mobilisat des Mitterberger Hauptganges, das in die NS-streichenden Quergänge abgewandert ist.

600 Zur Genese der Mitterberger Lagerstätte und Stellungnahme zur Literatur

BORCHERT spricht die Mitterberger Kupferkiesgänge als mesothermale Gänge der plutonischen Abfolge an.

W. E. PETRASCHECK reiht die Lagerstätte in die karbonspätige Kupfererzformation ein und SCHNEIDERHÖHN beschreibt sie unter den hypoabyssischen Kupferkiesgängen. Altersmäßig stellen die beiden zuletzt genannten Autoren die Mitterberger Kupferkieslagerstätte in eine jungalpine Vererzungsphase.

Aus meinen Untersuchungen geht hervor, daß ein jungalpines Vererzungsalter nur zum Teil zutrifft, nämlich für die mobilisierten Erze, während die primäre Vererzung der Mitterberger Lagerstätte älter und zwar älter als das Eindringen des Ergußgesteines „Diabas“ ist. Das Ergebnis von BÖHNE (1931), daß die junge Vererzung eine magmanaher Mineralgesellschaft aufweist und von den Quergängen in den EW-streichenden Mitterberger Hauptgang eingewandert ist, kann ich daher nicht bestätigen, sondern auf Grund meiner Ergebnisse wanderte vielmehr die tektonisch sekundär bedingte Vererzung als Mobilisat vom Mitterberger Hauptgang in die Quergänge ein. Die von KARL (1953) analysierte junge Tektonik, die, wie ich feststellen konnte, die Ursache dieser Mobilisation war, reihte KARL (1953) in die alpidische Tektonik ein, sodaß jetzt erwiesen ist, daß alpidische Vererzungen in Form von Mobilisationen im Bereich der Mitterberger Lagerstätte anstehen, die primäre und ascendente

Vererzung dagegen ist älter und zwar älter als die Intrusion des Ergußgesteines „Diabas“.

Die Gang-, Diabase“, die nicht in mehreren Generationen, wie HIESS-LEITNER (1954) annimmt, auftreten, sondern nur in einer Generation und dabei von mobilisierten Erzen durchsetzt werden, enden, wie die Erzgänge des Mitterberger Hauptganges, an der Schichtgrenze „Bunte Knollenschiefer“ — „Grüne Werfener Schichten von Mitterberg“. Weder von HEISSEL noch von mir wurde bis jetzt ein Hineinsetzen der „Diabas“-Gänge oder der Erzgänge in die „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ beobachtet.

HEISSEL stellt die „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ ins Perm. Nachdem auf Grund meiner Beobachtungen keine Gründe vorliegen, die einem Hineinsetzen der „Diabas“-Gänge in die „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ widersprechen, dieselben aber in diese nicht hineinsetzen, ist erwiesen, daß zur Zeit der Intrusion der Gang-, Diabase“ die „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“ überhaupt noch nicht existierten, was bedeutet, daß die Intrusion der Gang-, Diabase“ und die im Vergleich zu den Gang-, Diabasen“ noch ältere primäre Vererzung des Mitterberger Hauptganges permischen oder präpermischen Alters sind.

Auf Grund der derzeitigen Ergebnisse scheidet ein alpidisches Alter der primären, azendenten Vererzung in der Mitterberger Lagerstätte, wie sie PETRASCHECK (1926, 1928, 1932), der die Mitterberger Vererzung zwischen die austrische und savische Faltung einordnet, aus. BÖHNE (1931) und BUTTMANN (1913), die ebenfalls schon ein permisches Alter annahmen, kann ich dagegen bestätigen.

Die Beobachtungen von AMPFERER (1923) und TRAUTH (1916), die auf eine alte und junge Vererzung, wobei sie die junge Vererzung mit den praegosauischen Deckenbewegungen der Alpen in Verbindung brachten, hinweisen, können teilweise bestätigt werden, wenn die von mir analysierte permische Hauptvererzung sowie die alpidische Mobilisation in der Mitterberger Lagerstätte mit den Ergebnissen der vorgenannten Autoren parallelisiert werden.

Über die Herkunft der mesohydrothermalen Erzlösungen können nur Vermutungen angestellt werden. Bedeutende Forscher, wie PETRASCHECK, CLAR und HUTTENLOCHNER, die sich besonders mit dieser Frage beschäftigt haben, vermuten den Magmaherd im Zentralgranit der Tauern.

BUTTMANN (1913) hielt das basische Magma, aus dem die metamorphen Ergußgesteine entstanden, für den Erzbringer der Mitterberger Kupferkiesgänge. Diese Annahme von BUTTMANN (1913) trifft, wie schon KARL (1953) nachwies, nicht zu, weil die Ergußgesteine jünger sind als die primäre azendente Vererzung der Mitterberger Lagerstätte. Die „Diabas“-Intrusionen sind vielmehr als eine Nachphase zur Vererzung anzusprechen, wobei die basischen Lösungen wohl aus dem gleichen Pluton stammen dürften wie die Erzlösungen. Der spendende Pluton wird nach dem Entweichen der saueren Erzlösungen, um in der Terminologie von BORCHERT zu sprechen, als Restschmelze basischen Charakter angenommen haben.

Ob die „Diabas“-Intrusionen die damalige Tagesoberfläche erreichten und mögliche Deckenergüsse in den obersten Teufenbereichen des Mitterberger Hauptganges dabei Magnetite bildeten, die durch Erhitzungsmartitisierung

in oxydischer Atmosphäre sofort wieder in Hämatite umwandelt wurden, ist auf Grund der durchgeführten Untersuchungen sehr wahrscheinlich, aber noch nicht restlos bewiesen. Bei einer späteren Bearbeitung wäre es äußerst aufschlußreich gerade den Bereich „Bunte Knollenschiefer“ — „Grüne Werfener Schichten von Mitterberg“ sowie das Verhalten des „Diabases“ in diesem Bereich und die Einwirkungen des Ergußgesteines auf die Vererzung und auf die Magnetite — Hämatite besonders zu untersuchen.

Mit der Mitterberger Lagerstätte genetisch vergleichbar sind, wenigstens was die Erzführung betrifft, die Siegerländer Spateisensteingänge. Auch dort führt die erste Vererzungsphase, neben Quarz, Arsenkies, Pyrit und Kupferkies, die Nickelminerale Gersdorffit und Ullmannit (persönliche Mitteilung von Herrn Prof. Dr. HÜTTENHAIN aus seinen jüngsten Untersuchungen über die Siegerländer Spateisensteingänge), also ähnlich wie in Mitterberg, wo als I. Vererzungsgeneration die Nickelminerale Gersdorffit, Ullmannit, Pentlandit und Skutterudit zum Absatz kamen. Auch die Siegerländer Hauptphase mit Eisenspat, Kupferkies und Quarz stehen in Mitterberg wiederum an, allerdings als Ankerit, Hochtemperaturkupferkies und Quarz der II. Vererzungsgeneration. Die weiteren Phasen der Siegerländer Spateisengänge fehlen allerdings in Mitterberg, dafür treten „Diabas“-Intrusionen und Mobilisationen alpidischen Alters auf.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen erklären jetzt so manche Beobachtungen, die sich nicht ohne weiteres in eine genetische Gesamtbetrachtung einfügen ließen.

HEISSEL berichtet über Kupferkiesschnüre bzw. über Kupferkiesvererzungen in der Trias, die jetzt als mobilisierte Erze angesprochen werden können. Die Hangend- und Liegendtrümer des Mitterberger Hauptganges, die als Apophysen vom Mitterberger Hauptgang abzweigen und plötzlich im Bereich der Armerz-Zone auskeilen oder die Nebengänge im Bereich der Hämatit-Zone, die früher unter den verschiedensten Namen, wie Petrus- oder Mariengang gebaut wurden, sind jetzt zu erklären, wenn man sich wieder an die Folgen der Inhomogenität des Mitterberger Nebengesteins und an den aufgezeigten alten tektonischen Bau der Mitterberger Lagerstätte zurückerinnert.

700 Die praktische Bedeutung der Ergebnisse für den Mitterberger Kupferbergbau

Auf Grund der erzmikroskopischen Zonengliederung ist dem Bergbau jetzt eine Handhabe gegeben, seine Lagerstätte „überblicken“ zu können.

Das „primäre“ Eintauchen mit 5° gegen Westen deutet schon an, daß die „Zukunft“ des Bergbaus nur im Westen liegt, wobei in Kauf genommen werden muß, daß der Abbau in immer größere Teufen vordringen wird. Heute liegen noch keine Anzeichen vor, die darauf hindeuten, daß die Lagerstätte in Richtung Westen wieder ansteigen wird, wenn auch die obertägigen morphologischen Verhältnisse eine solche Deutung fördern könnten.

Bei Aufschlußarbeiten halte ich es aus wirtschaftlichen Gründen für geraten, den an einer Störung „verlorenen“ Gang auf keinen Fall weder in

der Armerz-Zone noch in der unmittelbaren Nachbarschaft in geringerer oder größerer Teufenlage aufzusuchen. Die Hämatit- und Reicherz-Zone halte ich für die geeignetsten Horizonte, Untersuchungsstrecken zu treiben, um von dort aus durch seigere, abwärtsgeführte Untersuchungsbohrungen die eventuell „verlorengegangenen“ Gänge wieder zu finden.

Die Auffindung reicher NS-streichender Gänge wird nur dort zu erwarten sein, wo sowohl der Gang stark zerquetscht (mit Ausnahme der Armerz-Zone) als auch Pyrit relativ sehr stark angereichert ist. Es ist daher nicht zweckmäßig, solche Gangteile einfach keiner weiteren Untersuchung mehr zu unterziehen, sondern es wäre vielmehr ratsam, das Hangende und Liegende solcher Gangteile des Mitterberger Hauptganges durch Untersuchungsbohrungen abzutasten.

In den Bereichen der Hämatit- und der Reicherz-Zone ist es geboten konstant das Hangende und das Liegende des Mitterberger Hauptganges abzubohren, denn auf Grund der parallel EW-streichenden Zerrungsklüfte des alten tektonischen Baues der Mitterberger Lagerstätte werden fast immer parallel EW-streichende Hangend- und Liegendgänge anstehen.

Auf den hohen Nickelgehalt der Mitterberger Pyrite und damit auf den hohen wirtschaftlichen Wert der Mitterberger Pyrite wird hingewiesen.

800 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden der Erzbestand und die Tektonik der Mitterberger Kupferkieslagerstätte analysiert. Weiterhin wurden die Beziehungen zwischen Erzführung und Tektonik in der Lagerstätte untersucht.

Die Mitterberger Kupferkieslagerstätte liegt südlich von Salzburg bei Bischofshofen, am nördlichen Rand der Grauwackenzone. Sie besteht aus den Gangzügen des Mitterberger Hauptganges, des Südeviers und des Buchbergs. Der wirtschaftlich bedeutende Mitterberger Hauptgang streicht in ost-westlicher Richtung und schiebt gegen Westen unter die Gesteine der Trias ein. Die südlich angrenzenden Gänge des Südeviers streichen um 110° E und der östlich des Salzachtales gelegene Buchberggang um 145° E. Der Abbau geht nur noch im Mitterberger Hauptgang um, der, neben einem Abbau in prähistorischer Zeit, seit dem Jahre 1828 gebaut wird.

PETRASCHECK schreibt der Lagerstätte alpidisches Alter zu, während BÖHNE (1931), der die Lagerstätte erzmikroskopisch untersuchte, permisches Alter annimmt. Weiterhin unterscheidet BÖHNE (1931) eine ältere Ganggruppe, die dem ost-west-streichenden Mitterberger Hauptgang folgt und eine junge Ganggruppe, die in den nord-süd-streichenden Quergängen ansteht. Die azendent entstandenen Vererzungen der Quergänge sind nach BÖHNE (1931) in den ost-west-streichenden Mitterberger Hauptgang eingedrungen und führten so zu sporadischen Erzanreicherungen im Mitterberger Hauptgang.

KARL (1953) untersuchte die Tektonik der Lagerstätte und stellte drei zeitlich unterscheidbare, alpidische Teilformungsakte mit den B-Achsen-Richtungen B_1 EW 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 E horizontal fest und erkannte, daß die Hauptverwürfe, an denen der Mitterberger Hauptgang gegen Westen absinkt, dem jüngsten Teilformungsakt B_3 zuzuordnen sind. Weiterhin untersuchte KARL (1953) das Intrusiv-Gestein „Diabas“ und kam

zu dem Ergebnis, daß der Diabas, der den Mitterberger Hauptgang meist durchsetzt, als Erzbringer, wie frühere Autoren annahmen, ausscheidet.

Die stratigraphische Gliederung der Grauwackenserien nach HEISSEL, des Aufnahmegeologen des Gebietes um Mitterberg, kann weitgehend auf die Verhältnisse unter Tag übertragen werden. Nach HEISSEL enden die Mitterberger Erzgänge an den „Grünen Werfener Schichten von Mitterberg“, die HEISSEL noch ins Paläozoikum einreicht.

Im Gegensatz zu BÖHNE (1931) konnten in der Mitterberger Lagerstätte Hochtemperaturkupferkies und niedrigtemperiert-gebildeter Kupferkies festgestellt werden. Außerdem konnte beobachtet werden, daß die Mitterberger Pyrite nur zum Teil der chemischen Formel FeS_2 entsprechen, während die meisten „Pyrite“ in zonarer Anordnung aus den Komponenten Pyrit, Gersdorffit, Arsenkies und Bravoit aufgebaut sind und von mir deshalb als „zonare Pyrite“ angesprochen wurden. Erstmals wurden weiterhin in der Mitterberger Lagerstätte die Mineralien Ullmannit, Maucherit, Skutterudit und Millerit beobachtet.

Die Verknüpfung der Einzelminerale zu Vererzungs-generationen zeigte, daß in der Mitterberger Lagerstätte drei Vererzungs-generationen anstehen. Die erste Vererzungs-generation führt vorwiegend die Nickelminerale Gersdorffit, Ullmannit, Pentlandit, Maucherit, Skutterudit sowie Arsenkies, Quarz und Ankerit; die zweite und jüngere Vererzungs-generation Hochtemperaturkupferkies, Ankerit und Quarz, wobei die jüngere Vererzungs-generation Minerale der ersten Vererzungs-generation wie Pentlandit in Millerit umwandelte. Im Gegensatz zu diesen beiden Vererzungs-generationen, die als aszendente, mesohydrothermale Vererzungen anzusprechen sind und dem ost-west-streichenden Mitterberger Hauptgang folgen, ist die dritte und jüngste Vererzungs-generation ein tektonisch bedingtes Mobilisat der beiden älteren Vererzungs-generationen. Es führt niedrigtemperiert-gebildeten Kupferkies, Quarz, Ankerit und Fahlerz und kam in den nord-süd-streichenden Quergängen sowie in druckarmen Bereichen des Mitterberger Hauptganges zum Absatz.

Bei einem Vergleich mit verwandten Lagerstätten wurde festgestellt, daß, im Gegensatz zum Mitterberger Hauptgang, der alle drei Vererzungs-generationen führt, in den Lagerstätten Buchberg und Schwarzenbach bei Dienten nur die erste und dritte Vererzungs-generation anstehen. Weiterhin wurde beobachtet, daß die zweite Vererzungs-generation als kupferkiesreiche oder wie im Röhlerbühler Gangzug und im Bertagang als fahlerzreiche Vererzung auftreten kann.

Auf Grund einer erzmikroskopischen Kartierung war es möglich, den Mitterberger Hauptgang in sechs Teufenzonen zu untergliedern. An die Hämatit-Zone, die teilweise über Tage ausbeißt, schließen in Richtung Teufe die Maucherit-, Armerz-, Reicherz-, Millerit- und „Zonare Pyrit“-Zone an. Nach Abzug der Verwurfshöhen der west-fallenden Verwürfe tauchen diese Zonen mit 5° gegen Westen ein, was bedeutet, daß der ost-west-streichende Mitterberger Hauptgang entweder schon vor irgendeiner tektonischen Beanspruchung mit 5° gegen Westen einschob oder daß der Mitterberger Hauptgang in seiner ganzen streichenden Erstreckung, einschließlich des umgebenden Nebengesteines, en bloc um 5° aus der Horizontalen gegen Westen gekippt wurde.

Zwischen der zweiten und dritten Vererzungsgeneration erfolgte die Intrusion der „Diabase“, denn diese durchsetzen die Erzgänge der ersten und zweiten Vererzungsgeneration, während die mobilisierten Erze (dritte Vererzungsgeneration) ihrerseits wieder die „Diabas“-Gänge durchhörtern. Dieses diabasische Ergußgestein verursachte sehr wahrscheinlich im Bereich der Hämatit-Zone Kontaktumwandlungen, indem Fe-reiche Ankerite in Magnetite und diese durch Erhitzungsmartitisierung in oxydischer Atmosphäre in Hämatite umgewandelt wurden.

Die tektonische Analyse der Mitterberger Kupferkieslagerstätte bestätigte die bereits schon von KARL (1953) erkannten drei Teilformungsakte mit B_1 90 E 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 E horizontal auch in den inzwischen neu aufgeschlossenen Grubenfeldern. Auf Grund der von mir aufgegliederten Homogenitätsbereiche in bezug auf B konnte der Bereich des Mitterberger Hauptganges in B-homogenen Raumkörpern dargestellt werden, in denen im Westen des Mitterberger Hauptganges der Plan B_2 110 E 20 W, im Osten der Plan B_1 90 E 15 W und in einer Zone, diagonal von Westen nach Osten ansteigend, der Plan B_3 60—70 E horizontal vorherrschen. Die klufthomogenen Bereiche ließen sich in die B-homogenen Bereiche eingliedern, sodaß die B-homogenen Raumkörper des Mitterberger Hauptganges auch den klufthomogenen Raumkörpern entsprechen. Die festgestellten Kluftmaxima liegen in Okl-Lage und teilweise sogar in ac-Lage zu den B-Achsen der Teilformungsakte B_1 — B_2 — B_3 , sodaß die tektonische wie zeitliche Zusammengehörigkeit der entsprechenden Kluft- und B-Achsen-Maxima erwiesen ist.

Den starr ost-west-streichenden Mitterberger Hauptgang begleiten nord- und süd-fallende Schichtungsflächen, was darauf hindeutet, daß der Mitterberger Hauptgang der Achsenebene einer Großantiklinale folgt. Untersuchungsbohrungen im Westen, durch die eine Antiklinale festgestellt wurde, das Eintauchen des Mitterberger Hauptganges mit 5° gegen Westen und das mit 5° westliche Eintauchen einer B-Achse, die sich aus den nord- und süd-fallenden Schichtungsflächen ergibt, sprechen für das Vorhandensein einer alten Großantiklinale, deren Achsenebene der Mitterberger Hauptgang folgt. Dieser Nachweis war aber im Mittelfeld des Mitterberger Hauptganges wegen Fehlens entsprechender Aufschlüsse nicht möglich. Auch die Analyse der Schichtungsflächen im süd-nord-aufgefahrenen Emilstollen erbrachte keinen eindeutigen Beweis für das sichere Vorhandensein einer solchen Großantiklinale. Erschwert wird dieser Nachweis außerdem noch durch die Tatsache, daß die B-Achsen einer Großantiklinale im Summationsbereich der jungen B-Achsenrichtung B_1 90 E 15 W liegen und so alte und junge B-Achsen nicht unterschieden werden können.

Die vergleichende Untersuchung zwischen Vererzung und Tektonik im Bereich des Mitterberger Hauptganges erbrachte, daß die erste und zweite Vererzungsgeneration der Achsenebene einer nahezu sicheren aber nicht mehr eindeutig analysierbaren Großantiklinale folgt. Die Inhomogenität des Nebengesteines machte es dabei möglich, daß trotz der nord-süd-gerichteten Einengungstektonik ost-west-streichende Zerrungsspalten aufreißen konnten, in denen die Erzlösungen der ersten und zweiten Vererzungsgeneration zum Absatz kamen. Der so angelegte Mitterberger Hauptgang wurde anschließend von „Diabas“-Intrusionen durchhörtert, wobei es an den

Kontakten zu Mineralumwandlungen kam. Durch die jungen tektonischen Beanspruchungen mit den B-Achsen-Richtungen B_1 EW 15 W, B_2 110 E 20 W und B_3 60—70 horizontal wurde der Mineralbestand des Mitterberger Hauptganges teilweise mobilisiert, wobei das Mobilisat in die durch dieselben tektonischen Beanspruchungen aufgerissenen nord-süd-streichenden Quergänge und in jene Gangbereiche des Mitterberger Hauptganges, die nur geringen Drücken ausgesetzt waren, abwanderten.

Zu den Arbeiten über die Entstehung der ostalpinen Erzlagerstätten konnte für diese Lagerstätte angefügt werden, daß die mesohydrothermale Vererzung der Mitterberger Lagerstätte ins Perm zu stellen ist und keine ascendente, alpidische Vererzungen anstehen, wohl aber Mobilisationen des permischen Erzbestandes, die durch eine alpidische Tektonik ausgelöst wurden. Weiterhin scheidet der „Diabas“, wie schon von KARL (1953) festgestellt, als Erzbringer aus; er wandelt aber, wie jetzt beobachtet, den Erzbestand in den Kontaktzonen um.

Die Ergebnisse der Untersuchungen geben dem Bergbau in Mitterberg jetzt die Möglichkeit, die Aufschlußarbeiten wirtschaftlicher zu gestalten, nachdem erkannt wurde, daß die Lagerstätte nach Westen eintaucht, der Mitterberger Hauptgang sich in sechs verschieden reiche Zonen untergliedert, in der Hämatit- und Reicherz-Zone Gangverdoppelungen auf Grund der besonderen Tektonik geradezu die Regel sein werden, nord-süd-streichende Gänge nur dort gefunden werden können, wo die entsprechenden Anzeichen im Mitterberger Hauptgang vorliegen und nicht zuletzt, daß das Auftreten von Hämatit im Erzgang dessen obere Begrenzung anzeigt.

900 Literaturverzeichnis

- AIGNER, F.: Die Kupferbergbaue der Mitterberger Kupfer-Aktiengesellschaft bei Bischofshofen. — BHM Jb. Bd. 78, Wien 1930.
- AIGNER, G.: Eine Graptolithenfauna aus der Grauwackenzone (Fieberbrunn, Dienten). — Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss. Wien 1931. math.-nat. Kl., Abt. 1, Bd. 140.
- ALLEN, E. T. — CRENSHAW, J. L. — MERWIN, H. E.: The Stockes method for the determination of pyrite and marcasite. — Amer. J. Sci. (4) 38, 371—431, 1914.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. — Jb. R. A. Bd. 73 und 74, 1923.
- AMSTUTZ, G. C.: The Copper Deposits Caprichosa and Antachajra in Central Peru. — N. Jb. Miner., Abh., 94, 390—429, Stuttgart, 1960.
- ANDREATTA, C.: Stoffmobilisierung und Stoffbewegungen bei der tektonischen Metamorphose. — N. Jb. Miner., Mh. 1954, 2—17.
- ANGEL, F.: Über die spilitisch-diabasische Gesteinssippe in der Grauwackenzone Nordtirols und des Pinzgaues. — Mitt. d. Geol. Ges. 1955, 48, Wien 1956 (Klebelberg-Festschrift).
- BAN, A.: Die Frühjahrstagung 1960 des Fachgr. f. Min. u. Geol. — DER KARINTHIN, Folge 41, S. 95—98. (H. MEIXNER, Chemie der Erde.)
- BERNHARD, J.: Erzmikroskopische Untersuchungen im Westfeld der Mitterberger Kupferkieslagerstätte. — Nicht veröffentlicht, Universität München, 1956.
- BLEEK, A. W. G.: Die Kupferkiesgänge von Mitterberg in Salzburg. — Z. f. pr. Geol. 1906, S. 365.
- BÖHNE, E.: Die Kupfererzgänge von Mitterberg in Salzburg. Gangverhalten und Erzfolge. — Archiv für Lagerstättenforschung, 49, Berlin 1931.

- BORCHERT, H.: Über Entmischungen im System Cu-Fe-S und ihre Bedeutung als „geologische Thermometer“. — *Chemie der Erde*, 9, S. 145—172, 1934.
- BORCHERT, H.: Ozeane Salzlagerstätten. — Berlin 1959.
- BORCHERT, H.: Vorlesung der Lagerstättenkunde an der Bergakad. Clausthal.
- BUTTMANN, H.: Die Kupferkieslagerstätten von Mitterberg. — Verlag von Graz und Gerlach, Freiberg in Sachsen, 1913.
- CANAVAL, R.: Altersverschiedenheiten bei Mineralien der Kieslager. — *Z. f. pr. Geol.* 1910, S. 181.
- CLAR, E.: Ostalpine Vererzung und Metamorphose. — *Verh. Geol. B. A.*, 1945.
- CLAR, E.: Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. — *Geol. Rdsch.*, 42, 1953 a, 107—127.
- CORNELIUS, H. P.: Zur Einführung in die Probleme der nordalpinen Grauwackenzone. — *Mitt. d. RfB, Zweigstelle Wien*, 2, 1—8, Wien 1941.
- CORNELIUS, H. P.: Die Kontaktfläche Grauwackenzone—Kalkalpen — eine Reliefüberschiebung? — *Ber. RfB, Zweigstelle Wien*, 1943, 161—165, Wien 1943.
- DEL-NEGRO, W.: Geologie von Salzburg. — Univ.-Verlag Wagner, Innsbruck, 1950.
- DEL-NEGRO, W.: Geologische Forschung in Salzburg 1949—1956. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 49, 1956, Wien 1958, 107—126.
- DEL-NEGRO, W.: Salzburg. — *Verh. Geol. B. A., Bundesländerserie*, Wien 1960, 19—22.
- DUFTSCHMID, B.: Probleme aus der nördlichen Grauwackenzone. — *Zs. d. Deutsch. geol. Ges. Berlin* 1930, Bd. 82.
- DUNN, J. A.: A microscopical study of the Bawdwin ores, Burma. — *Geol. Surv. India Rec.* 72, 333—359, 1937.
- FLÖRKE, W.: Mikrophographische Beobachtungen an Nickel- und Kobalterzen. — *Metall und Erz*, 20, 197—206, 1923.
- FRIEDRICH, O. M.: Überblick über die ostalpine Metallprovinz. — *Z. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen i. Deutschen Reich*, 1937.
- FRIEDRICH, O. M.: Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. — *Berg- u. Hüttenm. Mh.* 90, H. 9.
- FRIEDRICH, O. M.: Zur Genese ostalpiner Spatmagnetit- und Talklagerstätten. — *Radex-Rundsch.*, H. 7, 1951.
- FRIEDRICH, O. M.: Bemerkungen zum Aufsatz von G. STERK. — *BHM*, Jg. 100, H. 3, 1955.
- FRIEDRICH, O. M. und PELTZMANN, J.: Magnetitvorkommen und Paläozoikum der Entachenalm im Pinzgau. — *Verh. Geol. B. A.*, Wien, 1937, S. 245—253.
- GANNS, O.: Das Paläozoikum am Südrand des Dachsteins. — *Mitt. RfB., Zweigstelle Wien*, 2, 9—18, 1941.
- GOLL, J. J.: Chalcographische Studien über die Nickelerze von Dobsina. — *Cesk. A* 47, 1—18, 1937.
- GRODDECK, A. v.: Zur Kenntnis der grünen Gesteine (grüne Schiefer) von Mitterberg im Salzburgischen. *Jb. d. k. k. Geol. R. A.*, 33. Bd., 1883, 3. H., S. 397—404.
- GÜMBEL, v.: Geolog. Bemerkungen über die Thermen von Gastein und ihre Umgebung. — *S. Ber. Kon. Bayer. Akad. Wissensch.*, 1889, S. 341.
- HABERFELNER, E.: Die Geologie des Eisenerzer Rerchenstein und des Polster. — *Mitt. d. Ak. f. Bergbau, Geol. u. Pal. d. Steiern. Landesmuseums Joaneum, Graz* 1935.
- HADEN, A.: Über neue Silurversteinerungen in der nördlichen Grauwackenzone auf der Entachenalm bei Alm im Pinzgau. — *Verh. Geol. B. A.*, 1936, S. 133—138.
- HAMMER, W.: Beitrag zur Tektonik des Oberpinzgaus und der Kitzbühler Alpen. — *Verh. Geol. B. A.*, 1938.
- HEISSEL, W.: Aufnahmebericht auf Blatt St. Johann im Pongau. — *Verh. Geol. B. A.*, 1938, S. 38—39.
- HEISSEL, W.: Die geologischen Verhältnisse am Westende des Mitterberger Kupfererzganges (Salzburg). — *Jb. Geol. B. A.*, H. 3 u. 4, Wien 1945, S. 117—127.
- HEISSEL, W.: Alte Gletscherstände im Hochkönig-Gebiet. — *Jb. Geol. B. A.* 92, 1947, S. 147—164, Wien 1949.

HEISSEL, W.: Aufnahmen auf den Kartenblättern Saalfelden, Dienten, St. Georgen im Pinzgau, Taxenbach, Werfen, Bischofshofen, St. Johann/Pongau. — Verh. Geol. B. A. 1950/51, H. 2, S. 26—27.

HEISSEL, W.: Die Grauwackenzone der Salzburger Alpen. — Verh. Geol. B. A. Wien 1951, S. 71—76.

HEISSEL, W.: Auftreten der „Grünen Schichten“ in Begleitung von Grauwackengesteinen des Paläozoikum. — Verh. Geol. B. A., Wien 1952.

HEISSEL, W.: Zur Stratigraphie und Tektonik des Hochkönigs. — Jb. Geol. B. A. 96, Wien 1953, S. 344—356.

HEISSEL, W.: Die grünen Werfener Schichten von Mitterberg (Salzburg). — Tscherm. Mitt., Bd. 4, 1—4 H., S. 338—349, Wien 1954.

HEISSEL, W.: Aufnahmebericht für 1953 auf den Kartenblättern 124 Saalfelden und 125 Bischofshofen. — Verh. Geol. B. A., Wien 1954, S. 47—48.

HEISSEL, W.: Die „Hochalpenüberschiebung“ und die Brauneisenerzlagerstätten von Werfen-Bischofshofen (Salzburg). — Jb. Geol. 98, Wien 1955, S. 183—201.

HEISSEL, W.: Aufnahmebericht Blatt Bischofshofen (125) für 1956. — Verh. Geol. B. A., Wien 1957, S. 33.

HEISSEL, W.: Aufnahmebericht für 1957, Blatt 125 Bischofshofen. — Verh. B. A., Geol. Wien 1958, S. 219.

HELKE, A.: Beiträge zur Kenntnis der Golderzgänge am Ungarberge und am Fericeel bei Staujia im siebenbürgischen Erzgebirge (Rumänien). — Tscherm. Mitt. 44, 265—326, 1933.

HERITSCH, F.: Bemerkungen zur Notiz von A. HADEN über Silurversteinerungen von der Entachenalm. — Verh. Geol. B. A., Wien 1936, Nr. 11.

HIESSLEITNER, G.: Sulfidisch-arsenidisches Ni-Co auf alpinen Erzlagerstätten. — Z. f. pr. Geol. 1929, 8.

HIESSLEITNER, G.: Bericht über bergbaugeologische Arbeiten. — Verh. Geol. B. A., H. 1, S. 77, Wien 1950—1951.

HIESSLEITNER, G.: Ostalpine Erzmineralisation in Begleitung von vor- und zwischen-mineralisatorisch eingedrungener Eruptivganggestein. — Sonderdr. a. d. Ztschr. f. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen, Bd. VII (1954), H. 8.

HIESSLEITNER, G.: Betriebsinterne Gutachten. — Nicht veröffentlicht.

HÜTTENHAIN: Mündliche Mitteilungen über die Ergebnisse der jüngsten Untersuchungen in den Siegerländer Spateisensteingängen. — Noch nicht veröffentlicht.

HUTTENLOCHNER, H. F.: Zur Kenntnis verschiedener Erzgänge aus dem Penninikum und ihre Dislokationsmetamorphose. — Schweiz. Min. Petr. Mitt. 1925, V. 1, S. 206.

HUTTENLOCHNER, H. F.: Die Vererzung der Westalpen, ihre zeitliche und räumliche Gliederung. — Geol. Rdsch., 42, 1953, 93—107.

JOHN, C. v.: Über Melaphyr von Hallstatt und einige Analysen von Mitterberger Schiefer. — Verh. Geol. B. A., Wien 1884, S. 76—78.

KARL, F.: Anwendung gefügeanalytischer Arbeitsmethoden am Beispiel eines Bergbaues (Kupferbergbau Mitterberg, Salzburg). — N. Jb. Mineral. Abh., 85, H. 2, S. 203—246, Stuttgart 1953.

KARL, F.: Das Gainfeldkonglomerat bei Bischofshofen (nördliche Grauwackenzone) und seine Beziehungen zu einigen Konglomeraten in den Tauern und der Westalpen. — In. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl., 1953, Nr. 1.

KARL, F.: Das Gainfeldkonglomerat, ein Tuffitkonglomerat aus der nördlichen Grauwackenzone (Salzburg). — Verh. Geol. B. A., H. 4, S. 222, Wien 1954.

KARL, F.: Der derzeitige Stand B-achsialer Gefügeanalysen in den Ostalpen — Jb. Geol. B. A., 47, S. 133—152, Wien 1954

LEITMEIER, H.: Einführung in die Gesteinskunde. — Springer-Verlag, Wien 1950.

LINDGREN, W.: The silver mine of Colquijirea, Peru. — Econ. Geol. 30, 331—346, 1935.

MATZ, K. B.: Die Kupfererzlagerstätte Mitterberg (Mühlbach am Hochkönig, Salzburg). — Sonderheft zur Mineralogentagung Leoben, 1953.

MAUCHER, A.: Über die Kieslagerstätte der Grube „Bayerland“ bei Waldsassen in der Oberpfalz. — *Z. angew. Mineral.*, 2, Berlin 1939.

MAUCHER, A.: Einige Beispiele von Kataklyse an Arsenkies und Pyrit. — *Zbl. Min.*, 1939, S. 193—199.

MEHNERT, K. R.: Über endogene Erzbildung und ihre Beziehungen zur Granitentstehung durch selektive Mobilisation. — *N. Jb. Miner., Abh.* 94, Festband Ramdohr, 1960, S. 49—76.

MOSEBACH, R.: Neue Ergebnisse aus dem Gebiet der hydrothermalen Forschung. — *Chemiker Z.*, 79, 1955, S. 583—599.

OELSNER, O.: Möglichkeiten zur Mobilisation von Blei-Zinkerzen aus bestehenden Lagerstätten und Kriterien zu ihrer genetischen Einstufung. — *N. Jb. Mineral., Abh.*, 94, 98—120, Stuttgart 1960.

OHNESORGE, TH.: Aufnahme Blatt Kitzbühel/Zell/See im Jahresbericht. — *Verh. Geol. B. A.*, 1924, Wien 1925.

OHNESORGE, TH.: Aufnahmebericht über Blatt St. Johann i. Pongau. — *Verh. Geol. B. A.*, 1926, Wien 1927.

PELTZMANN, J.: Zu den Graptolithen der Entachenalm. — *Verh. Geol. B. A.*, Wien 1936, Nr. 11.

PETRASCHECK, W.: Das Alter alpiner Erze. — *Verh. Geol. R. A.*, 1926.

PETRASCHECK, W.: Metallogenetische Zonen in den Ostalpen. — *C. R.*, 14, int. Geol. Kongr. Madrid, 1928.

PETRASCHECK, W.: Die Magnesite und Siderite der Alpen. — *Sber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-nat. Kl., Abt. I*, 141 Bd., 3 und 4. H., 1932.

PETRASCHECK, W.: Die alpine Metallogeneese. — *Jb. Geol. B. A.*, 90, 129—149, 1945.

PETRASCHECK, W. & PETRASCHECK, W. E.: Lagerstättenlehre. — Springer, Wien 1950.

POŠEPNY, F.: Die Erzlagerstätten von Kitzbühel in Tirol und deren angrenzenden Teile Salzburgs. — *Archiv f. pr. Geol.*, Wien 1880, S. 289.

RAMDOHR, P.: Über Metamorphose und sekundäre Mobilisierung. — *Geol. Rdsch.*, 42, 1953, 11—19.

RAMDOHR, P.: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. — Berlin, Akademie-Verlag, 1960.

REDLICH, K. A.: Über einige wenig bekannte kristalline Magnesitlagerstätten Österreichs. — *Jb. Geol. B. A.*, 85, 1935, S. 101.

SAKSELA, M.: Die Entstehung der Outokumpu-Erze im Lichte der tektonisch-metamorphen Stoffmobilisierung. — *N. Jb. Miner., Abh.*, 91, 1957, 278—302.

SAKSELA, M.: Beiträge zur Kenntnis der sog. chloritischen Kupferformationen im fennoskandischen Grundgebirge. — *N. Jb. Miner., Abh.* 94, 1960, 319—351.

SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde geologischer Körper, Bd. I und II. — Springer, Wien 1948, 1950.

SCHNEIDERHÖHN, H.: The mineragraphy and spectrography of the sulphidic platinum ores of the Bushveld complex. — veröffentlicht in P. A. WAGNER: The platinum deposits of South Africa. — Edinburg 1929, S. 206—246.

SCHNEIDERHÖHN, H.: Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. — Fischer, Jena 1941.

SCHNEIDERHÖHN, H.: Erzlagerstätten, Kurzvorlesungen. — Fischer, Jena 1944.

SCHNEIDERHÖHN, H.: Fortschritte in der Erkenntnis sekundär-hydrothermalen und regenerierter Lagerstätten. — *N. Jb. Miner., Mh.*, 223—237, 1953.

SCHWINNER, R.: Die älteren Baupläne der Ostalpen. — *Z. D. Geol. Ges.*, 81, 1929.

SCHWINNER, R.: Variszisches und alpines Gebirgssystem. — *Geol. Rsch.*, 24, 1933.

SCHWINNER, R.: Zur Gliederung der phyllitischen Serien der Ostalpen. — *Verh. Geol. B. A.*, 1936, Nr. 5, S. 117—124.

SCHWINNER, R.: Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. — *Z. D. Geol. Ges.*, 94, H. 3/4, 1942.

STAPF, F. M.: Geognostische Notizen über einige Alpine Kupfererzlagerstätten. — *B. u. H. Ztg.*, XXIV, 1865.

STERK, G.: Vererzte Pflanzenreste aus der Kupferkieslagerstätte Mühlbach Hochkönig. — BHM, Jg. 99, H. 3, 1954.

STERK, G.: Vererzte Zellstrukturen an fossilen Pflanzen aus der Kupferlagerstätte Mühlbach. — Montan. Rsch., Z. f. Bergbau- u. Hüttenwesen, H. 5, 1955.

TAUPITZ, K. CHR.: Über Sedimentation, Diagenese, Metamorphose — Chem. d. Erde, 17, 104—164, 1954.

TILL, A.: Das geologische Profil von Berg Dienten nach Hofgastein. — Verh. d. k. k. Geol. R. A., Wien 1906, S. 323—334.

TRAUTH, F.: Die geolog. Verhältnisse an der Südseite der Salzburger Kalkalpen. — Mitt. Geol. Ges., Wien 1916.

TURNER, A.: Reliefüberschiebungen in den Ostalpen. — Fortschr. Geol. Pal. 14/18, 1943.

VENERANDI, I.: Strutture e tessiture di ematite magnetite nel giacimento di Mitterberg (Austria). — Istituto Lombardo (Rend. Sc.) A 98, 274—282, (1964).

WICHT, K.: Bergbau Mitterberg. — nicht veröffentlicht, 1937.

ZSCHOKE, K. & PREUSCHEN, E.: Das urzeitliche Bergbauggebiet von Mühlbach-Bischofshofen. — Materialien z. Urgesch. Österreichs H. 6, Wien 1932, Selbstverl. Anthropol. Ges. Wien.