

Bulletin de la

# Commission Géologique

de Finlande

N:o 226

Lagerstättenkundliche Untersuchungen am  
Eisenerzvorkommen Jauratsi  
in Finnisch-Lappland

von Karlheinz Rieck, Hermann Borchert und Gerd Anger



Geologinen tutkimuslaitos • Otaniemi 1967

Bulletin de la Commission Géologique de Finlande N:o 226

LAGERSTÄTTENKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN  
AM EISENERZVORKOMMEN JAURATSI IN  
FINNISCH-LAPPLAND

VON

KARLHEINZ RIECK, HERMANN BORCHERT UND GERD ANGER

MIT 44 ABBILDUNGEN UND 10 TABELLEN UND EINER BEILAGE

GEOLOGINEN TUTKIMUSLAITOS  
OTANIEMI 1967

Anschrift der Verfasser:

Mineralogisch-petrographisches Institut  
der T. H. Clausthal  
3392 Clausthal-Zellerfeld  
Deutschland (West)

## INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung .....	5
Lage von Jauratsi und bisherige Untersuchungen .....	5
Zur Geologie von Südlapland .....	7
Geologische Kartierung .....	9
Allgemeines .....	9
Das grössere Gebiet um Jauratsi .....	10
Beschreibung der wichtigsten Gesteinstypen .....	10
Struktur und Stratigraphie .....	14
Das Jauratsi-Gebiet .....	17
Beschreibung der Gesteinstypen .....	17
Struktur, unter besonderer Berücksichtigung photogeologischer Auswertungen ....	19
Stratigraphie .....	22
Mikroskopische und ergänzende megaskopische Untersuchungen .....	23
Erzführendes Gestein .....	23
Östliches Gebiet .....	26
Mittleres Gebiet .....	34
Westliches Gebiet .....	40
Das Nebengestein .....	43
Nördliches Amphibol—Chlorit-Gestein .....	43
Das Nebengestein in der Jauratsi-Formation .....	44
Chemismus .....	48
Auswertung der chemischen Analysen .....	48
Abgrenzung des Gültigkeitsbereiches .....	48
Chemische Analysen vom Nebengestein .....	48
Chemische Analysen vom erzführenden Gestein .....	49
Vergleich von mikroskopischen Untersuchungen und Chemismus für das vererzte Gestein	55
Zuordnung Mineralbestand-Chemismus (ausser Fe) .....	55
Zuordnung Mineralbestand-Chemismus für Fe .....	57
Allgemeine Ergebnisse .....	59
Petrographische Gliederung der Jauratsi-Serie und Altersbeziehungen .....	59
Der Metamorphosegrad .....	60
Metamorphose und Martitisierung bei den Erzmineralien .....	63
Vererzungstypen und Eisengehalt .....	65
Zusammenfassung .....	66
Literaturverzeichnis .....	69



## ABSTRACT

The paper deals with the iron ore deposit of Jauratsi in the southeastern part of Finnish Lapland. In shape the iron ore beds approach a lens trending E—W and measuring  $3\,000 \times 900$  meters in area. The structurally distinct beds are situated in a complex of amphibolite-chlorite schists and amphibolites. The schist series consists of different quartzites, sericite schists, metagraywackes and amphibolites, which are banded in places. The series is possibly a transition from clastic to chemical sediments. It belongs to Lapponium, dated within 1900—2000 m.y. and 1750—1850 m.y., and has been affected by regional metamorphism (upper almandine-amphibolite facies). Besides the index minerals, systematic measurements of the grain size of the quartz gave clues for the determination of the degree of metamorphism. In several quartzites the abundant graphite impeded the recrystallization of the quartz.

The main mineral is hematite in the form of martite. Further, there occur granular and scaly hematite (specularite), magnetite, in places, and goethite as younger alteration product. Three types of ore mineralizations are distinguished, and locally they may overlap. The martitization is of importance because it is not limited solely to the narrow, superficial zone. Its intensity depends on textural properties of the mineralized rock.

The microscopical and chemical results show that, particularly in the eastern part of the area, conditions characterized by a shortage or absence of  $O_2$  prevailed. The high content of C and V, and the low Mn/Fe ratio support this interpretation. It is in this area that the highest ore contents have been met with. The graphite-bearing quartzite is easy to distinguish in the field. It is therefore a valuable clue in searching for possible ore mineralizations.

## EINLEITUNG

### Lage von Jauratsi und bisherige Untersuchungen

Jauratsi liegt im SE von Finnisch-Lapland bei  $27^{\circ}55'$  östl. Länge und  $67^{\circ}6'$  nördl. Breite (Abb. 1). Das hügelige, zum grossen Teil bewaldete Gebiet ist bisher wenig erschlossen. Es liegt etwa 300—400 m hoch. Der Name Jauratsi war ursprünglich auf den markantesten Hügel, den Jauratsikallio (Abb. 2), beschränkt. Später wurde er auf das gesamte umliegende Gebiet übertragen, in dem Eisenerzausbisse vorkommen. In diesem Sinne ist er in der Arbeit verwendet.

J. N. Soikero (bei Olson, 1938) erwähnt 1904 als erster das Auftreten von gebänderten und schwarzen Quarziten mit magnetischem Eisenerz in Jauratsi. Von E. H. Kranck (bei Olson, 1938, cit.) sind 1924 weitere Angaben gemacht worden. Ein Gebiet von  $10\text{—}15\text{ m} \times 500\text{ m}$  ist vererzt, der Eisengehalt liegt bei 35—40 %. Die

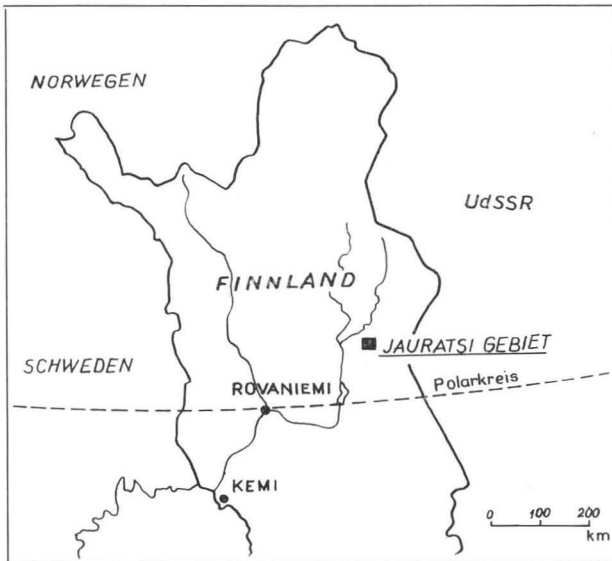


ABB. 1. Lage des Jauratsi-Gebietes.



ABB. 2. Jauratsikallio J I; J II und J III von N her gesehen. Im Vordergrund sumpfiges Gelände.

Haupteisenträger sind Hämatit und Magnetit. E. Mikkola besuchte 1930 und später noch einige Male das Gebiet. 1938 erwarb die Firma Suomen Malmi Oy hier die Untersuchungsrechte und führte im Sommer des folgenden Jahres genauere Erkundungen durch. Ein provisorisches Liniensystem wurde angelegt und die Grundgebirgsausbisse kartiert. Es folgten magnetometrische Messungen. Im östlichen Gebiet, wo die besten Erze gefunden wurden, legte man neun Schürfgräben an. Die Vorräte wurden auf 250 000 t Hämatiterz mit 40 % Fe und 120 000 t Magnetiterz mit 32 % Fe geschätzt. Es sind keine grösseren Reserven zu erwarten, da die Erzformation eine Synklinale bildet (Olson, 1938). Aufbereitungsversuche verliefen unbefriedigend. Es liess sich nur ein armes Konzentrat mit viel P herstellen. Marmo (1952) ordnet in einer Übersicht der finnischen Eisenerze das Jauratsi-Vorkommen unter »sedimentogene Hämatit- und Magnetiterze« ein.

Seit 1958 — mit längeren Unterbrechungen — führt die Firma Otanmäki Oy im Jauratsi-Gebiet Prospektionsarbeiten durch. Im Rahmen dieser Untersuchungen war K. Rieck 1964 in Lappland tätig. Der Otanmäki Oy sei an dieser Stelle vielmals Dank gesagt. Insbesondere der Chefgeologe fil.maist. H. Paarma förderte die Arbeit in grosszügigster Weise. Fil.maist. V. Makkonen und fil.lis. J. Nuutilainen danken wir für zahlreiche wertvolle Ratschläge und klärende Informationen.

#### *Erklärung der verwandten Abkürzungen*

1. Die Grundgebirgsaufschlüsse sind mit Ziffern, teilweise zusätzlich mit Buchstaben bezeichnet.  
Bei Zitierung im Text werden sie in runde Klammern gesetzt, z.B. (J II), (Nr. 23).

Es bedeutet

J	I	Jauratsihügel	I	E
J	II	»	II	↓
J	III	»	III	W
M	I	Magnetithügel	I	E
M	II	»	II	↓
M	III	»	III	W

2. Hämatit, Magnetit und Goethit werden in einigen Tabellen mit H, M und G abgekürzt.
3. Bei den Mikrophotos ist angegeben:  
 Nummer des An- bzw. Dünnschliffes, Nummer des Aufschlusses und näherer Ortshinweis, z.B. Graben Nr. 1, technische Daten.

### Zur Geologie von Südlappland

Die präkambrischen metamorphen Gesteinskomplexe von Finnland werden nach Simonen (1960) in drei Haupteinheiten gegliedert:

1. Granit- und Granulit-Komplex in E- und N-Finnland
2. Svekofennidischer Schiefergürtel in W- und S-Finnland
3. Karelidischer Schiefergürtel in E- und N-Finnland.

TABELLE 1  
 Stratigraphische Klassifikation (vereinfacht nach Simonen, 1960)

		Alter (Mio. J.)
Jotnischer Sandstein anorogene Granite (Rapakivi) orogene Magmatite		1 300 1 620 1 750—1 850
METAMORPHE GESTEINE		
<b>Svekofenniden</b>	<b>Kareliden</b>	
	E-Finnland	N-Finnland (Lappland)
obere		Kumpu-Formation
mittlere	Kalevium	Lapponium
untere	Jatulium	
»basement« Untergrund (unbekannt)	prä-karelidischer Untergrund	2 600

TABELLE 2  
Gliederung der Kareliden in Südlappland (nach E. Mikkola, 1941)

Phase	Formation	wichtigste Gesteine	Schwedisch-Lappland (Vergleich)
Ende der karelidischen Phase	Kumpu-Oraniemi	Quarzite, Arkosen u. Al-reiche Schiefer	Vakko-System
	Lapponium	basische Vulkanite u. Jaspisquarzite Quarzite und Schiefer	porphyrische Leptite des älteren Kiruna-Systems
Gneisgranit und Granitgneis			
Beginn der karelidischen Phase?	Tuntsa—Savukoski-Formation	graue und bräunliche Gneise	

Nach neuen Ergebnissen (Simonen, 1960) gehören der svekofennidische und karelidische Schiefergürtel wahrscheinlich zu demselben orogenen Zyklus und unterscheiden sich nur durch verschiedene Sedimente und Stadien der Metamorphose.

Südlappland wird zum überwiegenden Teil vom nördlichen karelidischen Schiefergürtel aufgebaut. Im NE und SW hat es Anteil an den ausgedehnten Gneisgranit- und Granitkomplexen. Mikkola (1941) hat das Gebiet bearbeitet und gibt die in Tabelle 2 aufgeführte Einteilung.

Das Lapponium hat die grösste Verbreitung und ein Alter zwischen 1900—2000 und 1750—1850 Mio Jahre (Simonen, 1960). Jauratsi ist hier einzuordnen.

Die Gliederung des Lapponiums ist unbekannt. Ein Basalkonglomerat ist nicht vorhanden. Die suprakrustalen Gesteine sind oft feldspathaltige Quarzite, Quarz—Feldspat—Schiefer, Al-reiche und schwarze Schiefer. Besonders kennzeichnend ist die weite Verbreitung basischer Vulkanite, die einen der grössten Komplexe dieser Art in Fennoskandia bilden (Mikkola, 1941). Agglomerate, Tuffe, Kissenlaven und porphyrische Strukturen sind häufig und sprechen für oberflächennahe Bildung. Mikkola (1941) gebraucht den Sammelnamen Grünsteine und gliedert in

1. Kittilä—Grünsteine                      über 50 % SiO<sub>2</sub>
2. Amphibol—Chlorit—Gesteine        45 % SiO<sub>2</sub>

Jaspisquarzite, ± eisenerzführend, schwarze Phyllite und Karbonate können eng mit den Grünsteinen verbunden sein.



ABB. 3. Blick von (Nr. 23) nach N. Flaches, stellenweise bewaldetes Gelände mit einigen Sumpfflächen. Am Horizont höhere Erhebungen (um 450 m), etwa 20 km entfernt.

## GEOLOGISCHE KARTIERUNG

### Allgemeines

Die Kartierung wurde in den Monaten Juni bis August 1964 mit einigen Unterbrechungen durchgeführt. Gelände- und Aufschlussverhältnisse sind in grossen Teilen des bearbeiteten Gebietes ungünstig. Folgendes Kartenmaterial stand zur Verfügung:

topographische Karte	1: 100 000 2 Blätter (1945, 1950)
Luftphotos	1: 30 000 2 Serien (1963, 1964)
Forstkarte	1: 40 000 (1960)
aeromagnetische Karte	1: 30 000 (1959)
Suomen Geologinen Yleiskartta (The General Geological Map of Finland)	1: 400 000 Blatt C 6 (1910) Blatt C 7 (1937)
Kallioperäkartta Keminniemen alueesta (Grundgebirgskarte des Keminniemi-Gebietes)	1: 50 000 Mikkola (1938)

Vom engeren Jauratsigebiet sind daneben noch Spezialkarten vorhanden.

Zur Orientierung und Einzeichnung von Aufschlüssen und sonstigen Beobachtungen wurden Luftphotos 1: 30 000, vom südlichen Teil auch eine Vergrösserung 1: 10 000 benutzt. Eine genaue Eintragung wird durch fehlende markante Höhenunterschiede erschwert. Grosse Gebietsteile sind mit eiszeitlichen Ablagerungen bedeckt und bewaldet, sumpfig oder moorig (Abb. 3 und 4). Ein Wegenetz ist kaum



ABB. 4. Flacher, vom Eis gerundeter Grundgebirgsausbiss. Schwarzer, gebänderter Quarzit auf (M I).

vorhanden. Es können daher Ungenauigkeiten und Differenzen in den verschiedenen Karten auftreten. Dies gilt vor allem für den nördlichen Teil, im engeren Jauratsi-Gebiet liegen die Verhältnisse günstiger.

Die einzelnen Gesteinsarten sind in unterschiedlichem Masse aufgeschlossen. Gut liegen die Verhältnisse bei dem basischen Amphibol—Chlorit-Gestein, auch noch bei Agglomerat, Amphibolit und manchen Quarziten. Schiefer und Grünsteine sind häufig in Senken anzutreffen (Mikkola, 1941). Daher gibt der Anteil der einzelnen Gesteinsarten an den Aufschlüssen ein verzerrtes Bild.

### Das grössere Gebiet um Jauratsi

Um die geologische Position des Jauratsi-Gebietes abzugrenzen, wurde eine Aufschlusskarte (Beilage) der weiteren Umgebung angefertigt. Sie umfasst eine Fläche von etwa 63 km<sup>2</sup> (9 × 7 km). Eine ausreichende Aufnahme konnte nur im N- und W-Teil erfolgen, nach E und besonders nach S fehlen Aufschlüsse fast vollkommen. Das Gelände ist hier eben und oft sumpfig.

### Beschreibung der wichtigsten Gesteinstypen

#### *Amphibol—Chlorit-Gestein*

Amphibol—Chlorit-Gestein hat die grösste Verbreitung im Kartierungsgebiet. Der Hauptmineralbestand ist Amphibol und Chlorit. Je nach der Mengenverteilung zwischen diesen beiden Komponenten wechselt die Farbe von hellgelbgrün bis

blaugrün. Die Ausbildung ist meistens flaserig, manchmal auch dicht- bis feinkörnig. Das Gestein ist häufig stark geschiefert (Abb. 5); eine Schichtung ist nicht zu erkennen.

Karbonat ist akzessorisch in wechselnden Mengen stets vorhanden und wegen seiner dunkelbraunen Verwitterungsfarbe (Hinweis auf Eisengehalt) gut erkennbar. Auch Magnetit ist allgemein vorhanden. An einigen Stellen ist er bis zu millimetergrossen idiomorphen Kristallen angereichert. Kleine Sulfidkörner — Kupferkies oder Pyrit — sind selten.

Manchmal zeigen die Amphibol—Chlorit-Gesteine an der Verwitterungsoberfläche eine zellig-blasige Ausbildung und unterschiedliche Färbung. Auch an frischen Bruchflächen ist das schwach zu erkennen. Mikkola (1941) hat häufig ähnliches in dieser Gegend beobachtet und er hält diese Erscheinung für Übergangsformen zu »Agglomeraten«.

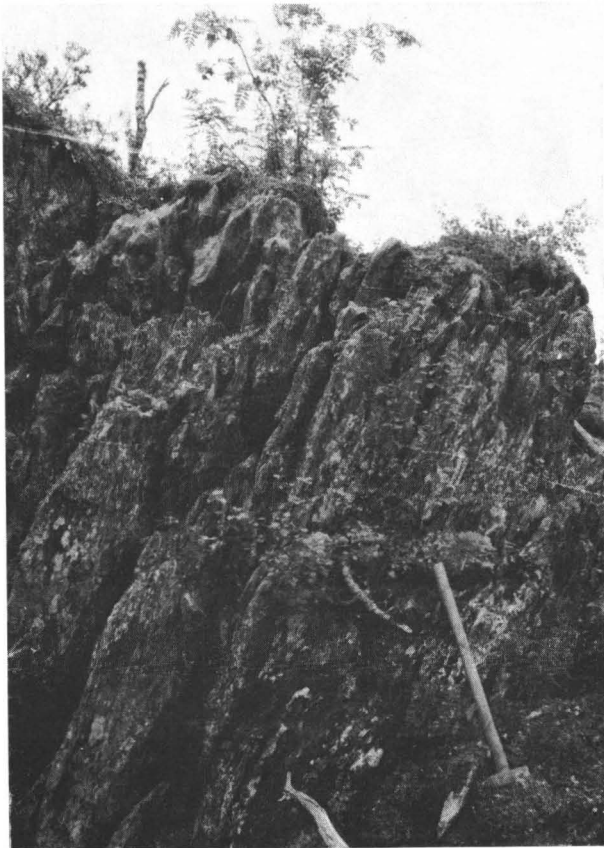


Abb. 5. Deutlich schiefriges und angewittertes Amphibol—Chlorit-Gestein auf (Nr. 23). Das fleckige Aussehen ist durch Pflanzenwuchs verursacht. (Der Hammer misst 80 cm.)



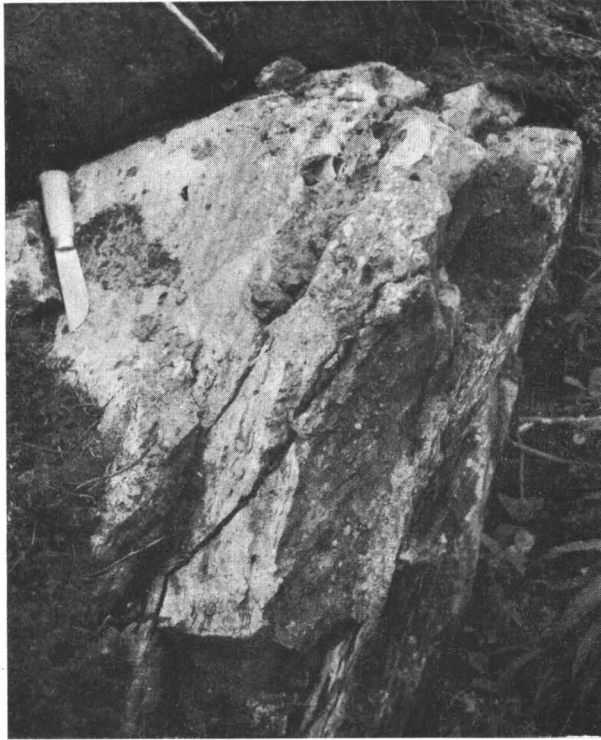


ABB. 6. Konglomeratische Metagrauwacke von (Nr. 39).  
»Zwischenmasse« aus Amphibol (mittel-dunkelgrau) mit  
eckigen oder ausgelängten Bruchstücken (weiss-weissgrau).  
Rechts unten Amphibolitlage mit Granat.

### *Amphibolite*

Nur untergeordnet gibt es einheitliche, mittel- bis grobkörnige Amphibolite. Sie bestehen aus grüner Hornblende, die oft geregelt ist, und wenig Feldspat. Es sind Übergänge zu den weit häufigeren amphibolitischen Gesteinen mit inhomogenen Partien vorhanden (Abb. 6). Bei diesen wechseln die einzelnen Komponenten nach Anteil und Ausbildung stark. Dunkelgrüner Amphibol, strahlig bis körnig, ist immer in grösserer Menge vorhanden. Feldspat gibt es von feiner Verwachsung mit Amphibol bis zu dezimetergrossen rundlich-schlierigen Partien. Biotit kommt untergeordnet vor; Karbonat, Magnetit und Sulfide in Spuren. Weisse Quarzlinsen sind örtlich häufig.

Die Schieferung ist schwach ausgeprägt. Gelegentlich treten viele unregelmässige Quarzgänge im Gestein auf.

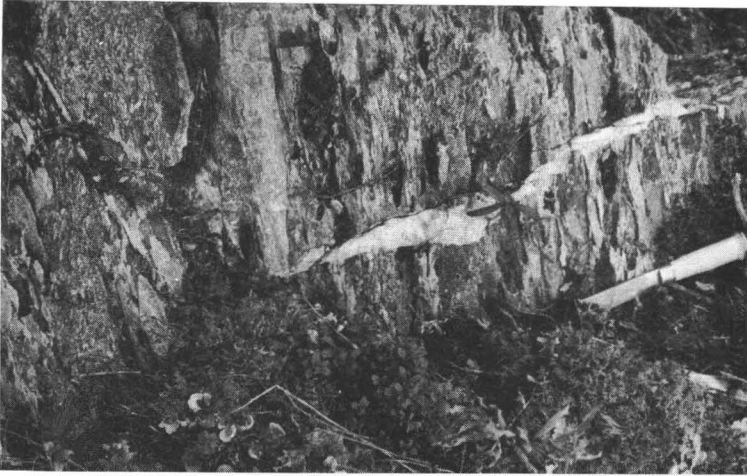


ABB. 7. Inhomogener Amphibolit von (V 11). Weisses jüngerer Quarzgang, senkrecht dazu ältere ausgelängte Quarzitlinsen (grauweiss). Der Amphibolit ist feldspatarm.

#### *Metagrauwacke mit konglomeratischen Lagen*

Sie besteht aus einer dunkelgrünen amphibolitischen Zwischenmasse mit Karbonatgehalt sowie Schmitzen und Bruchstücken. Diese sind gerundet und oft ausgelängt, seltener auch eckig (Abb. 7). Ihre Grösse beträgt 0.5—5 cm, maximal werden bis 15 cm erreicht. Sie können aus folgendem Material bestehen:

- a) weisses, grob- oder feinkörniger Quarzit,
- b) weiss-schwarzer Quarzit, manchmal gebändert,
- c) Amphibol und Feldspat,
- d) Karbonat, wohl dolomitisch.

Seltener sind: Schiefer, Magnetit, Hämatit und roter Jaspis.

Der Anteil der »Zwischenmasse« wechselt stark. Es gibt kontinuierliche Übergänge von Metagrauwacke zu »Agglomerat«.

#### *»Agglomerat«*

Das »Agglomerat« hebt sich morphologisch als Steilkante heraus und daher sind die Aufschlussverhältnisse sehr gut.

In eine dunkelgrüne Grundmasse aus Amphibol, die oft Karbonat enthält, sind hellgrüne länglich-ovale, auch eckige Fragmente eingebettet. Sie messen im Mittel 1—5 cm, die Grösse kann stark schwanken. Manche Partien bestehen fast nur aus diesen Fragmenten, in anderen verschwinden sie ganz.

Die Schieferung ist verschieden deutlich ausgeprägt. Manchmal wird sie so stark, dass die ursprüngliche Schichtung vollkommen verwischt ist. Nur untergeordnet sind Fragmente von weissem Quarzit und Karbonat vorhanden, besonders in randlichen Bereichen. An einer Stelle ist ein hoher Magnetitgehalt im Agglomerat beobachtet worden und nicht weit davon treten in dem Gestein schwarze, graphitreiche Partien auf. Mikkola (1941) nannte das eben beschriebene Gestein dieser Gegend »Agglomerat«.

### Struktur und Stratigraphie













Das Folgende gilt nur für das nördliche und mittlere Gebiet, während sich der südliche Jauratsi-Komplex deutlich davon unterscheidet.

Die Streichrichtung liegt bei 10—20°. Das Einfallen schwankt im Mittel zwischen 60—80° E, im östlichen Teil ist es steil nach W gerichtet.

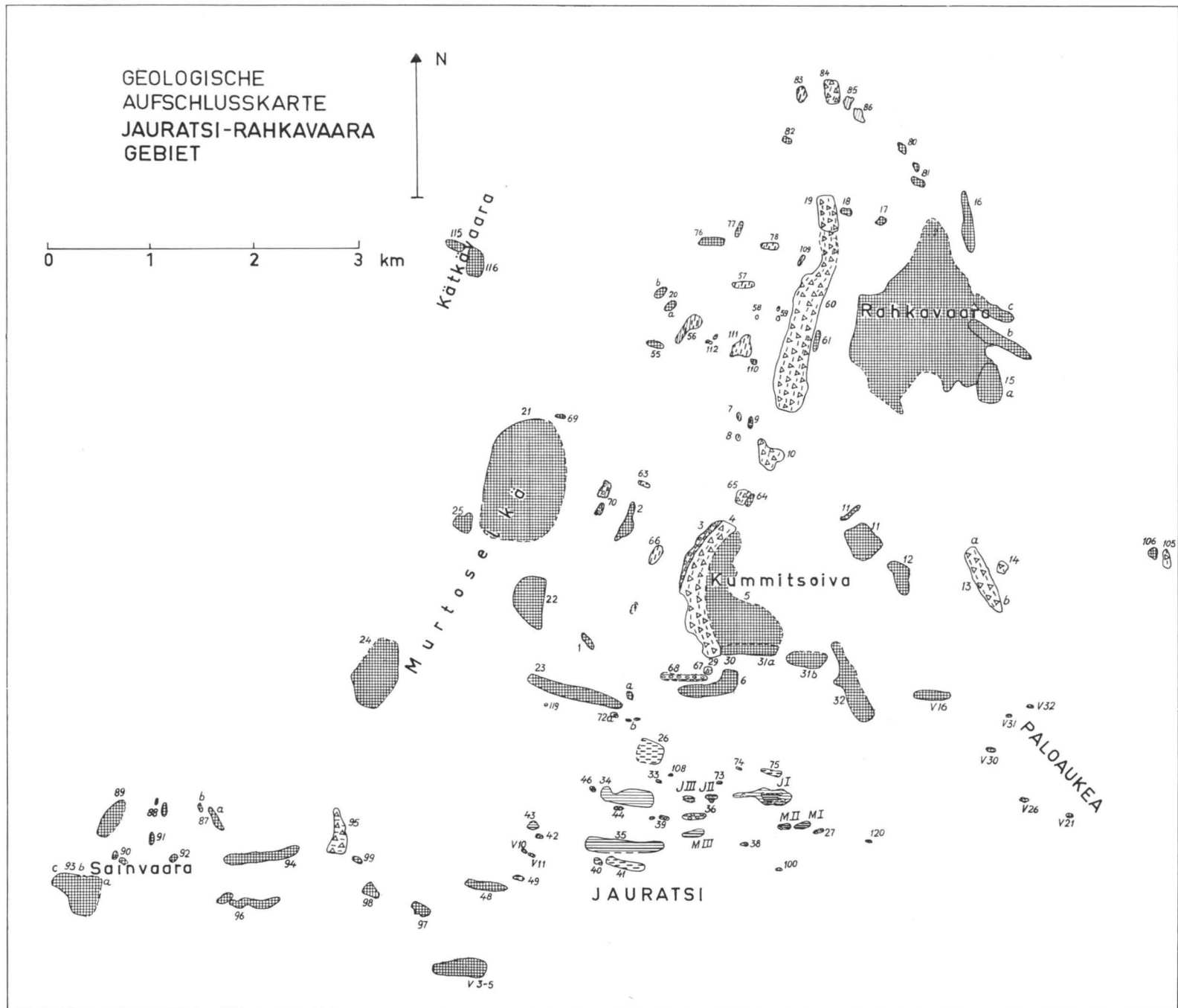
Die Schichtenfolge von W → E:

Gesteinsname	ungefähre Mächtigkeit in m
Amphibol-Chlorit-Gestein . . . . .	über 3 000
Amphibolit } . . . . .	200—800
Metagrauwacke } . . . . .	
»Agglomerat« . . . . .	100—300
Amphibol-Chlorit-Gestein . . . . .	über 2 000
»Agglomerat« . . . . .	?

Der Gesteinskomplex ist auf einer Länge von etwa 6 000 m verfolgt worden. Im S stösst er auf die nahezu E-W verlaufende Jauratsi-Serie, im N reicht er bis zum Ende des Kartierungsgebietes.

- |   |  |
|---|--|
| <p>1  weisser Bänderquarzit</p> <p>2  schwarz-weiß gebänderter Quarzit</p> <p>3  schwarzer Quarzit, ± Granat</p> <p>4  Serizitschiefer</p> <p>5  Metagrauwacke mit konglomeratischen Lagen</p> <p>6  Agglomerat</p> <p>7  Granat-Amphibolit<br/>Quarz-Amphibolit</p> | <p>8  Amphibolit, allgemein</p> <p>9  Amphibol-Chlorit-Gestein</p> <p>----- Schichtgrenze</p> <p>----- vermutete Störung</p> <p> Streichrichtung bei Schichtung, Schieferung,<br/>unsichere Angabe.<br/>— Betrag und Richtung des Einfallens.</p> <p> Faltenachse, Richtung und Betrag des Einfallens</p> <p> Eisrichtung</p> |
|---|--|

Legende zu den Karten und Schnitten, Abbildungen 8, 9 und 10 sowie zur Beilage.



Legende  
auf Seite 14

K. Rieck, H. Borchert und G. Anger: Eisenerzvorkommen Jauratsi

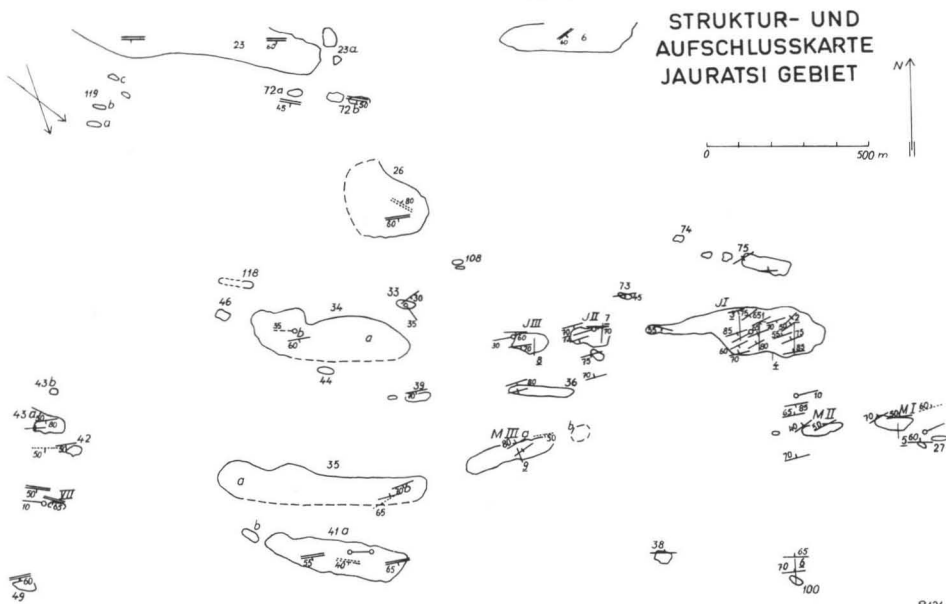


ABB. 8.

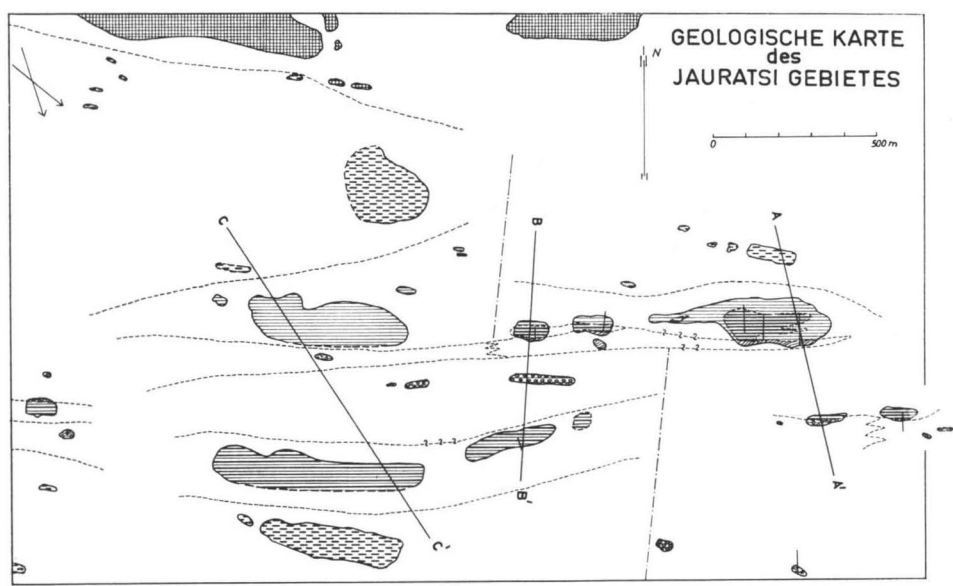
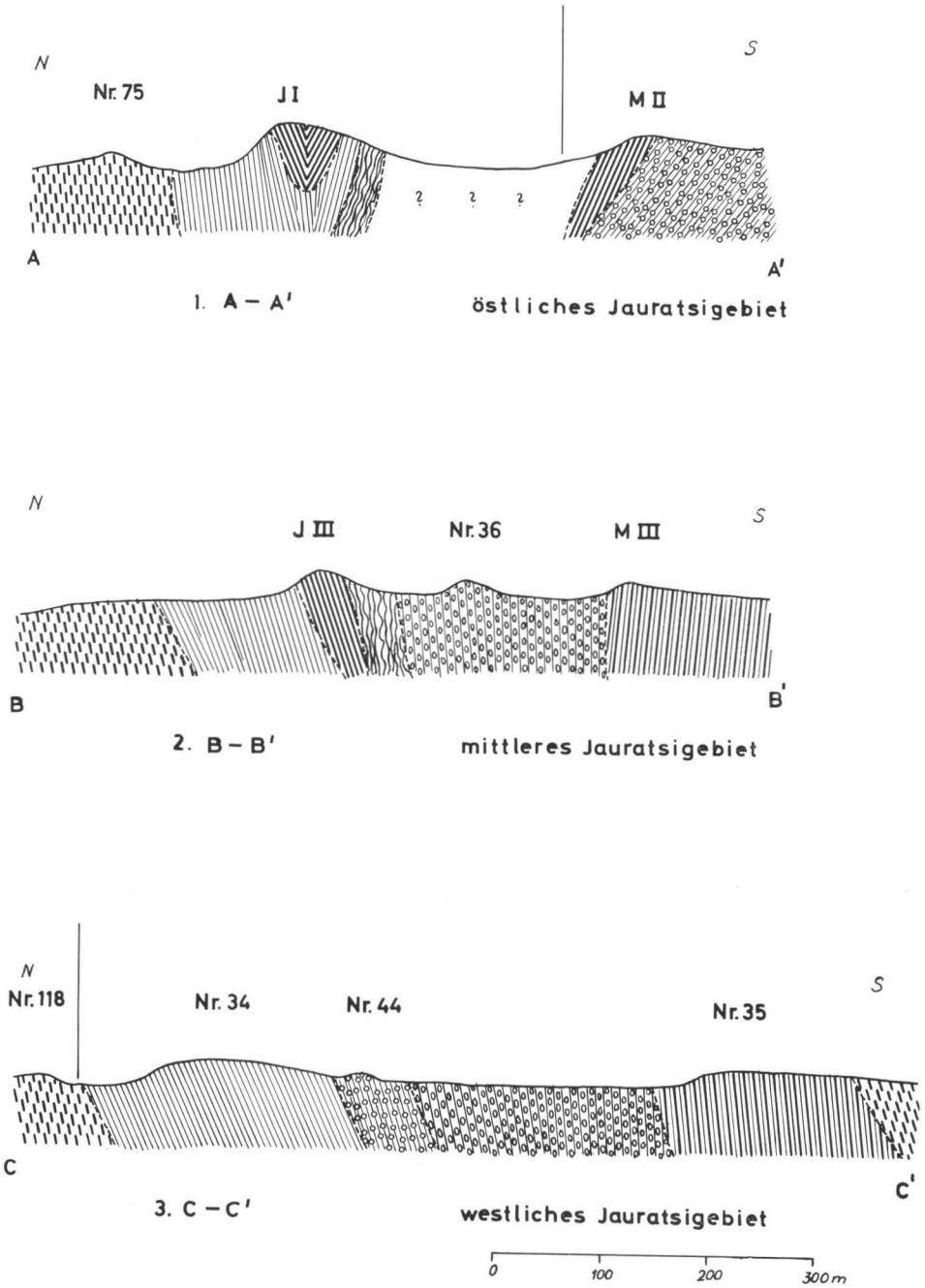


ABB. 9.



Schematisierte Schnitte

ABB. 10.

## Das Jauratsi-Gebiet

Das Gelände ist morphologisch stärker gegliedert und die Aufschlussverhältnisse sind besser, obwohl der grösste Teil des Gebietes von glazialen Ablagerungen bedeckt ist, die über 5 m mächtig werden können.

Eine grosse Hilfe waren Schürfgräben, die 1938 im östlichen Teil angelegt wurden. Auf 6 Aufschlüssen befinden sich insgesamt 9 Gräben (Abb. 8). Sie haben etwa N-S-Richtung und sind zwischen 30 und 100 m lang, 1,5 m breit und 2 m tief. Die Gesamtlänge beträgt 600 m. Besonders die drei südlichen sind streckenweise verfallen. Ende 1964 sind mehrere alte Gräben verlängert und neue gezogen worden. Damit gibt es jetzt zwei Profile durch nahezu die ganze Jauratsi-Schichtenserie. Die Ergebnisse dieser neuen Untersuchungen können in der vorliegenden Arbeit nur noch teilweise ausgewertet werden.

### Beschreibung der Gesteinstypen

#### *Quarzite*

a) weisser, erzgebänderter Quarzit. Dieses Gestein ist weiss bis grau, seltener schwach rötlich gefärbt. Manchmal ist es gebändert. Dabei wechseln dickere quarziti-sche Lagen mit dunklen vererzten ab. Letztere sind im Mittel einige mm dick; oft weniger, manchmal auch über 1 cm. Hämatit ist das Haupterzmineral, daneben kommen Magnetit und besonders Goethit vor. Stellenweise ist die Bänderung bis zu dm-Bereichen sehr gut ausgeprägt (J II, 33). Oft wird sie aber undeutlich, es



ABB. 11. Weisser, erzgebänderter Quarzit auf (J II). Stellenweise ist die Bänderung gut ausgeprägt. Daneben kommt es bei den Hämatit—Quarz-Bändern (grau) zu Verdickung bzw. Verdünnung, Auskeilen und kleinen Versetzungen.

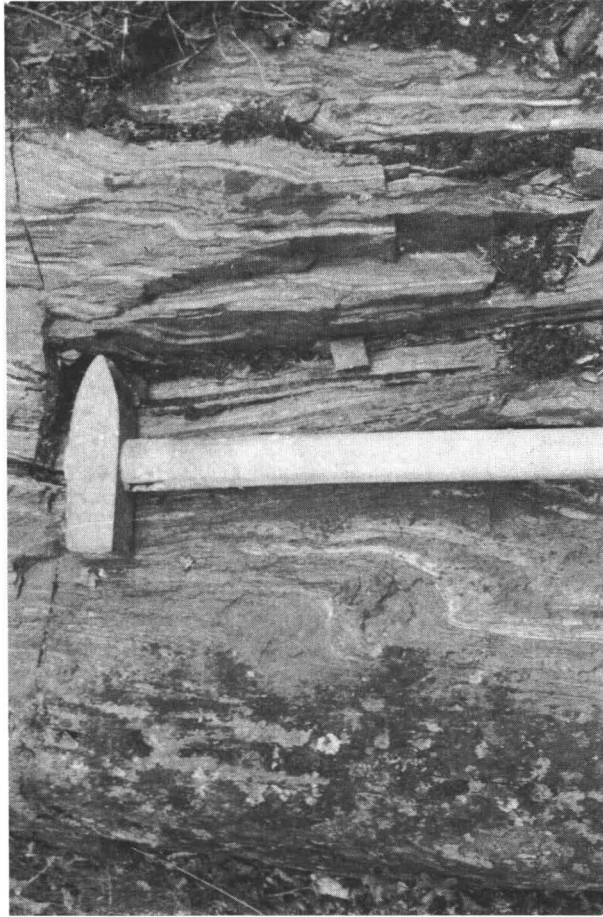


ABB. 12. Schwarzer Quarzit (dunkelgrau) von (M I) mit Magnetitbändern (weissgrau). Letztere sind stellenweise verfälscht.

kommt zu Verdünnung bzw. Verdickung, Auskeilen oder kleinen Versetzungen (Abb. 11). Auch ganz unregelmässige Erzverteilung und Brekzierungerscheinungen (J I) sind vorhanden, gelegentlich nahe bei gebändertem Quarzit (J II).

b) Schwarz-weisser Quarzit. Dunkelgrauer bis schwarzer Quarzit wechselt im Handstückbereich mit weissem. Beide sind unregelmässig miteinander verzahnt, eine deutliche Bänderung ist selten zu sehen. Der dunkle Quarzit ist dichter als der weisse. Seine Färbung kommt vom Erzgehalt. Es gibt Übergänge zu den unter a) und c) beschriebenen Quarziten.

c) Der schwarze Quarzit ist sehr dicht und hart, besonders auf (M I) (Abb. 12). Je nach dem Gehalt an kohligter Substanz ist er grau bis tiefschwarz. Manchmal färbt er auch schwarz ab. In Bändern und Schmitzen kommen weisse, gröberkristalline



Partien vor. Kennzeichnend ist das Auftreten von Granat, der örtlich über die Hälfte des Gesteins ausmacht (J I). Er ist rotbraun und bildet idiomorphe, bis zentimeter-grosse Kristalle oder unregelmässige Partien. Viel Fremdschubstanz, vor allem Erz- und Quarzkörner, ist eingeschlossen. Auf (M I) tritt Granat fast vollkommen zurück und ist nur sporadisch in 1—2 mm grossen Körnchen beobachtet worden.

Hämatit und Magnetit sind die wichtigsten Erzminerale, Goethit ist seltener. Sie kommen als Durchstäubung im Quarzit vor und sind gelegentlich in 0.5—2 m messenden Lagen angereichert. Örtlich gibt es eine Wechsellagerung von schwarzem Quarzit und mm—cm dicken reinen Magnetitbändern.

Bei graphitreicher Ausbildung und in den Übergangsbereichen zum Serizit-schiefer liegt der schwarze Quarzit schiefrig bis plattig vor.

#### *Serizitschiefer*

Der Serizitschiefer ist grau bis rötlich, plattig—faserig und oft sehr weich. Er führt Quarz, Muskovit und schuppigen Hämatit (Specularit). Dieser gibt dem Gestein, wenn in grösseren Mengen vorhanden, eine glänzend silbrige Farbe. Grüne, faserige Lagen enthalten Amphibol und Biotit. Ein quarzreiches, grobbankiges Gestein ist eine Übergangsbildung zum hangenden Granatquarzit hin. Es kann einen rötlichen Farbton haben, der von fein verteiltem Hämatit herrührt.

#### *Amphibolit und Metagrauwacke*

Amphibolit und Metagrauwacke sind schon beschrieben worden (S. 12f.) Letztere zeigt im Jauratsigebiet eine noch grössere Mannigfaltigkeit. Es gibt quarzreiche Formen, in denen Amphibol stark zurücktritt. Fast immer sind die Bruchstücke ausgelängt bis schmitzenförmig. Dadurch wird ein faseriges Aussehen hervorgerufen. Örtlich treten sie ganz zurück, und das Gestein wird sehr dicht und homogen.

#### *Amphibol—Quarz—Granat—Gestein*

Amphibol-Quarz-Granat-Gestein ist eine Sammelbezeichnung. Hierunter fallen verschiedene Arten: Granat—Amphibolit, fast reiner Granatfels, gebänderter Quarz—Amphibolit mit Magnetit. Amphibol ist hell bis dunkelgrün und strahlig; Granat rotbraun und oft unregelmässig begrenzt. Es gibt weissen und schwarzen Quarzit, beide sind sehr dicht.

### **Struktur — unter besonderer Berücksichtigung photogeologischer Auswertungen**

Das Jauratsi-Gebiet lässt sich in zwei Reihen von Höhenrücken gliedern. Der nördliche Zug ist 1 800 m lang und reicht von (J I) im E bis zu (Nr. 34) im W. Besonders deutlich heben sich die Hügel (J I—J III) heraus (vgl. Abb. 2), der west-



ABB. 13. Photogeologische Karte des grösseren Gebiets um Jauratsi. 1, Wasserläufe, 2, grössere geschlossene Komplexe, 3, markante Geländekanten, 4, Klüftung, 5, Photolineation.

liche Teil ist flacher. Nach N fällt das Gelände ab und wird stellenweise sumpfig. Im S folgt nach einer 100—200 m breiten Senke ein erneuter Anstieg zu einem zweiten Zug, der 2 700 m lang ist und von (Nr. 27) im E bis zu (Nr. 43) im W reicht. Er besteht aus zwei grösseren und mehreren kleineren Erhöhungen, die sich nur undeutlich herausheben.

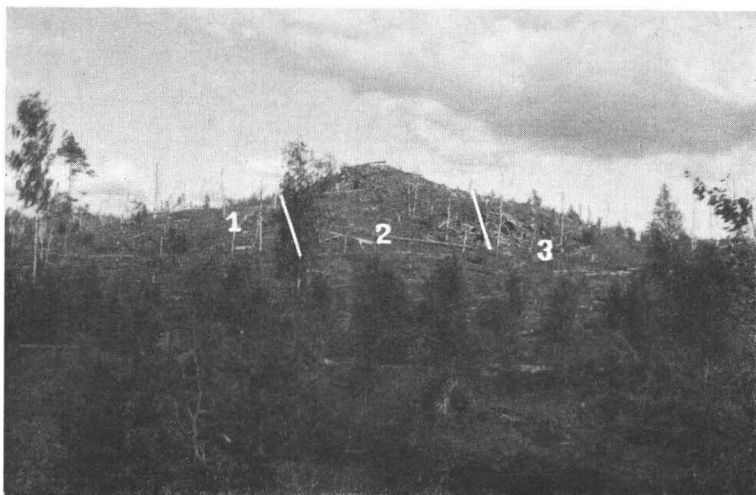


ABB. 14. J III von W her gesehen. Vergleiche dazu Schichtenfolge im mittleren Gebiet, nördlicher Teil. 1, weisser Bänderquarzit, 2, schwarzer Graphitquarzit, 3, Serizitschiefer.

Dieser gesamte Komplex hat eine Streichrichtung, die nahezu senkrecht auf der des nördlichen Gebietes steht. Sie beträgt im Mittel  $80-90^\circ$ . Das Einfallen kann stark wechseln, ist aber generell steil:  $70-80^\circ$  (vgl. Abb. 8). Dadurch lässt sich gelegentlich auftretende überkippte Lagerung erklären.

Im einzelnen liegen die Verhältnisse komplizierter. Um dieses und auch die Stratigraphie besser darstellen zu können, erfolgt eine Aufgliederung des Jauratsi-Komplexes. Dazu wurden neben Geländemessungen und morphologischen Beobachtungen aeromagnetische und photogeologische Karten verwandt.

Die photogeologische Karte des Jauratsi-Bereiches und der weiteren Umgebung (Abb. 13) wurde durch stereoskopische Auswertung von Luftaufnahmen angefertigt. Es sind folgende Beobachtungen eingetragen:

1. Entwässerungsnetz
2. grössere geschlossene Komplexe, die sich deutlich aus der »Sumpfebene« herausheben
3. markante Geländekanten
4. Klüftung
5. Photolineation. Diese ist eine Sammelgruppe und umfasst Richtungen, die nicht klar eingeordnet werden konnten. Ein Teil davon ist sicher durch den Eistransport verursacht worden.

Die starke Vegetation und die Moränenbedeckung erschweren eine Untersuchung. Aus Kanada und Skandinavien ist bekannt, dass sich Klüfte und Störungen

durch fluvioglaziale Ablagerungen von mehreren 10er Metern Mächtigkeit »hindurchpausen«. Am deutlichsten ist im ganzen Kartenbereich die NW—SE Richtung ausgeprägt. Weniger vertreten sind die dazu senkrechte Richtung und die hauptsächlich auf das Jauratsi-Gebiet beschränkten  $\pm$  E—W und N—S-Richtungen. Wahrscheinlich hat ein beträchtlicher Teil von ihnen präkambrisches Alter (vgl. Paarma, 1963).

Der Jauratsi-Komplex lässt sich nach Berücksichtigung dieser Daten in drei Bereiche gliedern:

1. östliches Gebiet J I — Nr. 100
2. mittleres Gebiet J II, III -- M III
3. westliches Gebiet 34—41, 43

Das Streichen der Schichten ist in den drei Gebieten annähernd gleich. Im westlichen und mittleren Bereich fallen die Schichten vorwiegend nach S ein. Im östlichen ist es komplizierter: von (Nr. 100 — M II) nach N und auf (J I) nach N und S. Das deutet auf Faltenbau. E. Mikkola (bei Olson, 1938) nimmt an, dass die Jauratsi-Formation eine Synklinale bildet. Dies ist jedoch ungenügend gesichert. Die Kleinfältelung im dm—cm-Bereich ist im ganzen gesehen relativ unbedeutend und im östlichen Teil am stärksten. Die Faltenachsen haben E—W-Streichrichtung und verlaufen nahezu horizontal. Es ist somit ein etwa gleiches Niveau der Schichten zu erwarten, mindestens in den einzelnen Teilgebieten. Das erleichtert einen stratigraphischen Vergleich in den oben abgegrenzten regionalen Gebieten 1—3 (Tabelle 3).

## Stratigraphie

TABELLE 3  
1. Östliches Gebiet — Die Schichtfolge von N → S

Gesteinsname	Bemerkungen	ungefähre Mächtigkeit in m
Amphibolit	mit Quarzlinsen	> 300
weisser Quarzit	mit Hämatit, undeutliche Bänderung, oft Brekzienstruktur	100—150
schwarzer Granatquarzit	mit schmaler »Reicherzzone«	50—100
Serizitquarzit bis Serizitschiefer	mit wenig Specularit	30
schwarzer Quarzit	mit Magnetitbändern oder Granat	70
Metagrauwacke	—	} > 500
Granat—Amphibolit	sehr inhomogen	
Quarz—Amphibolit	gebändert, mit Magnetit	
2. Mittleres Gebiet		
Amphibolit	mit Quarzlinsen	> 300
weisser Quarzit	mit Erzbändern	100
schwarzer Granatquarzit	mit schmaler »Reicherzzone«	20—40
Serizitschiefer	mit Specularit	60
Metagrauwacke	mit konglomeratischen Lagen	200
schwarz-weiss gebänderter Quarzit	darin einige schwarze Quarzitlagen	200

## 3. Westliches Gebiet (Tab. 3, Fortsetzung)

Amphibolit	inhomogen	300—800
weisser gebänderter Quarzit	erzarm	150—300
Granat—Amphibolit	z.T. konglomeratisch ausgebildet	300
Metagrauwacke		
schwarz-weiss gebänderter Quarzit	örtlich schwarzer Quarzit mit Magnetit	200
Amphibolit	mit Quarzlinen	> 300

Im mittleren Gebiet ist die Schichtenfolge am besten, im westlichen nur unzureichend bekannt. Siehe auch Schnitte 1.—3. auf Abb. 10 und Abb. 14.

## MIKROSKOPISCHE UND ERGÄNZENDE MEGASKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN

### Erzführendes Gestein

In der Mehrzahl der Fälle ist von demselben Handstück je ein Dünn- und Anschliff untersucht worden, denn eine Kombination von Auftreten und Verhalten der Erz- und Silikatmineralien kann für die genetische Deutung wichtig sein.

Nachgewiesene Silikat- und Erzmineralien:

#### Silikatmineralien

Quarz  
Granat  
Muskovit  
Biotit  
Amphibol  
  grüne Hornblende  
  Aktinolith  
  Grammatit  
Chlorit  
Epidot  
Plagioklas  
Turmalin  
Staurolith  
Cordierit?

#### Erzmineralien

Magnetit  
Hämatit  
Goethit  
   $\alpha$ - und  $\gamma$ -G  
Pyrit  
Kupferkies  
Ilmenit  
Skutterudit?

#### Anderer

Graphit  
Karbonat  
  Calcit und Dolomit  
Akzessorien im Quarz

Die Korngrößen sind systematisch bei Magnetit, Hämatit und Quarz gemessen worden. Der Quarz enthält in sehr unterschiedlicher Menge neben Erz und Graphit feine durchsichtige Einschlüsse. Apatit, Titanit, Rutil und Zirkon wurden häufiger festgestellt. Oft konnten die Teilchen jedoch nicht identifiziert werden, da sie submikroskopisch klein sind. Im folgenden werden sie allgemein unter dem Sammelnamen »durchsichtige Einschlüsse« angeführt.

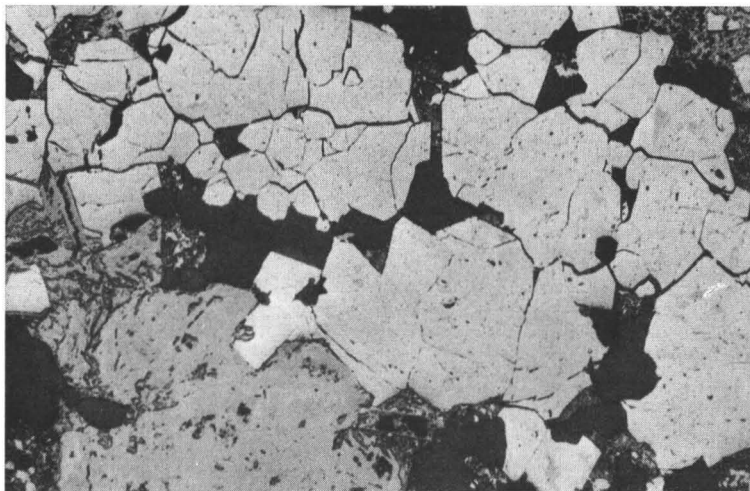


Abb. 15. Körniger Martit (weiss), gelegentlich geradlinig begrenzt, mit kleinen Magnetitresten (mittelgrau). Oben rechts  $\alpha$ -Goethit (mittelgrau) mit feinen Schnüren von  $\gamma$ -Goethit (hellgrau). Quarz (schwarzgrau) ist von den Erzmineralien verdrängt worden.

Anschliff Nr. 5, J I/3 b, aus Graben Nr. 1, Vergr. 90-fach, 1 Nicol.

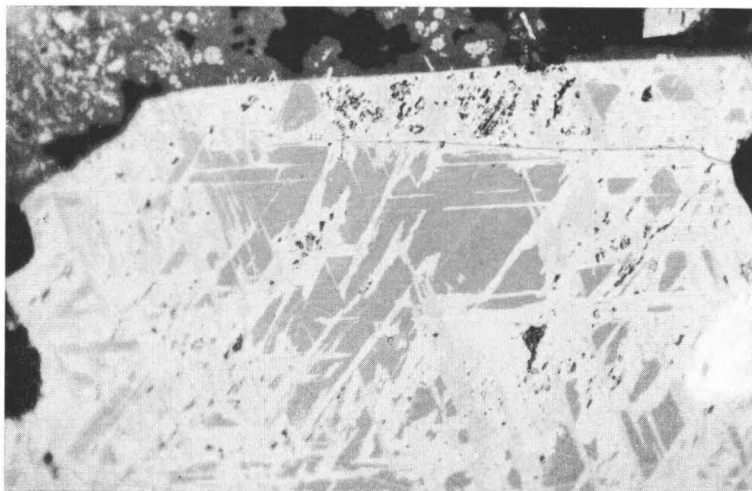


Abb. 16. Martitkorn mit Magnetitresten. Magnetit (dunkelgrau) in oft dreieckigen Resten. Martit mit verschiedenen hellen Grautönen, auch in Lamellen nach (111) im Magnetit.

Anschliff Nr. 17, J II/1, aus Graben Nr. 7, Vergr. 590-fach, Ölimmersion, 1 Nicol.

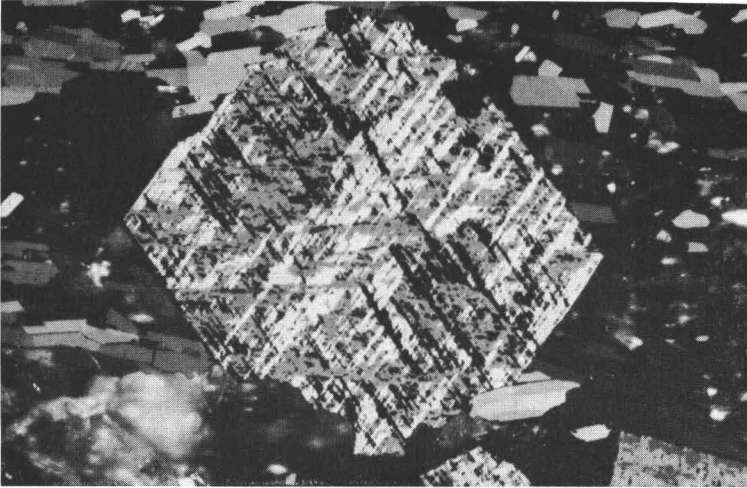


Abb. 17. Grosses Martitkorn mit alter Magnetitaussenbegrenzung. Es sind 4 verschiedene, (111)-Flächen entsprechende Orientierungen im Hämatit vorhanden (unterschiedliche Grautöne), drei davon in Lamellen, eine flächenhaft in der Schnittebene. Die länglichen Körner (verschiedene Grautöne) sind Specularit, der jünger als der Martit ist.  
Anschliff Nr. 46, 35/W. Vergr. 230-fach, Nic. x.

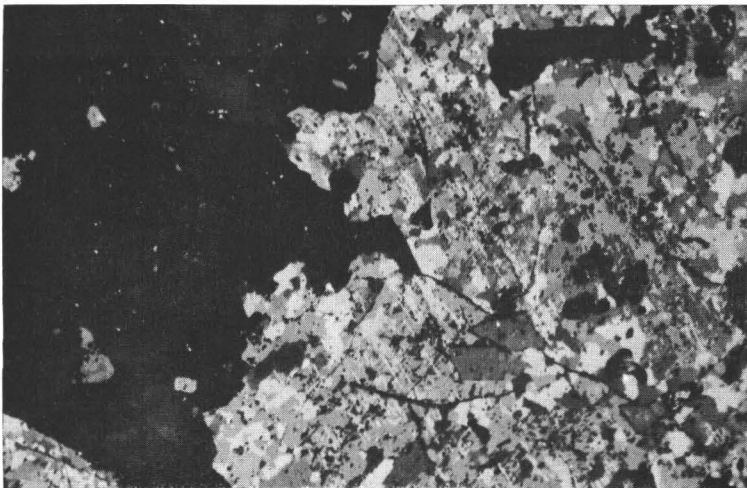


Abb. 18. Unterschiedliche Ausbildung der Martitisierung an xenomorphem Martitaggregat (rechts): stellenweise ist feine Streifung nach (111) zu beobachten, besonders randlich sind unregelmässig begrenzte und auslöschende Hämatitbereiche, Goethitkörner. Links Quarzit (schwarzgrau) mit kleinen Erzkörnchen.

Anschliff Nr. 14, JI 3/P2, aus Graben Nr. 3. Vergr. 230-fach, Ölimmersion, Nic. x.

## Östliches Gebiet

### *Weisser Quarzit mit Hämatit*

Die Hauptkomponenten sind Quarz, Hämatit und Goethit. Der Quarzit hat eine ausgeprägte Pflasterstruktur mit etwa gleich grossen Einzelkörnern. Gelegentlich ist verzahnte Ausbildung mit verschieden grossen Körnern zu beobachten. Dazwischen liegen Übergangsformen. Die Korngrösse schwankt zwischen 50 und 200  $\mu$ . Feine Einschlüsse, oft Apatit und Erzkörnchen, kommen in wechselnden Mengen vor. In vielen Fällen sind sie im Korninneren oder randlich in Streifen angereichert; das deutet auf Rekristallisationsvorgänge hin. Bei den verzahnten Quarzkörnern ist undulöse Auslöschung besonders deutlich. Örtlich tritt etwas Turmalin in Hämatitkörnern und randlich von diesen auf. Er zeigt hypidiomorphe Längs- und Querschnitte und zonare grüne Färbung.

Hämatit ist das wichtigste Erzmineral. Er kommt in Einzelkörnern vor, auf Quarzkorngrenzen oder in unregelmässigen, auch zerbrochenen Partien. Die Korngrösse beträgt 70—250  $\mu$ . Oft sind Kennzeichen für Martitisierung vorhanden (Abb. 15—18). Typisch sind dreieckige und rechteckige Magnetitreste, durchzogen von feinen, nach (111) orientierten Hämatitlamellen. Bei gekreuzten Nicols zeigt der Hämatit vier verschiedene, ebenfalls (111)-Flächen entsprechende Orientierungen, drei davon in Lamellen, eine flächenhaft in der Schnittebene (Ramdohr, 1960, S. 849 ff). Manchmal ist die Erscheinung undeutlicher: die Streifensysteme werden breiter und verschwinden ganz. Das ehemalige Magnetitkorn setzt sich nun aus vielen unregelmässig begrenzten und verschieden auslöschenden Partien zusammen. Beide Formen kommen dicht nebeneinander vor und oft in demselben Korn. Es gibt alle Übergänge. Daher ist anzunehmen, dass auch die zuletzt beschriebenen Merkmale auf Martitisierung deuten, auch wenn sie nur allein vorhanden sind.

Ausser kleinen, noch nicht martitisierten Resten gibt es keinen Magnetit. Goethit ist verbreitet. Er kommt überwiegend in der  $\alpha$ -Modifikation = (Nadeleisenerz) vor. In grösseren Partien sind gekröseartige hellgraue Schnüre, wohl die  $\gamma$ -Modifikation (= Rubinglimmer) (Abb. 15). Oft hat der Goethit rundliche, gelartige Formen. Er kommt auf Quarzkorngrenzen oder in Hämatit vor. Manchmal »schwimmen« Quarz- und Hämatitkörner in Goethit. Kataklyse und Rekristallisation sind verbreitet. Örtlich kommt es zu gegenseitigem Durchstäuben von Quarz und Erz. Daneben gibt es auch ganz frisch aussehende Partien. Besonders im Vergleich mit dem folgenden schwarzen Quarzit wird das deutlich. Anzeichen für eine Bänderung sind nur undeutlich vorhanden.

### »Reicherzband«

Hauptbestandteile sind Hämatit und Granat, die oft mit über 80 % am Aufbau des Schließes beteiligt sind.



Quarzit tritt stark zurück. Es sind nur Einzelkörner oder kleinere, unregelmässige Fetzen in Granat und Erz vorhanden, die von Graphit durchsetzt werden. Die Korngrössen liegen bei 50—60  $\mu$ , in den wenigen reinen Partien darüber.

Der Granat hat eine rundliche, unregelmässige Aussenbegrenzung und kommt in 2—10 mm grossen, zusammenhängenden Massen vor. Er ist äusserst stark durch Erzteilchen, weniger durch Quarzit und Graphit verunreinigt. Gelegentlich erscheint Granat nur wie ein Bindemittel zwischen den einzelnen Erzkörnern. Ein verzweigtes Netz von Sprüngen, die mit Brauneisen getränkt sind, ist häufig vorhanden. Der Granat ist schwach bräunlich gefärbt.

Ebenfalls sehr unregelmässig begrenzt sind die Hämatitpartien. Sie zeigen undeutliche Pflasterstruktur. Die etwas länglichen Einzelkörner messen 50—150  $\mu$ . Deutliche Martitisierung ist nur selten vorhanden, die Hämatitkörner setzen sich überwiegend aus verschiedenen auslöschenden Partien zusammen. Übergänge sind vorhanden.

Magnetitreste in Hämatit sind xenomorph und haben gelegentlich feine weisse Streifen (wahrscheinlich Hämatit) in Dreiecksanordnung. Daneben gibt es kleine eckige Körner im Quarzit.

Goethit in bis zu cm-breiten Gängen zeigt deutliche Gelbfärbung. Es ist überwiegend die  $\alpha$ -Modifikation. Die verschiedenen Grautöne rühren wohl von unterschiedlichen Entwässerungsstufen her. Rubinglimmer in dünnen Schnüren ist selten. Manchmal »schwimmen« angefressene Hämatitreste in älterem Goethit, der wiederum im jüngeren vorkommt (Abb. 19). Daneben gibt es Goethit in feinen, durchsetzenden Spältchen oder in unregelmässigen Partien in Hämatitkörnern. Anzeichen für eine intensive Durchbewegung sind in fast allen Schlifflinien vorhanden. Darauf weisen Zerreißen, gegenseitiges Durchstäuben und Rekrystallisation hin.

#### *Schwarzer Granatquarzit auf J I*

Die Quarzkörner sind xenomorph und zwischen 20 und 50  $\mu$  gross. Sie enthalten feine, durchsichtige Körnchen und Erz. Kennzeichnend ist die oft intensive Durchstäubung mit Graphit. Dadurch wird die schwarze Farbe des Quarzits bedingt. Graphit tritt in kleinen länglichen Schuppen auf. Im Dünnschliff sind sie undurchsichtig schwarz, im Anschliff deutlich pleochroitisch und anisotrop. Die Teilchengrösse liegt im Mittel unter 1  $\mu$ , selten erreicht sie 5  $\mu$  und mehr. Der Graphit ist unregelmässig verteilt in ebenen Lagen und Schmitzen angereichert. Feinste wolkige Einschlüsse in Quarzkörnern sind möglicherweise auch Graphit. Die Grösse der Quarzkörner nimmt mit der Intensität der Durchstäubung ab. Linsenförmige, sehr reine Quarzitpartien mit Korngrössen bis zu 150  $\mu$  findet man oft an Erzkörnern (Abb. 21, 22).

Granat ist unregelmässig verteilt, aber im ganzen gesehen ein Hauptbestandteil. Die wenigen reinen Partien haben wechselnde gelblichbraune bis rotbraune Farbtöne, im Dünnschliff sind sie schwach rosa. — Da zur Dichtebestimmung nötige homogene

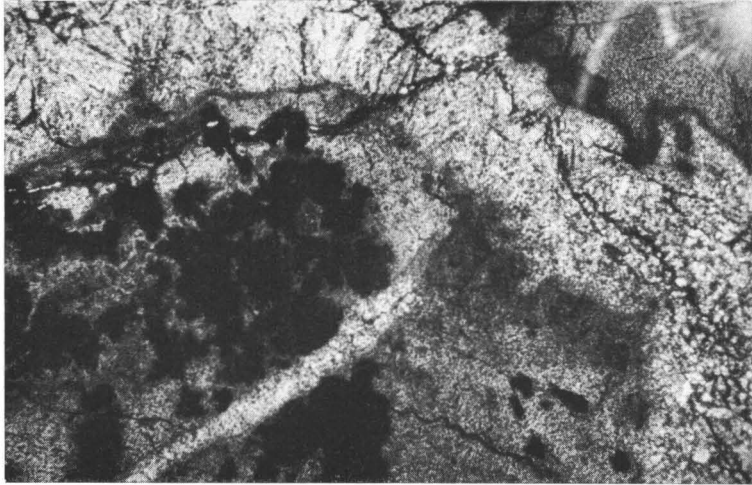


ABB. 19. Xenomorpher Hämatit (schwarz) in älterem Goethit (mittelgrau),  
der von jüngerem Goethit (weissgrau) in Spalten durchsetzt wird.  
Dünnschliff Nr. 7, J I/1 c, aus Graben Nr. 1, Vergr. 90-fach, 1 Nicol.

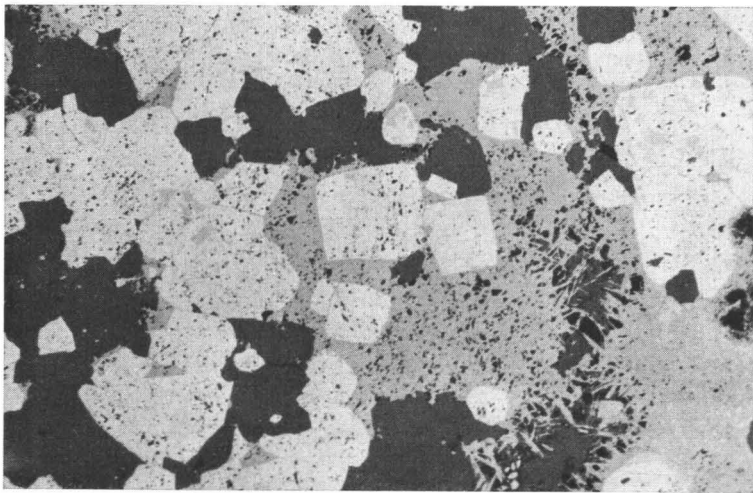


ABB. 20. Martitkörner (weisslich) mit Magnetitresten (mittelgrau). Sie haben  
alte Magnetitaussenbegrenzungen oder sind abgerundet. Goethit (mittelgrau,  
etwas dunkler als Magnetit) ist dicht oder nadelig ausgebildet und als  
Zwickelfüllung in Martitaggregaten. Quarzkörner (schwarz).  
Anschliff Nr. 4, J I 2/P 5, aus Graben Nr. 2, Vergr. 90-fach, 1 Nicol.

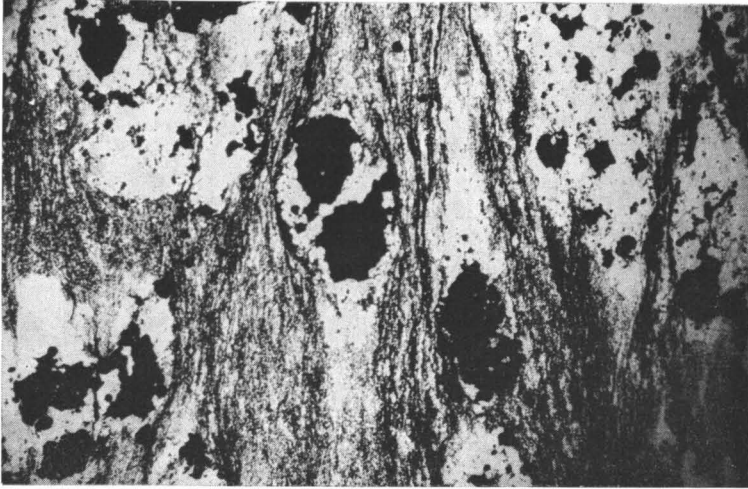


ABB. 21. Rekristallisierte Quarzitlinsen um Erzkörner (schwarz) in dichtem Graphitquarzit. Die feinen Graphitlinien (schwarz) umfließen die Quarzitlinsen. Dünnschliff Nr. 16, J 10/1, S-Teil von (J 1), Vergr. 40-fach, Nic. x.

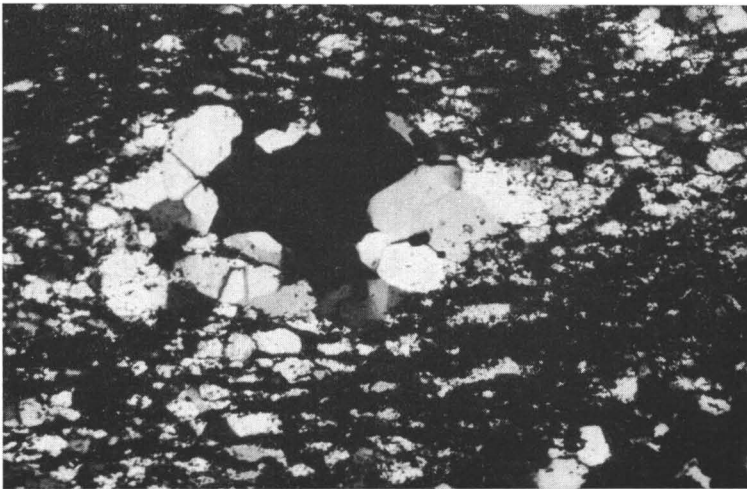


ABB. 22. Reine rekristallisierte Quarzitlinse um Erzkorn (Bildmitte) in dichtem Quarzit mit Graphit, der besonders auf Korngrenzen angereichert ist. Dünnschliff Nr. 16, J 10/1, S-Teil von (J 1), Vergr. 120-fach, Nic. x.

Partien fehlen, konnte die genaue Zusammensetzung nicht ermittelt werden. Die Granate haben allgemein eine hohe Lichtbrechung zwischen  $n = 1.70$  und  $n = 2.00$ . Bei einer Probe aus dem Ostteil von (J I) beträgt  $n = 1.83$ . Dieser Wert sowie mikroskopische Kennzeichen und Art des Auftretens (Tröger, 1959) sprechen für den FeAl-Granat (Almandin). Bei zwei weiteren Granatproben beträgt  $n$  um 1.81. Das kann auf eine Beteiligung von Spessartin (MnAl-Granat mit  $n = 1.80$ ) hinweisen. Nach Tröger (1959) ist Almandin mit Spessartinkomponente kennzeichnend in tonig-sandigen Metamorphiten.

Die Granate sind hypidiomorph und schliessen Erz- und Quarzkörner ein. Gelegentlich zeigen sie zonaren oder undeutlich strahligen Bau. Einmal sind Brauneisenimprägnationen beobachtet worden, die der (110) Richtung folgen (Abb. 23).

Ein untergeordneter Bestandteil ist grüne Hornblende in kleinen Aggregaten. Sie kommt nicht bei Granat vor und schliesst Erzkörner ein.

Hämatit gibt es in 0.2—1.5 mm grossen, geradlinig begrenzten oder korrodierten Einzelkörnern und in unregelmässigen Aggregaten. Er kann deutliche Martitisierung zeigen; oft ist sie auch verwischt oder gar nicht vorhanden. Magnetit ist nur in geringen Resten im Hämatit erhalten. Gelegentlich finden sich einige Körnchen im Quarzit. Goethit kommt häufiger vor und zwar an Rändern von Hämatitkörnern und in diesen, auf feinen durchsetzenden Spältchen und in Quarzit. In einem Schliff treten kleine Pyritkörner im Quarzit auf.

Kataklase, Rekristallisation und Regelung des Graphits sind Kennzeichen der metamorphen Beanspruchung.

#### *Serizitschiefer*

Dieses Gestein ist nur in seiner harten quarzreichen Form auf (J I) aufgeschlossen. Die Hauptkomponenten sind Quarz, Muskovit und Hämatit. Letzterer kommt in ovalen, 0.2—2 mm grossen Körnern vor, daneben auf Quarzkorngrenzen und Muskovitspaltrissen (Abb. 24). Manchmal zerbricht er den Kornverband der Silikatmineralien. Martitisierung ist undeutlich oder fehlt ganz.

Goethit tritt in länglichen, geradlinig begrenzten Partien in Hämatit auf. Magnetit fehlt. Pyrit gibt es in einigen Körnchen im Quarzit. In einem Schliff wurden mehrere Skutterudit?-Körner gefunden.

#### *Schwarzer Quarzit mit Magnetitbändern (M I) oder viel Granat (M II)*

Der Quarzit ist äusserst dicht und hat schwach verzahnte Pflasterstruktur. Die Korngrösse schwankt zwischen 10 und 60  $\mu$ , je nach Intensität der Durchstäubung mit Graphit. Dieser ist in parallelen, leicht welligen Lagen oder Schmitzen angeordnet. Der Graphitanteil wechselt dabei von nahezu vollkommen erfüllten Partien bis zu vereinzelt unregelmässigen Aggregaten aus kleinen Schuppen. Daneben ist er in manchen Quarzkristallen wolkenförmig in feinsten Pünktchen verbreitet. Grob-

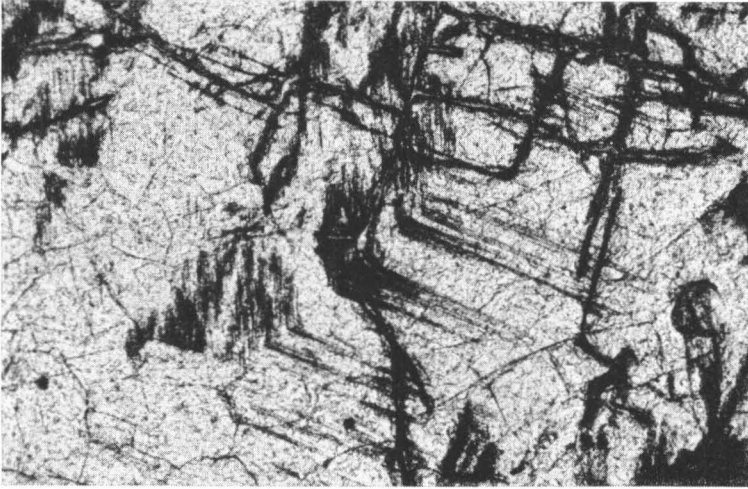


ABB. 23. Granat mit unregelmässigen Sprüngen. Zonarbau ist an Brauneisenimprägnationen (schwarz) zu erkennen, die (110)-Richtung folgen. Die Granatoberfläche zeigt deutliches Chagrin.  
Dünnschliff Nr. 2, J I 2/P 1, aus Graben Nr. 2, Vergr. 120-fach, 1 Nicol.

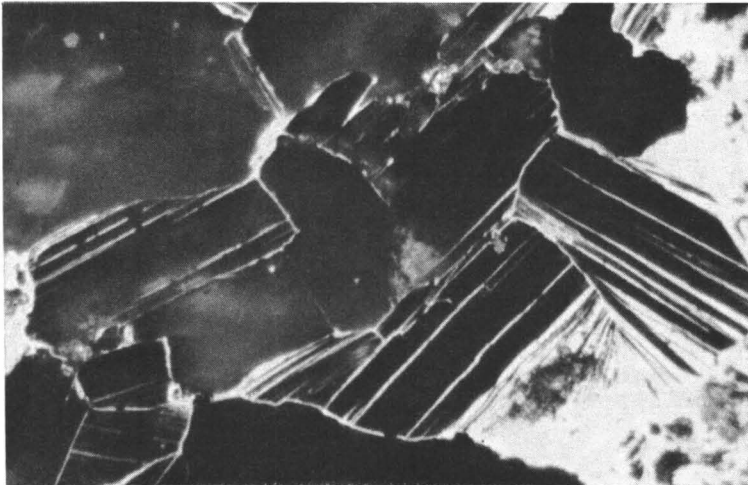


ABB. 24. Hämatit (weiss) ist in Silikatkorngrenzen und Muskovitpaltrisse eingedrungen.  
Anschliff Nr. 9, J I/a, aus Graben Nr. 1, Vesgr. 740-fach, Ölimmersion, 1 Nicol.

körnige, makroskopisch weisse Quarzitpartien mit ausgeprägter Pflasterstruktur bilden unregelmässige oder konkordante Lagen. Häufig sind sie an und in Magnetitbändern oder auf Quersprüngen. Die Körner haben nur wenig durchsichtige Einschlüsse und sind etwa 100—300  $\mu$  gross. In manchen der konkordanten Lagen finden sich gegeneinander verstellte Reste von älteren Graphitquarzitlagen (Abb. 25).

Granat tritt im magnetitgebänderten Quarzit fast vollkommen zurück. Es gibt nur einige rundliche Körner, 0.8—1 mm gross und von eigenartig radialstrahliger faserigem Aufbau. Sie sind lichtbraun gefärbt. Im Quarzit auf (M II) ist der Granat in ausgeprägt idiomorphen, 1—4 mm grossen Kristallen vorhanden. Er zeigt feine, unregelmässige Sprünge und ist manchmal zerbrochen. Oft hat sich am Kornausserand ein feiner Saum von Graphit angereichert (Abb. 26). Häufiger sind Quarzkörner eingeschlossen. Der Granat ähnelt in seinen Eigenschaften dem von J I. Bei einer Probe (M II/1) beträgt die Lichtbrechung  $n = 1.81$ . Die Hauptkomponente ist wohl auch hier Almandin, daneben liegen Beimengungen von Komponenten mit niedrigerer Lichtbrechung vor.

Untergeordnet gibt es Muskovit. Er ist blättrig ausgebildet und von Graphit durchstäubt.

Das bei weitem vorherrschende Erzmineral ist Magnetit. Er tritt bevorzugt in parallelen, 1—10 mm dicken Bändern auf und daneben in unterbrochenen Lagen, Schmitzen und rundlichen Einzelkörnern. Die Bänder haben eine zackige Begrenzung gegen den Quarzit und sind besonders in den randlichen Bereichen mit Quarz verunreinigt (Abb. 27). Die Magnetitkörner zeigen eine schwach verzahnte Struktur. Die Korngrenzen können — oft nur schwer — an feinsten hellen Linien erkannt werden. Diese sind durch beginnende Martitisierung verursacht und jetzt eine Zwischenstufe zum Hämatit oder schon Hämatit.

In der Mitte der Bänder liegt die Korngrösse bei 5—20  $\mu$ , in den Randbereichen und in kleineren Partien bei 20—50  $\mu$ . Das ist durch Rekristallisation bedingt.

Örtlich sind einige rundliche Kupferkieskörner, um 10  $\mu$  gross, im Magnetit eingeschlossen, selten auch im angrenzenden Quarzit. Goethit gibt es sehr untergeordnet in kleinen durchsetzenden Spältchen und auf Magnetitkorngrenzen. Eine Bänderung ist deutlich ausgeprägt, besonders auf (M I) am Magnetit und Graphit. Auf metamorphe Beanspruchung weist Verfältelung der Bänder sowie Kataklase, vor allem an den dickeren Magnetitlagen, und Rekristallisation.

#### *Gebänderter Granat—Quarz—Amphibolit*

Im gebänderten Granat—Quarz—Amphibolit bei (Nr. 100) sind stellenweise Erzminerale in beträchtlicher Menge vorhanden. Dieses Gestein ist nur lückenhaft bekannt und wird im Zusammenhang mit der südlich der Quarzitzüge liegenden Nebengesteinsgruppe behandelt (s. S. 46).

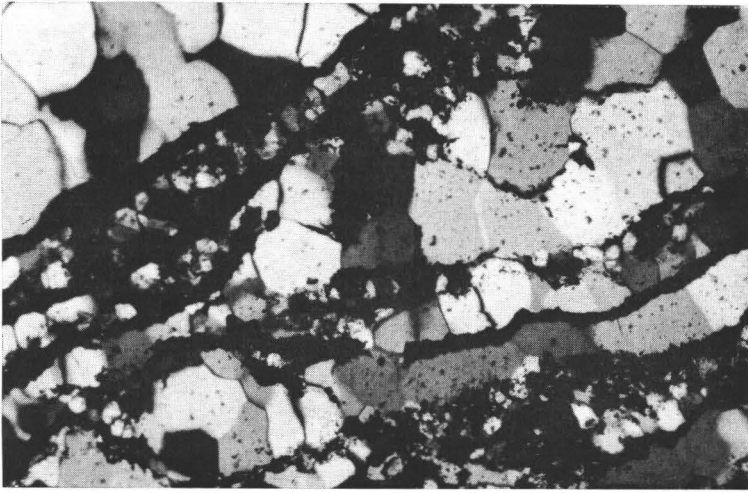


ABB. 25. Rekristallisierter, relativ reiner Quarzit mit verstellten Bruchstücken einer dichten älteren Graphitquarzitlage. An der Grenze zum rekristallisierten Quarzit haben sich Graphitsäume (schwarz) angereichert.  
Dünnschliff Nr. 39, M I/5, aus Graben Nr. 5, Vergr. 120-fach, Nic. x.

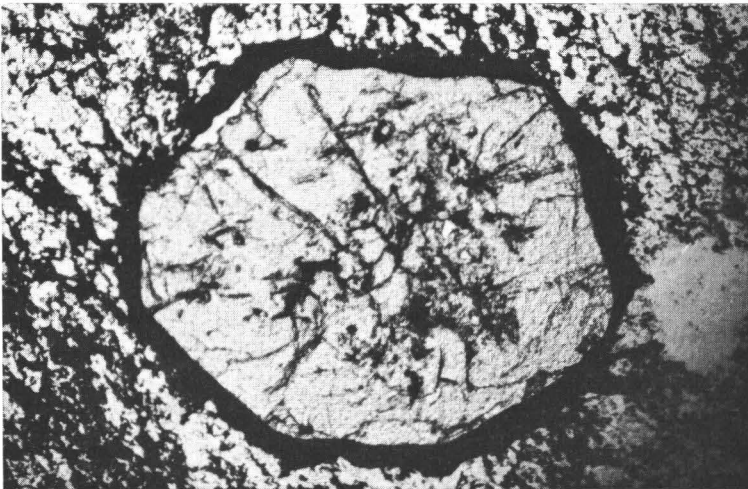


ABB. 26. Grosser, idiomorpher Granatkristall in Graphitquarzit. Er zeigt Einschlüsse und unregelmässige Sprünge. Ein Graphitsaum (schwarz) umgibt den Kristall.

Dünnschliff Nr. 40, M II/1, Vergr. 46-fach, 1 Nicol.



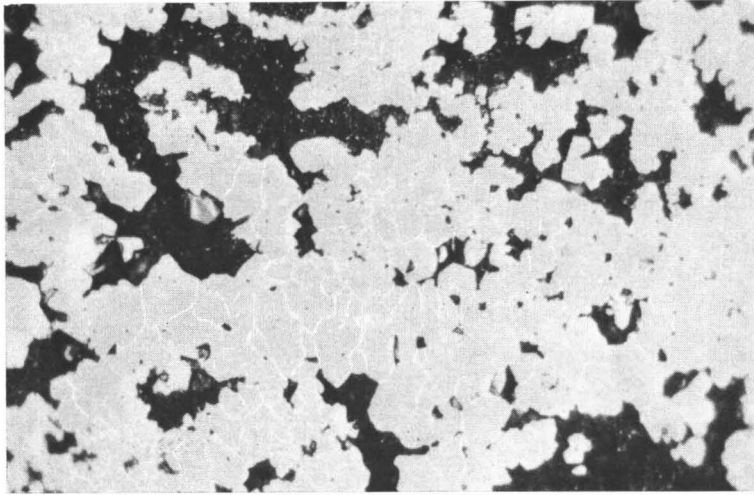


Abb. 27. Randlicher Teil eines Magnetitbandes mit eingeschlossenen unregelmässigen Quarzitepartien (schwarz). Die Magnetitkörner sind schwach verzahnt und haben auf den Korngrenzen feine Martitlinien (weiss). Im Quarzit sind helle Graphitschuppen.  
Anschnitt Nr. 39, M1/5, aus Graben Nr. 5, Vergr. 590-fach, Ölimmersion, 1 Nicol.

### Mittleres Gebiet

#### *Weisser, erzgebänderter Quarzit*

Die Hauptkomponenten des Bänderquarzites sind Quarz, Hämatit, Magnetit und Goethit.

Bei Quarz ist deutlich zu unterscheiden zwischen dem Auftreten in erzleeren-erzarmen Lagen, Schmitzen und Partien und dem in erzreichen. In den ersteren liegt fast reiner Quarzit mit ausgeprägter Pflasterstruktur vor, gelegentlich ist er leicht verzahnt. Die Korngrössen liegen bei 100—130  $\mu$ . Feine, staubförmige Einschlüsse kommen unterschiedlich häufig vor. Oft sind sie randlich angereichert, so dass die Mitte der Körner klar ist. Der Quarzit in den erzreichen Bändern (Abb. 28) hat eine ähnliche Struktur, die Körner sind kleiner, sie messen 40—80  $\mu$ . Einschlüsse, darunter oft kleinste Erzkörnchen, sind häufiger und gelegentlich auf einen Mittelbereich konzentriert. Wenn die Bänderung erhalten ist, sind die Übergänge zwischen den beiden Formen scharf, sonst erfolgen sie allmählich.

Von den Erzmineralien ist Hämatit bei weitem am häufigsten. Er zeigt in den meisten Fällen deutliche Martitisierung. Oft sind dreieckig und rechteckig begrenzte Magnetitreste vorhanden. Daneben kommt reiner Hämatit vor, der einheitlich auslöscht und kleine, häufig längliche Magnetitkörperchen als Einschlüsse führt. Gelegentlich zeigt er eine eigenartige, sehr feine und engstehende Lamellierung (Abb. 29). Nach Anordnung und Lamellengrösse ist sie unregelmässig



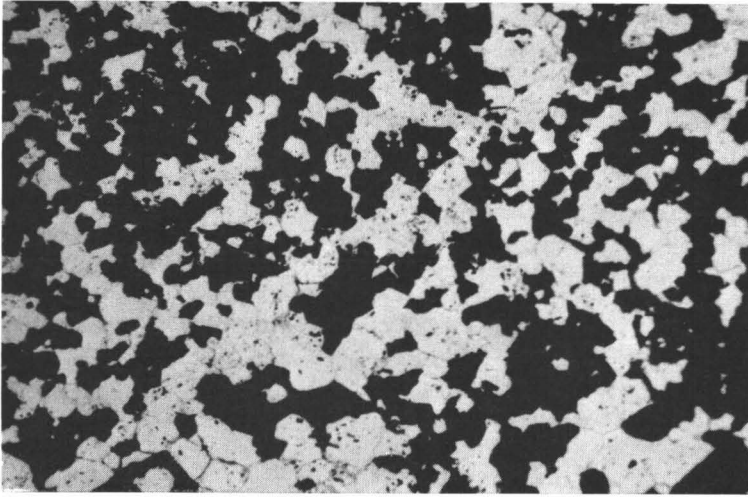


ABB. 28. Teil eines Erzbandes im weissen Bänderquarzit. Unregelmässig begrenzte und oft zusammenhängende Hämatitaggregate (schwarz) in Quarzit (weiss). Der Quarzit hat feine dunkle Einschlüsse und zeigt undeutlich Pflasterstruktur.  
Dünnschliff Nr. 17, J II/1, aus Graben Nr. 7, Vergr. 95-fach, 1 Nicol.

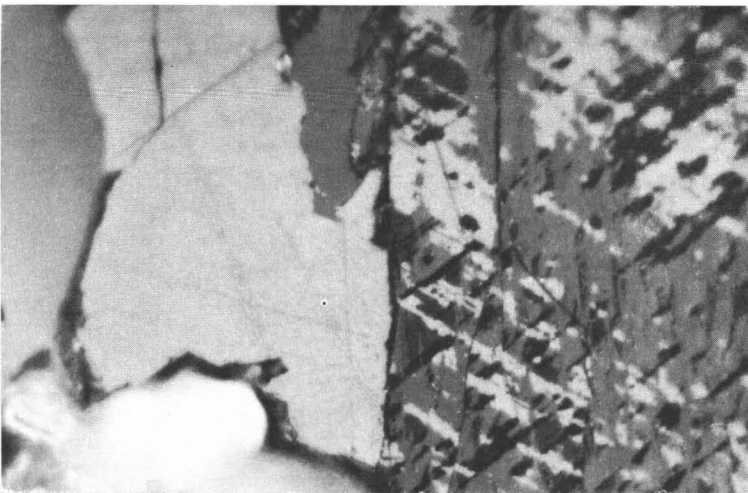


ABB. 29. Einheitlich auslöschendes Hämatitkorn (weissgrau) mit feiner engstehender Lamellierung unbekannter Natur. Links ein Martitkorn mit 3 verschiedenen, den (111)-Flächen des Magnetits entsprechenden Orientierungen (zwei in Lamellen, eine flächenhaft).  
Anschliff Nr. 17, J II/1, aus Graben Nr. 7, Vergr. 740-fach, Ölimmersion, Nic. x.

und kann in demselben Korn die Richtung wechseln oder ganz aufhören. Die Natur dieser Erscheinung ist noch ungeklärt. Nach Ramdohr (1960, S. 887 ff.) ist sie besonders bei Hämatiten anzutreffen, deren Kristalle durch hohen Glanz und Frische auffallen und die deutlich magnetisch sind. Kalliokoski (1965) nimmt an, dass diese Lamellierung durch metamorphe Beanspruchung verursacht wurde. — Beide Hämatitarten sind eng miteinander verwachsen. Örtlich kann eine stark zurücktreten. Die Korngrößen liegen bei 200—300  $\mu$ .

Magnetit kommt nur untergeordnet vor. Goethit ist eine jüngere Bildung auf Spältchen sowie in Hämatitkörnern und auf Quarzkornrändern. Gelegentlich zeigt er Gelstruktur. Auch beginnende Umwandlung von Goethit zu Hämatit (Hydrohämatit?) ist zu beobachten (Abb. 30).

Die Bänderung ist unterschiedlich deutlich ausgeprägt, oft ist sie stark verwischt oder gar nicht vorhanden. Davon unabhängig können die Erzminerale rundlich-körnig oder sehr unregelmässig begrenzt sein. Es sind keine Anzeichen für eine starke Beanspruchung vorhanden.

#### *Reicherzlage*

Hämatit ist hier das vorherrschende Mineral und zum überwiegenden Teil aus Magnetit durch Martitisierung entstanden. Einheitlich auslöschende Körner kommen daneben selten vor. Die Korngrößen liegen bei 50—100  $\mu$ . — Magnetit gibt es nur in einigen noch nicht umgewandelten Resten in Hämatit. — Etwas Goethit durchsetzt den Quarzit oder ist randlich an Erzkörner und feine Sprünge gebunden.

Quarzit ist selten vorhanden und nur in kleinen Partien im Erz. Die Einzelkörner haben wenig Einschlüsse und sind häufig etwas gelängt (200  $\times$  20—50  $\mu$ ). Die Beanspruchung ist stärker als bei den gebänderten Quarziten. Sie äussert sich vor allem in Kataklyse.

#### *Schwarzer Granatquarzit*

In dieser Zone tritt Quarz mengenmässig zurück, örtlich ist viel Granat vorhanden und daneben Hämatit und Magnetit. Kennzeichnend ist die Graphitführung.

Der megaskopisch schwarze Quarzit ist sehr hart und dicht; die Korngrößen liegen bei 10—50  $\mu$ . Oft sind Kornform und Gefüge undeutlich bis ganz verwischt, da die Körner — unterschiedlich intensiv — mit Graphitschuppen und Erzkörnchen durchstäubt sind. Gelegentlich gibt es kleinere linsenförmige Partien von reinem, grobkörnigeren Quarzit.

In manchen Schliften ist Granat mit über 50 % am Aufbau beteiligt, in anderen fehlt er fast völlig. Seine Aussenbegrenzung ist xenomorph, oft bildet er grosse, unregelmässig zusammenhängende Massen, die viel Fremdschubstanz, vor allem Erz- und Quarzitpartien, weniger Graphit, einschliessen. Der Granat hat viele feine, sich verzweigende Sprünge, die mit Brauneisen getränkt sind. Seine Färbung ist hellbraun

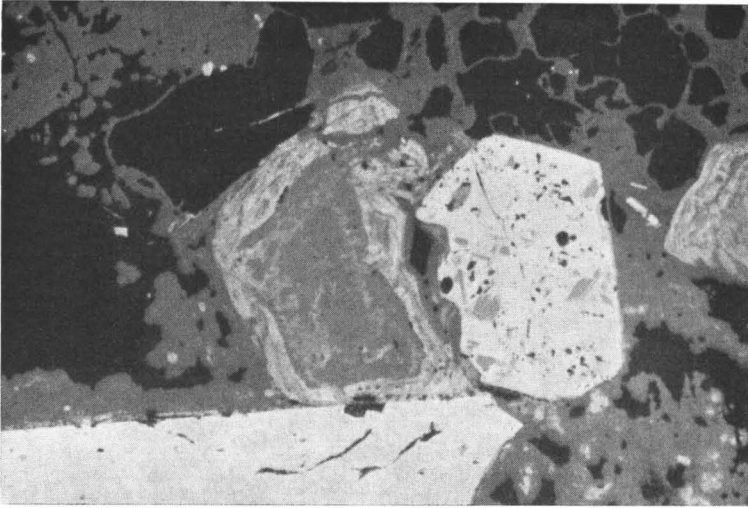


ABB. 30. Goethit (grau) auf Quarzkorngrenzen (Quarz = schwarz) und in grösseren einheitlichen Partien mit beginnender schalenförmiger Umwandlung zu Hämatit. Möglicherweise liegt Hydrohämatit (weissgrau) vor. Unten links Hämatitkorn (weiss), in der Mitte Martitkorn mit Magnetitresten (grau). Anschliff Nr. 17, J II/1, aus Graben Nr. 7, Vergr. 230-fach, Ölimmersion, 1 Nicol.

bis rosa; auch andere mikroskopische und megaskopische Kennzeichen entsprechen dem Granat von (J I). Bei einer Probe (J III/5) beträgt die Lichtbrechung  $n = 1.815$ . Es liegt hier wohl auch Almandin vor, mit Anteilen einer Komponente, die kleineres in hat.

Magnetit ist lokal häufig und unterschiedlich stark martitisiert. Es gibt Partien, die fast ganz aus Hämatit bestehen und nur einige winzige, oft eckige Magnetitreste haben. An anderen Stellen überwiegt Magnetit (besonders auf J III). Er wird von einem feinen Streifensystem nach (111) durchzogen, das aus Hämatit besteht. Dazwischen gibt es alle Übergangsstadien. Die Mineralien kommen in rundlichen, zerbrochenen oder auch korrodierten Einzelkörnern vor, die bis 1 mm gross sind, daneben in unregelmässigen Aggregaten und Bändern. Sie zeigen ein schwach verzahntes Gefüge. Die Korngrössen liegen bei 60—300  $\mu$ . Kleinere, einheitlich auslöschende Hämatitkörner ohne Martitisierungskennzeichen gibt es nur untergeordnet. Ebenso ist Goethit selten. Er tritt randlich an Hämatit auf, einmal auch bei Magnetit.

Alle Komponenten zeigen, dass eine Durchbewegung stattgefunden hat. Unregelmässige Kornbegrenzung, Kataklyse und gegenseitiges Durchdringen, besonders auf (J III), weisen darauf hin. Hier ist auch Graphit reichlicher vorhanden. Im Quarzit zeigt er manchmal eine Anordnung in feinen Linien, die oft verfaltet sind. Erzkörner werden nicht umflossen. Seltener ist Graphit in Granat und Erzpartien, er staut sich hier oft an den Aussenbegrenzungen zu feinen Säumen an (vgl. Abb. 26).

*Serizitschiefer*

Dieses Gestein ist durch das Auftreten von Muskovit und schuppigem Hämatit (= Specularit) gekennzeichnet.

Quarz ist immer noch wesentlicher Bestandteil, kann aber örtlich stark zurücktreten. Eine harte, rötliche Ausbildung im nördlichen Randbereich ist oft quarzitähnlich. Mit zunehmendem Muskovitgehalt wird das Gestein plattig und weich bis bröcklig. Die Quarzkörner messen 20—50  $\mu$ , stellenweise sind sie stark ausgelängt (bis 150  $\mu$ ). Sie enthalten wenige durchsichtige, feine Einschlüsse, u. a. Muskovitleisten, seltener Erzkörnchen. Graphit ist nicht vorhanden. Pflasterstruktur ist vorherrschend. Bevorzugt an Erzkörnern findet man linsige, reine und grobkörnigere Quarzitpartien (bis 500  $\mu$ ).

Muskovit kommt in farblosen, oft sehr langen Schuppen vor (50—150  $\mu$ ). Sie bilden ein verzweigtes Netzwerk auf den Korngrenzen. Kleinere Muskovitkristalle sind auch eingeschlossen.

Andere Silikatmineralien treten nur sporadisch auf. Turmalin gibt es in zwei Arten. Einmal als länglich abgerundete Körner, dann örtlich massenhaft als idiomorphe Querschnitte im Hämatit. Hier ist der Turmalin zonar gefärbt: innen schwarz und aussen grün (Abb. 31). Sahama (1945) beschreibt aus Quarziten und quarzitischen Schiefen Lapplands zwei Turmalinergenerationen, die oft in demselben Gestein zu beobachten sind. Es gibt idiomorph ausgebildeten und gut geregelten sowie in geringer Menge abgerundete Kornbruchstücke. In je einem Schriff wurden Staurolith als Idioblasten und Chlorit beobachtet.

Das Haupterzmineral ist Hämatit. Er tritt als lange, schmale Leisten und Stengel (Abb. 32), seltener körnig auf und hat sehr unterschiedliche Grössen (20—200  $\mu$   $\times$  15—30  $\mu$ ). Daneben gibt es noch sehr feine idiomorphe Nadeln und Körner (1—10  $\mu$ ) als Durchstäubung. Der Hämatit ist rein und löscht einheitlich aus. Einige Körner zeigen eine feine Lamellierung (vgl. weisser, erzgebänderter Quarzit, S. 00), selten auch Zwillingslamellen. Martit tritt in bis zu 300  $\mu$  grossen Körnern auf, die oft eine zackige Aussenbegrenzung haben oder zerbrochen sind, gelegentlich sind sie idiomorph. Oft werden sie von Specularitleisten umflossen oder unterbrechen diese. Magnetitreste sind selten erhalten. Goethit kommt randlich an Hämatitkörnern vor, nicht bei Specularit.

Die metamorphe Beanspruchung ist am Serizitschiefer sehr deutlich zu erkennen. Besonders Muskovit und Specularit sind wegen ihrer langgestreckten Kornform gut geregelt. Gelegentlich kommt es bei den Erzmineralien zu Kataklyse.

*Schwarz-weiss gebänderter Quarzit*

Die Anteile von schwarzem und weissem Quarzit sind unregelmässig verteilt.

1. Schwarze und weisse Quarzitlagen wechseln ab, gelegentlich überwiegen die schwarzen. Der megaskopisch schwarze Quarzit ist feinkörnig (30—70  $\mu$ ) und von

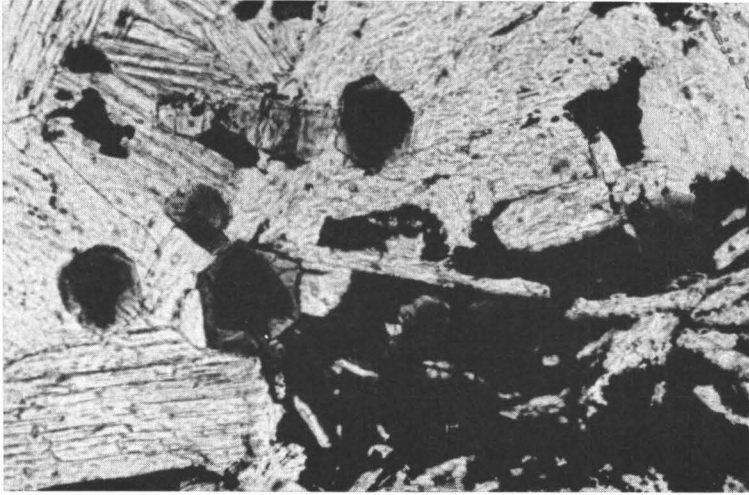


ABB. 31. Idiomorphe Turmalinquerschnitte in Muskovitschuppen (weiss) und in Hämatit (schwarz). Der Turmalin zeigt Zonarbau, der innere Teil ist schwarz. Oben links ist ein Turmalinlängsschnitt mit abgerundeten Kanten. Dünnschliff Nr. 30, J III/9, aus Graben Nr. 8, Vergr. 300-fach, 1 Nicol.

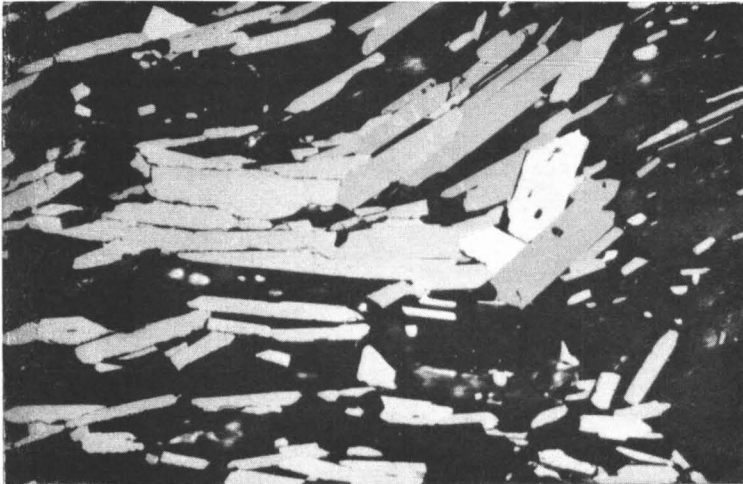


ABB. 32. Schuppiger Hämatit = Specularit in Muskovitquarzit (schwarz). Neben den überwiegenden grossen Hämatitleisten gibt es sehr kleine, die die Silikatminerale durchstäuben. Anschliff Nr. 23, J II/8, aus Graben Nr. 7, Vergr. 230-fach, Nic. x.

Graphitschuppen durchstäubt. Die weissen Partien bestehen aus reinem grobkörnigen Quarzit (80—200  $\mu$ ) mit ausgeprägter Pflasterstruktur (Abb. 33). Der Übergang ist scharf, wenn der Graphit in schmalen Lagen konzentriert ist, sonst verändert sich die Quarzkorngrösse nur allmählich.

Granat kommt nur untergeordnet in den feinkörnigen Quarzitbändern vor. Er ist rosa bis bräunlich gefärbt.

2. Der helle Quarziteil überwiegt. Die Quarzkörner sind miteinander verzahnt und wechseln auf engstem Raum in Grösse und Form. Mehr feinkörnige und mit etwas Graphit durchstäubte Lagen sind undeutlich begrenzt und häufig unterbrochen.

Auch die Erzmineralführung unterscheidet sich:

Zu 1. Magnetit in graphitführendem Quarzit kommt in Einzelkörnern, Korngruppen oder dünnen Bändchen vor. Die Aussenbegrenzung ist unregelmässig. Bei rekristallisierten Partien kann sie auch geradlinig sein, die Korngrössen liegen dann bei 50—80  $\mu$ , während sie sonst um 25  $\mu$  betragen. Der Magnetit hat verzahnte Struktur. Auf den Korngrenzen und um Löcher sind feinste weisse Säume, die wohl aus Hämatit bestehen. Rundlich-ovale Kupferkieskörner, 8—10  $\mu$ , kommen als Einschlüsse im Magnetit vor. Sie sind grösser und häufiger als die auf (M I).

Zu 2. Körniger, oft geradlinig begrenzter Hämatit bildet unregelmässig verzweigte Aggregate und hat Korngrössen von 150—400  $\mu$ . Deutliche Martitierungsmerkmale sind vorhanden, besonders eckige Magnetitreste. Goethit kommt reichlich vor als Zwickelfüllung zwischen Hämatitkörnern und in diesen, wobei er sie gelegentlich ganz verdrängt. In einem breiten Goethitband mit Gelstruktur »schwimmen« rundliche Hämatit- und eckige Magnetitkörnerchen. Die Erzführung ist nicht an bestimmte Quarzitlagen gebunden.

Die Erzminerale, besonders der Magnetit im schwarzen Quarzit, zeigen am deutlichsten eine Beanspruchung. Dagegen sieht der Hämatit stellenweise sehr frisch aus. Diese Unterschiede deuten auf eine mehrphasige Bildung hin.

### Westliches Gebiet

Die Verhältnisse sind hier, abgesehen vom nördlichsten Teil, nur unzureichend bekannt.

#### *Weisser, gebänderter Quarzit*

Die Hauptkomponenten sind Quarz und Goethit. Der Quarzit zeigt eine ausgeprägte Pflasterstruktur und ist lagig aufgebaut. Dabei können die Übergänge scharf (Abb. 34) oder ganz allmählich sein. In den feinkörnigen, megaskopisch dunklen Lagen schwanken die Korngrössen zwischen 20 und 50  $\mu$ . Im Quarz sind zahlreiche durchsichtige Einschlüsse und Erzkörnerchen. Bei den grobkörnigeren Lagen (80—120  $\mu$ ) haben die Quarzkörner wenige bis keine Einschlüsse.

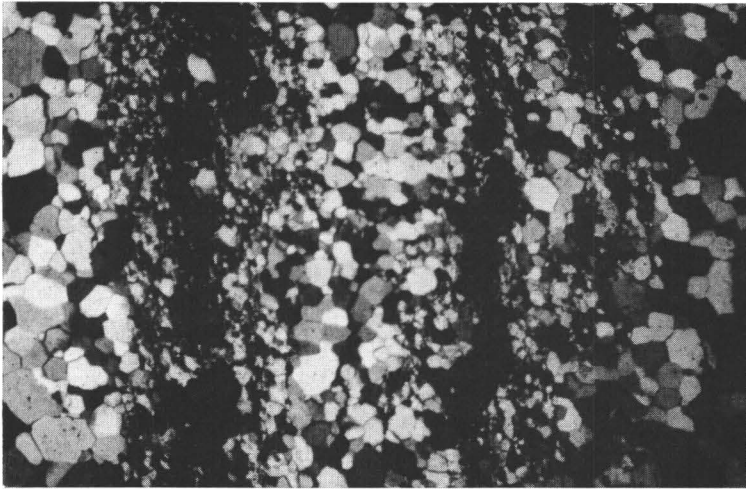


Abb. 33. Schwarz-weiß gebänderter Quarzit. Grobkörnige reine Quarzitbänder mit ausgeprägter Pflasterstruktur wechseln mit feinkörnigen, graphit- und erzführenden Lagen ab (Graphit: feine schwarze Schuppen, Erz: grössere, einheitlich schwarze Partien). Die Übergänge sind, je nach der Durchstäubung mit Graphit, verschieden deutlich.

Dünnschliff Nr. 42, M III/3, aus Graben Nr. 9, Vergr. 46-fach, Nic. x.

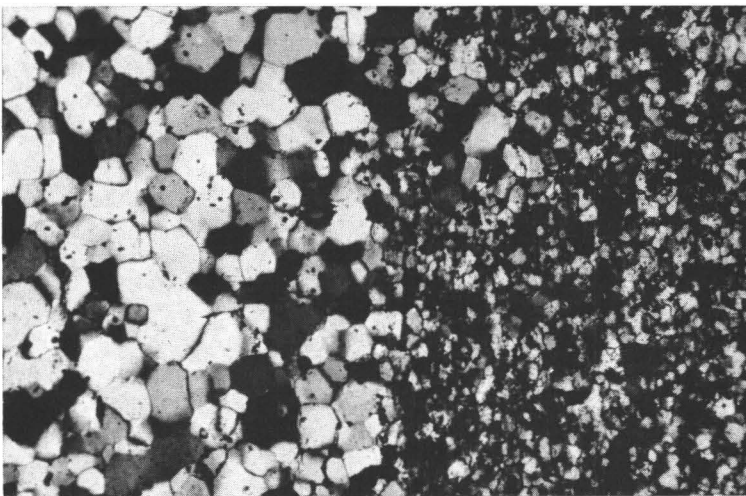


Abb. 34. Scharfer Übergang zwischen fein- und grobkörniger Quarzitlage. Im feinkörnigen Quarzit sind zahlreiche dunkle Einschlüsse, z. T. Erz (kein Graphit!). Die grobkörnige Lage zeigt deutliche Pflasterstruktur und nur wenige Einschlüsse (fast kein Erz!).

Dünnschliff Nr. 32, 33/P 5, Vergr. 120-fach, Nic. x.



Goethit ist vorwiegend in konkordanten oder diskordanten Lagen angereichert; daneben gibt es unregelmässige Partien im Quarzit. Der Goethit hat deutliche Gelstruktur. Die  $\alpha$ -Modifikation überwiegt,  $\gamma$ -Goethit ist darin in Schnüren und kleinen Partien vorhanden. Eine nadelige Form tritt bevorzugt in Hohlräumen auf und ist wohl eine jüngere Bildung. Manche Goethitbänder schliessen viele Quarzkörner ein. Es gibt alle Übergänge von einer schwachen Goethitimpregnation im Quarzit bis zu vollkommener Verdrängung.

Hämatit ist selten in Einzelkörnern oder kleinen Aggregaten vorhanden und jeweils nur in den feinkörnigen Quarzitbändern. Er zeigt stark korrodierte, seltener geradlinige Kornbegrenzung und Martitisierung und ist immer von Goethit umgeben. Pyrit kommt in kleinen Körnchen (um  $5 \mu$ ) in Quarzit vor.

Nur die Rekristallisation des Quarzites deutet auf eine Beanspruchung hin. Die gerade durchsetzende Bänderung ist sehr deutlich ausgeprägt.

#### *Schwarzer Quarzit mit Magnetit*

Der Quarz hat Korngrössen von  $50-70 \mu$  und zahlreiche feine Einschlüsse, vor allem Erz und Graphit (letzterer fehlt stellenweise). Zerrissene Quarzitpartien im Erz zeigen eine verzahnte Struktur. Örtlich ist undeutliches Lagenfüge zu erkennen. Untergeordnet wurde Granat mit xenomorpher Begrenzung und starker Verunreinigung durch Erzsubstanz gefunden.

Magnetit und Hämatit kommen miteinander eng verwachsen vor. Hämatit ist durch Martitisierung entstanden. Er bildet feinste Lamellen bis grössere Partien im Magnetit und ist etwa gleichmässig über die Schliff-Fäche verteilt und nicht in Einzelkörnern oder Kornrändern angereichert. Homogene Magnetitkörner sind selten.

#### *Schwarz-weiss gebänderter Quarzit*

In den megaskopisch grauen Quarzitlagen und -schmitzen messen die Körner  $40-80 \mu$  und haben zahlreiche Einschlüsse, vorwiegend Erzteilchen und Graphit-schuppen. Die hellen Quarzitpartien zeigen granoblastisches Gefüge mit stark veränderlichen Kornformen und -grössen. Es sind wenige, vorwiegend durchsichtige Einschlüsse vorhanden. Der Übergang zwischen den beiden Quarzitarten ist undeutlich.

Überwiegend im dunklen Quarzit tritt örtlich viel schuppiger Muskovit auf, gelegentlich auch Granat in runden Körnern und Turmalinkristalle. Die Erzminerale sind hier auch konzentriert. Das wichtigste ist Hämatit. Er kommt in unregelmässigen Körnern und Aggregaten vor und zeigt gelegentlich geradlinige Aussenbegrenzung. Zum grossen Teil ist der Hämatit durch Martitisierung entstanden, manchmal sind die darauf hinweisenden Kennzeichen undeutlich. Einige Körner, die einheitlich auslöschten, haben eine feine Lamellierung unbekannter Natur (vgl. weisser gebänderter Quarzit im mittleren Gebiet, S. 34). Gelegentlich zeigen sie



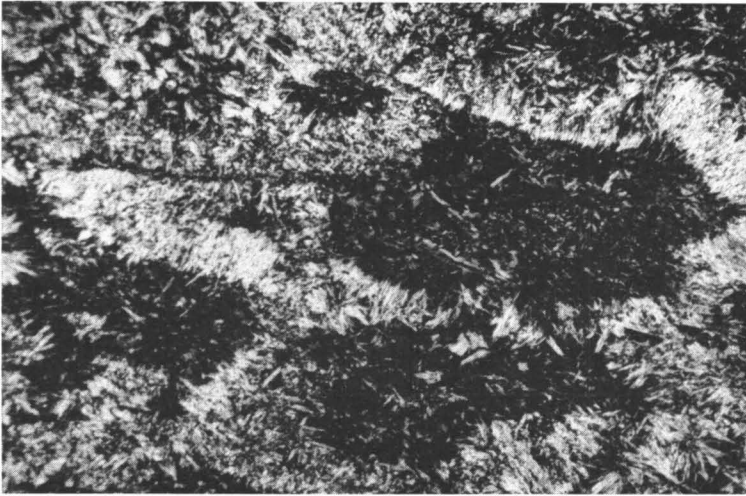


ABB. 35. Amphibol—Chlorit-Gestein. Schuppiger Chloritfilz (grauschwarz) in ovalen Nestern umgeben von strahligen Grammatit (weiss). Das Gestein bekommt dadurch ein zellig-blasiges Gefüge.  
Dünnschliff Nr. 52 a, (Nr. 23 b), Vergr. 95-fach, Nic. x.

auch Zwillinglamellen und längliche Einschlüsse von Magnetit. Daneben gibt es Reste von Magnetit, die noch nicht martitisiert sind. Goethit findet sich in feinen Spalten, in unregelmässigen Partien im Quarzit, an und in Hämatitkörnern. In einem Goethitgänglichchen wurden örtlich bis zu  $30\ \mu$  grosse Graphitschuppen gefunden.

Eine Beanspruchung ist deutlich erkennbar, besonders an unregelmässiger Kornbegrenzung, Kataklyse und Rekristallisation. Graphit und Muskovit sind teilweise geregelt.

### Das Nebengestein

#### Nördliches Amphibol—Chlorit—Gestein

Es besitzt eine grosse Verbreitung und ist recht homogen. Die Hauptkomponenten sind, wie der Name besagt, Amphibol und Chlorit. Der Amphibol ist nadelig bis strahlig ausgebildet. Er gehört in die Strahlsteinreihe und ist nach Mikkola (1941) Grammatit. Er fand dieses Mineral bei einer aus dem Gebiet stammenden Probe. Chlorit ist feinschuppig oder körnig. Er bildet einen dichten Filz zwischen den Amphibolstrahlen und ist gelegentlich in ovalen mm-grossen Partien angereichert (Abb. 35). Dadurch bekommt das Gestein ein zellig-blasiges Aussehen. Karbonat und Erz sind verbreitet und lokal in grösseren Mengen vorhanden. Die Erzkörner zeigen korrodierte Umriss und bestehen vorwiegend aus Magnetit. Die Komponenten sind nicht geregelt.

## Das Nebengestein in der Jauratsi-Formation

Wegen der ungünstigen Aufschlussverhältnisse erfolgt eine Gliederung nach morphologischen Gesichtspunkten:

- a) Gruppe nördlich der Quarzitvorkommen (Aufschlüsse Nr. 75—118)
- b) » zwischen den » (Aufschlüsse Nr. 36—43)
- c) » südlich der » (Aufschlüsse Nr. 27—42)

Es wurden Untersuchungen an Dünnschliffen und Handstücken kombiniert, denn die betreffenden Gesteine sind sehr homogen und lassen sich allein im Schlibbereich nicht repräsentativ erfassen. Die Übergänge zu erzführenden Schichten wurden besonders berücksichtigt.

### *a) Gruppe nördlich der Quarzitvorkommen*

Hier ist Amphibolit mit rundlichen, um 0.5 mm messenden Quarzlinen verbreitet. Amphibol ist Hauptbestandteil und gehört zur Hornblendereihe. Er ist dunkelgrün gefärbt und tritt in xenomorphen, unterschiedlich stark zerrissenen und durchstäubten Körnern auf. Biotit gibt es in wechselnden Mengen. Erz (Sulfid) in korrodierten Körnern ist verbreitet, ebenso Karbonat auf Quarzkorngrenzen. Quarz und Plagioklas sind intensiv durchstäubt. Daher ist der Feldspatanteil schwer anzugeben, Quarz überwiegt jedoch.

Die weissen Linsen bestehen aus grossen, reinen Quarzkörnern und sind unregelmässig gegen den umgebenden Amphibol abgegrenzt. Örtlich kommen cm—dm grosse Schlieren aus Quarz und Feldspat vor. Darin schwimmen einzelne strahlige Amphibolkörner.

Die metamorphe Beanspruchung äussert sich an Kataklyse und gegenseitigem Durchstäuben. Bei den Amphibolen ist diese Erscheinung am deutlichsten zu beobachten. Es lässt sich eine Zunahme der Intensität von W → E feststellen.

Für das eben beschriebene Gestein wird der Name »Amphibolit« im weiteren Sinne verwandt. Auffallend ist das Zurücktreten oder Fehlen von Plagioklas, sowie Auftreten von Quarz und Biotit. Nach Williams, Turner und Gilbert (1954) weist dies auf eine Entstehung aus Ultrabasiten und Tuffen hin.

Die Amphibolite sind überall von den südlich folgenden Quarziten durch eine Senke getrennt, so dass keine Kontakte bekannt sind.

### *b) Gruppe zwischen den Quarzitvorkommen*

Hier sind Serizitschiefer mit Amphibol, Metagrauwacke und Granat—Amphibolit aufgeschlossen. Wahrscheinlich gehen die Arten kontinuierlich ineinander über.

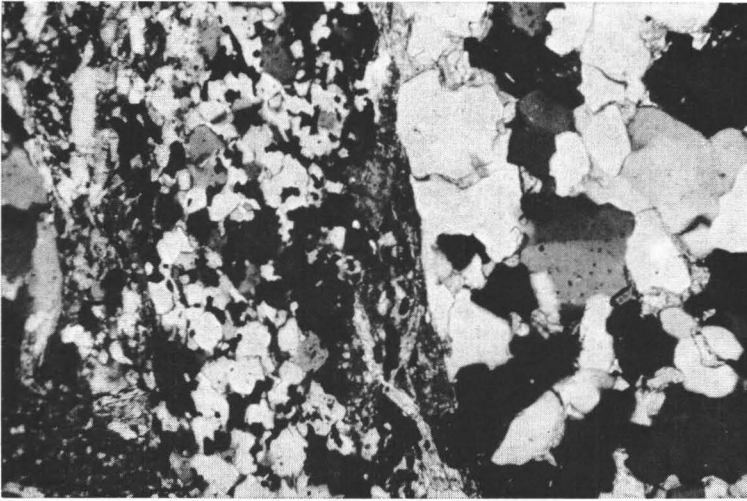


ABB. 36. Metagrauwacke. Rechts Teil einer Schmitze aus grobkörnigem verzahnten Quarzit mit feinen Einschlüssen und Karbonat auf Korngrenzen. Links feinkörniger Quarzit mit Hämatitkörnern (schwarz) und randlich angereichert Biotittafeln. Ganz links beginnt wieder eine Schmitze aus grobkörnigem Quarzit.

Dünnschliff Nr. 59, (Nr. 36/64 b), Vergr. 95-fach, Nic. x.

Besonders die Metagrauwacke mit konglomeratischen Lagen ist äusserst inhomogen zusammengesetzt. Sie besteht aus mm—dm grossen, ausgelängten Schmitzen, die miteinander verzahnt sein können. Dazwischen ist häufig grüne Hornblende, Biotit oder Chlorit. Die einzelnen Schmitzen wechseln in Korngrösse und Zusammensetzung. Grobkörniger Quarzit mit vielen Einschlüssen, aber ohne Erzführung, ist verbreitet. Daneben gibt es dichten Quarzit mit Muskovitschuppen und xenomorphen Erzkörnern (Abb. 36). Er ähnelt Serizitschiefer von (J II) und (J III). Karbonat sitzt als Zwickelfüllung im groben Quarzit.

Bei (Nr. 39) wurden in Chlorit zahlreiche rundliche Plagioklaskörner beobachtet (Abb. 37). Das Gefüge ist dann kugelig. Ein Vergleichsschliff — Diabastuff vom Bienenkopf bei Ahausen (Hessen) aus den Sammlungen des Mineralogisch-Petrographischen Instituts der T. H. Clausthal — zeigt ein vergleichbares Bild. Die Plagioklase sind im Aussenbereich klar und im Inneren zersetzt. Das weist auf Zonarbau hin; der Ca-Gehalt nimmt von innen nach aussen ab.

Die eben angeführten Kennzeichen sprechen für Grauwacke mit konglomeratischen Lagen und möglicherweise vulkamischem Anteil. Sie ist metamorph beansprucht. Das zeigt sich vor allem an Auslängung, Regelung und gegenseitigem Durchstäuben.

Die Serizitschiefer auf (J II) und (J III) haben im südlichen Teil Gehalte an Amphibol, Biotit und Chlorit, während Hämatit zurücktritt. Bie (Nr. 43) schliesst sich nördlich an den vererzten Granatquarzit ein flaseriges Gestein aus grünem Amphibol und Granat an.

*c) Gruppe südlich der Quarzitvorkommen*

Bei (M I) und (M II) geht der schwarze Quarzit in Granat—Amphibolit oder Metagrauwacke über. Für letztere gilt das unter b) gesagte. Neben vorwiegend quarzitischen Schmitzen sind solche aus reinem Muskovit verbreitet, die eine wellige Verformung, wohl durch Schieferung hervorgerufen, zeigen. Örtlich gibt es zahlreiche erzführende Partien mit teilweise idiomorphen jüngeren Magnetitkörnern oder -aggregaten, die rundlichen Quarz einschliessen, und mit Hämatit. Letzterer ist vorwiegend leistenförmig, kann aber auch körnig sein und hat Ilmenitlamellen von verschiedener Dicke und Richtung (Abb. 38). Sie durchsetzen das ganze Korn oder laufen spitz aus. Eine derartige Beobachtung ist von den Jauratsi-Hämatiterzen nicht bekannt.

In einer vorwiegend aus Biotit bestehenden Schliere fand sich reichlich grüner Turmalin. Zwischenlagen aus Amphibol oder Biotit sind selten. Die Schmitzen nehmen von (M I) nach S an Grösse zu.

Auf (M II) treten Muskovit und grüner Amphibol als neue Komponenten zum Granatquarzit. Erzkörner sind nur noch sporadisch vorhanden. Weiter im S ist bei (Nr. 100) ein gebändertes Gestein aus Amphibol, Quarz und wechselnden Mengen Granat aufgeschlossen. In den Lagen aus strahligem Amphibol (wohl Aktinolith) sind stellenweise Magnetitpartien angereichert. Der Magnetit hat ein granoblastisches Gefüge und führt gelegentlich rundliche Kupferkieskörner. Die Quarzitlagen sind grob- oder feinkristallin. In ihnen ist etwas Graphit enthalten, dagegen keine Erzminerale. Die einzelnen Bänder sind deutlich gegeneinander abgegrenzt und schwach wellig verformt.

Das Gestein bei (Nr. 41) unterscheidet sich deutlich von dem bisherigen. Es ist ein gut geregelter Amphibolit, der aus grüner Hornblende sowie etwas Quarz, Plagioklas und Karbonat besteht. Quarz und Plagioklas sind manchmal in Schlieren und Linsen angereichert. Untergeordnet sind Sulfidkörnchen vorhanden.

Am W-Rand des Jauratsi-Komplexes geht der schwarz-weiss gebänderte Quarzit in ein schiefriges Gestein aus Granat, Quarz, Amphibol und Muskovit über. Alle diese Komponenten sind mit Graphit durchstäubt. Daneben ist etwas Hämatit vorhanden. Weiter nach S nimmt der Amphibolgehalt zu, Feldspat und Biotit treten neu hinzu. Dieses Gestein ist inhomogen. Es hat quarz- und feldspatreiche Partien und wird von weissen Quarzgängchen mit Magnetit durchzogen (vgl. Abb. 7). Bei (Nr. 49) findet sich wieder Amphibolit, der dem von (Nr. 41) ähnelt.

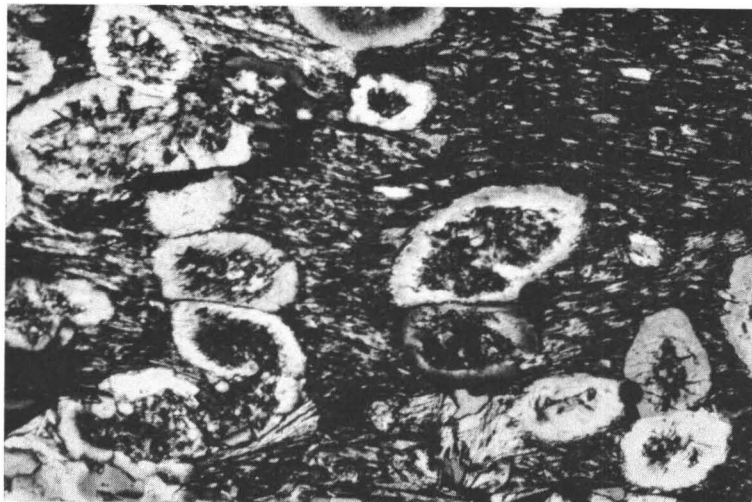


Abb. 37. Rundliche bis ovale Plagioklaskörner in einer feinschuppigen Chloritlage. Die Plagioklase zeigen Zonarbau: der Kern ist zersetzt, die äussere Schale klar. Das Gefüge ähnelt einem Tuff.  
Dünnschliff Nr. 61, (Nr. 39 c/64). Vergr. 120-fach, Nic. x.



Abb. 38. Erzführende Schmitze aus Metagrauwacke. Körniger und leistenförmiger Hämatit (weiss oder hellgrau) mit Ilmenitlamellen. Die Lamellen haben verschiedene Dicke und Richtung. Sie durchsetzen das ganze Korn oder laufen spitz aus.  
Anschliff Nr. 63, (Nr. 27/64), Vergr. 930-fach, Ölimmersion, 1 Nicol.

## CHEMISMUS

## Auswertung der chemischen Analysen

## Abgrenzung des Gültigkeitsbereiches

Die chemischen Analysen sind in der Mehrzahl von erzführenden Handstücken, einige auch vom Nebengestein gemacht worden. Folgende Elemente wurden bestimmt: Fe ( $\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{M}$  gesondert), Ti als  $\text{TiO}_2$ , Mn, P, S, Ba und V. Diese Angaben erschienen im Rahmen der Prospektionsarbeiten als wichtig. Vollanalysen liegen nur in Ausnahmefällen vor. Besonders das Fehlen von  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und MgO schränkt die Auswertungen sehr ein.

Mineralbestand und Gefüge genügen nicht zur Untersuchung von Eisenerzvorkommen, da gerade sie durch diagenetische und metamorphe Vorgänge leicht verändert werden. »Das Vorkommen eines Minerals sagt nichts über die Herkunft des Eisens aus« (Harder, 1963). Die chemische Zusammensetzung dagegen spiegelt die geochemischen Bedingungen wieder die eine Anreicherung des Eisens verursacht haben (Lepp und Goldich, 1964).

Es ist nun wichtig, in welchem Masse der Chemismus durch Metamorphose beeinflusst werden kann. Nach Turner und Verhoogen (1960) haben metamorphe Gesteine im allgemeinen eine ähnliche Zusammensetzung wie ihre Ausgangsgesteine, gelegentlich auch dieselbe. Der Wassergehalt ist hierbei nicht berücksichtigt. Allerdings ist das nur eine Annäherung. Metasomatose und metamorphe Differentiation können den Chemismus verändern. Sahama (1945) kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Speziell für Südlappland stellte er fest, dass der akzessorische Elementbestand im wesentlichen als primär zu betrachten ist. Die Metamorphose ist hier im Ganzen gesehen relativ gering gewesen (Mikkola, 1941). Aus diesen Gründen werden die Analysen im östlichen, mittleren und westlichen Bereich nicht getrennt behandelt, sondern nach den einzelnen Schichten der Jauratsi-Formation aufgeteilt. Die Anzahl der Analysen reicht nicht aus, um eine Verteilung in E—W Richtung zu untersuchen oder Durchschnittsangaben vor allem über den Eisengehalt zu machen.

Wichtig ist, dass die Analysen von unverwitterten Proben gemacht sind (Lepp und Goldich, 1964). Das trifft hier für den Hauptteil zu.

## Chemische Analysen vom Nebengestein

Mikkola (1941) führt eine Vollanalyse vom Amphibol—Chlorit-Gestein an. Die Probe stammt von Kummitsoiva (Gebiet der Aufschlüsse Nr. 5, 30, 31), 1.5 km N von Jauratsi. Für eine Darstellung im al—fm—c+alk-Diagramm wurden die Gewichtsprozentage in Niggli-Werte umgerechnet. Das Gestein ist stark an Quarz unter-sättigt ( $qz = -58$ ). Mikkola (1941) ordnet es zu den Pikriten und damit zu den ultrabasischen Gesteinen. Zum Vergleich sind die entsprechenden Durchschnittswerte vom südlappländischen Amphibol—Chlorit-Gestein in Abb. 39 eingetragen.

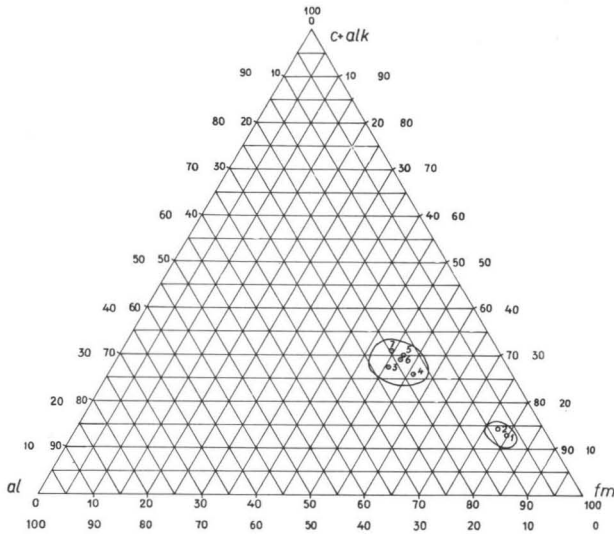


ABB. 39. Darstellung der al, fm, c + alk — Werte von den Gesteinen 1—7. Erläuterung bei Tabelle 5.

Es ist grosse Ähnlichkeit vorhanden (s. auch Tabelle Nr. 5). Da das Gestein relativ homogen ist, sind die oben gemachten Angaben näherungsweise für den ganzen Komplex gültig.

Mit der Vollanalyse eines Amphibolits (73/64), der 100 m N von hellen Bänderquarziten ansteht, wurden zwei Amphibolitanalysen aus W-Lappland, eine Durchschnittsanalyse der lappländischen Grünsteine sowie eine des Weltplateaubasalts (nach Daly) verglichen (Abb. 39 und Tabelle Nr. 5). Im al—fm—c+alk-Diagramm zeigt sich eine gute Übereinstimmung. Der  $\text{SiO}_2$ -Anteil liegt jedoch bei dem Jauratsi-Amphibolit viel höher:  $qz = +36$  gegenüber  $qz = -12$  bis  $-49$ . Das bedingen sicher die Quarzlinen im Gestein. Da die Amphibolite im Jauratsi-Gebiet sehr inhomogen sind, haben die obigen Aussagen nur örtliche Gültigkeit. Freier Quarz ist allerdings verbreitet.

### Chemische Analysen vom erzführenden Gestein

Von 30 Handstücken aus dem erzführenden Gestein sind Teilanalysen gemacht worden. Da die Vererzung gebietsweise sehr niedrig ist, was besonders für den westlichen Teil gilt, wurden bevorzugt Stücke mit höheren Gehalten ausgewählt, um bessere Aussagen über die anderen Elemente in den verschiedenen Erztypen zu erhalten.

TABELLE 4  
Chemische Vollanalysen

Gesteinsart und Probe Nr.	1 Amphibol—Chlorit- Gestein Kummitsoiva	2 Amphibolit 73/64	3 Graphitquarzit J III/64	4 Serizitschiefer J II/8
SiO <sub>2</sub> .....	42.67	56.40	58.05	52.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	7.10	12.35	0.60	15.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3.80	2.53	33.80	23.16
FeO .....	8.24	10.90	2.77	1.51
MnO .....	0.11	0.16	0.01	0.02
MgO .....	24.47!	4.02	0.06	0.03
CaO .....	6.55	6.43	0.05	0.05
Na <sub>2</sub> O .....	0.30	2.30	0.03	1.68
K <sub>2</sub> O .....	0.28	0.60	0.03	1.43
TiO <sub>2</sub> .....	0.80	1.92	0.35	1.50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0.26	0.19	0.10	0.12
CO <sub>2</sub> .....	n. b.	0.67	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> .....	4.96	0.91	0.76	1.86
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> .....	0.14	0.03	0.05	0.07
C .....	n. b.	—	3.27!	—
	99.68	99.41	99.93	99.82

Die Analysen 2—4 wurden im Auftrag der Otanmäki Oy in der chemischen Abteilung der Finn. Geol. Anstalt, Otaniemi, 1964, angefertigt.

Die Analyse 1 ist von Mikkola (1941, S. 238, Tabelle 18) übernommen.

TABELLE 5  
Niggli-Werte der Vollanalysen 1 und 2 sowie von Vergleichsanalysen

	1	2	3	4	5	6	7
al .....	7.2	8.1	21.8	18	18	18.8	19.4
fm .....	80	77.5	50.5	56	52	52.0	49.5
c + alk .....	13.0	13.6	27.9	26	30	29.2	31.2
si .....	73.6	75.4	166	105	99	120	116
k .....	0.37	0.2	0.14	0.32	0.14	0.10	0.14
mg .....	0.79	0.78	0.35	0.56	0.52	0.49	0.48
qz .....	-58.4	-64.6	+36	-39	-49	-13	-12

1. Amphibol—Chlorit-Gestein, Kummitsoiva. Vollanalyse Nr. 1.
2. Durchschnitt südlappländischer Amphibol—Chlorit-Gesteine (Sahama, 1945, S. 21).
3. Amphibolit, Jauratsi, Vollanalyse Nr. 2.
4. gebänderter Amphibolit, Pohjois Rautuvaara, W-Lapland (Shaikh, 1964).
5. homogener Amphibolit, Etelä Rautuvaara, W-Lapland (Shaikh, 1964).
6. Durchschnitt südlappländischer Grünsteine (Mikkola, 1941, S. 260).
7. Weltplateaubasalt (Durchschnitt nach Daly) (Mikkola, 1941, S. 260).



TABELLE 6

Gemittelte Durchschnittswerte von M (= Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), Fe, TiO<sub>2</sub>, Mn, P, S, Ba, V in den Schichten 1—5. Die Angaben sind in Gew.-%

Schicht	Durchschnitt aus ... Analysen	M (= Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	Fe	TiO <sub>2</sub>	Mn	P	S	Ba	V
1. heller ± gebänderter Quarzit .....	9	0.4	38.2	0.14	0.03	0.13	0.03	0.05	0.056
2 a. »Reicherzband« in 2 b	6	1.3	47.1	0.67	0.05	0.05	0.03	0.05	0.235
2 b. Nördl. Graphitquarzit	8	1.3	32.6	0.83	0.02	0.08	0.04	0.05	0.10
3. Serizitschiefer mit Specularit .....	3	0	28.7	1.28	0.01	0.03	0.04	0.04	0.12
4. Graphitquarzit von (M I) .....	3	39	32.3	0.00	0.04	(1.08)	0.06	0.05	0.012
5. schwarz-weiss gebänderter Quarzit .....	1	0.6	20.2	0.05	0.00	0.15	0.03	0.00	0.03

Die Proben stammen aus den Schichten 1—5 (s. Tabelle 6) und sind folgendermassen aufzuteilen:

30 Analysen  $\left\{ \begin{array}{l} 26 \text{ Schicht 1, 2, 3} \quad \text{nördlicher Quarzitzug} \\ 4 \text{ Schicht 4, 5} \quad \text{südlicher Quarzitzug} \end{array} \right.$

Diese ungleiche Verteilung ist durch den Mangel an Aufschlüssen im südlichen Zug bedingt und auch bei den wenigen hier vorhandenen sind nennenswerte Erzgehalte selten. Daher liegt der Schwerpunkt der Untersuchungen beim nördlichen Zug und bei (M I—M III).

Die Durchschnittswerte von Magnetit, Fe, TiO<sub>2</sub>, Mn, P, S, Ba, V in den Schichten 1—5 sind aus Tabelle 6 zu ersehen und in Säulenprofilen graphisch dargestellt (Abb. 40). Naturgemäss nimmt das Eisen eine Sonderstellung ein und soll deshalb getrennt behandelt werden. Bei den übrigen Komponenten ist besonders das berücksichtigt worden, was zur Charakterisierung der vererzten Gesteine und der Eisenerze beiträgt.

### Titan

Die Ti-Gehalte schwanken von 0.00x % bis 1.28 % TiO<sub>2</sub>. Das Schwergewicht der Ti-Führung liegt beim nördlichen Graphitquarzit und Serizitschiefer, die übrigen Schichten haben unter 0.14 % TiO<sub>2</sub>. Wie aus Abb. 41 hervorgeht, nehmen im allgemeinen mit wachsenden Fe-Gehalten die Ti-Gehalte ab. Diese Gegenläufigkeit weist darauf hin, dass Ti zum grossen Teil nicht in den Erzmineralien, sondern im Silikatanteil vorhanden ist. Das meiste Ti führen nach Sahama (1945) die Al-reichen Gesteine mit 0.59—1.05 % TiO<sub>2</sub>. Am Serizitschiefer von Jauratsi bestätigt sich dies.

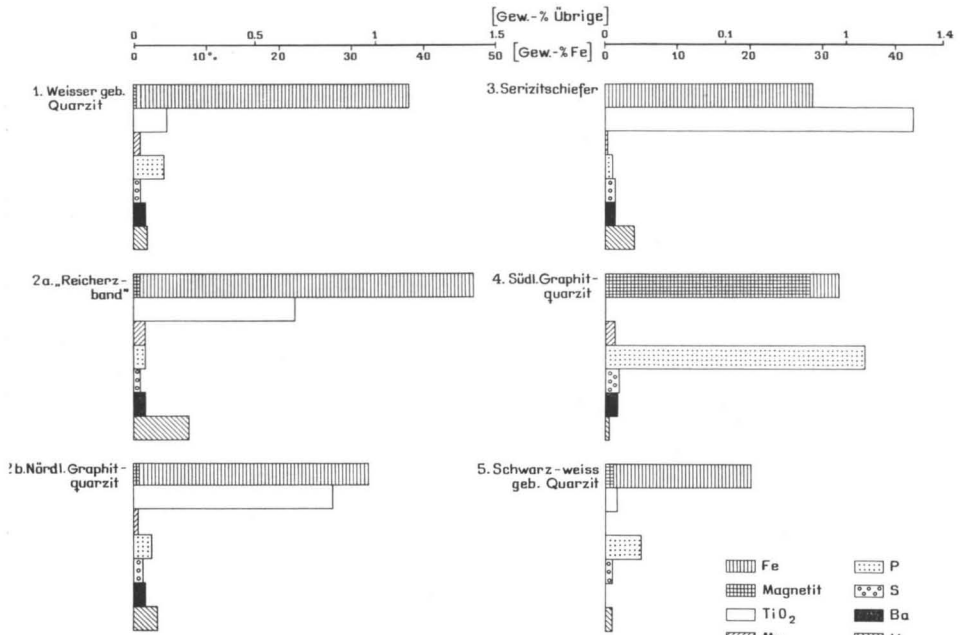


Abb. 40. Gernittete Gehalte von Fe,  $TiO_2$ , Mn, P, S, Ba, V in den Schichten 1-5

ABB. 40.

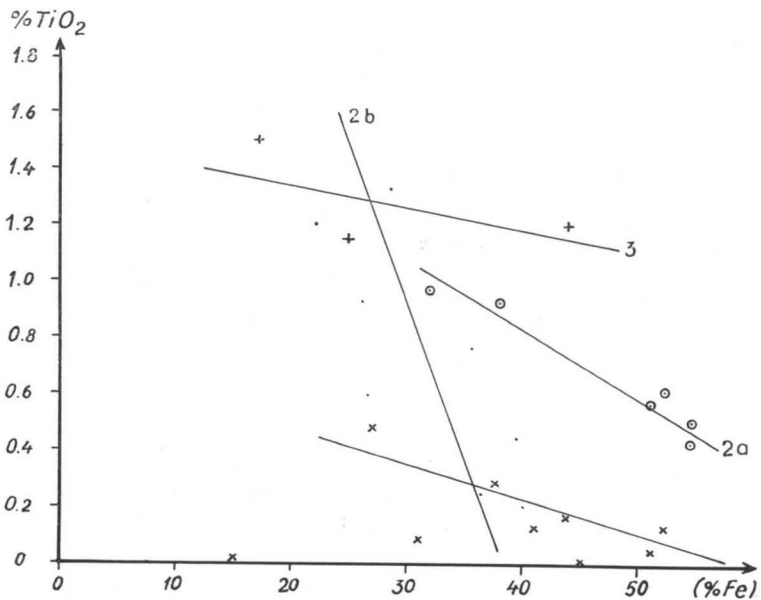


Abb. 41.  $TiO_2/Fe$  Verhältnis der Schichten 1-3. 1 (x) weisser gebänderter Quarzit, 2 a (⊙) »Reicherzband«, 2 b (·) nördlicher schwarzer Quarzit, 3 (+) Serizitschiefer.

*Mangan*

Die Mn-Gehalte sind in den einzelnen Schichten etwa gleich gross und daher für eine Gliederung der Jauratsi-Serie nicht zu verwenden. Sie liegen im Durchschnitt bei 0.03 %, der höchste Einzelwert beträgt 0.17 %.

Das Mn/Fe-Verhältnis (Gew.-% Mn/Gew.-% Fe) ist stark vom O<sub>2</sub>-Gehalt des betreffenden Ablagerungsraumes abhängig (Borchert und Krejci-Graf, 1959). Es beträgt im Durchschnitt für

die präkambrische Eisenformation	0.024
die post-präkambrische Eisenformation	0.009 (Lepp und Goldich, 1964)

Diese Zahlen sprechen für eine weitgehende Trennung der beiden Elemente im post-präkambriischen Zeitraum. Jauratsi hat mit 0.0009 einen sehr niedrigen Mn/Fe-Wert. Auch wenn diese Angabe nicht den genauen Querschnitt darstellt, so ist schon die abweichende Grössenordnung kennzeichnend. Das etwa 85 km entfernte Eisenerzvorkommen Raajärvi hat ein Mn/Fe-Verhältnis von 0.002. Niedrige Mn/Fe-Zahlen sind ein Hinweis für O<sub>2</sub>-Armut.

*Phosphor*

Die Schichten 1—3 haben 0.03 bis 0.13 % P, die Schichten 4 und 50.15 % und 1.08 % P. Der letzte, auffallend hohe Wert ist vom Graphitquarzit von (M I). Nach Lepp und Goldich (1964) sind hohe Werte häufig durch örtliche Anreicherungen bedingt. Zwischen Einzelbereichen und auch in diesen kann der P-Gehalt stark wechseln. Auf (M I) wurde an je einer Probe 0.04 % und 1.74 % bestimmt. Der Wert 1.46 % (bei Olson, 1938) ist von einer Querschnittsanalyse, er scheint fehlerhaft zu sein.

Geijer (1962) gibt allgemein für präkambrische Eisenerze 0.01 bis 0.05 % P an. In Jauratsi liegen die Gehalte bei mehreren Schichten höher. Möglicherweise ist P durch rezente Verwitterungsprozesse im oberflächennahen Bereich angereichert (Magnusson, 1960). So liegt der P-Gehalt in dem sehr festen »Reicherzband« niedriger als in den benachbarten weniger dichten Quarziten.

*Vanadium*

Im V-Gehalt unterscheiden sich die drei nördlichen Schichten deutlich von den beiden südlichen: 0.06—0.26 % V gegenüber 0.01 und 0.03 % V. Nach Rankama und Sahama (1950) ähnelt V dem P und Ti. Es bestehen keine definierten Beziehungen zu P. In Ti-haltigen Eisenerzen ist V häufig angereichert, z.B. bei der Titanomagnetitlagerstätte von Otanmäki in Mittelfinnland (0.26 % V im Roherz). Bei Jauratsi ist diese Beziehung undeutlich.

TABELLE 7  
Vergleich des Ba-Gehaltes mit dem anderer südlappländischer  
Gesteine (bei Sahama, 1945)

Gesteinsart	Durchschnittsgehalt (in %)
Kittilä-Grünsteine .....	0.02
Jaspisquarzite .....	—
Lapponische Quarzite .....	0.04
Lapponische Schiefer .....	0.05
Kumpu-Oraniemi Quarzite .....	0.07
Kumpu-Oraniemi Schiefer .....	0.08
Jauratsi-Serie .....	0.04

Der allgemeine geochemische Charakter des V ist lithophil mit deutlich biophilen Zügen (Rankama und Sahama, 1950). In tonigen und kalkigen Sedimenten weist es auf O<sub>2</sub>-armes Bildungsmilieu hin (Borchert und Krejci-Graf, 1959). Diese Eigenschaften des V sind Hinweise für eine Beziehung zwischen den hohen V- und C-Gehalten im nördlichen Graphitquarzit. Das gilt nicht für den südlichen. Hier ist zwar C vorhanden, der V-Gehalt liegt jedoch 10—20 mal niedriger.

#### *Schwefel*

Die S-Gehalte sind konstant und niedrig. Sie liegen zwischen 0.03 % und 0.06 % S.

#### Vergleichswerte:

Porkonen—Pahtavaara, W-Lapland 0.03—0.06 % S (Mikkola, 1941)  
Krivoi—Rog, Ukraine < 0.02 % S (Schneiderhöhn, 1962)  
(Martitzerze)

#### *Barium*

In den Schichten 1—5 ist 0.00x—0.05 %, im Mittel 0.04 % Ba enthalten. Für Unterscheidungen innerhalb der Jauratsi-Serie sind diese Gehalte, ebenso wie die von S, zu konstant. Die Gehalte in Jauratsi entsprechen denen der lappländischen Quarzite und Schiefer (Tabelle 7).

Mn, P und S sind in den weissen Bänderquarziten niedrig. Das ist kennzeichnend für Itabirite. In den Schichten 2 und 3 sind Granat und Muskovit wesentliche Komponenten, TiO<sub>2</sub> und V-Gehalte sind hier deutlich höher.

Für eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Schichten der Jauratsi-Serie eignen sich TiO<sub>2</sub>, P und V am besten (Abb. 42). Auffallend ist der Sprung zwischen den Gehalten im nördlichen und südlichen Quarzitzug, besonders zum Graphitquarzit auf (M I). Für den nördlichen Quarzitzug gilt von N → S beständiges Ansteigen von TiO<sub>2</sub> und Gegenläufigkeit von P und V.

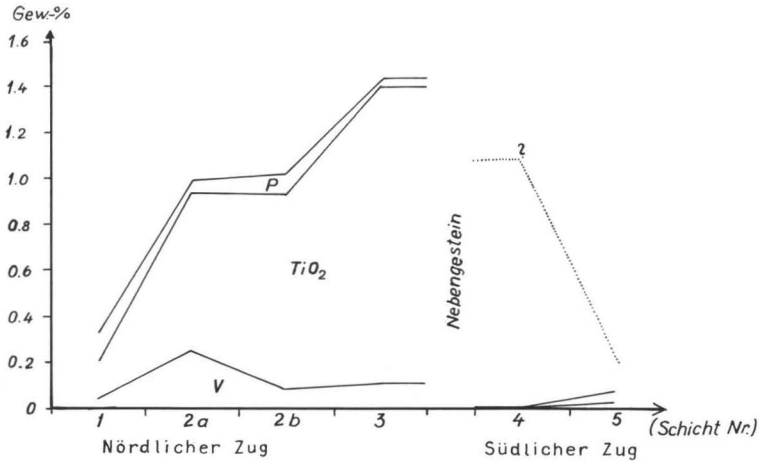


ABB. 42. Summendarstellung der V-, TiO<sub>2</sub>- und P-Gehalte in den Schichten 1—5.

### Vergleich von mikroskopischen Untersuchungen und Chemismus für das vererzte Gestein

#### Zuordnung Mineralbestand — Chemismus (ausser Fe)

Eine Parallelisierung von Mineralbestand und chemischer Analyse im Sinne von Siebdrat (1958) ist in den einzelnen Schichten der Jauratsi-Serie nicht möglich. Die nötigen chemischen Vollanalysen fehlen, Proben für Analyse und Schliffe sind nicht von derselben Stelle entnommen und die Erzverteilung ist zu inhomogen, um einen Vergleich zu erlauben.

Bei einer Zuordnung der chemisch bestimmten Elemente (vgl. S. 49f.) und des mikroskopisch ermittelten Mineralbestandes (vgl. S. 56f.) lassen sich folgende Aussagen machen:

1. Die Elemente Mn, Ba und S sind nur in geringen Mengen vorhanden. Diese Gehalte können in andere Mineralien eingebaut sein. S ist zum grossen Teil im Pyrit und Kupferkies gebunden.
2. Eigene Ti-Mineralien sind Titanit und Rutil, die als Einschlüsse in Quarzkörnern vorkommen.
3. V-Mineralien sind nicht vorhanden und trotz der stellenweise hohen V-Gehalte auch nicht zu erwarten. Das Element ist im Gitter anderer Mineralien, wohl bei Hämatit und Magnetit, eingebaut.
4. Apatit ist das einzige P-Mineral. Es bildet Einschlüsse im Quarzit. Bei der Probe mit extrem hohem P-Gehalt (M 1/5) wurde im Schliff örtlich mehr Apatit gefunden.

Die übrigen Komponenten sind in den Reihenanalysen nicht bestimmt worden. Es liegt nur je eine Vollanalyse vom Serizitschiefer (J II/64) und vom nördlichen Graphitquarzit (J III/64) vor. Daher stützen sich die folgenden Aussagen im wesentlichen auf Untersuchungen an den Schliften.

#### *SiO<sub>2</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*

SiO<sub>2</sub> ist als freier Quarz in allen Schichten weit verbreitet (Tabelle 8). Daneben ist SiO<sub>2</sub> natürlich in den Silikatmineralien enthalten. — Folgende Mineralien mit Al-Gehalt kommen vor (geordnet nach der Häufigkeit): Granat (Almandin), Muskovit, Amphibol, Biotit, Chlorit. Die ersten beiden sind die bedeutendsten. Etwas Al kann auch der Goethit führen. Abgesehen von den hellen Bänderquarziten sind in allen Schichten Al-Mineralien nachgewiesen.

#### *Kohlenstoff*

Kohlenstoff ist in der Jauratsi-Serie verbreitet im nördlichen und südlichen schwarzen Quarzit und im schwarz-weiss gebänderten Quarzit. Er tritt in Form von feinsten Graphitschuppen auf, wie die Anschliffuntersuchungen ergeben haben. Chemisch bestimmt wurden bei 2 Proben aus dem schwarzen Quarzit (J III/64 und 43/64) 3.27 bzw. 4.30 % C.

Die C-Menge lässt sich wegen der ungünstigen Verteilung im Schliff (vgl. S. 00) nur sehr ungenau schätzen. Gehalte von 1—3 % sind im schwarzen Quarzit verbreitet. Stellenweise färbt das Gestein schwarz ab. Der schwarz-weiss gebänderte Quarzit hat entsprechend dem Gehalt an hellen Bändern weniger C. Gelegentlich wird hier eine Dunkelfärbung nur durch fein verteiltes Erz hervorgerufen.

C-Gehalte sind von mehreren Bearbeitern (bei Simonen, 1960) in karelidischen Quarziten gefunden worden. Bei sulfidführenden schwarzen Schiefen sind sie stärker verbreitet. Väyrynen (1928) beschreibt »Kohlenschiefer« aus Mittelfinnland mit bis zu 15.7 % C. C liegt in feinsten Verteilung vor und wechselt lagenweise.

#### *Bor*

Das Auftreten von B lässt sich am Turmalin verfolgen, der mikroskopisch schon in geringen Mengen gut nachweisbar ist. Vorwiegend sind es nur einige Körnchen, die bis zu 1 % am Schliffaufbau beteiligt sein können. Selten kommen lokale Anreicherungen vor: J III/9 mit 5 % Turmalin.

Nach Sahama (1945) tritt Bor in quarzitischen Sedimentgesteinen immer in Form von Turmalin auf. Es gibt zwei Generationen dieses Minerals. Die Turmalinbruchstücke sind Verwitterungsrelikte. Bei den häufigeren idiomorphen Kristallen ist die Herkunft ungeklärt.

TABELLE 8

Geschätzte Anteile von Quarz und Granat in den untersuchten Dünnschliffen (44 Schliffe)

Schicht	Quarz (in %)		Granat (in %)	
	von-bis	Durchschnitt	von-bis	Durchschnitt
1. weisser gebänderter Quarzit .....	40—90	70	0	0
2 a. »Reicherzband» .....	5—25	15	0—65	35
2 b. nördl. schwarzer Quarzit .....	25—80	50	0—80	30
3. Serizitschiefer .....	0—70	50	0	0
4. Südl. schwarzer Quarzit .....	45—100	70	M I: 0—2	Spur
			M II: 35—45	40
5. schwarz-weiss gebänderter Quarzit ..	55—90	70	0—3	Spur

Abgesehen vom nördlichen und südlichen schwarzen Quarzit ist Turmalin in allen Jauratsi-Schichten vorhanden. Am häufigsten ist er im Serizitschiefer. Der B-Gehalt toniger Sedimente — mögliches Ausgangsgestein des Serizitschiefers — kann oft sehr hoch sein (Tröger, 1955).

#### Zuordnung Mineralbestand — Chemismus für Fe

Der Fe-Gehalt verteilt sich im wesentlichen auf die drei Erzminerale Hämatit (70 % Fe), Magnetit (72.4 % Fe) und Goethit (62.9 % Fe). Ausserdem sind folgende Fe-Träger vorhanden: Granat (Almandin), Amphibol, Chlorit, Biotit, Pyrit und Kupferkies. Abgesehen vom Granat treten sie nur sporadisch auf und sind mit höchstens 1—2 % am Aufbau der Schliffe beteiligt. Der im Serizitschiefer verbreitete Muskovit kann auch etwas Fe führen.

Ein direkter Vergleich des mikroskopisch und chemisch bestimmten Fe-Gehaltes wäre zu ungenau. Daher sind die korrigierten Fe-Werte und die jeweiligen Anteile von Hämatit, Magnetit und Goethit am Erzmineralbestand einander gegenübergestellt. Diese Art der Darstellung erscheint hier zweckmässig, denn die Fe-Gehalte sind keine Durchschnittswerte. Hämatit, Magnetit und Goethit sind jedoch so homogen verteilt, dass die geschätzten Werte mindestens für den Handstückbereich, in der Mehrzahl sogar für weitaus grössere Bereiche repräsentativ sind.

In Abb. 43 sind die Ergebnisse von 18 Handstücken eingetragen. Sie wurden entsprechend den Schichten 1—5 angeordnet. Die im Schliff geschätzten Vol.-% sind in Gew.-% umgerechnet. Folgendes ist zu ersehen:

1. Der chemisch bestimmte Fe-Gehalt schwankt zwischen 20 und 50 %. Davon ist im nördlichen Granatquarzit im Mittel 10 %, maximal 20 % im Granat gebunden.
2. Hämatit ist das häufigste Erzmineral überhaupt und in den Schichten 1, 2, 3 und 5 vorherrschend. In 1 und 2 kommt er vorwiegend als Martit vor.

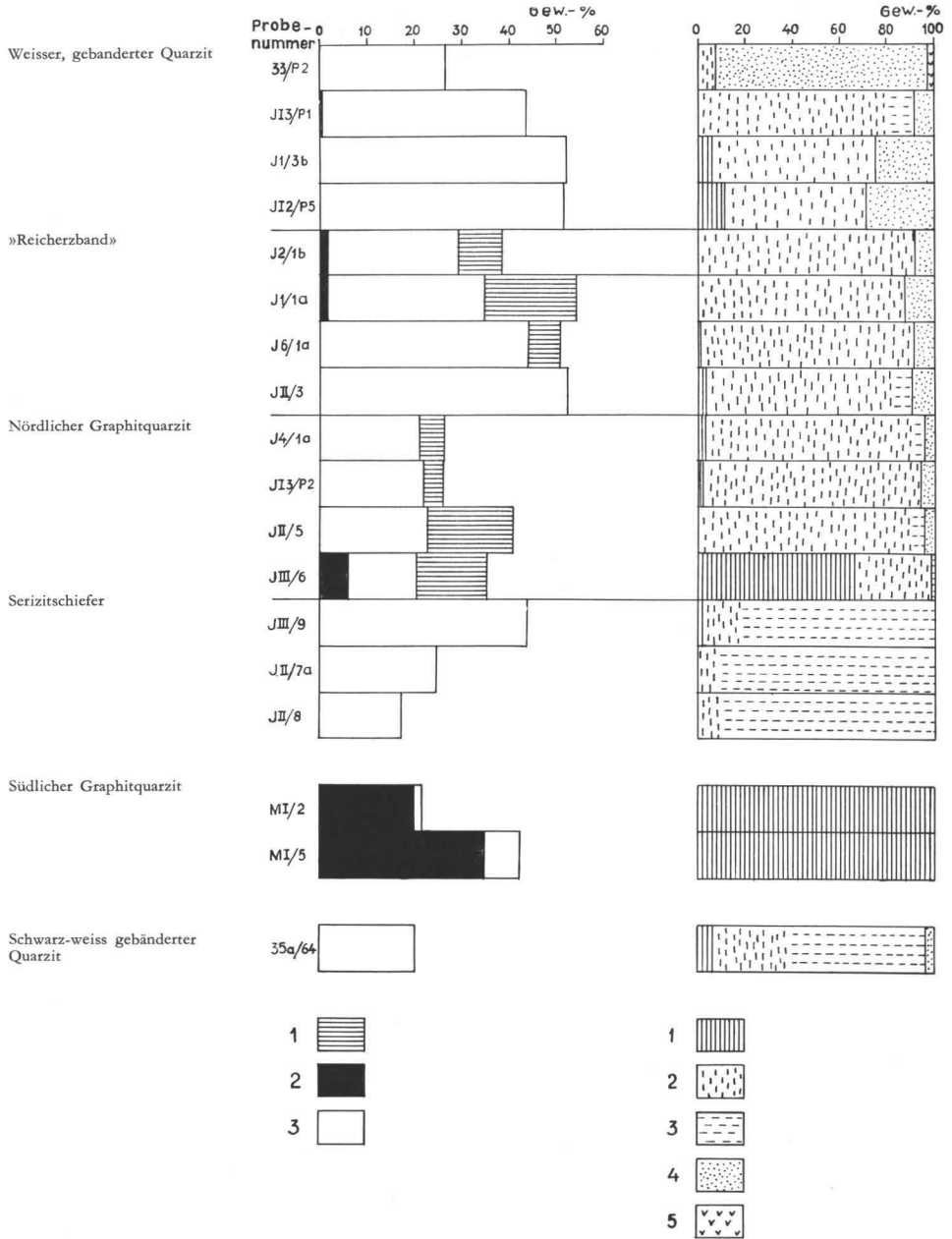


ABB. 43. Gegenüberstellung von chemisch bestimmtem Fe-Gehalt und mikroskopisch ermittelten Anteilen von Hämatit, Magnetit und Goethit. Links: Chemisch bestimmter Fe-Gehalt. 1, Fe-Gehalt in Granat; 2, Fe in Magnetit gebunden; 3, Fe in Hämatit und Goethit. Rechts: Mikroskopisch bestimmte Anteile von Hämatit, Magnetit und Goethit (Gesamterzanteil im Anschliff = 100 %). 1, Magnetit; 2, Martit; 3, Hämatit (körnig und als Specularit); 4, Goethit; 5, andere.



3. Abgesehen von 1—2 % anderen ist Magnetit das einzige Erzmineral in Schicht 4 auf (M I). Sonst hat er einen Anteil von etwa 0—10 % (Ausnahme: J III/6 = 65 %).
4. In den Schichten 1 und 2 b ist Goethit mit durchschnittlich 15 % am Erzmineralbestand beteiligt (33/P 2: 90 %!). Im übrigen Gebiet tritt er nur akzessorisch auf und bei Magnetit-Vormacht verschwindet er fast ganz.
5. Der Magnetitanteil ist gesondert durch magnetische Messungen an den Proben bestimmt worden. Es zeigt sich, dass diese Werte generell niedriger liegen als die entsprechenden, im Anschliff geschätzten Anteile. Das wird bei den Proben M I/2 und M I/5 besonders deutlich. Möglicherweise liegt dies an einem systematischen Fehler in der physikalischen Messmethode.

## ALLGEMEINE ERGEBNISSE

### Petrographische Gliederung der Jauratsi-Serie und Altersbeziehungen

Die Jauratsi-Serie liegt in einem ausgedehnten Komplex von vorwiegend Amphibol—Chlorit-Gesteinen. Sie hat die Form einer in E—W-Richtung gestreckten Linse, eine maximale Mächtigkeit von 900 m und wird von einem Gürtel aus ver-

TABELLE 9

Normalschichtenfolge und Hauptbestandteile unter besonderer Berücksichtigung des mittleren und östlichen Gebietes

1. Schicht	2. Hauptbestandteil Silikat Erz	3. mögliches Ausgangsgestein	4. Quarzitformation von Kainuu (karelidisch)
a) heller gebänderter Quarzit	Quarz	Martit	Sandstein
b) schwarzer Granatquarzit	Quarz, Granat	Martit	sandiges Tongestein mit C-Substanz
c) Serizitschiefer	Quarz, Muskovit	Specularit	Tongestein
d) Metagrauwacke	Quarz, Muskovit, Amphibol, Biotit; wechselnd	—	Grauwacke
e) schwarz-weiss gebänderter Quarzit; schwarzer Quarzit	Quarz	Martit Magnetit	sandig-toniges Gestein?
f) Metagrauwacke, Amphibolit	siehe bei d)	—	siehe bei d)

↑  
reiner Quarzit

↑  
Serizitschiefer

↑  
grobe basale Bildung  
(»Konglomerat«)

schiedenen Amphiboliten, gebietsweise auch Grauwacken umgeben. E und W des mittleren Gebietes verlaufen zwei  $\pm$  N—S-streichende Störungen, die beide nicht durch die ganze Jauratsi-Serie reichen (s. Abb. 9).

Der Serizitschiefer kann faziell in Quarzite oder Amphibolite übergehen. Vor allem zur Metagrauwacke hin sind allmähliche Übergänge vorhanden und eine Abgrenzung ist oft schwierig. Wenn dieses berücksichtigt wird, ist folgende petrographische Grossabfolge der Jauratsi-Serie vorhanden:

nördliche Hälfte: Metagrauwacke, Serizitschiefer, unreiner und reiner Quarzit  
 südliche Hälfte: Metagrauwacke oder Amphibolit, unreiner Quarzit.

Väyrynen (1928) fand für die Quarzitformation von Kainuu in Mittelfinnland eine ähnliche Abfolge (Tabelle 9, Spalte 4).

In der Jauratsi-Serie sind keine wesentlich jüngeren oder älteren Gesteine vorhanden. Wegen der ungünstigen strukturellen Verhältnisse — vor allem der steilen Lagerung — sowie der metamorphen Überprägung lassen sich nur wenige Aussagen über die zeitliche Abfolge der Schichten machen. Die meisten Hinweise sind bei der Metagrauwacke zu erwarten.

Bemerkenswert sind hier Schmitzen von dunklem und schwarzweiss gebändertem Quarzit, Dolomit, der 1—4 % Mn enthalten kann (schriftl. Mitteilung von V. Makkonen) und Serizitschiefer. Letzterer führt gelegentlich xenomorphen Hämatit. Mit Ausnahme des leicht verwitternden Dolomits können diese Komponenten aus den angrenzenden, dann älteren Schichten stammen. Die Metagrauwacke wäre dann jünger.

In der Metagrauwacke aus dem SE-Gebiet sind zahlreiche erzführende Schmitzen mit Magnetit und Hämatit, die sich deutlich von den Jauratsi-Erzen unterscheiden (vgl. Abb. 38). Das weist auf ältere liegende Gesteine hin.

Mikroskopische Befunde sprechen dafür, dass möglicherweise vulkanisches Material am Aufbau der Metagrauwacke beteiligt ist. In einem Dünnschliff von Aufschluss (Nr. 39) sind mehrere Lagen mit tuffähnlichem Gefüge (Abb. 37) vorhanden. An noch weiteren Fundpunkten konnte dies nicht nachgewiesen werden.

### Der Metamorphosegrad

Die Jauratsi-Serie gehört zum Lapponium und ist im karelidischen Zyklus gefaltet. Daher sind alle Gesteine regionalmetamorph überprägt. Das kann in mehreren Phasen geschehen sein, wodurch die Verhältnisse noch weiter kompliziert werden.

Das Gefüge aller Metamorphite wird wesentlich durch die folgenden gegensätzlichen Prozesse bestimmt (Turner und Verhoogen, 1960):

1. mechanischer allseitiger Druck («strain»), Rupturen, Differentialbewegungen von bereits existierenden Mineralkörnern;
2. chemische Umbildungen; sie schliessen das Wachstum von neuen Kristallen im festen Zustand ein (Kristalloblastese).

Zu 1. sind zahlreiche Beobachtungen gemacht worden. Die einzelnen Mineralien verhalten sich je nach Kornform und -verband verschieden. Kataklyse ist bei Granat, Quarz, Amphibol, Magnetit und Hämatit verbreitet, Regelung bei Muskovit und Specularit. Gegenseitiges Durchstäuben ist bei fast allen Komponenten zu finden.

Die Bänderung kann im Aufschluss, Handstück- und Schlibfbereich ungestört oder verfälscht sein.

Zur Ableitung des Metamorphosegrades eignen sich die unter 2. fallenden Vorgänge besser. James (1953) verwendet für die Eisenformationen am Oberen See metamorphe Indexminerale und die »chert«-Korngrösse. Unter »chert« versteht James Quarz, der jetzt mit wenigen Ausnahmen kristallin vorliegt und dünne Lagen bildet, die mit eisenreichen abwechseln.

Metamorphe Indexminerale der Jauratsi-Serie, besonders im Nebengestein, sind:

Granat, vorwiegend Almandin  
grüne Hornblende  
Muskovit  
Biotit  
Chlorit  
Epidot  
Staurolith

Epidot und Chlorit kommen nur sehr untergeordnet vor, letzterer ist wahrscheinlich eine jüngere Bildung. Auch Staurolith ist selten, aber schon Einzelkörner sind sehr charakteristisch. Entsprechend ihrem Chemismus sind die obigen Mineralien in unterschiedlicher Menge in den einzelnen Schichten vorhanden.

Eine derartige Mineralparagenese ist kennzeichnend für die Mesozone (Zonengliederung von Grubenmann-Niggli, 1924) bzw. die obere Almandin—Amphibolitfazies (Faziesgliederung von Turner und Verhoogen, 1960).

Die Quarzkorngrösse der Quarzite und Serizitschiefer ist regional gegliedert in Abb. 44 graphisch dargestellt. Bei der Metamorphose erfolgt eine Kornvergrößerung. Die einzelnen Mineralien zeigen das in unterschiedlichem Masse. Becke (bei Turner und Verhoogen, 1960) stellte eine Anordnung nach abnehmender »Stärke der Kristallisation« auf. In dieser Reihe sind Magnetit, Hämatit und Granat ganz oben, Quarz und Feldspat am unteren Ende.

Bei einer Beurteilung der Quarzkorngrösse ist der stark modifizierende Einfluss von Begleitmineralien zu berücksichtigen (James, 1953). In Jauratsi sind dies besonders Muskovit, Erzkörner und vor allem Graphit.

1. Muskovit. In dem geregelten Serizitschiefer sind die Quarzkörner oft ausgelängt.
2. Erzkörner. Im hellen gebänderten Quarzit messen die Körner der erzfreien Lagen 50—200  $\mu$ , die der erzführenden 30—100  $\mu$  (Abb. 44).

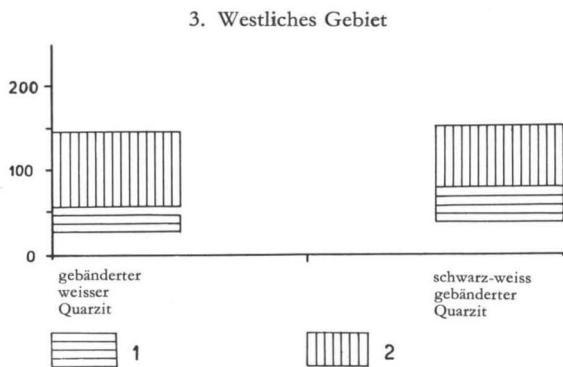
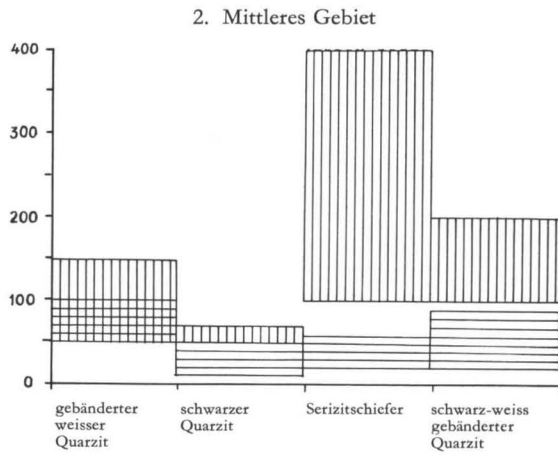
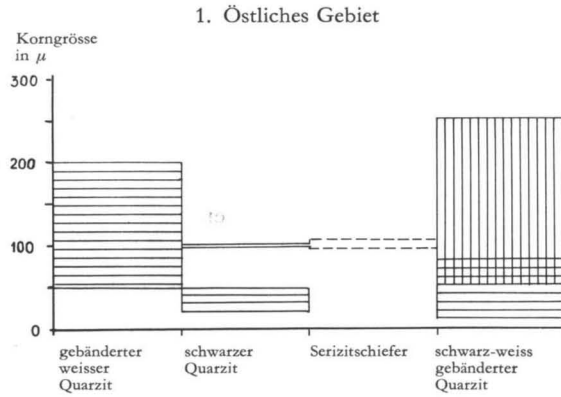


ABB. 44. Die Quarzkorngrösse in Quarziten und Schiefern der Gebiete 1—3. 1, Graphithaltig und/oder erzführend, 2, vorwiegend erzleer, aber rekristallisiert.

3. Graphit kommt in diesem Zusammenhang die grösste Bedeutung zu. Als chemisch inerte Substanz nimmt er nicht an der Kristalloblastese teil. Er sammelt sich in feinen Säumen an den Korngrenzen von Granat (Abb. 26) und auch von Erz und behindert das Wachstum anderer Kristalle bei der Metamorphose (Väyrynen, 1928, Turner und Verhoogen, 1960). Die Gesteine mit dem höchsten Graphitgehalt sind ausserordentlich dicht. Der Quarzit von (M III), bei dem reine Quarzitlagen mit graphitführenden abwechseln, zeigt diese Unterschiede am deutlichsten (vgl. Abb. 33).

Um einzelne Erzkörner erfolgt häufig eine Sammelkristallisation von Quarz, der im Gegensatz zur Umgebung fast frei von Einschlüssen, besonders Graphit, ist (vgl. Abb. 21, 22). Diese Erscheinung ist ein Druckschatteneffekt.

Unter Beachtung dieser Einflüsse weist die Quarzkorngrösse auf »eine Zone mittlerer Stärke der Metamorphose hin« (nach James, 1953).

Mikroskopische Befunde, vor allem an den Amphiboliten von (Nr. 26) bis (Nr. 75), Art der Bänderung, undeutlicher auch die Quarzkorngrösse sprechen für eine Zunahme der Durchbewegung von W → E.

### **Metamorphose und Martitisierung bei den Erzmineralien**

Der heutige Erzmineralbestand ist wesentlich durch die Metamorphose geprägt. Sammelkristallisation, eventuell Anreicherung in Bändern, Kataklyse und Einschlüsse von Silikatmineralien sind die wichtigsten Merkmale. Sie haben grossen Einfluss auf Gehalt und Aufarbeitbarkeit der Erze (Gross, 1960).

Deutliche Unterschiede in der Korngrösse sind zwischen Martit und Hämatit einerseits und Magnetit andererseits vorhanden. Maximale Korngrösse kommt bei Einzelkörnern und kleinen Aggregaten von Erzmineralien vor (Tabelle 10, Reihe 2 b und 3). Hier sind auch häufig Kataklyse und Einschlüsse von Quarz anzutreffen. Die Magnetitbänder sind am wenigsten verunreinigt und gelegentlich von feinen Säumen aus rekristallisiertem Quarz umgeben.

Die Entwässerung von Goethit beginnt bei 150—160°C und bei 180°C ist eine fast vollständige Umwandlung zu Hämatit erreicht (Schellmann, 1958). Nach Turner und Verhoogen (1960) herrschen bei der Regionalmetamorphose Temperaturen zwischen 200° und 900°C. Daraus ergibt sich, dass Goethit postmetamorph ist. Die Bildung kann frühestens im letzten Stadium der Metamorphose bei noch schwach erhöhten Temperaturen begonnen haben (Kalliokoski, 1965).

Es lässt sich nicht feststellen, in welchem Ausmass das Verhältnis Magnetit — Hämatit durch die Metamorphose beeinflusst wurde. Nach Eugster (1959) können beide Mineralien bei allen Metamorphosegraden stabil sein.

TABELLE 10

Mittlere Korngrößen von Magnetit und Hämatit (in 43 Anschliffen); zu Spalte 4: s. S. 63f.

1. Schicht	2. Mittlere Korngröße ( $\mu$ )	3. Haupterzminerale	4. Erzminerale vor der Martitisierung
1. heller gebänderter Quarzit	60—300	Martit Hämatit	Magnetit körniger Hämatit
2 a. »Reicherzband»	60—120	Martit	Magnetit
2 b. nördlicher schwarzer Quarzit	200—700	Martit	Magnetit
3. Serizitschiefer	a) 80—200 × 15—30 b) 100—900	a) Specularit b) Martit-Idio- blasten	Specularit Magnetit
4. südlicher schwarzer Quarzit	10—50	Magnetit	Magnetit
5. schwarz-weiss gebänderter Quarzit	a) 50—80 b) 200—350	a) Magnetit b) Martit, Hämatit	Magnetit körniger Hämatit

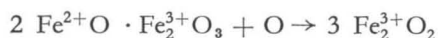
*Umwandlung Hämatit → Magnetit*

Hämatit gibt bei höheren Temperaturen Sauerstoff ab. Wenn dieser restlos verbraucht oder abgeführt wird, geht Hämatit völlig in Magnetit über. Die Umwandlung hört auf, wenn der Sauerstoff nur teilweise entfernt wird. Es können dann beide Minerale nebeneinander vorkommen (Oelsner, 1961).

In den hellen und schwarz-weiss gebänderten Quarziten kommen Martit und Hämatit körnig miteinander verwachsen vor.

Martitisierung ist im hellen und schwarz-weiss gebänderten Quarzit und im nördlichen Graphitquarzit verbreitet. Auffallenderweise fehlt sie im südlichen Graphitquarzit auf (M I) nahezu vollkommen. Sie ist nicht auf eine dünne, oberflächennahe Schicht begrenzt, wie die magnetischen Messungen zeigen. Im Stripa-Erzfeld, Schweden, wurde von Geijer (bei Miles, 1941) eine Martitisierung bis zu 150 m Tiefe nachgewiesen, darunter besteht das Erz nur aus Magnetit.

Martitbildung ist eine Oxydation:



Sie kann aszendend oder deszendend sein (Miles, 1941).

Oxydationen grösseren Ausmasses sind in der Natur gewöhnlich an zirkulierende oberflächennahe Wässer gebunden (Eugster, 1959). Tektonische Spalten-Systeme sind für den Wasserzutritt mitentscheidend und können so die Martitbildung »kontrollieren«. In Jauratsi gibt es dafür keine ausreichenden Hinweise. Dagegen sind Unterschiede im Kornverband von Bedeutung. Im nördlichen Bereich bildet das Erz Einzelkörner oder kleinere Aggregate, die isoliert im Quarzit oder in Bändern angereichert sind. Im südlichen Graphitquarzit bildet der Magnetit dichte Bänder und Schmitzen, die Einzelkörner sind darin eng miteinander verzahnt. Der Zutritt von Wasser ist im ersten Fall besser möglich und Martitisierung ist hier verbreitet. Ein reduzierender und damit hemmender Einfluss des Graphits wirkte sich, wenn überhaupt, nur schwach aus.

Die Haupteisenminerale vor der Martitbildung sind aus Tabelle 10 zu ersehen. Magnetit hatte die grösste Verbreitung.

### Vererzungstypen und Eisengehalt

In Jauratsi lassen sich drei Vererzungstypen unterscheiden:

1. Martit und körniger Hämatit in hellem Bänderquarzit und Granatquarzit. Das Ausgangsmaterial dieser Gesteine kann rein sandig bis sandig-tonig gewesen sein. Der hohe Gehalt an C und V sowie das niedrige Mn/Fe-Verhältnis deuten auf ein O<sub>2</sub>-armes bis -freies Bildungsmilieu hin. In der rein quarzitären Ausbildung liegen Hämatit und Martit nebeneinander vor; Hämatit kann bis zur Hälfte des Erzmineralbestandes ausmachen. Mit Auftreten von Granat und Graphit wächst der Martitanteil. Das Erz kommt in kleinen Einzelaggregaten und Bändern vor, selten ist es massiv angereichert.  
Hauptvorkommen: J I—J III
2. Magnetit in schwarzem Quarzit. Das Gestein ist ebenfalls reich an C, besteht aber im Gegensatz zu dem entsprechenden bei (1) fast nur aus Quarz mit Spuren von Granat und Amphibol. Der V-Gehalt ist niedrig, B fehlt. Gelegentlich sind rundliche Kupferkieskörner im Magnetit eingeschlossen. Magnetit tritt in Bändern und Schmitzen auf, weniger in Einzelkörnern, die z.T. sehr klein sind.  
Hauptvorkommen: M I
3. Specularit in Serizitschiefer mit vereinzelt Idioblasten aus Martit. Das Ausgangsmaterial für den Serizitschiefer war tonig-sandig B. in Form von Turmalin ist in geringen Gehalten verbreitet. Specularit ist wahrscheinlich metamorph gebildet. Er kann nach Ramdohr (1960) an die Stelle von anderen Eisenmineralien treten, die im Verlauf der Metamorphose zerfallen. Specularit bildet geregelte Schuppen, die in wechselnden Mengen im Serizitschiefer verteilt sind.  
Hauptvorkommen: J II, J III

Auf (M III) überlagern sich die Typen 1. und 2. zu dem schwarz-weiss gebänderten Quarzit mit Magnetit- und Martitbändern. Der Typ 2. ist hier älter (vgl. S. 40). Im W von Jauratsi liegt eine mehr sandige Fazies vor. Granat, Muskovit und Graphit treten stark zurück oder fehlen ganz, ebenso Erzminerale.

Deutliche Merkmale für klastische Sedimente, wie gradierte Schichtung oder Kreuzschichtung, sind nicht von Jauratsi bekannt. Der Typ 2. ähnelt bei megaskopischen und ersten mikroskopischen Vergleichen manchen magnetitgebänderten Jaspisquarziten von Porkonen—Pahtavaara. Die Jauratsi-Serie kann ein Übergangsbereich von klastischen zu chemischen Sedimenten sein. Der Begriff »itabiritisches Armerz« ist hier zu verwenden. Er umfasst neben den reinen quarzgebänderten Eisenerzen auch damit verbundene Quarzite mit Beteiligung anderer Komponenten und schieferige Gesteine.

Der Eisengehalt liegt in Jauratsi bei den vererzten Schichten im Bereich von 24—34 % Fe, wie er von Lepp und Goldich (1964) für »unverwitterte Itabirite« angegeben wird. Im nördlichen Granatquarzit und besonders im Übergangsbereich zum weissen gebänderten Quarzit sind schmale Zonen von reicherem Erz (bis 50 % Fe) eingeschaltet. Es können dies Ansätze zu einer Anreicherung sein, die jedoch vor allem wegen der Kleinräumigkeit des Jauratsi-Komplexes wenig Bedeutung haben.

#### ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde die Eisenerzlagerstätte Jauratsi im SE von Finnisch-Lappland mit lagerstättenkundlichen Methoden untersucht. Während eines 5-monatigen Aufenthaltes in Lappland konnten eigene Geländeuntersuchungen im Rahmen der Prospektionsarbeiten der Otanmäki Oy durchgeführt werden. Sie bildeten den Ausgangspunkt der Arbeit. Das gesammelte Material wurde in Rovaniemi und Clausthal weiter untersucht. 106 Schiffe sind mikroskopiert und 35 chemische Teilanalysen auf Fe, TiO<sub>2</sub>, Mn, P, S, Ba und V ausgewertet worden. Leider fehlten die für eine Parallelisierung von Schliffbestand und Chemismus nötigen Vollanalysen.

Durch Vergleich der Untersuchungen in den verschiedenen Teilgebieten sowie Durcharbeitung der einschlägigen Literatur und von Prospektionsunterlagen der Otanmäki Oy konnten folgende wichtige Ergebnisse herausgestellt werden:

1. Die eisenerzführenden Schichten von Jauratsi haben etwa die Form einer Linse, die in E—W-Richtung streicht und 3000 m × 900 m misst. Sie liegen in einem ausgedehnten Komplex von Amphibol—Chlorit-Schiefen und Amphiboliten, von dem sie sich strukturell deutlich abgrenzen lassen. Die Normalschichtenfolge in der Linse von N → S:

1. heller, gebänderter Quarzit
2. schwarzer Graphitquarzit



3. Serizitschiefer
4. Metagrauwacke und Amphibolit
5. schwarze oder schwarz-weiss gebänderte Quarzite
6. Amphibolit und Metagrauwacke

Morphologisch kann ein nördlicher und — undeutlicher — ein südlicher Quarzitzug unterschieden werden, die durch eine Senke mit vorwiegend Nebengestein getrennt sind.

2. Das Hauptmineral ist Hämatit in Form von Martit. Daneben tritt körniger und schuppiger Hämatit (= Specularit) auf. Örtlich gibt es reichlich Magnetit (M I), im allgemeinen ist dieses Mineral jedoch wenig verbreitet. Goethit, eine jüngere Umbildung, ist überall in wechselnden Mengen vorhanden.

Der helle Quarzit führt vorwiegend Hämatit in  $\pm$  deutlich ausgeprägten Bändern. Der schwarze, graphithaltige Quarzit enthält Hämatit und/oder Magnetit in Einzelkörnern und Aggregaten, die gelegentlich angereichert sein können, seltener in Bändern (M I). Im Serizitschiefer ist Specularit verbreitet.

3. Die Gesteine der Jauratsi-Serie gehören in das Lapponium und sind zwischen 1900—2000 und 1750—1850 Mio Jahre alt. Bei der karelidischen Gebirgsbildung sind sie regionalmetamorph überprägt worden. Die auftretende Mineralparagenese gehört in die obere Almandin—Amphibolit-Fazies (Gliederung nach Turner und Verhogen, 1960).

Neben Kataklyse, Durchstäubung und chemischen Um- und Neubildungen ist die Kornvergrößerung eine mikroskopisch gut nachzuweisende und auch messbare Auswirkung der Metamorphose. Systematische Bestimmungen der Quarzkorngrösse gaben Hinweise zur Bestimmung des Metamorphosegrades. In diesem Zusammenhang ist der Einfluss des in manchen Quarziten verbreiteten Graphits hervorzuheben. Es konnte nachgewiesen werden, dass C die Rekristallisation von Quarz stark behindert. Der heutige Erzmineralbestand und sein Gefüge ist wesentlich durch die Metamorphose geprägt. Die Primärminerale liessen sich nicht feststellen.

4. Die Martitisierung ist von grosser Bedeutung und nicht auf eine schmale, oberflächennahe Zone begrenzt. Ihre Intensität ist abhängig von Gefüge-eigenschaften (Kornverband) des vererzten Gesteins. Mikroskopisch lässt sie sich häufig gut nachweisen, in anderen Fällen sind typische Martitkennzeichen verwischt. Das weitaus wichtigste Erzmineral vor der Martitisierung war Magnetit.

5. Die mikroskopischen und chemischen Ergebnisse lassen erkennen, dass besonders im östlichen Bereich des Jauratsi-Gebietes  $O_2$ -arme bis  $O_2$ -freie Bildungsbedingungen verbreitet waren. Dafür sprechen hohe Gehalte an C, V (bis 0.235 %, kann auch ganz fehlen) und niedriges Mn/Fe-Verhältnis. In diesem Teil sind auch die höchsten Erzgehalte nachgewiesen. Die im Felde gut verfolgbare Graphitführung von Quarzit ist daher ein wertvoller Hinweis für eine eventuelle Vererzung.

6. Die Jauratsi-Serie ist möglicherweise ein Übergangsbereich von klastischen zu chemischen Sedimenten. In der zwischengeschalteten Grauwacke kann vulkanisches Material enthalten sein. Der Fe-Gehalt in den vererzten Schichten liegt zwischen 24—34 %, wie er bei »unverwitterten Itabiriten« verbreitet ist. Es sind nur kleinräumige Ansätze zu Anreicherungen vorhanden.

Folgende 3 Vererzungstypen, die sich örtlich überlagern können, lassen sich unterscheiden:

1. Martit und körniger Hämatit in hellem Bänderquarzit und Granatquarzit.
2. Magnetit in schwarzem Quarzit.
3. Specularit in Serizitschiefer mit vereinzelt Martitidioblasten.

## LITERATURVERZEICHNIS

- BORCHERT, H. und KREJCI-GRAF, K. (1959) Spurenmetalle in Sedimenten und ihren Derivaten. *Bergbauwiss.* 6, 205—215.
- EUGSTER, H. P. (1959) Reduction and oxydation in metamorphism. S. 397—426 in »Researches in Geochemistry«, hrsg. von P. H. Abelson. New York.
- GEIJER, P. (1962) Some aspects of phosphorus in Precambrian sedimentation. *Arkiv f. Min. och Geol.* 3, Nr. 9.
- GROSS, G. A. (1960) Metamorphism of iron-formations and its bearing on their beneficiation. *Trans. Canad. Mining Met. Inst.* 64 (1961), 24—31.
- HARDER, H. (1963) Geochemische Unterscheidung genetisch verschiedener marin-sedimentärer Eisenerzlagerstätten. *Ber. Geol. Ges.* 9, 475—478.
- JAMES, H. L. (1953) Sedimentary facies of iron-formation. *Econ. Geol.* 49, 235—295.
- KALLIOKOSKI, J. (1965) The metamorphosed iron ore of El Pao, Venezuela. *Econ. Geol.* 60, 100—116.
- LEPP, H. und GOLDICH, S. S. (1964) Origin of Precambrian iron formation. *Econ. Geol.* 59, 1025—1060.
- MAGNUSSON, N. H. (1960) Iron and sulphide ores of Central Sweden. *Int. Geol. Congress, XXI Session, Norden 1960.* 48 S.
- MARMO, V. (1952) The iron ores of Finland. *Symposium sur les Gisements de Fér du Monde II.* Alger.
- MILES, K. R. (1941) Magnetite-hematite relations in the banded iron formations of Western Australia. *Austr. Inst. Mining Met.* 124, 193—201.
- MIKKOLA, E. (1941) Explanation to the map of rocks, Sheets Muonio—Sodankylä—Tuntisajoki. *General Geological Map of Finland, 1: 400 000.*
- OELSNER, O. (1961) Zur Genese der nord- und mittelschwedischen Eisenerzlagerstätten. *Geologie* 6, 601—622.
- OLSON, E. O. (1938) Untersuchungen im Jauratsi-Eisenerzgebiet (Übersetzung aus dem Finnischen). Unveröffentlichtes Gutachten, Rovaniemi.
- PAARMA, H. (1963) On the tectonic structure of the Finnish basement, especially in the light of geophysical maps. *Fennia* 89, Nr. 1, 33—36.
- RAMDOHR, P. (1960) *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.* Berlin.
- RANKAMA, K. und SAHAMA, TH. G. (1950) *Geochemistry.* Chicago.
- SAHAMA, TH. G. (1945) Spurenelemente der Gesteine im südlichen Finnisch-Lappland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 135.
- SHELLMANN, W. (1958) Experimentelle Untersuchungen über die sedimentäre Bildung von Goethit und Hämatit. *Chemie der Erde* 20, H. 2, 104—135.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1962) *Erzlagerstätten, 4. neubearb. Aufl.* Stuttgart.
- SHAIKH, N. A. (1964) Studien über das Rautuvaara-Erzgebiet in Finnisch-Lappland. *Dissertation.* Wien. 86 S.

- SIEBDRAT, H. G. (1958) Parallelisierung von Mineralbestand und chemischer Analyse für verschiedene Eisenerztypen unter besonderer Berücksichtigung der marin-sedimentären Eisenerz-Lagerstätten. *Eisenhüttenwesen* 30, 61—70.
- SIMONEN, A. (1960) Pre-Quaternary rocks in Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 191.
- TRÖGER, W. E. (1955) Optische Eigenschaften und Bestimmung der wichtigsten gesteinsbildenden Minerale. *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*, IV, Teil 1, 53—319.
- »— (1959) Die Granatgruppe: Beziehung zwischen Mineralchemismus und Gesteinsart. *N. Jb. Miner. Abh.* 93, 1—44.
- TURNER, F. J. und VERHOOGEN, J. (1960) *Igneous and metamorphic petrology*. 2nd ed. New York.
- VÄYRYNEN, H. (1928) Geologische und petrographische Untersuchungen im Kainuugebiet. *Bull. Comm. géol. Finlande* 78.
- WILLIAMS, H., TURNER, F. J. und GILBERT, C. M. (1954) *Petrography; An introduction to the study of rocks in thin sections*. San Francisco.





