



# Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

BÆRBAR MASKIN

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr.

Intern Journal nr.

Internt arkiv nr.

Rapport lokalisering

Gradering

**6824**

Kommer fra ..arkiv  
Grong Gruber AS

Ekstern rapport nr.

Oversendt fra  
Grona Gruber a.s.

Fortrolig pga

Fortrolig fra dato:

Tittel

Zwischenbericht : Lagerstättenkunde schichtgebundener Sulfidveretzungen. Paragenese, Geochemie und Genese der vererzungen im Joma-gebiet

|                     |      |      |  |
|---------------------|------|------|--|
| Forfatter           | Dato | År   | Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) |
| Horbach, Rita       |      |      | Grona Gruber AS                                |
| Liessmann, Wilfried | Okt  | 1984 |  |

|         |                |              |                    |                     |
|---------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Kommune | Fylke          | Bergdistrikt | 1: 50 000 kartblad | 1: 250 000 kartblad |
| Rørvik  | Nord-Trøndelag |              | 19241 19244        | Grona               |

|           |               |   |
|-----------|---------------|---|
| Fagområde | Dokument type | Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) |
| Geologi   |               | Jomaforekomsten<br>Borvasselse skjerp                 |

|               |             |
|---------------|-------------|
| Råstoffgruppe | Råstofftype |
| Malm/metall   | Cu, Zn      |

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Foreløpig rapport i forbindelse med doktorgradsarbeid ved Technische Universität Clausthal.

Undersøkelser i området Gåsvatn- Småvatna.

Bergarter beskrives. Disse inndeles i Fyllitter, Metavulkanitter og Kvartsitter som videralier har en detaljert videre inndeling. Tektonikk i området vurderes og malmen i Joma beskrives. Borvasselse skjerp prøvetas, men beskrives ikke.

En abitt-kloritt skifer betraktes som en ledehorisont i forhold til Jomamalmen

Dipl.-Geol. Rita Horbach

Dipl.-Min. Wilfried Ließmann

Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe  
-Fachgebiet Lagerstättenforschung-

Technische Universität Clausthal

Zwischenbericht zum DFG - Forschungsvorhaben Nr. Kr 242/16 - 1  
für den Zeitraum März bis Oktober 1984

Lagerstättenkunde schichtgebundener Sulfidvererzungen  
Paragenese, Geochemie und Genese der Vererzungen  
im Joma-Gebiet (Norwegen)

# Grona Gruber AS

## THE JOMA DEPOSIT

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| Ore reserves pr. 01.01.85 | 15 mill. tonn                    |
| With average              | 15 % Cu, 1,78 % Zn, 17-20 g/t Ag |
| Spesific weight           | 4,1 gives                        |
|                           | 36 % S                           |

## Production pr. year:

|                     | 1983         | 1984*        |
|---------------------|--------------|--------------|
| Mine output, dry    | 482.738 tonn | 395.711 tonn |
| Cu-average          | 1,48 %       | 1,38 %       |
| Zn-average          | 1,48 %       | 1,42 %       |
| Cu-concentrate, dry | 25.031 tonn  | 18.414 tonn  |
| Zn-concentrate, dry | 8.309 tonn   | 8.616 tonn   |

\* Not a typical year do to several production difficulties.

## Inhaltsverzeichnis

### 1. Einleitung

- 1.1. Lage und regionale Geologie des Joma-Gebietes
- 1.2. Aufgabenstellung
- 1.3. Arbeitsgebiete
  - 1.3.1. Kartiergebiet (R. Horbach)
  - 1.3.2. Die Grube Joma (W. Ließmann)

### 2. Durchgeführte Arbeiten

#### 2.1. Vorarbeiten

- 2.1.1. Vorarbeiten im Zeitraum März-Juni (R. Horbach)
- 2.1.2. Vorarbeiten im Zeitraum Mai-Juli (W. Ließmann)

#### 2.2. Durchgeführte Arbeiten in Norwegen

- 2.2.1. Geländeeinsatz Mitte Juni-Mitte September (R. Horbach)
  - 2.2.2. Untertageeinsatz von Juli-Mitte September (W. Ließmann)
- 2.3. Auswertung des Proben- und Datenmaterials nach der Geländesaison
    - 2.3.1. Auswertung der durchgeföhrten Arbeiten (R. Horbach)
    - 2.3.2. Bearbeitung und Auswertung des aus Joma mitgebrachten Materials (W. Ließmann)

### 3. Arbeitsergebnisse

#### 3.1. Ergebnisse der Geländesaison

- 3.1.1. Geländearbeit
- 3.1.2. Die Lagerstätte Joma

#### 3.2. Ergebnisse der petrographischen Untersuchungen

- 3.2.1. Petrographische Untersuchungen (R. Horbach)
- 3.2.2. Erzmikroskopie der Joma-Proben

4. Fortführung der Arbeiten

4.1. Laufende Arbeiten

4.1.1. Arbeitsplan bis Juni 1985 (R. Horbach)

4.1.2. Arbeitsplan bis Juni 1985 (W. Ließmann)

4.2. Geplante Arbeiten

4.2.1. Geplante Arbeiten für die Geländesaison 1985  
(R. Horbach)

4.2.2. Geplante Arbeiten in Joma im Sommer 1985  
(W. Ließmann)

5. Literaturverzeichnis

6. Anlagen 1 - 11

Zwischenbericht zum DFG-Forschungsvorhaben Nr. Kr 242/16-1

Thema : Lagerstättenkunde schichtgebundener Sulfidvererzungen  
Paragenese, Geochemie und Genese der Vererzungen im  
Joma-Gebiet (Norwegen)

1. Einleitung

1.1 Lage und regionale Geologie des Joma-Gebietes

Das Arbeitsgebiet liegt in Mittelnorwegen, ca. 300 km NNE von Trondheim, in der Provinz Nord-Trøndelag (Gemeinde Limingen) nahe der schwedischen Grenze. Die hier auftretenden Sulfidvererzungen befinden sich in den metamorphen geosynkinalen Schicht-einheiten der zentralen Kaledoniden des NE Grong-Reviers.

Die Kieslagerstätte Joma und einige Mineralisationen im Umfeld sind an Grünsteinhorizonte der Røyrvik-Gruppe gebunden. Auch in den umliegenden Deckeneinheiten finden sich z.T. vergleichbare bauwürdige Lagerstätten: Stekkenjokk, im NE auf schwedischem Gebiet, Gjersvik und Skorovass, im SW-W von Joma in Norwegen.

1.2 Aufgabenstellung

Ziel und Gegenstand der momentanen Untersuchungen bildet die detaillierte Kartierung und Strukturanalyse des Gebietes zwischen Gåsvatnet und Småvatnan mit der Borvasselv-Vererzung sowie die detaillierte Bearbeitung der Joma Erzkörper. Hiermit soll zur Klärung der Lagerstättenbildenden Prozesse beigetragen und eine Korrelation der verschiedenen Vererzungen vorgenommen werden. Dafür ist die Kenntnis der lateralen und vertikalen Element-verteilung sowie die Ermittlung der Paragenesen in Erz und Nebengestein notwendig.

Von besonderem Interesse ist die stratigraphische Stellung der Grünsteinhorizonte innerhalb der Røyrvik-Gruppe. Die petrographische Bearbeitung der Proben mit Hilfe von Interpretation der Feingefüge und Spurenelementgeochemie dient zur Bestimmung der Ausgangsgesteine. Ferner sollen durch die detaillierte Kartierung im Gelände und Grubenbereich Gesteinseinheiten mit leithorizont-artigem Charakter gefunden werden.

### 1.3. Arbeitsgebiet

#### 1.3.1. Kartiergebiet

(R. Horbach)

Das Arbeitsgebiet liegt SE der Gemeinde Røyrvik (s. Anlage 2) und umfaßt die Bereiche der Småvatnan (H 64°51' / R 13°47') bis südlich des Gåsvatnet (H 64°49' / R 13°40').

#### 1.3.2. Die Grube Joma

(W. Ließmann)

Das Erzbergwerk Joma liegt ca. 16 km östlich von Røyrvik. Genaue Position: (64°52'N, 13°52'E). Die Lagerstätte befindet sich etwa 2 km SE der Übertageanlagen und wird von dort über einen 2,2 km langen Förderstollen aufgeschlossen (480 m üNN). Das ca. 200 m hohe Grubengebäude umfaßt insgesamt 18 Sohlen, die über Rampen und Wendeln miteinander verbunden sind. (siehe Anlage 3). Die Übertagearbeiten erfolgten im Tagebau und in der Umgebung der Lagerausbisse. In der Grube wurden 5 Sohlen zur Bearbeitung ausgewählt.

## 2. Durchgeführte Arbeiten

### 2.1. Vorarbeiten

#### 2.1.1. Vorarbeiten im Zeitraum März - Juni (R. Horbach)

- Literaturstudium
- Luftbildauswertung
- Mikroskopie von Sammlungsmaterial anderer schichtgebundener Sulfidvererzungen und deren Nebengesteine
- Vorbereitung des Kartenmaterials für die Kartierung

#### 2.1.2. Vorarbeiten im Zeitraum Mai - Juli (W. Ließmann)

- Literaturstudium
- Mikroskopie von Sammlungsmaterial anderer schichtgebundener Sulfidvererzungen und deren Nebengesteine

### 2.2. Durchgeführte Arbeiten in Norwegen

#### 2.2.1. Geländeeinsatz Mitte Juni - Mitte September (R. Horbach)

- Übersichtsbegehung von Aufschlüssen im Bereich Røyrvik nach dem Exkursionsführer: Exkursion in the Scandinavian Caladonides (s. Literaturverzeichnis) zur Einführung in die verschiedenen Gesteinstypen
- Beginn der Kartierung im Maßstab 1 : 5.000 am Gåsvatnet Einführung des wiss. Mitarbeiters W. Ließmann und der student. Hilfskräfte S. Bartl und J. Metz in die regionale Geologie des Jomagebietes und deren Einarbeitung in die Kartierproblematik
- Kartierung des Borvasselv- und Småvatnangebietes
  - gezielte Probenahme für mikroskopische Arbeiten
  - ausgewählte Probenahme der Großproben für chemische Analysen

- Detailkartierung der Borvasselvvererzung im Maßstab 1 : 200
- systematische und Beprobung von Erz und Nebengestein
- Befahrung der Joma-Grube zum Vergleich mit den eigenen
- Geländebeobachtungen

#### 2.2.2. Untertageeinsatz von Juli - Mitte September (W. Ließmann)

- Einführung in die regionale Geologie des Grong-Revieres
- Einführung in die regionale Geologie des Jomagebietes insbesondere des Gebietes Gåsvatnet-Borvasselv-Småvatnan durch R. Horbach
- Studium des vorhandenen Karten- und Bildmaterials der Grube
- Untertageeinführung in Joma durch Mitarbeiter der Grong Gruber A/S
- Befahrung der wichtigsten Grubenbaue zur Auswahl der für Detailkartierung und Bemusterung geeigneten Aufschlüsse
- Kartierung von Erz und Nebengestein im Maßstab 1 : 100 und 1 : 50 auf insgesamt 5 Sohlen im Zentralbereich des Haupterzkörpers
- Systematische Probenahme von Profilen querschlägig zum Erzkörper (Erz und Nebengestein)
- Beprobung von Aufgabe, Konzentratoren und Abgängen der Aufbereitungsanlage
- Exkursionen zu den Nachbarlagerstätten Gjersvik und Skorovass

#### 2.3. Auswertung des Proben- und Datenmaterials nach der Geländesaison

##### 2.3.1. Auswertung der durchgeführten Arbeiten (R. Horbach)

- Anfertigen von Dünn- und Anschliffen
- Aufbereiten der Proben für geochemische Analysen
- Beginn der geochemischen Messungen auf Hauptelemente

- Erstellung eines Kartenentwurfes im Maßstab 1 : 10.000
- Mikroskopische Untersuchungen von Mineralparagenese,  
Erzmineralien und Körnigefüge der Gesteine.

#### 2.3.2. Bearbeitung und Auswertung des aus Joma mitgebrachten Materials (W. Ließmann)

- halbieren der Handstücke mit einer Diamantsäge
- Makroskopische Beschreibung der Proben, verbunden mit Auswahl von geeigneten Stellen für die Anfertigung von An- und/oder Dünnenschliffen
- von den ca. 150 Proben sind im Moment etwa 50 verschliffen bzw. noch in der Präparation
- Mikroskopische Untersuchung der ersten 20 Anschlüsse
- Ermittlung der räumlichen Verteilung von Erztypen anhand von vorhandenen Bohrprofilen und den eigenen Kartierergebnissen, zur Rekonstruktion der primären Stratigraphie

### 3. Arbeitsergebnisse

#### 3.1. Ergebnisse der Geländesaison

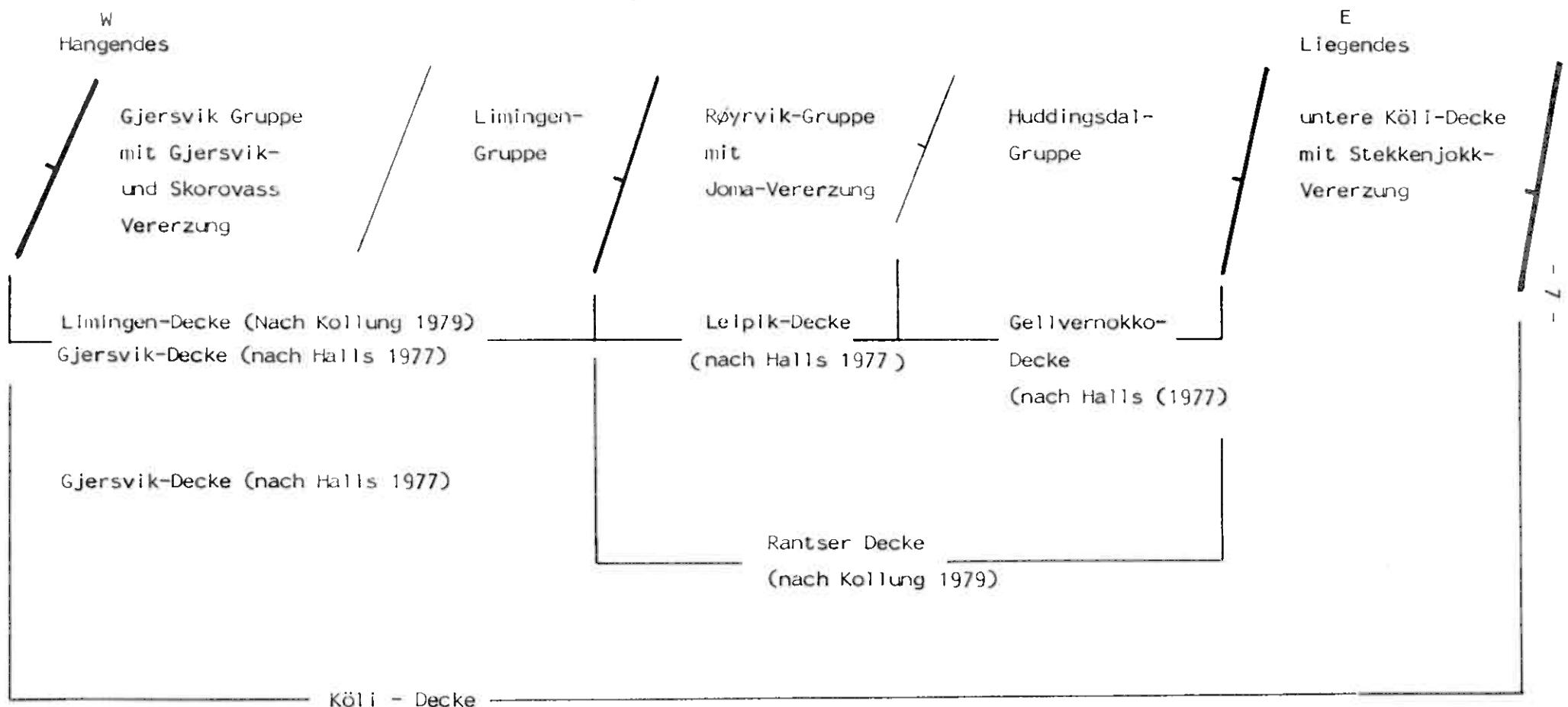
##### 3.1.1. Geländearbeit

###### Regionale Geologie

Das Arbeitsgebiet liegt 5 km SW der Grube Joma und 9 km SE der Gemeinde Limingen (s. Anlage 2).

Die hier auftretenden Gesteinseinheiten sind der Rørvik-Gruppe zuzuordnen (Kollung 1979). Diese wird im Norden von der Huddingsdal-Gruppe begrenzt, im Süden und Westen von der Limingen-Gruppe und im Osten von der unteren Kölle-Decke. Die Rørvik-Gruppe, als tektonisch höhere Einheit und die Huddingsdal-Gruppe, als tektonisch tiefere Einheit bilden zusammen die Rantser-Decke, die als mittlere strukturelle Einheit des Seve-Kölle-Komplexes anzusehen ist.

Schematische Deckenabfolge von W nach E



Die oben angeführten Gruppen sind Teil der Grong- Depression, die sich aus eugeosynklinalen Einheiten prä-kambrischen-silurischen Alters zusammengesetzt (Kollung 1979). Für die metamorphen sedimentär-vulkanischen Gesteine der Rørvik-Gruppe wird ein kambrisches bis unteres ordovizisches Alter angegeben (u.a. Kollung 1979). Die massive stratiforme Sulfidvererzung der Grube Joma ist an die mittlere metamorphe vulkanische Einheit dieser Gruppe gebunden. Olsen (1980) nimmt eine syngenetische, vulkanogen-sedimentäre Entstehung für diese Lagerstätte an.

Geländeeinsatz vom 15. Juni - 9. September 1984

Wegen der relativ kurzen Geländesaison und der schlechten Wetterverhältnisse konnte in diesem Geländesommer nur ein Teil des Gebietes bearbeitet werden. Mit der Kartierung wurde im Bereich südlich des Gåsvatnet begonnen, da die höher gelegenen Teile der Småvatnan infolge der Schneelage noch nicht begehbar waren. Diese abgelegenen Bereiche wurden auch wegen der langen Anmarschwege von einem Zeltcamp aus kartiert. Der Aufschlußgrad liegt, bedingt durch dichten Bewuchs, ausgedehnte Hochmoorflächen und glaziale Überdeckung, teilweise unter 10%.

Die Ergebnisse der Geländearbeiten sind in der vorläufigen geologisch-petrographischen Karte und in der Strukturelementkarte dargestellt (s. Anlage 10 und 11).

Ziel der Kartierung ist es, stratigraphische und petrographische Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten der Gesteine im Arbeitsgebiet herauszuarbeiten, Leithorizonte für Sulfidmineralisationen zu finden und die Verbandsverhältnisse der Vererzungen zu den umgebenden Einheiten zu klären. Erkenntnisse darüber sollen auch aus detallierten

Strukturmessungen gewonnen werden. Ein im Arbeitsgebiet zu Tage austreichendes Erzband im Bovasselvflußbett (s. Anlage 10) wurde deshalb systematisch in vertikaler und lateraler Erstreckung einschließlich des Nebengesteins beprobt und im Maßstab 1 : 200 detailkartiert.

Ergebnisse der Kartierung:

Folgende Gesteinshaupttypen konnten im Kartiergebiet vom Hangenden zum Liegenden ausgehalten werden:

- 1) Quarzit
- 2) Grünschiefer
- 3) Phyllit

mit unterschiedlichen Varietäten und Übergängen innerhalb und mitunter zwischen den einzelnen Einheiten. Metabasit- und Metaultrabasit-Vorkommen wurden überwiegend südlich des Gåsvatnet beobachtet. Die Metaintrusiva sind aufälligerweise mit Grünschieferhorizonten verknüpft. Die drei oben erwähnten Haupteinheiten treten in drei, z.T. auch in vier mehr oder weniger parallel zueinander verlaufenden Horizonten auf.

Leithorizonte für Sulfidmineralisationen lassen sich in unterschiedlichen stratigraphischen Positionen je nach Aufschlußgrad teilweise über mehrere hundert Meter aushalten.

Makroskopische Beschreibung der einzelnen Gesteinseinheiten

1) Quarzite

Das bereichsweise sehr feinkörnig-massige, feingebänderte Gestein weist Farbvariationen von dunkelgrau bis weiß auf. Typische sedimentäre Strukturen wie z.B. graded bedding oder Rippelmarken wurden nicht beobachtet. Quarz, Biotit, Hellglimmer und Erz sind makroskopisch zu erkennen.

Einschaltungen von Phyllit- und Glimmerlagen unterschiedlicher Mächtigkeit, die in allen Quarziten des Arbeitsgebietes auftreten, ermöglichen eine Feinfältelung des Gesteins. Die Klüfte im Quarzit sind teilweise mit Quarz verheilt.

## 2) Metavulkanite

### a) Grünstein:

Diese als Metabasalte anzusehenden Gesteine wurden nur vereinzelt im inneren Grünschiefergürtel im Gebiet der Småvatnan gefunden. In einer dunkelgrünen feinkörnig bis dichten Grundmasse sind Aktinolithnädelchen zu erkennen.

### b) Grünschiefer:

Feinkörnige meist stark verschieferte Typen können von mehr massigeren weniger verschieferten unterschieden werden. Die Farbe variiert von hellgrün bei chlorit- und karbonatreichen Grünschiefern bis schwarzgrün bei epidot-reichen. Gröbere Texturen treten in Karbonat-reichen Gesteinen auf. Sie werden durch größere Karbonatblasten, Quarz-Feldspataggregate und Epidotnester hervorgerufen.

Bereichsweise zeigen die häufig Aktinolith-reichen Grünschiefer Übergänge zu fast monomineralischen Aktinolithschiefern. Am Kontakt zu Phyllit wurden mitunter größere Aktinolithlinsen im Grünschiefer beobachtet.

Biotitreiche Varietäten sind bislang nur im Kontaktbereich zur Limingen-Decke gefunden worden. Hier treten auch sehr karbonatreiche Gesteine auf.

Die Kontakte der Grünschieferhorizonte zu den Phylliten und Quarziten sind konkordant. Im ganzen Arbeitsgebiet gibt es meist geringmächtige Phyllitlagen als Einschaltungen in den Grünschiefern. Mit Annäherung an den Kontakt zu diesen wechsellagern sedimentäres und vulkanogenes Material in mm - cm - Bereich.

Sulfidmineralisationen sind sowohl an karbonatreiche, als auch an chloritreiche Lagen innerhalb der Grünschiefer gebunden (Leithorizonte).

c) Metatuffe

Metatuffe kommen überwiegend im mittleren Grünschieferzug der Småvatnangegend vor und sind hier mit einer Mächtigkeit bis zu 5 m aufgeschlossen. Die gröbere Textur dieser hell- bis mittelgrünen, meist karbonatreichen Gesteine wird durch unregelmäßige Quarz-Feldspataggregate hervorgerufen.

d) Metatuffite

Diese durch eine Wechsellagerung von sedimentären und vulkanogenem Material gekennzeichnete Gesteinsvarietät tritt hauptsächlich in der Kontaktzone von Grünschiefer und Phyllit auf. Die sedimentären Lagen zeigen Biotit-Chlorit- und Quarzförderung, die vulkanogenen Lagen Quarz-Feldspat-reiche Aggregate.

e) Albit-Chlorit-Schiefer

Dieses Gestein, das als ein Leithorizont für die Sulfidmineralisation angesehen werden kann und auch aus den vererzten Einheiten der Grube Joma bekannt ist, konnte im Liegenden und Hangenden des Borvasselverbandes sowie in einem Bach SSW des Gåsvatnet beobachtet werden. Kennzeichnend sind Quarz-, Feldspat-, Karbonat- und Chloritförderung sowie Sulfidimprägnationen.

Die Zuordnung zu einer Gesteinshauptgruppe konnte anhand makroskopischer Kriterien nicht erfolgen und muß deshalb mikroskopisch versucht werden.

### 3) Phyllite

Anhand mikroskopischer Kennzeichen können die Phyllite folgendermaßen untergliedert werden:

- a) Quarzphyllit
- b) Graphitphyllit
- c) grauer Phyllit

#### a) Quarzphyllit

Diese Phyllitvarietät befindet sich immer im Kontaktbereich zu Quarziten. Kennzeichnend sind Quarzeinschaltungen in einem dunkelgrauen Phyllit, die zum Quarzitkontakt hin zunehmen. Dadurch entsteht ein unterschiedlich stark ausgeprägter Übergang von Phyllit über Quarzphyllit und phyllitischem Quarzit zur Quarzit. Der Quarz kann in Form konkordanter Bänder, Lagen und Linsen vorliegen oder unregelmäßige Gängchen und Kluftausfüllungen bilden. Die intensiv verschieferten Phyllitlagen sind hellglimmerreich, Biotit-, Chlorit- und Karbonat-führend.

#### b) Graphitphyllit

Graphitphyllitlagen können häufig in Kontakt Nähe zu Grünschiefer im grauen Phyllit beobachtet werden. Das Gestein ist hellglimmerreich, Biotit-Chlorit- und Karbonat-führend. Die schwarze Farbe wird durch hohe Graphitanteile auf den Schieferungsflächen verursacht.

Sulfide treten in Form von Bändchen, Linsen und Imprägnationen auf, die mit Einschaltungen von Tuff- bzw. Grünschieferlagen mengenmäßig zunehmen.

#### c) Grauer Phyllit

Die graue bis graubraune, auch dunkelgraue Farbe ist bedingt durch unterschiedliche Gehalte an Quarz, Hellglimmer,

Biotit, Graphit und Karbonat. Hellgrimmer und Biotit bilden mitunter größere Blasen auf den Schieferungsflächen. Karbonat und Quarz kommen in Form von Linsen oder konkordanten Lagen vor.

Der Graue Phyllit, die im Arbeitsgebiet häufigste Phyllitvarietät, zeigt lokal Einschaltungen Biotitreicher Lagen und Sulfidimprägnationen. Im mittleren Quarzithorizont südöstlich des Gasvatnet treten 0,5 - 2 m mächtige Lagen grauen Phyllits mit scharfem konkordanten Kontakt ohne „graduelle“ Übergänge zum Quarzit auf.

Marmor:

Im Liegenden des Borvasselverbandes treten mehrere weiße, nahezu reine Marmorlagen, mit Mächtigkeiten von wenigen cm im Grünschiefer auf. Diese sind ebenfalls aus dem Liegenden der Jomavererzung bekannt und können als Leithorizont gelten.

Intrusiva:

Es wurden grobkörnige Metabasite und ein feinkörniger serpentinisierter Metaultrabasitkörper gefunden, deren genauere Beschreibung mikroskopisch erfolgen soll.

### Tektonik

Bei den bisher im Gelände durchgeföhrten Arbeiten stand die geologisch-petrographische Kartierung im Vordergrund. Deshalb kann über den strukturellen Bauplan nur untergeordnet berichtet werden. Folgende Ergebnisse liegen bislang vor (s. auch Anlage 11): Der nahezu S-förmige Verlauf der Gesteinseinheiten von den Småvatnan bis zum Gåsvatnet spiegelt sich tendenziell auch im Streichen der Planargefüge wieder. Das Einfallen der Schichten ist entsprechend ihrem Verlauf nach S bzw. E gerichtet. Ein Umbiegen des Streichens von E-W in N-S-Richtung mit W-Einfallen deutet sich südlich des Gåsvatnet an. Größere Faltenstrukturen zeichnen sich im Småvatnan-Gebiet  $\text{m}$  Verlauf der Einheiten ab. Die gemessenen Kleinfaltenachsen im m-10 er m-Bereich zeigen einen generellen NNE-Trend mit leichten lokalen Schwankungen und Abtauchwerte bis max.  $15^\circ$  meist nach SSW. Eine Ausnahme bildet das Gebiet SE des Gåsvatnet mit einer Anordnung der Faltenachsen nahezu senkrecht dazu. Die Arten der Falten variieren von Konzentrischen- und Knickfalten bis zu isoklinalen Falten.

Der Kontakt der Røyrvik-Gruppe zur Limingen-Decke ist scharf. Der bogige Verlauf des Kontaktes von E-W nach N-S und wieder nach E-W entspricht dem der Røyrvik-Einheit im Liegenden.

Gewisse Zweifel ergeben sich an Kollung's Interpretation der Verbandsverhältnisse (Kollung 1979). Gegen seine Annahme einer Überschiebungsbahn, die beide Gruppen trennen soll, sprechen folgende Beobachtungen:

- a) fehlende Mylonite
- b) bogiger Verlauf der Deckenbahn, entsprechend dem Verlauf der Røyrvik-Gesteinseinheiten im Liegenden

c) tendenziell gleiche Ausrichtung der Planargefüge im Kontaktbereich in beiden Einheiten.

Die im Arbeitsgebiet E-W und N-S verlaufenden Störungen mit Blattverschiebungscharakter zeigen nur geringe Versatzbeträge bis zu wenigen Metern.

Die Versatzbeträge der beobachteten Aufschiebungen liegen im cm-m-Bereich.



Abb. 1 gestörte Lagerung des Erzbandes  
(meist durch Aufschiebungen), Borvassely

Eine Bestandsaufnahme der bruchtektonischen Elemente erfolgte bislang anhand von Luftbildern.

Dabei zeichnen sich bevorzugt folgende drei orthogonale Systeme der Bruchstrukturen ab:

- 1) eine ausgeprägte NE-SW-Richtung ( $25 - 35^\circ$ ) und senkrecht dazu Lineationen um  $115-125^\circ$
- 2) Bruchstrukturen in N-S- und E-W-Richtung
- 3) untergeordnet ein System in  $75^\circ$ - und  $160^\circ$ -Richtung

mit leichten lokalen Schwankungen.

Eine detaillierte richtungsstatistische Bearbeitung und die Korrelation der Luftbilddaten mit den Geländedaten steht noch aus.

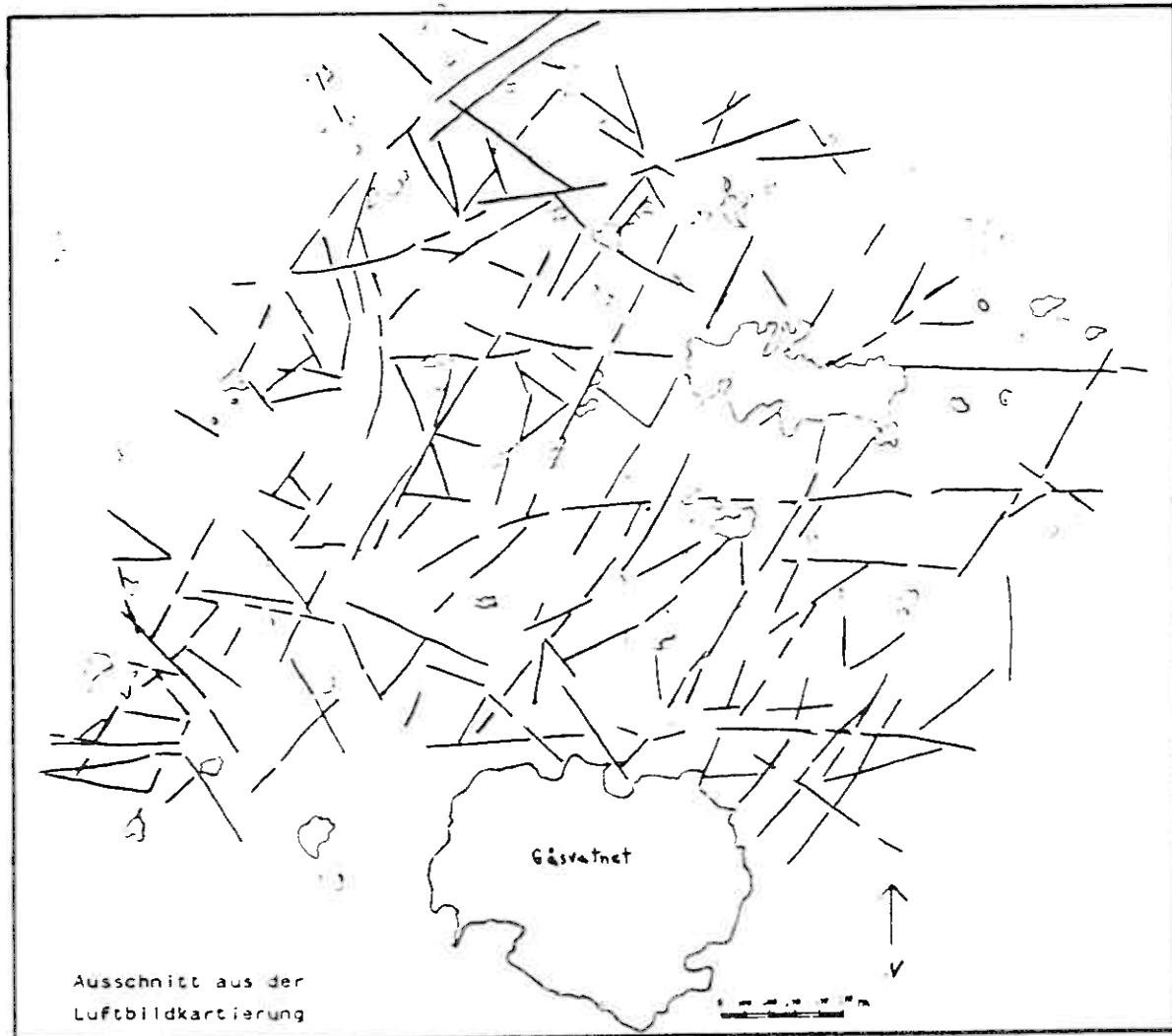


Abb. 2

Die tektonischen Vorgänge führten zur Bildung von zwei Schieferungen. Aus den Deformationsphasen resultierende Falten, Störungen und Klüfte sind bis in den mikroskopischen Bereich erkennbar. Die Deformation führte ferner zur Bildung von Grenulation und Kinkbands.

Erzanreicherungen finden sich häufig auf Klüften und gelegentlich in Faltenscheiteln.

Anhand der Granatblastese lässt sich eine prä-, syn- und postdeformativ erfolgte Sprossung der Minerale erkennen.

### 3.1.2. Die Lagerstätte Joma

Die Kieslagerstätte Joma umfaßt mehrere perlenschnurartig angeordnete Erzlinsen, die über Tage ca. 1.500 m weit verfolgbar sind. Die Form und Lage der Erzkörper ist aus Anlage 3 zu entnehmen.

Zur Zeit beschränkt sich der Abbau auf den zwischen 5 und 20 m mächtigen Haupterzkörper ("Myrgangen"). Dieses Lager liegt genau in der Umbiegung des Erzhorizontes. Das SW-Einfallen verflacht sich von  $50 - 60^\circ$  im Tagebau (580 m NN) auf  $20 - 30^\circ$  im Niveau der 416-m-Sohle.

Nach Olsen (1980) und den eigenen Kartierungen ergibt sich die in Anlage 5 dargestellte schematisierte Stratigraphie. Danach bilden Erzkörper und Nebengestein den invers liegenden Schenkel einer großen, überkippten Isoklinalfalte mit NW-SE-Achsenstreichen. Während dieser ersten Deformationsperiode (D1) wurden Erzkörper und Nebengestein gemeinsam gefaltet und geschiefert. In der Grube sind hauptsächlich Überschiebungen und damit verbundene Schleppfalten vorherrschend, deren Amplituden schwanken zwischen einigen m und wenigen cm. Eine zweite Faltung (D2) schuf offene, asymmetrische Falten mit Amplituden im cm-Bereich, deren Achsen etwa rechtwinklig zu den D1-Achsen verlaufen (NE-SW).

Die Untertagekartierung ergab drei Haupterztypen, die im folgenden kurz charakterisiert werden sollen. Diese Typen lassen sich in zahlreiche Untereinheiten gliedern. Aussagen über die sehr komplizierte Feinstratigraphie sind allein auf Grund von makroskopischen Befunden nicht möglich. Erst in Verbindung mit einer ausführlich erzmikroskopisch Bearbeitung werden hier Ergebnisse zu erwarten sein.

a) Massives Pyriterz

Dieser Erztyp macht mehr als 90% der Lagerstätte aus. Im Zentralteil des "Myrgangen", zwischen 480- und 416-m-Sohle erreicht dieser Erztyp seine größte Mächtigkeit (max. 25 m). Das feinkörnige, dichte Erz ist scharf gegen die hangenden Grünschiefer abgegrenzt. Eine schwache Sulfidimprägnation ist nur bis in 1 - 2 m Entfernung vom Kontakt zu beobachten. In verschiedenen stratigraphischen Niveaus sind scharf begrenzte Karbonatlinsen bis 1 m mächtig konkordant ins Erz eingeschaltet. Sie lassen sich oft als Leithorizont über mehrere Sohlen verfolgen. Eine deutliche Konzentration dieser Marmorlagen ist in der Nähe des hangenden Kontaktes erkennbar. Das Pyriterz besitzt in diesem Bereich ebenfalls einen hohen Karbonatanteil. An einigen Stellen der Lagerstätte (z.B. 495-m-Sohle) bildet eine 1,5 m mächtige Marmorbank die hangende Begrenzung des Pyriterzes.

Zinkblende findet sich ebenfalls in den hangenden Erzpartien etwas angereichert. Ein abgrenzbarer Zn-Horizont (wie die Zn-Zone in Skorovass) konnte nirgendwo in der Grube beobachtet werden. Es handelt sich vielmehr um einzelne 5 - 20 cm mächtige, absetzige ZnS-reiche Lagen und Schlieren, die nie weiter als ca. 2 m verfolgbar sind.

In der Nähe des liegenden Kontaktes sind einige bis 1 m mächtige, scharf begrenzte Amphibol-Biotit-Chlorit-Schiefer-Horizonte ins Erz eingeschaltet. Diese über 10er m verfolgbaren Schichten können als tuffitische Zwischenmittel gedeutet werden. Im Zentralteil des "Myrgangen" bildet eine etwa 4 m mächtige Tuffbank (Epidot-Aktinolith-Chlorit-Schiefer) die liegende Begrenzung des massiven Pyriterzes.

b) Kupferkies-Magnetkies-Erz (z.T. "Durchbewegterz")

Diese Erzart tritt mengenmäßig gegenüber den anderen beiden Typen weit zurück. Mit Gehalten von 5 - 15% Cu ist es das einzige wirkliche Reicherz in Joma. Kupferkies-Magnetkies-Erz bildet mehrere flache, linsenförmige Körper, die konkordant zwischen Pyriterz und Chloritschiefer liegen. Die Mächtigkeiten sind stark schwankend, als Maximum können 2 m gelten. Die größte dieser Linsen erstreckt sich im NW-Teil des "Myrgangen" zwischen 560 und 480 m ü NN und ist etwa 400 m lateral verfolgbar. Unterhalb der 480-m-Sohle keilt dieser Erztyp aus und setzt erst wieder im Niveau der 375-m-Sohle auf. Der direkte Kontakt zwischen Pyriterz und Kupferkies-Magnetkies-Erz ist stets scharf. Solche Aufschlüsse sind selten, da oft tuffitische oder karbonatische Linsen beide Erzarten trennen. In den hangenden Partien des Kupferkies-Magnetkies-Erz folgen einige Pyriterzbände konkordant dem Kontakt.

Bei Mächtigkeiten über 30 cm zeigt das Erz ein typisches "Durchbewegungsgefüge". Auf Grund der großen Plastizität von Kupferkies und Magnetkies während der Deformationsperioden wurde das primäre s-Gefüge völlig aufgelöst. Kompetentere Schieferhorizonte wurden zerschert und oft boudiniert, einzelne Bruchstücke wurden auch rotiert und von den im 1-m Bereich mobilisierten Sulfiden "umflossen". (Anlage 7) Nicht selten ist zu beobachten, daß Kupferkies-Magnetkies-Erz besonders in den Faltenscheiteln in das massive Pyriterz eingepreßt wurde.

An einigen Stellen treten Magnetit- bzw. Magnetit-Quarz-Lagen und Linsen in den liegenden Partien des Kupferkies-Magnetkies-Erzes auf. Eine bis mehrere m mächtige, dunkle Quarzitbank begrenzt das Kupferkies-Magnetkies-Erz im Liegenden. Magnetit ist als Imprägnation verbreitet. Genetisch läßt sich dieses Gestein als chemisches Präzipitat

einer oxidischen Vorphase der Thermenaktivität deuten. Später erfolgte die Ausscheidung von Magnetkies und Kupferkies, unterbrochen durch die Ablagerung von tonig-sandigem und tuffogenem Material. Die z.T. rhythmische Wechsellagerung von Erz und Nebengestein im cm-Bereich ist trotz der starken "Durchbewegung" zumindest in Fragmenten erhalten geblieben.

c) Imprägnationserz (vererzter Chloritschiefer)

Dieser Erztyp tritt stets im geologisch Liegenden des Kupferkies-Magnetkies-Erzes auf. Es handelt sich hier um stark geschieferte Epidot-Biotit-Amphibol-Chlorit-Gesteine, die in manchen Grubenteilen 10 m Mächtigkeit erreichen. Diese Schiefer sind besonders nahe des Kontaktes zum Derberz z.T. erheblich mit Kupferkies und Magnetkies vererzt. (2 - 5% Cu)-Erzlagen und Schiefer bilden eine unregelmäßige Wechsellagerung im mm-cm Bereich. Darin eingeschaltet treten auch mächtigere Linsen von derben Pyriten oder Kupferkies-Magnetkies-Erz auf. Mit zunehmendem Abstand vom eigentlichen Erzkörper nimmt die Mächtigkeit der Derberzlagen von etwa 10 cm nahe des Kontaktes auf etwa 1 cm in 2 m stratigraphischer Entfernung ab. Der Abstand zwischen den einzelnen Linsen vergrößert sich zum Liegenden hin rasch. Auch die Gesamterzführung der Chloritschiefer nimmt schnell ab. In ca. 4 m Entfernung vom Erzkörper ist oft kaum noch eine Sulfidführung zu beobachten.

Das Erz hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Rammelsberger "Banderz". (Anger, 1963) Die deutliche Zunahme der Erzführung vom Liegenden zum Hangenden deutet auf eine verstärkte Thermenaktivität hin. Die Erzausfällung wurde zwischenzeitlich durch die Ablagerung von Tuffen, Tuffiten und tonig-sandigen Sedimenten unterbrochen.

d) Quarz-Albit-Gestein ("Quarzkeratophyr")

Dieses helle, ungeschiefernte Gestein bildet eine zusammenhängende, 5 - 6 m mächtige Masse im Liegenden des Chloritschieferhorizontes. Besonders im Tagebau und auf den oberen Sohlen der Grube ist dieses Gestein bis zu 6 m mächtig aufgeschlossen. Unterhalb der 495-m-Sohle scheint es teilweise auszukeilen, jedenfalls lassen sich auf den tieferen Sohlen nur noch vereinzelte, gering mächtige Linsen beobachten. Das dichte Gestein ist normalerweise stark fragmentiert, es wird netzwerkartig von bis zu cm mächtigen Pyritgängchen durchtrümert. Die Zusammensetzung des Gesteins ist stark wechselnd. Im nur wenig chloritführenden Quarz-Albit-Fels gibt es ausgesprochen chlorit- und glimmerreiche Gesteinstypen, die darin als dm-mächtige Linsen und Schlieren regellos verteilt sind.

Im Bereich des Liegenden Nebenlagers (387-m-Sohle; siehe Anlage 6) ließ sich eine im mm-Bereich gut gebänderte Varietät des Quarz-Albit-Gesteins beobachten. Die hier bis 0,5 m mächtige Schicht ist im Hangenden und Liegenden scharf begrenzt. Im Abstand von einigen cm sind darin parallel verlaufende bis 1 cm dicke Pyriterzlagen eingeschaltet, die sich oft über mehrere m verfolgen lassen.

Über die Stellung beider Gesteinsvarietäten zueinander kann auf Grund fehlender Grubenaufschlüsse noch keine Aussage gemacht werden. Olsen (1980) deutet das Quarz-Albit-Gestein als einen durch hydrothermale Alteration veränderten "Grünstein".

Wegen der noch nicht durchgeführten mikroskopischen Untersuchung muß an dieser Stelle auf eine eigene genetische Deutung verzichtet werden.

Die Ergebnisse der Untertagearbeit sprechen eindeutig für eine syngenetisch-exhalative Genese des Joma Erzes. Die über weite Distanzen verfolgbare Konkordanz von Erz und

Nebengestein sowie der oft beobachtete rhythmische Wechsel von Erzausscheidung und Sedimentation seien als Beweise genannt. Erzmobilisationen haben in grösserem Umfange nicht stattgefunden. Nur die sehr plastischen kupferkiesreichen Erze sind im dm seltener im 1 m-Bereich auf Klüften gewandert.

### 3.2. Ergebnisse der petrographischen Untersuchungen

#### 3.2.1. Petrographische Untersuchungen (R. Horbach)

Um eine Übersicht über die im Arbeitsgebiet auftretenden Gesteinstypen und ihre Variationen zu erhalten, wurden 175 Proben (s. Anlage 11) für mikroskopische Auswertungen genommen. Zusätzlich sollen 57 Großproben für analytische Zwecke die Differenzierung der Einheiten erleichtern und Aufschlüsse über ihren Chemismus geben. Daraus lassen sich z.B. Informationen über eine Spilisisierung der Gesteine und eventuelle Alterationszonen ableiten. Durch Spuren-elementanalytik sollen ferner Rückschlüsse auf Edukte, Ablagerungsräume und Sedimentationsabfolge gezogen werden.

##### a) Mikroskopische Untersuchungen

Im Zeitraum von Mitte September bis Ende Oktober konnten repräsentative Proben des Kartiergebietes nur übersichtsmäßig mikroskopiert werden. Bislang wurden 50 Dünnschliffe angefertigt. Die mikroskopischen Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

Anhand dieser Dünnschliffe können die kartierten Einheiten in folgende Hauptgruppen untergliedert werden:

Quarzite  
feinkörnige Grünsteine  
grobkörnige Metalaven  
Grünschiefer  
Metatuffe  
Metatuffite  
Phyllite  
Glimmerschiefer  
Marmor  
Metaintrusiva  
Serpentinite

Diese Hauptgruppen lassen sich aufgrund wechselnder Gehalte der sie aufbauenden Minerale noch weiter in Untergruppen einteilen (s. Tab.).

**Übersicht über die wichtigsten Gesteinseinheiten und ihre Mineralbestände**

| Hauptgruppen  | Untergruppen   | Mineralbestand  |
|---|--|---|
| Quarzite  | Granat - Quarzit<br>Glimmer - Quarzit<br>Phyllit - Quarzit   | Querz, Plagioklas,<br>Muskovit, Serizit, Biotit,<br>Chlorit, Granat, Apatit,<br>Epidot, Klinozoisit, Turmalin,<br>Karbonat,<br>Titanit, Graphit, Rutile, Erz      |
| Grunsteine<br>Grunschlierer<br>Metatuffe<br>Metasilaven | Aktinolith - Schlierer<br>Epidot - Aktinolith - Sch.<br>Epidot - Aktinolith - Albite-Sch.<br>Chlorit - Aktinolith - Sch.<br>Epidot - Chlorit - Aktinolith-Sch.<br>Albit - Chlorit - Sch.<br>Epidot - Chlorit - Sch.<br>Karbonat - Chlorit - Sch.<br>Karbonat - Aktinolith - Sch.<br>Karbonat - Epidot - Chlorit - Sch.<br>Klinozoisit - Chlorit - Sch.<br>Klinozoisit - Aktinolith - Sch.<br>Epidot - Sch. | Aktinolith, Plagioklas,<br>Querz, Epidot, Klinozoisit,<br>Chlorit, Karbonat,<br>Titanit, Biotit, Hellglimmer,<br>Apatit, Erz,<br>Monazit, Limonit,<br>Hornblende, |
| Metatuffite   | Biotit - Chlorit - Schlierer<br>Chlorit - Sch.<br>Aktinolith - Epidot - Chlorit-Sch.<br>Muskovit - Aktinolith - Albite-Sch.<br>Epidot - Chlorit - Albite - Sch.<br>Biotit - Biotit - Epidot - Sch.<br>Klinozoisit - Aktinolith -<br>Albit - Sch.<br>Biotit - Titanit - Muskovit-Sch.<br>Biotit - Albite - Sch.<br>Serizit - Phyllit<br>Graphit - Phyllit<br>Quarz - Phyllit<br>Graphit - Quarz - Phyllit   | Querz, Plagioklas,<br>Chlorit, Biotit, Hell-<br>glimmer, Aktinolith,<br>Karbonat, Epidot,<br>Klinozoisit, Titanit,<br>Orthit/Apatit, Erz,<br>Georgit/Magnetit,    |
| Phyllite  | Biotit - Serizit - Phyllit<br>Chlorit - Quarz - Phyllit<br>Epidot - Muskovit - Phyllit<br>Klinozoisit - Muskovit -<br>Chlorit-Phyllit<br>Granat - Biotit - phyllit<br>Graphit - Serizit - Phyllit<br>Graphit - Chlorit - Phyllit<br>Quarz - Serizit - Phyllit<br>Aktinolith - Muskovit - Phyllit   | Serizit, Muskovit, Quarz,<br>Plagioklas, Karbonat,<br>Graphit, Titanit, Chlorit,<br>Epidot, Klinozoisit, Biotit,<br>Ornat, Apatit, Erz,<br>Turmalin, Zirkon       |
| Glimmerschlierer  | Granat - Biotit - Glimmerschlierer<br>Chlorit - Glimmerschlierer<br>Biotit - Glimmerschlierer  | Querz, Plagioklas,<br>Biotit, Muskovit,<br>Serizit, Granat, Titanit,<br>Chlorit, Epidot,<br>Apatit, Klinozoisit,<br>Turmalin, Zirkon,<br>Orthit, Limonit, Erz     |
| Karbonate   |  | Karbonat, Quarz,<br>Aktinolith, Chlorit,<br>Hellglimmer, Limonit  |
| Metaintrusive   |  | Epidot, Klinozoisit,<br>Plagioklas, Hornblende,<br>Muskovit, Serizit,<br>Aktinolith, Chlorit,<br>Titanit, Quarz   |
| Sulfatmineral   |  | Serpentin, Talc, Chlorit,<br>Karbonat, Hellglimmer,<br>Erz, Aktinolith  |

Die hauptsächlich am Gesteinsaufbau beteiligten Minerale sind:

Plagioklas:

Die teilweise nach dem Albitesetz verzwillingten feinkörnigen Albite und Oligoklase der Grünschiefer, Metatuffe und Metatuffite zeigen häufig, infolge des gerichteten Druckes, eine Deformation der Zwillingslamellen und eine Auswalzung der in S eingeregelten Körner. Größere mehr gerundete detrititische Plagioklase sind des öfteren nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt. Grobkörnigere Porphyroblasten weisen mitunter sigmoidal verbogene Intergefüge auf. Anhand der parallel der ersten Schieferung eingeregelten Einschlüsse lässt sich die Verbiegung und Rotation der Blasen durch eine zweite Deformationsphase (zweite Schieferung) erkennen. Saussuritisierte Plagioklase, die unter Neubildung von Albit und Klinozoisit rekristallisierten, wurden nur in Metalaven und Metaintrusiva gefunden.

Quarz

Die meist fein- bis mittelkörnigen Individuen bilden z.T. gut rekristallisierte polygonale Pflasterstrukturen. In vielen Quarz-Kristallen bewirkte die Deformation undulöse Auflösung und die Bildung von Subkörnern. Große detritische Körner liegen mitunter in einer feinkörnigen Quarzmatrix. Quarz bildet häufig, zusammen mit Plagioklas, Lagen in Phylliten, Glimmerschiefern und Metatuffiten. Eine Wechsellagerung von feinkörnigen und grobkörnigen Quarzlagen tritt gelegentlich in Quarziten auf.

Aktinolithe und Hornblenden:

Die meist grünlich gefärbten Aktinolithe sind überwiegend Bestandteil der Metavulkanite und Metatuffite. Große quer-sprossende Blasten zeigen oftmals eine garbenförmige Anordnung. Eingeregelte Individuen sind teilweise in Lagen angereichert.

Hornblenden wurden nur in Metavulkaniten und Metabasiten beobachtet. Die häufig grobkörnigen Blasten sind retrograd aus anderen Mineralien gebildet worden. Randlich zeigen sie eine Kristallisation von Aktinolithen und Umwandlungen in Chlorit und Biotit.

Eine blaugrüne Farbe der Aktinolithe und das gleichzeitige Auftreten von Hornblende (wahrscheinlich Aktinolithische Hornblende) deuten auf eine Bildungstemperatur, die im Bereich der oberen Grünschieferfazies liegt. Detaillierte Untersuchungen darüber müssen noch durchgeführt werden.

Hellglimmer und Biotit:

Phyllite, Glimmerschiefer und Metatuffite sind durch lagen-förmige Anordnung von Serizit, Muskovit und Biotit gekenn-zeichnet. Anhand der Glimmerregelung lassen sich häufig  $S_1$ ,  $S_2$  und eventuell auch  $S_0$  erkennen. Quergesproßte postdeformativ gewachsene Individuen finden sich sowohl in den Quarz-Feldspatlagen, als auch in den Glimmerlagen. Syndeformativ mit der zweiten Phase gewachsene Blasten erfuhrten mitunter eine Einregelung in  $S_2$ .

Als Umwandlungsprodukte von Plagioklas treten Serizit-nester auf.

Graphit und Chlorit sind überwiegend in den Glimmerlagen konzentriert.

Chlorit:

Chlorite wurden in allen bislang mikroskopierten Gesteinstypen gefunden. Sie kommen in Form von einzelnen Tafeln und quergesproßten Blasen vor. Meist aber bilden sie unregelmäßige Agglomerationen, Nester und Lagen. Häufig tritt eine zonare Anordnung der Mg-Fe-Verteilung in den Schuppen auf. In einigen Gesteinstypen, besonders in Chlorit-Schiefern, hat sich Mg-reicher Chlorit gebildet.

Chlorit entsteht auch als Umwandlungsprodukt aus Biotit, Aktinolith und Hornblende.

Epidot und Klinozoisit:

Epidot und Klinozoisit kommen ebenfalls in allen bislang bearbeiteten Gesteinsarten vor. Sie bilden oft Lagen in Metavulkaniten. Nesterförmige Anordnungen können als Pseudomorphosen nach Plagioklas gedeutet werden.

Karbonat:

Karbonat findet sich in fast allen bearbeiteten Schliffen in Lagen, Linsen und auf Klüften in Form von Blasen und Agglomerationen. Parallel  $S_1$  angeordnete Karbonatpflaster zeigen mitunter Zwillingslamellen, die infolge einer zweiten Deformationsphase in Richtung von  $S_2$  verbogen wurden. Parallel der Schieferung ausgewalzte Blasen wurden häufig beobachtet. Die tektonische Überprägung der Gesteine spiegelt sich auch in ihren Mikrogefügen wider. Dabei kann eine wesentlich stärkere Deformation der Phyllite und Glimmerschiefer gegenüber den Metavulkaniten und Metaintrusiva beobachtet werden. Dies lässt sich mit einer unterschiedlichen Kompetenz der verschiedenen Gesteine erklären.

Mikroskopie der Anschlüsse

Bisher wurden 20 Anschlüsse der Borvassellvererzung angefertigt, die in diesem kurzen Zeitraum nicht mehr bearbeitet werden konnten.

Eine kurze Durchsicht der Schliffe zeigte interessante Paragenesen mit gediegenem Silber.

Chemische Analytik

Die Messungen werden zur Zeit durchgeführt. Ergebnisse liegen noch nicht vor.

### 3.2.2. Erzmikroskopie der Joma-Proben

In den bisher erzmikroskopisch untersuchten Anschliffen wurden folgende Minerale bestimmt:

Pyrit, Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende, Magnetit, Graphit, Rutil, Bleiglanz, Arsenkies, Cubanit, Hämatit, Mackinawit, Valleriit, Anatas.

Folgende Minerale wurden möglicherweise beobachtet, konnten aber noch nicht sicher identifiziert werden:

gediegen Silber, Fahlerz, Spießglanz, Bravoit sowie ein weißes, hochreflektierendes, isotropes Mineral.

Eine Kurzbeschreibung der Erzminerale und ihre Verteilung in den Haupterztypen wird in der nachfolgenden Tabelle gegeben.

Auf eine Interpretation der Gefüge wird an dieser Stelle verzichtet, um hierzu fundierte Aussagen machen zu können ist die Bearbeitung einer größeren Anzahl von Schliffen notwendig.

Bisher fanden sich keine Anzeichen für eine Umwandlung von Pyrit zu Magnetkies ("natürliches Abrösten") während der Metamorphose. In einigen Schliffen ließen sich scharf begrenzte Magnetkieslagen in fast monomineralischen Pyriterz beobachten. In der Nähe des Kontaktes war lediglich eine Verkittung von kataklastischem Pyrit mit mobilisiertem Magnetkies zu erkennen. Solche Stellen sprechen eindeutig für eine primäre Bildung des Magnetkieses.

Schematische Verteilung der verbreitetsten Erzminerale in den

| Erzmineral | a)   | b)   |
|------------|--|--|
|            | Massives Pyritzerz   | Kupferkies-Magnetkies-Erz  |
| Pyrit      | sehr oft monomineralisch + wenig Kupferkies am häufigsten kataklastisch-blastisch Ø 0,2 mm, auch feinkörnige dichte Aggregate z. T. mit Gelstruktur-Relikten                 | tritt gegenüber den beiden Matrixmineralen erheblich zurück, entweder als verstreute Idioblasten oder als feinkörnige bis cm große Aggregate darin isoliert "schwimmend" |
| Magnetkies | hier selten, xenomorph, Rißfüllungen in kataklastischem Pyrit, sonst bevorzugt mit Kupferkies verwachsen   | bildet mit Kupferkies eine zusammenhängende Matrix, stets gut rekristallisiert, manchmal lamellar ausgebildet  |
| Kupferkies | normalerweise wenig, xenomorph zwischen den Pyritblasten, auch als feine Einschlüsse im wenig rekristallisierten Pyrit. In Bereichen stärkerer Rekristallisation mobilisiert | bildet mit Magnetkies eine zusammenhängende Matrix, oft im Anschliffbereich mineralisch, auffällig stark anisotrop   |
| Zinkblende | Immer xenomorph, "amöbenförmig" zwischen anderen Erzmineralen, bräunlich rote IR, verbreitet, aber nur in Schlieren und Bändern dominierend                                  | tritt gegenüber a) sehr zurück, wenige, aber in Folge der Sunnenkristallisation große (bis 0,5 mm) Xenoblasten isoliert in der Kupferkies-Magnetkies-Masse               |
| Magnetit   | nur in 2 Schlitzen, runde Blasen in einigen 0,2 mm mächtigen Bändern angetroffen, sonst nicht beobachtet   | in allen Schlitten vertreten, im Erz z.T. recht angehäuft, stets Idioblasten, meist aber als derbe Lagen in Schiefer-einschlüssen  |
| Bleiglanz  | wenig, selten größer 20 µm, xenomorph in Zwickeln zwischen anderen Erzmineralen seltener als "Tropfen" im Pyrit  | nicht beobachtet   |
| Arsenikos  | sehr unterordnet   | verbreitet als minzellige, bis zu 20 µm große Idioblasten hervor, z. T. kontingenziert und mit Kupferkiesverkrustungen   |
| Cubanit    | nicht beobachtet   | sehr verbreitet als dichte Lamellen im Kupferkies, selten stärker angereichert   |
| Mackinawit | nur Spuren   | Ø 10 µm große Leisten oder Fäden, bevorzugt Saume an Kontaktgrenzen zwischen Magnetkies und Kupferkies, sehr verbreitet, aber nie merklich angereichert                  |

tische Verteilung der verbreitetsten Erzminerale in den drei Haupterztypen

| a)<br>ssives Pyritzer   | b)<br>Kupferkies-Magnetkies-Erz   | c)<br>Imprägnationserz  |
|---|---|---|
| oft monomineralisch + wenig Kupferkies uflgsten kataklastisch-blastisch mm, auch feinkörnige dichte Aggregate mit Gelstruktur-Relikten                  | tritt gegenüber den beiden Matrixmineralen erheblich zurück, entweder als herdförmige Idioblasten oder als feinkörnige bis cm große Aggregate darin isoliert "schwimmend" | ist nur in einigen bis 1-2 mm mächtigen Lagen zusammen mit Magnetkies, sonst zurücktretend              |
| selten, xenomorph, Rißfüllungen kataklastischem Pyrit, sonst bevorzugt Kupferkies verwachsen  | bildet mit Kupferkies eine zusammenhängende Matrix, stets gut rekristallisiert, manchmal lamellar ausgebildet   | häufigstes Erzmineral, sowohl in den Erzbändern, als auch isoliert in den Ganzartlagen eingesprengt     |
| teilsweise wenig, xenomorph zwischen Idioblasten, auch als feine Einzelne im wenig rekristallisierten Bereichen stärkerer Rekristallisation mobilisiert | bildet mit Magnetkies eine zusammenhängende Matrix, oft im Anschliff unregelmäßig mineralisch, auffällig stark anisotrop  | stets mit Magnetkies zusammen, etwas spärlich ausgebildet und verteilt, mengenmäßig etwas zurücktretend |
| xenomorph, "amöbenförmig" zwischen Erzmineralen, bräunlich rot erweitert, aber nur in Schlieren sondern dominierend                                     | tritt gegenüber a) sehr zurück, wenige, aber in Folge der Säume kristallisation große (bis 0,5 mm) Xenoblasten isoliert in der Kupferkies-Magnetkies-Masse                | nur sehr untergeordnet  |
| 2 Schlitzen, runde Blasen in 0,2 mm mächtigen Bändern angereichert, sonst nicht beobachtet  | in allen Schlitten vertreten, im Erz z.T. recht angehäuft, stets Idioblasten, meist aber als derbe Lagen in Schiefer-einschlüssen   | in bis mm starken Lagen oft einziges Erzmineral   |
| selten größer 20 µm, xenomorph teile zwischen anderen Erzmineralen, als "Tropfen" im Pyrit  | nicht beobachtet  | nicht beobachtet  |
| untergeordnet   | verbreitet als einzelne, oft zu sehr große Idioblasten im FeS, z. T. kantiger und mit Korrosionserscheinungen   | scheinbar verbreiteter als in b), Lagen von Arsenkies im Chloritschiefer                                |
| mit beobachtet  | sehr verbreitet ab. durch Einheiten im Kupferkies, selten starker unregelmäßig  | verbreitet im Kupferkies auf Klüften sonst eher selten  |
| Spuren  | 0-10 µm große Linsen oder Tafeln, bevorzugt Säume an Korngrenzen zwischen Magnetkies und Kupferkies, sehr verbreitet, aber nie merklich unregelmäßig                      | Verbreitung ähnlich wie im Kupferkies-Magnetkies-Erz scheinbar etwas seltener                           |

#### 4. Fortführung der Arbeiten

##### 4.1. Laufende Arbeiten

###### 4.1.1. Arbeitsplan bis Juni 1985

(R. Horbach)

- Anfertigung von weiteren Dünn- und Anschliffen
- Mikroskopische Bearbeitung besonders im Hinblick auf Paragenese, Gefüge, metamorphe Reaktionen und Leithorizonte
- Ermittlung des Modalbestandes
- Quantitative röntgenographische Untersuchungen an Proben im submikroskopischen Bereich
- chemische Analytik an unterschiedlichen Gesteinseinheiten  
Bestimmung der Haupt- und Spurenelemente mit AAS, ICP und Funkenspektroskopie
- Mikroanalytik, zur Identifizierung von mikroskopisch nicht bestimmbarer Mineralphasen  
Mikrosondemessungen an Amphibolen
  - Feldspäten
  - Granaten
  - Biotiten (Stilpnomelan)
  - Epidot, Klinozoisit, Zoisitzur Festlegung der Metamorphosebedingungen und zur genaueren Charakterisierung der einzelnen Phasen
- Erstellung einer Photolineationskarte
- Auswertung der Gefügemessungen

4.1.2. Arbeitsplan bis Juni 1985 (W. Ließmann)

- Fortsetzung der erzmikroskopischen Untersuchungen:  
Paragenesen, Verwachsungen, Gefügeinterpretation,  
Modalanalysen  
Suche nach möglichen Silberträgern
- Durchlichtmikroskopische Untersuchungen von  
Nebengestein und Gangarten
- Chemische Analytik (AAS, ICP, Funkenspektren)  
zur Bestimmung der Haupt- und Spurenelemente
- Qualitative und quantitative phasenanalytische  
Bestimmung submikroskopischer Komponenten
- Mikrosondenuntersuchungen zur Identifizierung  
nicht optisch bestimmbarer Mineralphasen  
Mikroanalytische Untersuchung an Zinkblenden  
(auf Fe, Cd, Mn), Pyriten (Ni, Co, Mn) und  
anderen Erzmineralen (z.B. Sulfosalze) und  
Gangarten sowie an noch zu bestimmenden Mineralen  
des Nebengesteins
- Lumineszenz Untersuchung an den Karbonaten
- Bearbeitung der Aufbereitungskonzentrate

## 4.2. Geplante Arbeiten

### 4.2.1. Geplante Arbeiten für die Geländesaison 1985 (R. Horbach)

- Kartierung des verbleibenden Bereiches nördlich des Borvassely im Maßstab 1 : 5.000
- detaillierte Strukturgeologie
- Klärung der Verbandsverhältnisse, insbesondere auch an der Grenze zur Limingen-Deckenüberschiebung
- Klärung der stratigraphischen Position der erzim-prägnierten Leithorizonte
- gezielte Probenahme aufgrund der bisherigen Ergebnisse für mikroskopische Arbeiten und chemische Analytik
- Bemusterung von Bohrkernmaterial aus dem Borvasselygebiet

### 4.2.2. Geplante Arbeiten in Joma im Sommer 1985 (W. Ließmann)

- Fortführung der im Vorjahr begonnenen Kartierungen in der Grube
- Detailaufnahme und Bemusterung von ausgewählten Bereichen der Grube (Profile)
- Untersuchung der "Nordgangen"-, "Sydgangen"- und "Elvegangen"-Erzkörper im Ausbiß sowie durch Bearbeitung der vorhandenen Bohrkerne
- Beprobung von Bohrkernen aus nicht mehr befahrbaren Teilen der Lagerstätte.

5. Literaturverzeichnis

- Anger, G. (1971) : Microfabrics in the geosynclinal sulfide deposits  
Gebr. Bornträger, Berlin, Stuttgart
- Anger, G. (1964) : Die genetischen Zusammenhänge zwischen deutschen und norwegischen Schwefelkieslagerstätten  
Clausthaler Hefte zur Lagerstättenkunde und Geochemie der mineralischen Rohstoffe, Heft 3
- Anderson, C. A. (1969) : Massive sulfide deposits and vulcanics  
Econ. Geol., Vol. 64 Nr. 2, pp. 129 - 146
- Bergstöl, L. Vokes, F. M. (1974) : Stromeyerite and Mekinstryite from godejord polymetallic sulfide deposit,  
Central Norwegian Caledonides  
Mineral. Deposita 9, S. 325 - 337
- Cann, J. R. (1971) : Major element variations in ocean-floor basalts  
Phil. Trans. Roy. Sa.Land A 268, S. 495 - 505
- Carstens, C. W. (1932) : Zur Frage der Genesis der norwegischen Kiesvorkommen  
Zentralblatt für Praktische Geologie 40, S. 97 - 99
- Eldridge, C. S. a. all. (1983) : Mineral textures and their bearing on formation of the kuroko Orebodies.  
Econ. Geol. Monograph 5, pp 241 - 281
- Fritsch, W. ; Meixner, H. und Wieseneder, H. (1967) : Zur quantitativen Klassifikation der kristallinen Schiefer  
N. Jb. für Min., Monatsh.
- Gale, George H. and Roberts, David (1974) : Trace element geochemistry of norwegian lower paleozovic basic volcanics an its tectonic implications  
Earth and Planetary Science Letters 22, S. 380 - 390

- Halls, C. a. all. (1977) : Geological setting of the Skorovass orebodies within the Allochthonous volcanic stratigraphy of the Gjersvik nappe, central Norway  
Geol. Soc. London (and Int. Min. and Met.)  
Spec. Pub. n. 7, S. 128 - 151
- Kollung, S. (1979) : Stratigraphy and major structures of the Grong-District, Nord-Trøndelag  
Norges Geologiske Undersøkelse 354, S. 1 - 51
- Krause, H. (1956) : Zur Kenntnis der metamorphen Kieslagerstätte von Sulitjelma (Norwegen)  
Neues Jb. Mineral. Abb. 89, S. 137 - 148
- Möller, P., Morteani, G. (1979) : Spurenelemente als Hilfsmittel für die Lagerstättenforschung  
TIZ-Fachberichte, Heft 4 103. Jg., S. 190 - 199
- Müller, G. (1970) : Metamorphe Basalte und Tuffe des Stavanger-Gebietes  
Contr. Mineral. and Petrol. 29, S. 123 - 134
- Oftedahl, C. (1958) : Storisens transport av kisblokker fra Joma  
Norges Geologiske Undersøkelse 203
- Oftedahl, C. (1958) : Oversikt over Grongfeltets Skerp og Malmforekomster  
Norges Geologiske Undersøkelse, 202
- Oftedahl, C. (1968) : Greenstone subvulcanoes in the central norwegian Caledonides  
Geol. Rundschau 57, S. 320 - 330
- Ohmoto, H. (1983) : Chemical Processes of Kuroko Formation  
Econ. Geol. Monograph 5 pp 570 - 604
- Olsen, J. (1980) : Genesis of the Joma stratiform sulfide deposit, central norwegian caledonides  
Proceedings of the 5<sup>th</sup> quadrennial IAGOD Symposium, Vol. 1, S. 745 - 757,  
pub. E. Schweizerbart'sche Verlangshandlung, Stuttgart

- Pearce, J. A. and Cann, J. R. (1973) : Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis  
Earth and Planetary Science Letters 19, S. 290 - 300
- Reinsbakken, A. (1980) : Geology of the Skorovass mine:  
A volcanogenic massive sulphide deposit in the Central Norwegian Caledonides  
Norges geol. Unders. 360, S. 123 - 154
- Reinsbakken, A. and Stephens, M. B. (1981) : Excursions in the Scandinavian Caledonides  
Exk. No. 314, Uppsala Caledonide Symposium (UCS)
- Solomon, M. (1976) : „Volcanic“ Massive sulphide deposits and their best rocks - A review and an exploration in: Wolf, K. H. (1976), Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, Vol. 6, S. 21 - 54
- Strand, T. (1958) : Greenschists from the south-eastern part of Helgeland, Norway, their chemical composition, mineral facies and geologic setting  
Norges Geologiske Undersökelse 203
- Tatsumi, T. (1970) : Volcanics and ore genesis  
University of Tokyo Press 448 p
- Vokes, F. M. (1962) : Mineral parageneses of the massive sulfide ore bodies of the Caledonides of Norway  
Econ. Geol. Vol. 57 pp 890 - 903
- Vokes, F. M. (1968) : Regional metamorphism of the Paleozoic geosynclinal sulphide ore deposits of Norway  
Applied earth science, Vol. 77
- Vokes, F. M. : Caledonian massive sulphide deposits in Scandinavia:  
A comparative review.  
in : Wolf, K. H. (1976) : Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, Vol. 6, S. 79 - 127
- Wedepohl, K. H. (1963) : Die Untersuchung petrologischer Probleme mit geochemischen Methoden  
Fortschr. Miner. 41, 1, S. 99 - 121

## 6. Anlagen

### Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Übersichtskarte Norwegen

Anlage 2 Lage des Kartiergebietes und der Grube Joma

Anlage 3 Lageskizze der Joma Erzkörper

Anlage 4 NW-SE-Profil durch den Zentralteil  
der Lagerstätte Joma

Anlage 5 Idealisierte Stratigraphie des Hauptlagers  
der Grube Joma (Säulenprofil)

Anlage 6 Ausschnitt eines Profils durch das  
Liegende Nebenlager

Anlage 7 Abb. 1 - 2 Untertagefotos

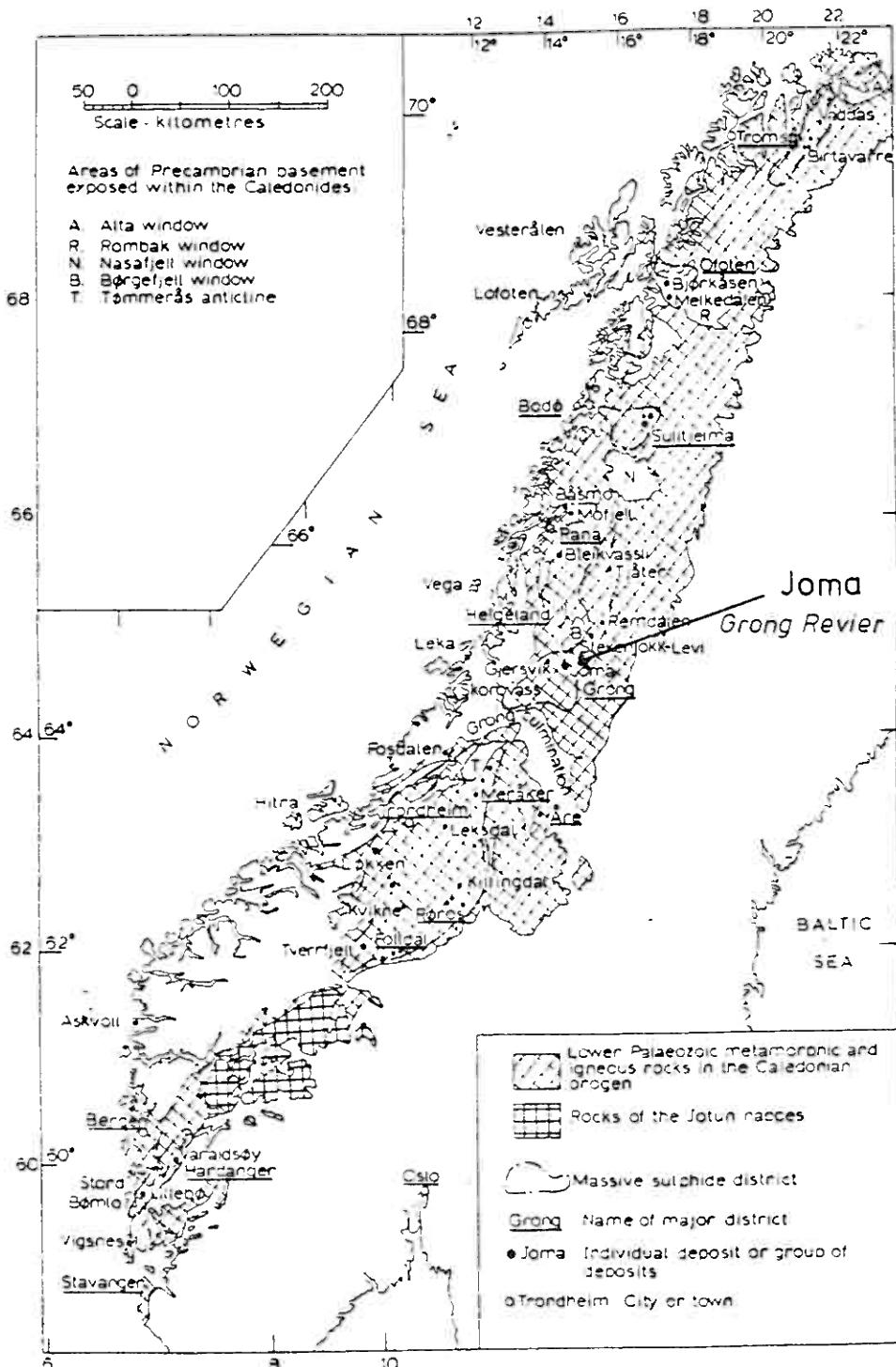
Anlage 8 Abb. 3 - 4 Geländefotos

Abb. 5 - 8 Dünnschlifffotos

Anlage 9 Abb. 1 - 4 Anschlifffotos

Anlage 10 Geologische Karte

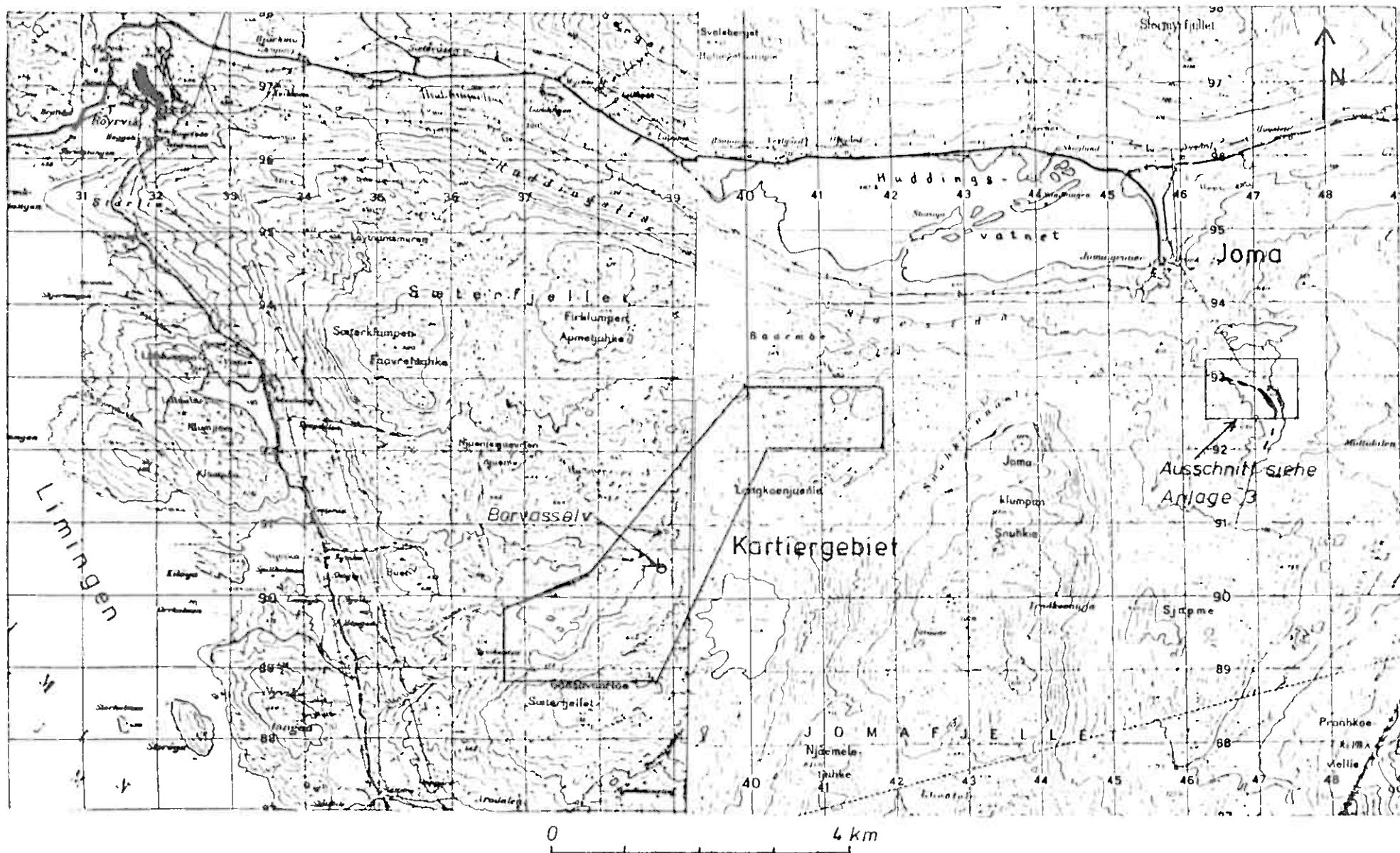
Anlage 11 Strukturkarte



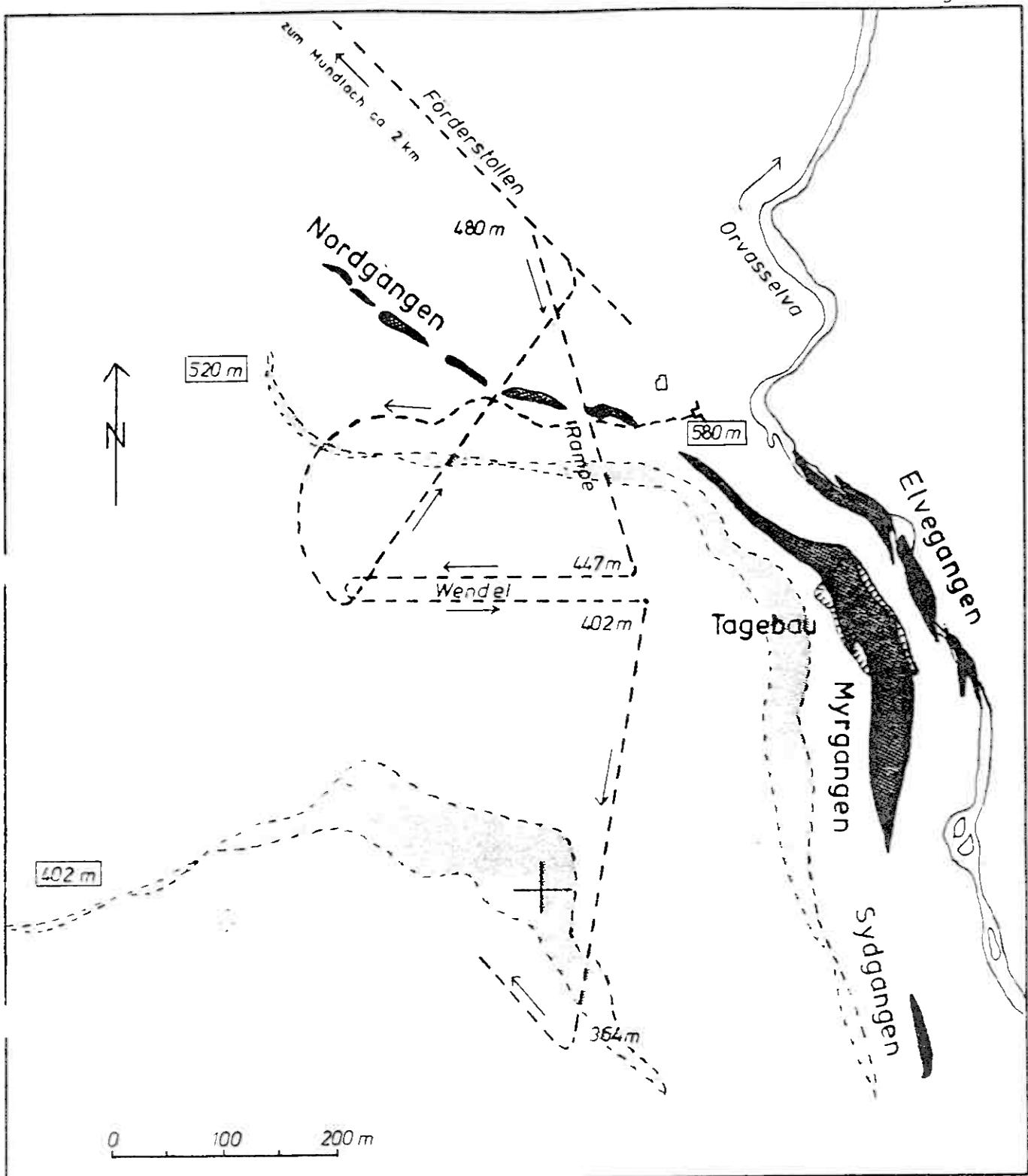
Übersichtskarte Norwegen

aus Wolf (1976): Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore

Deposits , Vol. 6

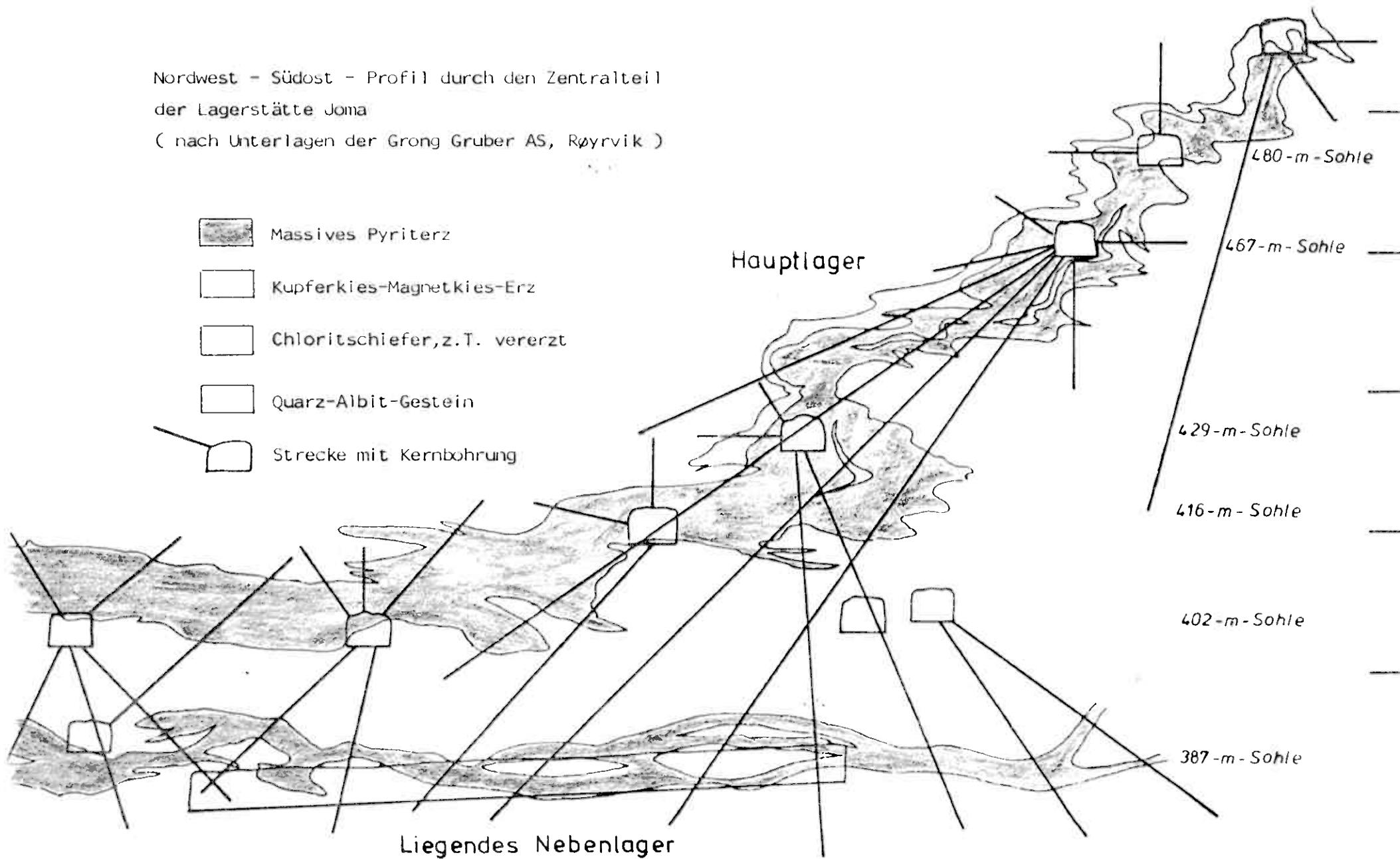


Lage des Kartiergebietes und der Grube Joma , SE bzw. E von Rorvik / Nord-Trondelag  
 (verkleinerter Ausschnitt der top. Karte Norwegen 1:50000, Blatt 1924 I u.IV )

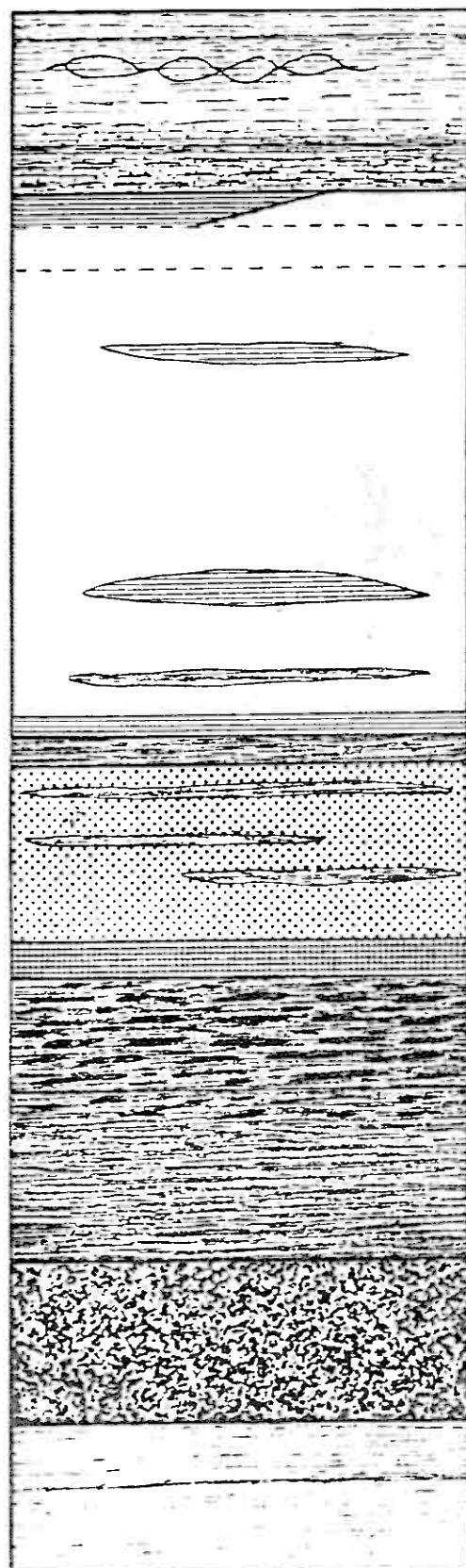


Lageskizze der Joma Erzkörper im Tagesausbiß (580 m ü.NN), sowie in 520 m ü.NN und in 402 m ü.NN  
 Das Grubengebäude wird durch den Verlauf von Förderstollen, Rampe und Hauptwendeln angedeutet.

Nordwest - Südost - Profil durch den Zentralteil  
der Lagerstätte Joma  
( nach Unterlagen der Grong Gruber AS, Rørvik )



## Idealisierte Stratigraphie des Hauptlagers der Grube Jorna



stratigraphisch Hangendes

Karbonatreicher Grünstein, lokal mit Pillow-Strukturen  
am Erzkontakt stärker geschiefert und  
Sulfidimprägnation  
lokal Marmorbank am Kontakt  
ZnS-Schlieren im Pyritzer, nehmen  
zum Liegenden hin ab

Massives Pyritzer mit einigen Marmor -  
und Chloritschieferlinsen

Marmor und amphibolreicher Chlorit -  
schiefer , "Zwischenmittel"  
Kupferkies-Magnetkies-Erz mit z. T.  
Magnetitfüh. Chlorit-Amphibol-Schiefer  
Lagen und Linsen  
"Durchbewegterz"  
Quarzitbank, lokal mit Magnetit

banderzähnlich vererzter Chloritschiefer  
z.T. reich an Kupferkies  
"Imprägnationserz"

erzfreier Chloritschiefer

Quarz-Albit-Gestein, netzwerkartig  
mit Pyritgängchen durchsetzt  
z. T. gebändert

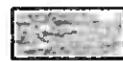
Massiger Grünstein

stratigraphisch Liegendes



Ausschnitt eines Profils durch das Liegende Nebenlager

Joma , 387-m-Sohle , SW-Stoß der Nw-Kammer , Längsseite etwa 10 m



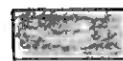
Massives Pyritzerz



Chloritschiefer



Marmor



Kupferkies-Magnetkies-Erz



Grünstein



Quarz-Albit-Gestein



Abb. 1 Durchbewegtes Kupferkies-Magnetkies-Erz (Bildmitte), im Liegenden durch eine Chlorit-Amphibol-Schiefer Lage vom Massiven Pyriterz getrennt  
Joma, 375-m-Sohle, E-Auffahrung nach N , Weststoß

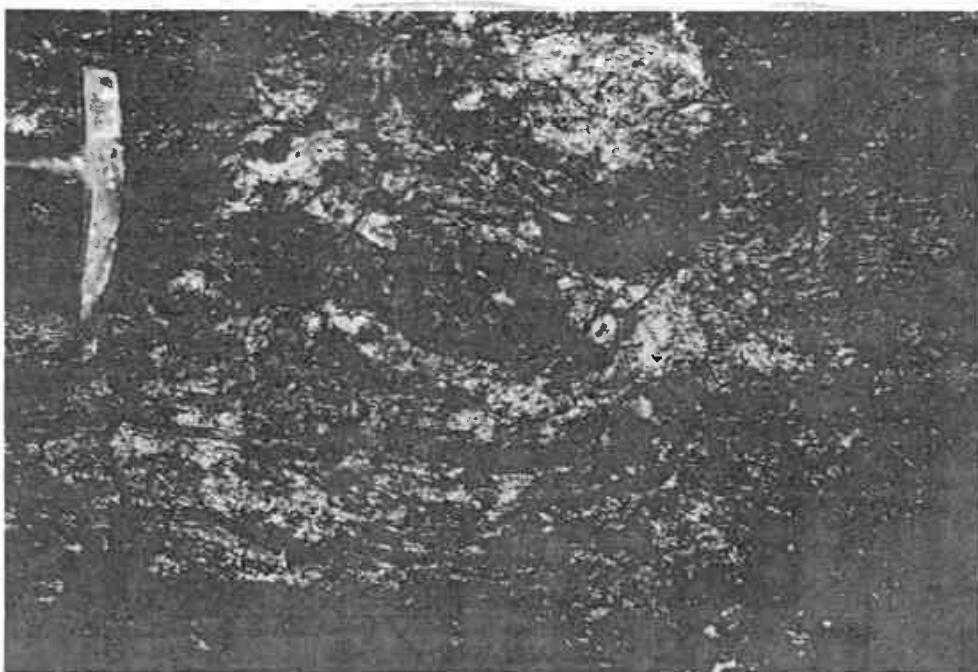


Abb. 2 Durchbewegtes Kupferkies-Magnetkies-Erz mit zahlreichen, z.T. rotierten Fragmenten ehemals konkordanter Chloritschieferlagen  
Joma, 375-m-Sohle, E-Auffahrung nach N , Weststoß



Abb. 3 Falten im Grünschiefer

Die Faltenscheitel werden teilweise durch  
kleine Aufschreibungen versetzt, Borvassellv

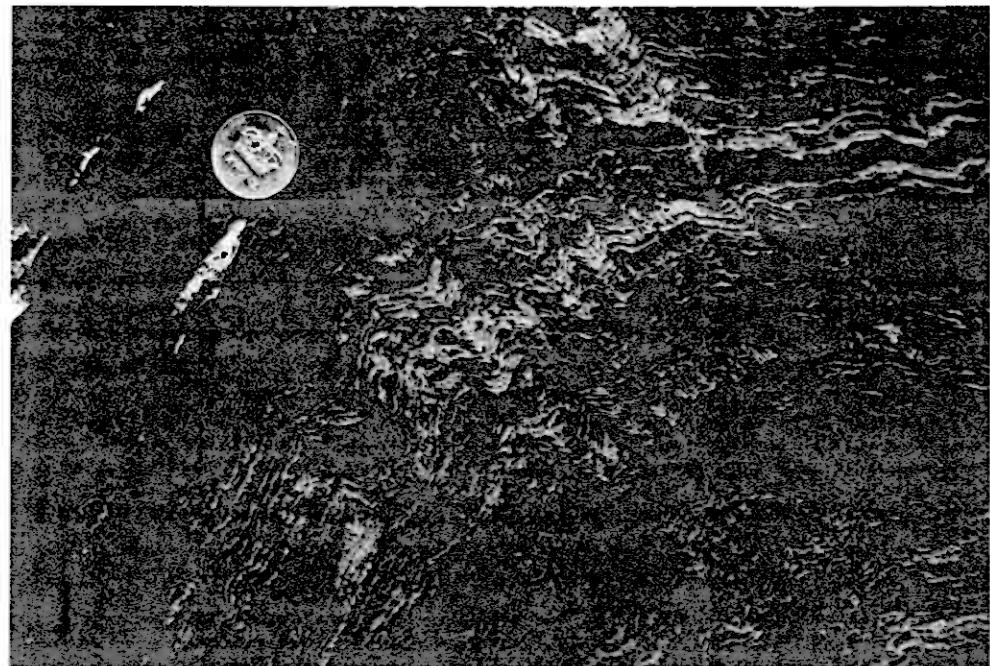


Abb. 4 Kleinfältelung im Grünschiefer mit Grenulation  
Ausschnitt aus Abb. 3, Borvassellv

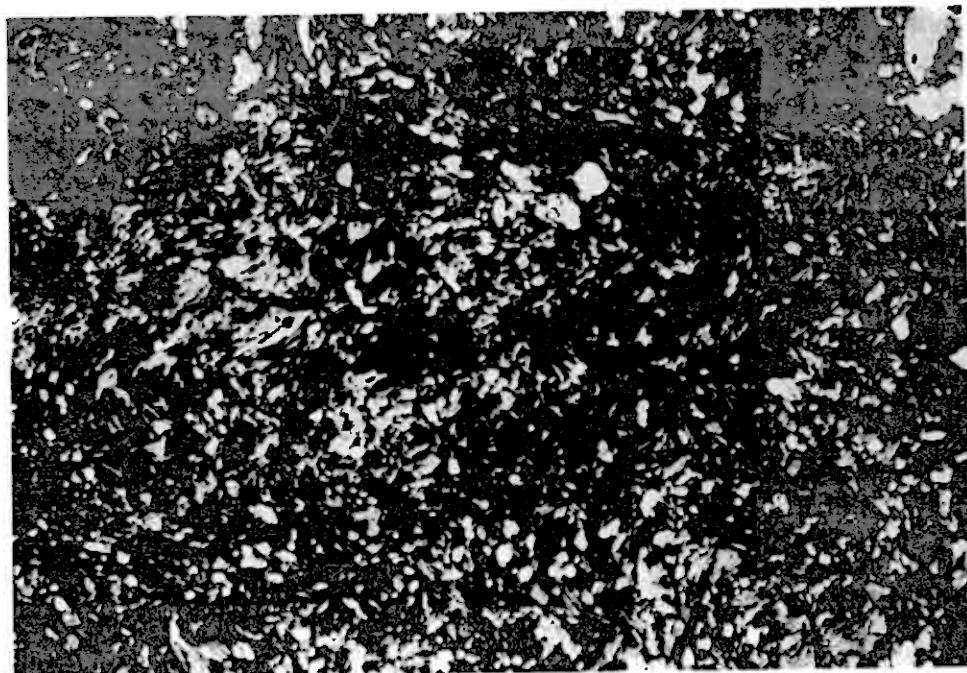


Abb. 5 Albite-Chlorit-Schiefer: Leithorizont  
graugrün : Mg-Chlorit  
grau und weiß : Quarz und Albite  
Bildlängskante 12,5 mm

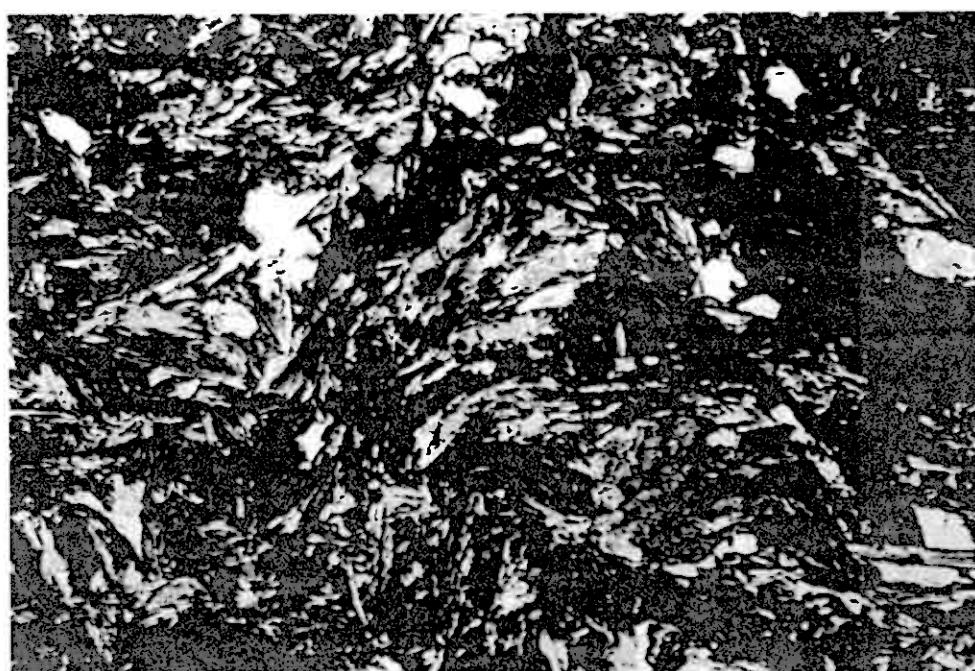


Abb. 6 Grünschiefer: Reliktische Hornblende (rechts unten)  
von Aktinolith umgeben  
Bildlängskante 1,06 mm

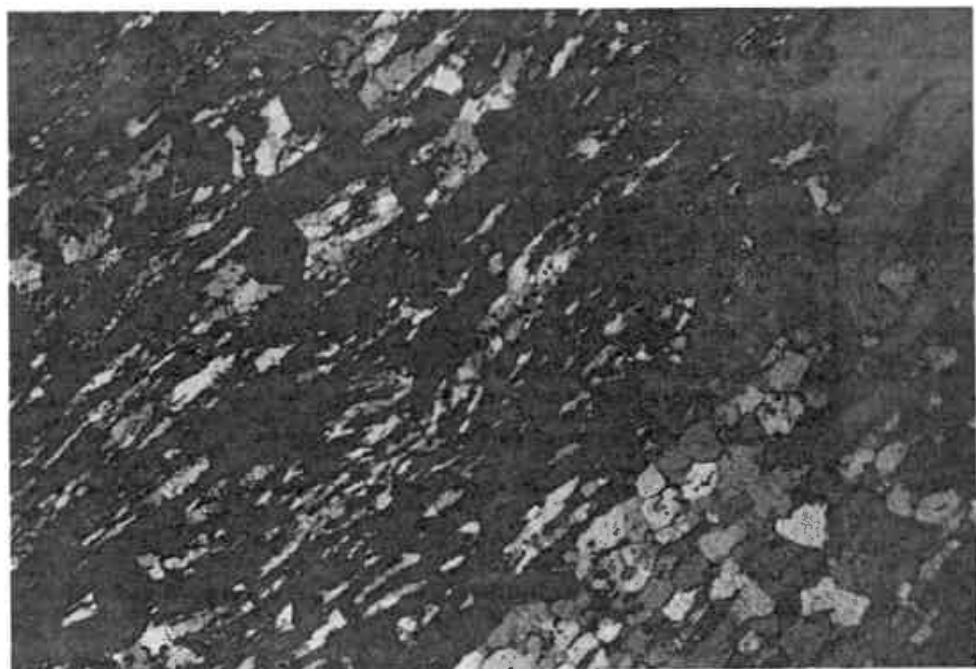


Abb. 7 Granat-Biotit-Phyllit: Biotit-reiche Lagen  
mit Quarziagen, zonar gebaute Granate (links oben)  
Biotitleisten (braun), Quarzpflaster (rechts unten)  
Bildlängskante 12,5 mm

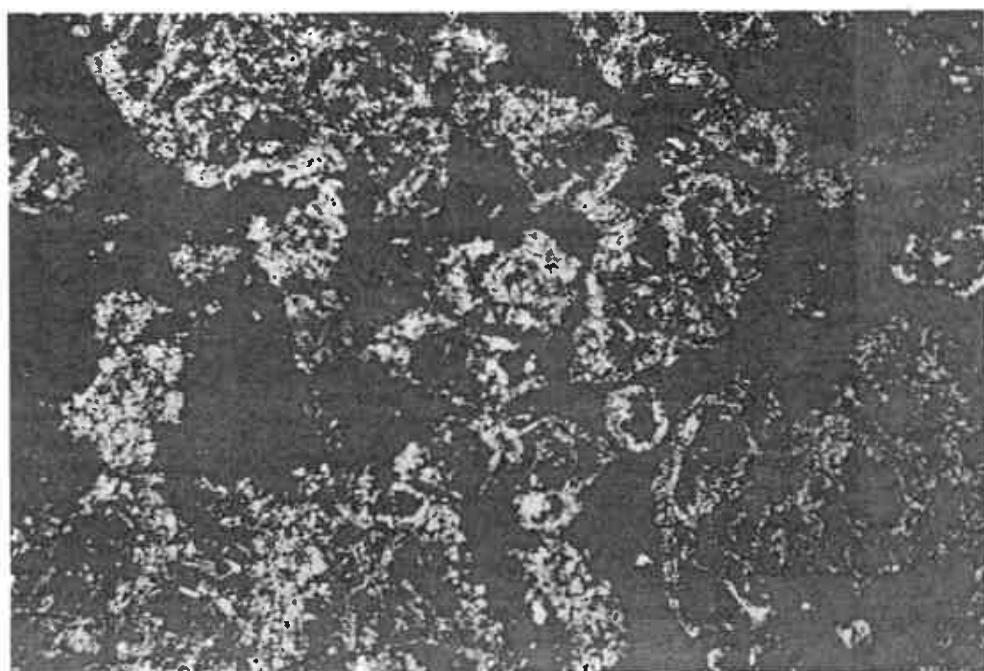


Abb. 8 Metaultrabasit: Talc pseudomorphosen nach Olivin,  
schwarz : Chlorit  
Bildlängskante 12,5 mm



Abb. 1 Kataklastischer Pyrit (weiß, Bildmitte) mechanisch  
durch Magnetkies (braun) von Rissen her verdrängt,  
umgeben von Kupferkies (gelb)  
Joma , Hauptlager , 495-m-Sohle  
Auflicht , Luft , // Nicols

50  $\mu m$

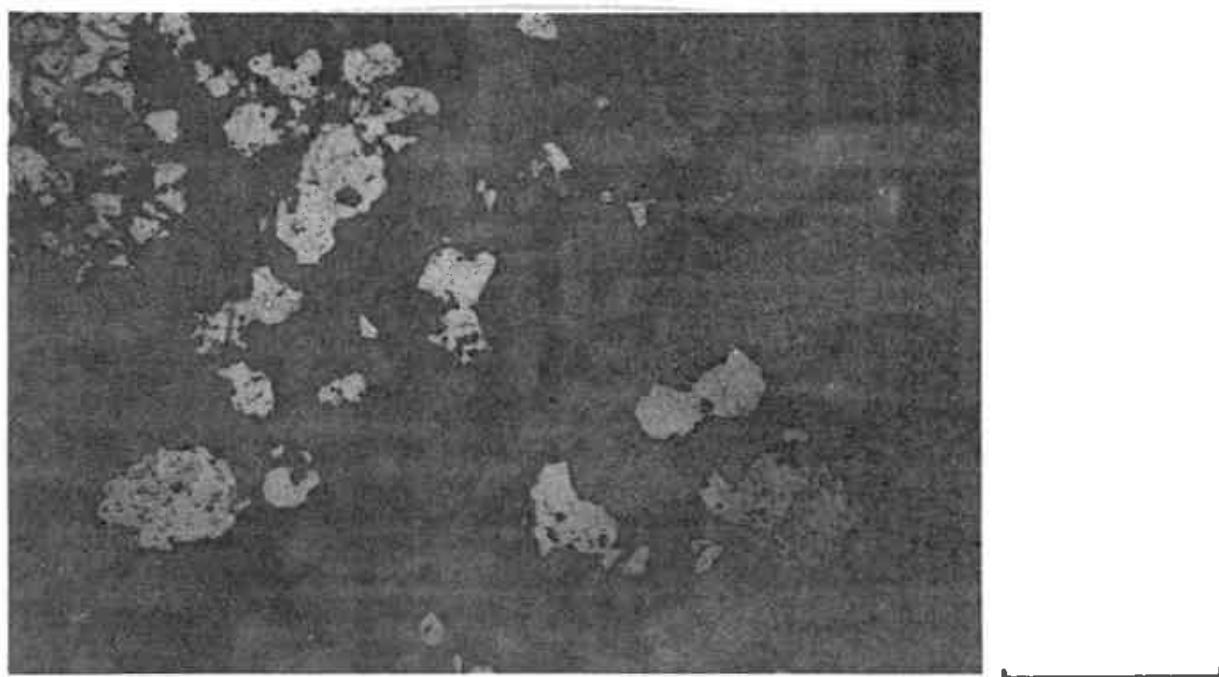


Abb. 2 Idiomorpher Magnetit (grau) und xenomorpher Pyrit  
(weiß) im Magnetkies (braun)  
Joma , Hauptlager , 495-m-Sohle  
Auflicht , Luft , // Nicols

50  $\mu m$



Abb. 3 Zinkblende (dunkelbraun, mit rötlichen IR) verwachsen mit kantengerundeten, idiomorphen Pyritkörnern, umgeben von Kupferkies (hellgelb)  
Joma . Hauptlager , 495-m-Sohle  
Auflicht , Immersion , // Nicols

100  $\mu m$

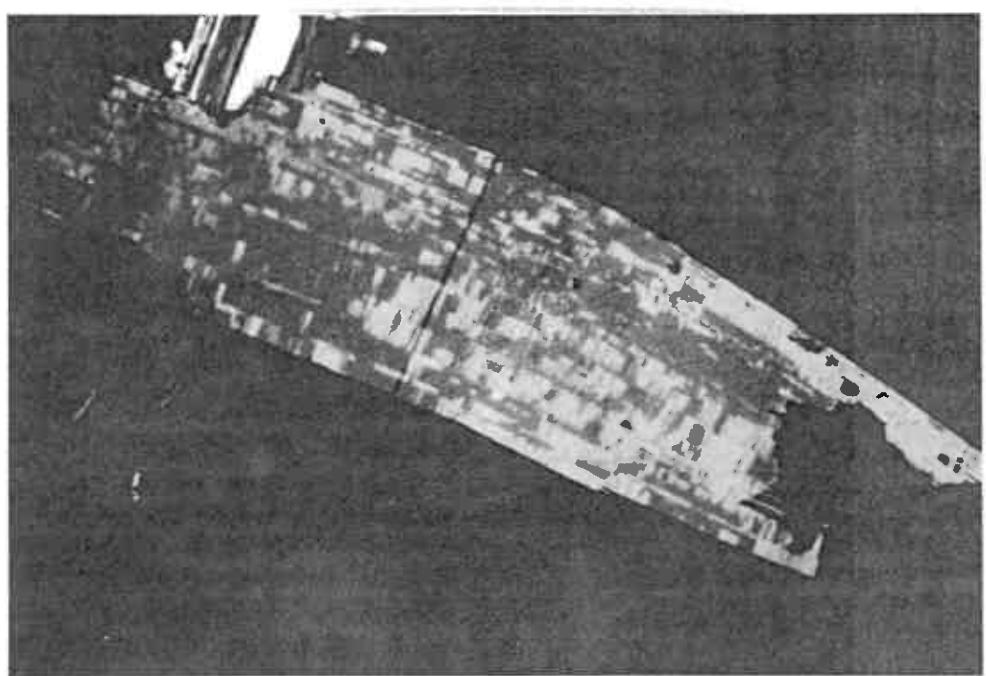


Abb. 4 Cubanitkristall (lamellenförmig, hellblau) in Kupferkies eingelagert, Entmischungsprodukt!  
Joma , Hauptlager , 495-m-Sohle  
Auflicht , Immersion , angekreuzte Nicols

100  $\mu m$

# GEOLOGISCH PETROGRAPHISCHE KARTE

## GÅSVATNET SMÅVATNAN (SE RØYRVIK)

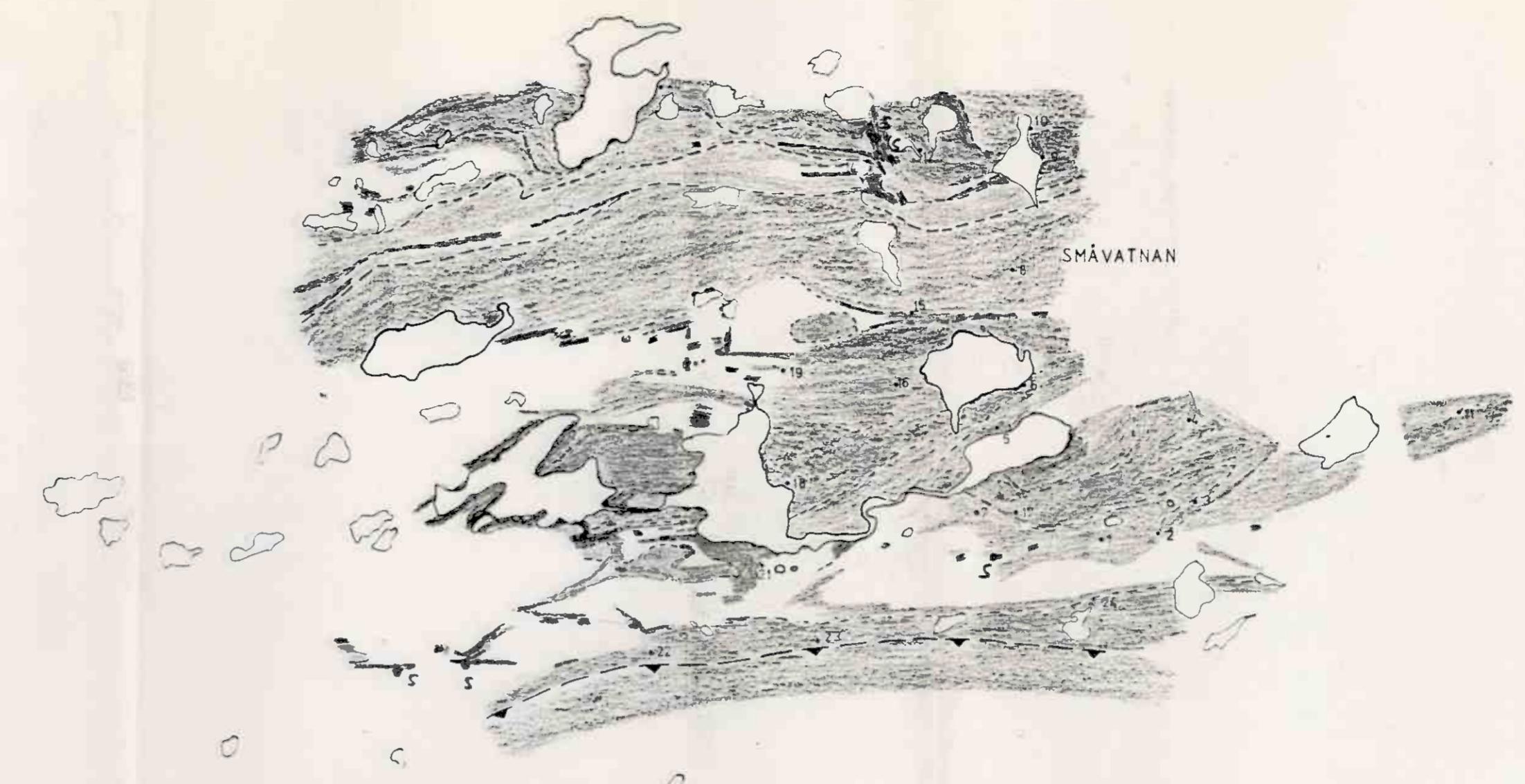
### ZEICHENERKLÄRUNG

- [Quarzit]
- [Grünschiefer]
- [Phyllit]
- [Metabasite u. Metaultrabasite]
- [Limingen Gruppe]
- [Gesteinsgrenzen u. Grenzen der aufgeschlossenen Bereiche]
- [Deckenüberschiebung]
- [Probenpunkte]
- [Gewässer]
- [Erzband]
- [Erzimprägnation]

N

0 100 200 300 400 500m

Horstach 84



LIMINGEN GRUPPE



# STRUKTURELEMENTKARTE

GÅSVATNET – SMÅVATNAN (SE-RØYRVIK)

## ZEICHENERKLÄRUNG

- Streich- und Einfallsrichtung der Planargefüge
- Abtauchen der Faltenachsen
- Deckenüberschiebung
- Gewässer

0 100 200 300 400 500 m



Herbst 84

