



# Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

## Rapportarkivet

Innlegging av nye rapporter ved: Peter

Bergvesenet rapport nr <b>5914</b>	Intern Journal nr Kasse nr. 74	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Folldal Verk AS	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Folldal Verk a.s.	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Bericht zu der feldarbeiten in der Umgebung der Tverrfjell-Lagerstätte				
Forfatter Krupp, Ralf Krupp, Gabriele	Dato sommer 1982	År	Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)	
Kommune Dovre	Fylke Oppland	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 15193	1: 250 000 kartblad Røros
Fagområde Geologi	Dokument type	Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Tverrfjellet		
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Cu, Zn, S			
Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse Rapporten omhandler kartlegging av området rundt forekomsten på Tverrfjellet., og gir en beskrivelse av bergarter og facies, samt tektoniske forhold. Den er vdelagt geologisk kart, tektonisk kart, isoklinalfoliasjon, tverrprofil og blotningskart				

Bericht

zu den Feldarbeiten

in der Umgebung der Tverrfjell - Lagerstätte

Dr. Ralf Krupp und Gabriele Krupp

Sommer 1982

## Inhalt

<u>1. Vorbemerkungen</u> .....	1
<u>2. Gesteinsabfolge und -fazies</u> .....	2
<u>2.1. Einführung</u> .....	2
<u>2.2. Gulaschiefer</u> .....	2
<u>2.3. Gesteine der Störengruppe</u> .....	3
<u>2.4. Höhermetamorphe Gesteine</u> .....	10
<u>3. Tektonik</u> .....	11
<u>3.1. Einführung</u> .....	11
<u>3.2. Isoklinalfalten (F1)</u> .....	11
<u>3.3. Zweite Faltungsphase (F2)</u> .....	12
<u>3.4. Hypothetische Überschiebungsbahn zwischen den Gulaschiefern und den Gesteinen d. Störengruppe</u> .....	19
<u>3.5. Aufschiebung der Störengruppe auf höhermetamorphe Gesteine</u> .....	19
<u>3.6. NW-SE streichende Störungen ("neokaledonische Störungen")</u> .....	20
<u>3.7. N-S streichende Störungen</u> .....	20
<u>4. Schlußfolgerungen</u> .....	22
<u>5. Anhang</u>	
- Geologische Karte	
- Tektonische Karte	
- Isoklinalfoliationen	
- Querprofil	
- Aufschlußkarte	

## 1. Vorbemerkungen

Zweck der im Sommer 1981 begonnenen und im Sommer 1982 weitergeführten Detailkartierung ist die Klärung der geologischen Situation in der Umgebung der Tverrfjell-Lagerstätte. Die Untersuchungen sollen einerseits dazu dienen, die geologischen Rahmenbedingungen für die Bildung der Lagerstätte zu erarbeiten, also eine Rekonstruktion der Situation vor der tektonischen Überprägung und Metamorphose zu liefern, da die Kenntnis dieser Bedingungen grundlegende Bedeutung für die Exploration der weiteren Umgebung der Lagerstätte hat. Andererseits sollen die Auswirkungen der postkaledonischen N-S-gerichteten Bruchtektonik im Rahmen der Kartierung geklärt werden, um die Suche nach der östlichen Fortsetzung des Tverrfjell-Erzkörpers, der durch eine solche Störung abgeschnitten ist, durch neue Informationen zu unterstützen.

Das 1981 kartierte Gebiet (Tverrfjell-Hjerkinnhöi-Gamle Kongeveien-Höghaug) wurde 1982 nach Westen bis über den Veslknatten hinaus, im Osten bis zum Kvittalen und nach Norden in Richtung Drivdalen (siehe getrennten Bericht B. Koch) erweitert.

Wegen gebietsweise fehlender Aufschlüsse wurden zusätzlich alte Bohrungen aufgenommen um Lücken in der geologischen Karte nach Möglichkeit zu füllen.

Außerdem wurden vorhandene Luftbilder sowie geophysikalische Karten des Gebietes (Magnetometerprofile, Turbomessungen und Gravimetrie) verwendet um vorhandene Aufschlüsse besser korrelieren zu können.

## 2. Gesteinsabfolge und -fazies

### 2.1. Einführung

Die Gesteine in der Umgebung der Tverrfjell-Lagerstätte können grob in drei größere Einheiten unterteilt werden:

- die Gulaschiefer
- die Gesteine der Störengruppe sowie
- die höhermetamorphen Gesteine im NW des Gebietes

Die Gesteine der höhermetamorphen Einheit können bislang nicht sicher stratigraphisch eingestuft werden, da sie sowohl gegen die Gesteine der Störengruppe als auch gegen die weiter im NW anschließenden Augengneise und Sparagmite tektonisch begrenzt sind.

### 2.2. Gulaschiefer

Die Gulaschiefer treten im S des Arbeitsgebietes auf und bestehen aus einer sehr monotonen Serie von Kalkphylliten mit einzelnen, mehr quarzitischen Lagen sowie Aufarbeitungs- und Geröllhori-zonten. Teilweise zeichnen sich die Gulaschiefer auch durch einen Gehalt an Graphit und feinverteiltem Sulfid aus.

Der Übergangsbereich der Gulaschiefer zu den Gesteinen der Stören-gruppe ist im untersuchten Gebiet nirgendwo aufgeschlossen, so daß die Natur dieser Grenze vorerst nicht geklärt werden konnte. Allgemein wird jedoch angenommen, daß es sich bei dieser Grenze um eine Überschiebung handelt.

### 2.3. Gesteine der Störengruppe

#### Hjerkinnkonglomerat Serie

Die ersten (nicht unbedingt die ältesten) Gesteine, die hier zur Störengruppe gezählt werden, sind die Begleitgesteine des Hjerkinnkonglomerates. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um graue, quarzreiche Biotit-Muskovit-Glimmerschiefer, die konglomeratische Horizonte oder Linsen sowie quarzitische Horizonte beinhalten. Die Konglomeratlagen können in mehreren Niveaus auftreten und werden allgemein als "Hjerkinnkonglomerat" bezeichnet. Bei den Glimmerschiefern handelt es sich möglicherweise um ehemalige, relativ sandige, Sedimente terrigener Herkunft.

Die Konglomerate selbst enthalten teilweise über 10 cm dicke, recht gut gerundete Gerölle, die überwiegend aus Milchquarz, aber auch aus granitoiden Gneisen, Quarziten, Marmor (rekristallisierten Kalksteingeröllen) und einigen weiteren, noch nicht identifizierten Gesteinstypen, evtl. auch Keratophyren, bestehen.

Besonders Quarzitgerölle sind häufig weniger stark deformiert und lassen noch deutlich die gute Zurundung erkennen. Es könnte sich evtl. um ein ehemaliges Brandungskonglomerat, vielleicht um ein Transgressionskonglomerat handeln, welches dann im Bereich einer relativ steilen Küstenlinie gebildet worden sein müßte.

Die enge Vergesellschaftung von Konglomeratlagen mit Quarziten spricht stark dafür, daß es sich bei den Quarziten tatsächlich um ehemalige klastische Sandsteine handelt und nicht etwa um metamorph rekristallisierte Cherts o.ä.

#### Marmorhänderschiefer

Über dieser Abfolge folgt eine Serie sogenannter Marmorhänderschiefer. Bei diesen Gesteinen fällt die deutlich grüne Gesamtfarbe auf, die vor allem durch einen Gehalt von Chlorit verursacht wird. Diese Gesteine enthalten häufig auch mehr quarzitische Partien, sodaß mit einem beigemischten klastischen Sedimentanteil gerechnet werden muß.

Die sog. Marmorbänderschiefer verlaufen keineswegs parallel zu sonstigen ehemaligen Schichtungsmerkmalen sondern quer hierzu. Es wird daher angenommen, daß es sich um ehemalige lateralsekretionär gebildete Kluftfüllungen handelt, die metamorph rekristallisiert sind.

Der oft hohe Anteil an grünen Bestandteilen lässt möglicherweise auf eine Beimengung von aufgearbeitetem basaltischem Material schließen.

#### Vulkanitführende Serie (1)

Im tektonisch Hangenden der Marmorbänderschiefer folgt dann im SE des Gebietes eine Serie, die größtenteils aus Wechsellagerungen teilweise sehr dünner amphibolitischer Horizonte mit verschiedenen, meist quarzreichen chloritischen Schiefern aufgebaut wird.

In dieser Serie treten häufiger auch amphibolitische Horizonte auf, die einen teilweise sehr hohen Magnetit- und/oder Sulfidanteil (Pyrit) enthalten und meistens von kieseligen Lagen (cherts) begleitet werden. In einzelnen Fällen treten auch dünne massive Sulfidbänder auf (besonders im zweiten Bach E der Hjerkinn Fjellstua). Bei diesen dünnen amphibolitischen Horizonten muß man wohl davon ausgehen, daß es sich um ehemalige basaltische Tuffe oder auch verdriftete feinkörnige Erosionsprodukte basaltischer Gesteine handelt.

Die Sulfid-/ Magnetit-/ chert-Horizonte müssen in jedem Fall als Produkte thermaler submariner Mineralisationsphänen aufgefaßt werden.

Weiter im SW des Gebietes scheinen die amphibolitischen Gesteine gegenüber den quarzreichen Chlorit-Serizit-Schiefern zurückzutreten, teilweise sind auch Übergänge zu Granatglimmerschiefern zu beobachten. Nach NW und N hin dominieren aber eindeutig amphibolitische Gesteine. Wahrscheinlich gehören hierher auch die Grünsteine und Grünschiefer der Armodshoi mit ihrem massiven Pyriterhorizont.

Die Grenzen der hier genannten Gesteine zueinander sind anscheinend in vielen Fällen keine reinen Schichtgrenzen sondern Faziesgrenzen.

### Quarzit (früher Quarzit I)

Früher (siehe Bericht 1981) wurde im Wesentlichen von der Existenz zweier Quarzithorizonte ausgegangen, die entsprechend als Quarzit I und Quarzit II bezeichnet wurden.

Dies hat sich durch die Fortsetzung der Kartierarbeiten, bes. in östlicher Richtung insofern als falsch erwiesen, da sowohl stratigraphisch unterhalb als auch oberhalb dieser beiden Quarzite weitere Quarzithorizonte nachgewiesen werden konnten (östliche Hjerkinnhöi, Kvittalsveien). Außerdem hat sich der Verdacht verstärkt, daß einzelne Quarzite auskeilen bzw. überhaupt linsenförmig auftreten, sodaß insgesamt den Quarziten nicht mehr die stratigraphische Bedeutung zugemessen werden kann, wie ursprünglich angenommen.

Der über der zuvor beschriebenen Vulkanitführenden Serie I beschriebene Quarzit (früher Quarzit I) ist nicht kompakt sondern enthält viele dünne Zwischenlagen von phyllitischem Material. Neben dem Hauptmineral Quarz zeigen die quarzitischen Lagen Beimengungen von Biotit. Zum Teil fällt auch ein Gehalt von Karbonaten auf, die unter metamorphen Bedingungen teilweise oder ganz zu Kalksilikaten reagiert haben. Die phyllitischen Lagen werden als politische Einschaltungen in ein sonst überwiegend sandiges Sediment interpretiert.

### Vulkanit-Serie (II)

Über dem Quarzit folgen zunächst etwas quarzitische Schiefer in einer nur geringen Mächtigkeit, die dann im E von mächtigen, im W fast auskeilenden Chlorit-Serizit Schiefern überlagert werden. Dieser gleiche Typ von Schiefer tritt auch in anderen stratigraphischen Niveaus häufiger auf und hat seine größte Verbreitung im Bereich der Hjerkinnhöi (s.u.).

Im Gebiet der südlichen Hjerkinnhöi gehen diese Schiefer faziesbedingt in eine Vulkanitbreccie über. Diese Breccie besteht aus einer Matrix von Serizitphylliten, die bei genauem Hinsehen Fragmente basischer und seltener auch saurer Vulkanite enthält. Die Fragmente können bis zu 20 cm groß werden und sind parallel zur Schieferung stark ausgeplättet.

Bei den basischen Gesteinsfragmenten kann man teilweise noch Blasenfüllungen erkennen, teils haben die Gesteine auch eine dichte Struktur.

Vermutlich ist dieser auf der südlchen Hjerkinnhöi relativ dünnmächtige Horizont mit der breit austreichenden Vulkanit-breccie E und S Grönbakken korrelierbar. Dort ist diese Einheit besonders gut im Flußprofil der Svani aufgeschlossen.

Diese Breccien werden als Erosionsprodukte von abgetragenen Vulkanbauten aufgefaßt (Epiklastite) oder auch als vulkanoklastisch. In Richtung der Tverrfjell-lagerstätte, also nach W bzw. SW hin, sind diese Breccien nicht nachweisbar. Es ist wahrscheinlich, daß diese dort in die gebänderten Amphibolite übergehen, also eine faziale Weiterentwicklung der gebänderten (und daher umgelagerten, s.u.) Amphibolite darstellen.

Im Gebiet der südlchen Hjerkinnhöi folgen über dieser Breccie ebenfalls meist gebänderte Amphibolite, die nach E rasch auskeilen, nach W in Richtung der Lagerstätte und besonders nach N schnell an Mächtigkeit gewinnen. Die Amphibolite im Bereich des Tverrfjells und NE der Veslfallbrui und insbesondere die Amphibolite der Tverrfjell-lagerstätte, aber auch das große Amphibolitareal E Svánø können hiermit korreliert werden.

Die Amphibolite sind unterschiedlich ausgebildet: es treten kompakte und homogene Gesteinstypen auf, die sicherlich basaltisches bis andesitisches Gestein in relativ unveränderten Zustand repräsentieren. Dann treten Gesteine mit ausgezogenen hellen Flecken auf, die entweder porphyrische Einsprenglinge oder, wahrscheinlicher, ehemalige Blasenfüllungen sind. Hier von unterscheiden sich grundsätzlich die gebänderten Amphibolite, die sehr inhomogen sind, mit karbonatischen und auch phyllitischen Zwischenlagen. Bei diesem Gesteinstyp liegt wohl umgelagertes vulkanisches Material vor, welches z.T. mit anderen Sedimenten vermischt wurde, jedoch nicht in dem Maße, wie es für die Vulkanitbreccie angenommen wird.

Ein weiteres Gestein, welches in dieser Serie als schichtförmige Einlagerungen bis zu mehreren Metern Mächtigkeit vorkommt und in einer räumlichen und genetischen Beziehung zu den Amphiboliten steht, zeichnet sich durch Lagen großer (bis

mehrere cm), idioblastischer Hornblendekristalle in einer hellen Matrix aus.

Die Frage nach dem Ausgangsmaterial ist problematisch, doch wahrscheinlich handelt es sich hierbei um Einschaltungen saurer Tuffe zwischen einzelne Ströme basischer Laven.

Innerhalb dieser Gesteinsserie wurde im Gipfelbereich des Tverrfjells eine Einschaltung eines relativ sauren Vulkanits festgestellt, der sich auf ca. 500 m Länge verfolgen ließ und ca. 20 bis 30 m mächtig ansteht. Dieser enthält an mafischen Bestandteilen überwiegend Biotit, ansonsten Quarz und Feldspat.

Der Erzkörper der Tverrfjell-Grube ist, bei Annahme normaler Lagerung, im liegenden Teil dieser Abfolge angesiedelt, tektonisch gesehen auf der Südflanke einer F2-Synform.

Die Granatglimmerschiefer, die im Liegenden, südlich des Erzkörpers, verbreitet sind und auch sonst im W-Teil des Untersuchungsgebietes häufig anzutreffen sind, scheinen im E, wohl ebenfalls faciesbedingt, zu fehlen.

Nähe der Basis dieser Einheit (normale Lagerung angenommen: also im Süden) ist im Gebiet zwischen der Tverrfjell-Grube und dem südlichen Veslknatten ein Gesteinskomplex eingeschaltet, der als ehemaliges saures Extrusivgestein (Dazit) gedeutet wird. Es handelt sich um einen quarz- und feldspatreichen Biotit-Granat-Glimmerschiefer von normalerweise hellgrauer Farbe. Es treten größere und kleinere Gesteinspartien auf, die sich durch hohen Karbonatanteil und dann in der Regel fehlende Granate auszeichnen. Diese Teile werden als Zonen vulkanogen-hydrothermaler Alteration gedeutet. Der Gesteinskörper enthält einen oder mehrere Horizonte einer sehr charakteristischen Meta-Vulkanitbreccie, die ausschließlich eckige Fragmente eines stark umgewandelten (karbonatisierten) sauren Vulkanits in einer karbonatreichen Matrix mit Amphibol und Biotit enthält. Hierbei handelt es sich vermutlich um ein Agglomerat, wie es bei der subaquatischen Extrusion saurer Vulkanite entsteht. Nördlich an den "Metadazit" anschließend folgt nach einer geringfügigen Übergangszone eine Abfolge amphibolitischer Gesteine und Grünschiefer.

Die Übergangszone enthält im Bereich des Veslknattens einen bis mehrere exhalativ sedimentäre Erzhorizonte, die aus zahlreichen Bohrungen bekannt sind und Zn- und Cu-Gehalte aufweisen.

Dieses stratigraphische Niveau wird mit dem östlich anschließenden Tverrfjell-Erzkörper korreliert, der möglicherweise durch die saure Extrusion gebildet wurde (Kuroko-type).

Es ist im Moment noch fraglich, inwieweit die nördlich des Tverrfjells auftretenden Granat-Glimmerschiefer mit dem sauren Extrusivkörper auf der Südflanke der F2-Synform genetisch zusammenhängen. Falls es sich bei den Granat-Glimmerschiefern tatsächlich um ein Äquivalent des "Metadazits" handelt, so wäre das Gebiet nördlich des Tverrfjells für eine weitere Exploration interessant.

#### Quarzit (früher Quarzit II)

Zum tektonisch Hangenden hin folgen dann zunächst wieder geringmächtige Chlorit-Serizit Phyllite und schließlich ein weiterer Quarzithorizont, der dem zuvor beschriebenen Quarzit in petrographischer Hinsicht völlig gleicht.

#### Chlorit-Serizit Schiefer und Karbonat-Chlorit-Serizit Schiefer

Die Chlorit-Serizit Schiefer bilden zusammen mit den Karbonat-Chlorit-Serizit Schiefern ein mächtiges, relativ monotonen Gesteinspaket. Diese Gesteine sind vor allem im Bereich der Hjerkinnhöi sowie im äußersten Norden des Untersuchungsgebietes - nördlich und nordöstlich Höghaug - verbreitet.

Die Abfolge ist in den unteren Teilen zunächst karbonatfrei und führt dann weiter im (tektonisch) Hangenden, oft lagenweise angereichert, idioblastische Dolomitkristalle von einigen mm Größe, die öfter über 10% des Gesteins ausmachen. Außer dem Karbonatgehalt weisen die Gesteine makroskopisch keine Unterschiede auf. Es sind Chlorit-Serizit Schiefer, die gelegentlich noch eine undeutliche Ränderung (Schichtung) zeigen.

Häufig sind, parallel zur Ränderung, Lagen von Biotit erkennbar, der meist mit der Basisfläche quer zur Schichtung gewachsen ist.

In zwei Aufschlüssen an der E6 enthält diese Serie Horizonte von Keratophyrtuffen, die bis zu einigen m mächtig sind. Die Schiefer zeigen in diesem Abschnitt ebenfalls eine besonders ausgeprägte Parallel-Ränderung, so daß man zumindest an diesen Stellen annehmen kann, daß es sich um Tufte oder Tuffite handelt. Eine Interpretation der gesamten Schieferserie als Tufte dürfte dagegen zu weit führen, da dies schon aufgrund der enormen Mächtigkeit unwahrscheinlich ist. Es ist wahrscheinlicher, daß es sich um pelitische Sedimente mit teilweise vulkanischem, teilweise terrigenem Ausgangsmaterial handelt, in welches episodisch pyroklastische Horizonte eingeschaltet sind.

#### Biotit-Schiefer

Nördlich und nordöstlich vom Höghaug gehen die Chlorit-Serizit-Schiefer mit einer Übergangszone in Biotit-Schiefer über.

Die Übergangszone zeichnet sich durch Zunahme von Amphibolidioblasten aus, die auf Schieferungsflächen eingeregelt sind, aber auch von Kluftzonen aus im Gestein gewachsen sind.

Es entstanden lokal regelrechte Hornblendegarbenschiefer. *Abdruck?*

Die schwarz gefärbten Biotit-Schiefer bestehen im Wesentlichen aus reichlich Biotit, etwas Muskovit, sowie Quarz und Feldspäten. In den Biotit-Schiefern treten häufig Quarzhänder und Quarzkauern auf, die auch Feldspat und Calcit (und Andalusit?) enthalten können. *Lyp* *durch*

#### 2.4. Höhermetamorphe Gesteine

Die im NW auftretenden höhermetamorphen Gesteine werden aus, teilweise granatführenden, Rötít-Feldspat-Gneissen und Granat-Glimmerschiefern aufgebaut, in die einzelne Amphibolite und Quarzite eingelagert sind.

Diese Serie wird nach SW durch eine Aufschiebung bzw. durch N-S Störungen gegen die Gesteine der Störengruppe abgegrenzt. Es handelt sich vermutlich um die N-Fortsetzung des Andberghöi-Komplexes aus dem Gebiet von Dombås (Guezon, 1978).

### 3. Tektonik

#### 3.1. Einführung

Die heutige tektonische Situation im Gebiet um die Tverrfjell-Lagerstätte ist das Ergebnis mehrerer aufeinanderfolgender, teilweise voneinander unabhängiger und unterschiedlicher tektonischer Ereignisse. Durch die kaledonische Orogenese wurden die Gesteinsserien isoklinal verfaltet und von NW her als Decken überschoben. Durch eine weitere Einengung des Deckenkomplexes wurden die zunächst wohl flach liegenden Isoklinalfalten ein weiteres Mal verfaltet, sodaß sich heute diese zweite Generation von mehr offenen Falten dem System der Isoklinalfaltung überlagert. Hierbei kam es auch zu Aufschiebungen. Diese zweite Generation von Falten ist zumindest im südlichen Teil des Gebietes mehr oder weniger E-W orientiert und zeigt in der Regel eine Nordvergenz.

Eine spätere, NE-SW verlaufende und nach SE einfallende Aufschiebungszone schiebt die Falten der zweiten Phase auf höhermetamorphe Gesteine einer evtl. höheren Deckeneinheit auf und wird als spätkaledonisch gedeutet.

Der so gebildete Gesteinskomplex wird durch ein System von (etwa) N-S verlaufenden, jüngeren Störungszonen mit abschiebendem Charakter durchzogen. Diese N-S Tektonik ist Teil einer größeren Störungszone, die die nördliche Fortsetzung des Oslo-Rift darstellt und daher wahrscheinlich permisches Alter hat.

#### 3.2. Isoklinalfalten (F1)

Eine allgemeine Eigenschaft isoklinal verfalteter Gesteine ist die Transposition früherer S-Gefüge, d.h. die Einregelung solcher S-Texturen parallel zur Faltenachsenebene der Isoklinalfalten.

Kann man den Verlauf einer bestimmten isoklinal verfalteten Schicht nicht im Aufschlußbereich verfolgen bzw. durch Kartierung ermitteln, ist es daher fast unmöglich, Aussagen über den Verlauf dieser Schicht in die Tiefe zu machen.

Querprofile sind daher in hohem Maße hypothetisch. Durch die F1-Faltung wurde eine starke Gesteinsdeformation bewirkt, die besonders an konglomeratischen Gesteinen und Breccien gut erkennbar ist. Die deformierten Gerölle bzw. Gesteinsfragmente belegen, daß die stärkste Auslängung in Richtung der B-Achse erfolgte, die zweitstärkste in c - und die stärkste Kompression in a - Richtung. Durch Beobachtungen an Geröllen konnte ein Verhältnis von a:b:c von etwa 1:10:2 festgestellt werden.

Vor der Überprägung durch die F2-Faltung lagen die Isoklinalfalten vermutlich relativ flach mit etwa E-W ( $80^{\circ}$ ) verlaufenden Faltenachsen. Dies kann man aufgrund des relativ einfachen Interferenzmusters der beiden Faltungsgenerationen (fast koaxiale Deformationspläne, fast gleiche Streichrichtung von S1 ( $80^{\circ}$ ) und S2 ( $60^{\circ}$ ), lediglich unterschiedliche Vergenz) vermuten.

Eine Darstellung der Polpunkte der gemessenen B1-Faltenachsen zeigt, daß diese gegenüber den B2-Faltenachsenrichtungen bezüglich der Orientierung keine signifikanten Unterschiede zeigen (vergleiche Abb. 3 mit 5).

### 3.3. Zweite Faltungsphase (F2)

Die Faltenachsen der zweiten Faltungsphase streichen in der Regel E-W (ca.  $80^{\circ}$ ) und tauchen im W-Teil überwiegend nach W, im E-Teil des Gebietes vorwiegend nach E ab.

Das Abtauchen einzelner gemessener Faltenachsen ist hierbei selten steiler als  $30^{\circ}$  in beiden Richtungen.

Die F2-Falten zeigen überwiegend eine N-Vergenz.

Im Aufschlußbereich zeigen die F2-Falten in phyllitischen Gesteinen oft eine ausgeprägte Schieferung, die die Isoklinalschieferung S1 meist spitzwinkelig schneidet und zum Teil s-förmig verbiegt. In kompetenten Gesteinen wie Quarziten, Amphiboliten etc. ist eine S2-Schieferung nicht ausgebildet.

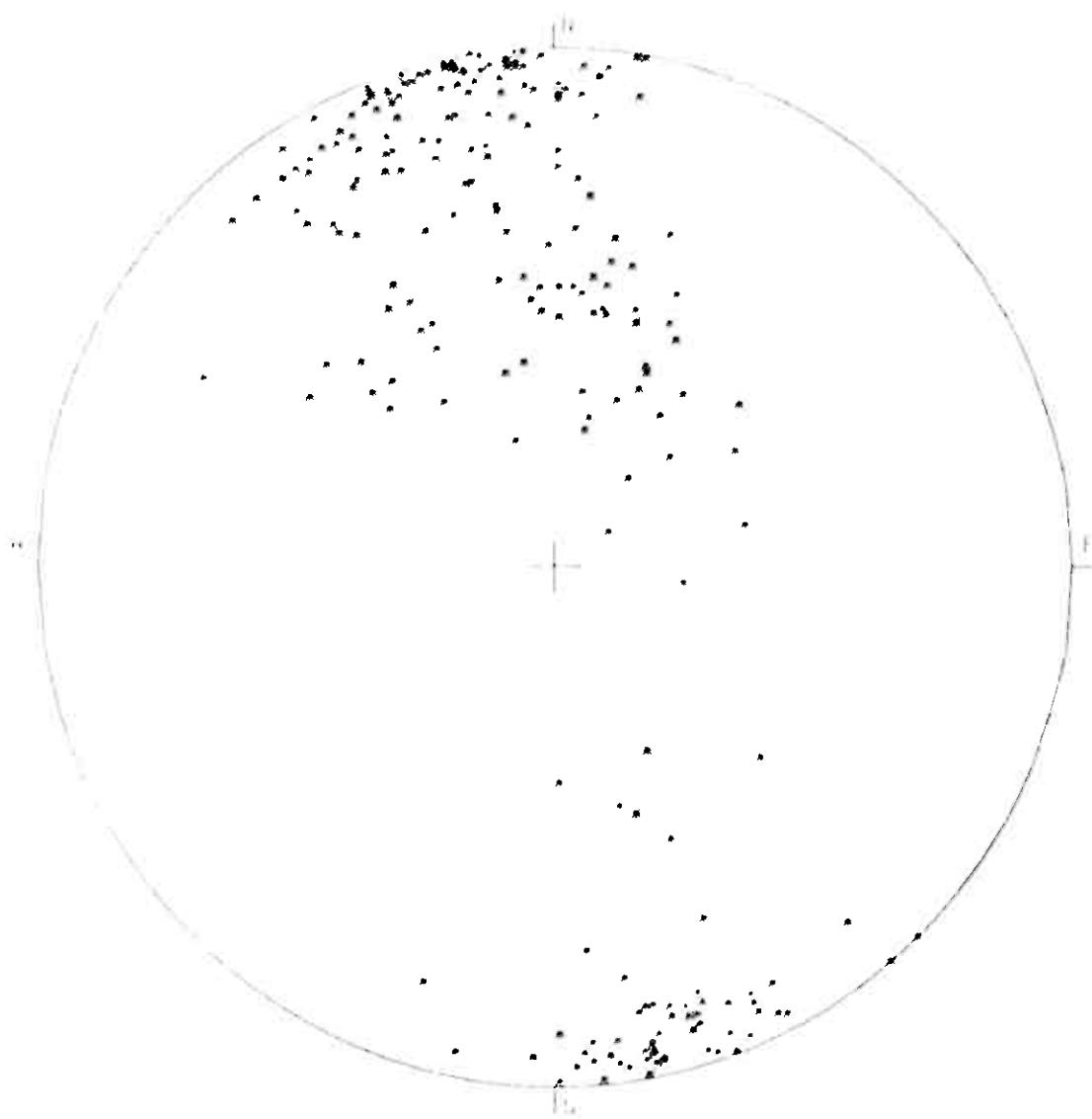
Im größeren Maßstab der geologischen Karte machen sich die F2-Falten durch die Wiederholung lithologischer Leithorizonte bemerkbar, wobei Wellenlängen von ca. 3 km auftreten.

Zur F2-Phase gehören auch kleinere Aufschreibungen, die im Bereich des Quarzits nördlich Hjerskavlen und nördlich der Veslfallbrui nachgewiesen wurden. Nördlich der Veslfallbrui ist auch eine Nylonitzone vorhanden.

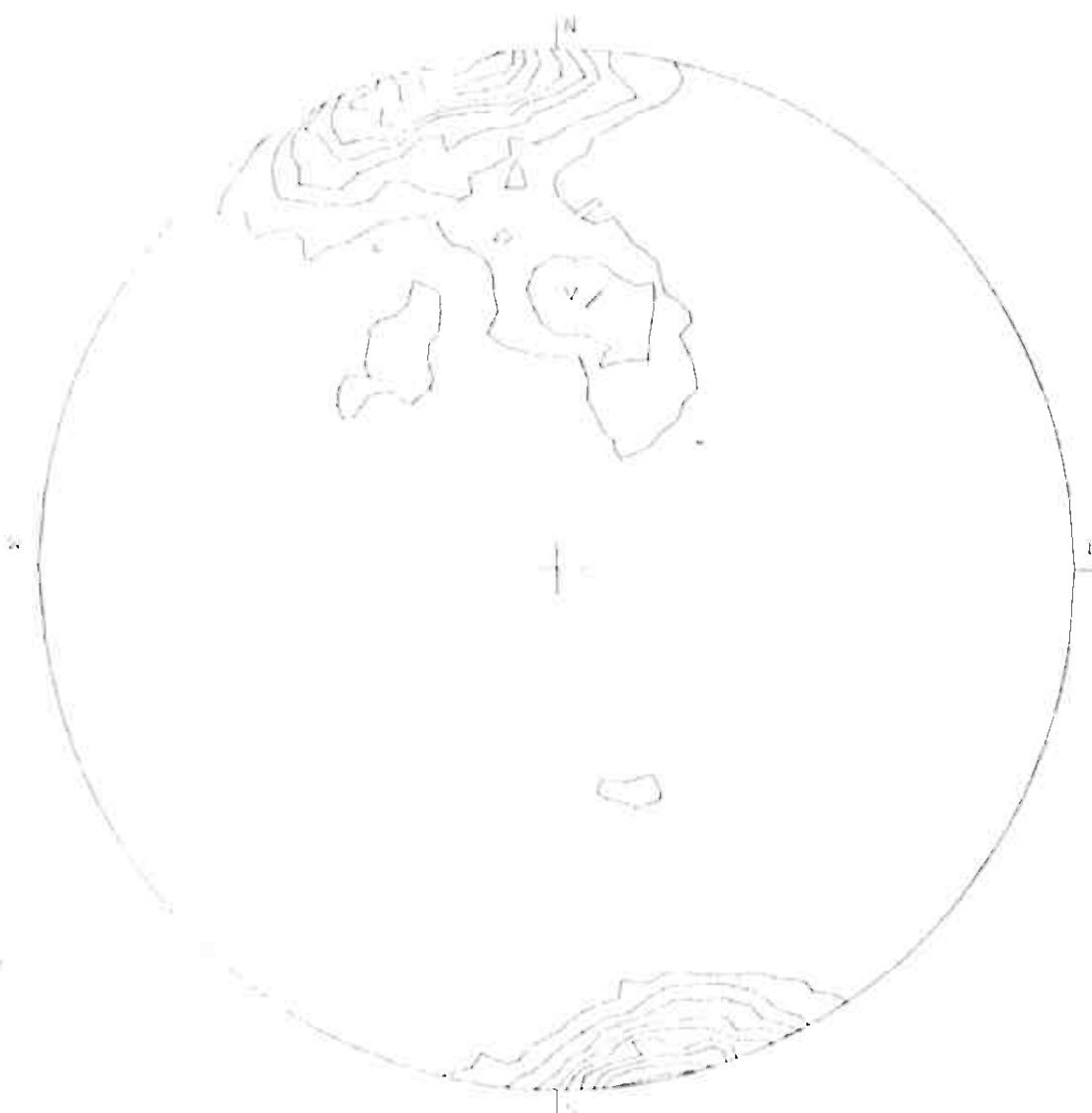
Die Intensität der F2-Faltung scheint, im Gegensatz zu früheren Annahmen, von S nach N anzusteigen. Dies ergab sich aus der Fortführung der Kartierung nach N, wodurch die tektonische Entwicklung über eine größere Distanz verfolgt werden konnte.

Die F2-Falten sind südlich etwa des Gebietes Grönbakken-Höghaug relativ offen ( $20\text{--}30^\circ$ ), scheinen aber nördlich davon in fast isoklinale Falten überzugehen bei parallel dazu zunehmender Überkipfung, sodaß die im Drivatal nördlich Höghaug beobachteten engen bis isokinalen Falten bereits F2-Falten darstellen, die ältere F1 Isoklinalfalten überprägt haben. Parallel zur Deformation scheint auch der Metamorphosegrad anzusteigen.

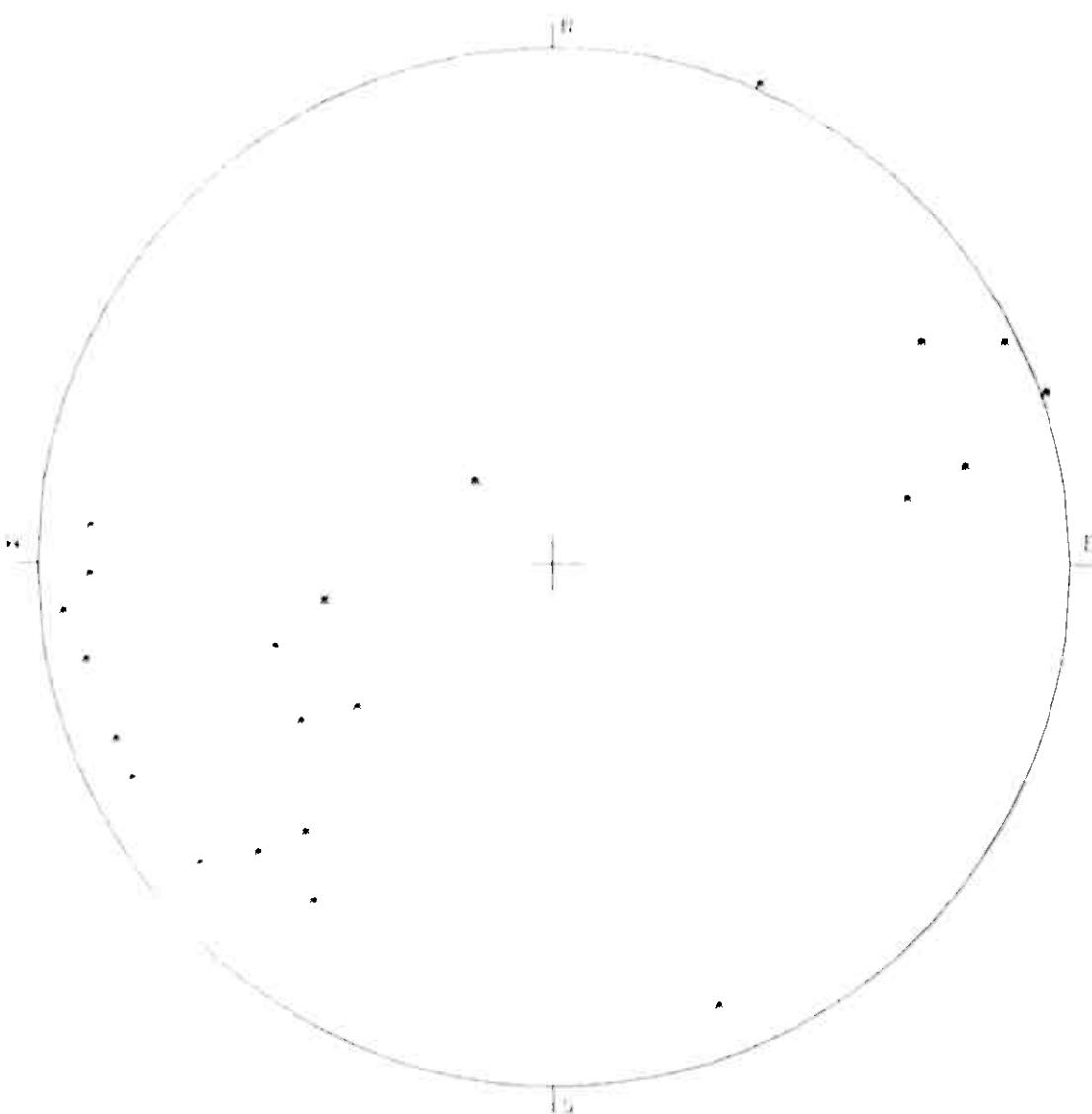
Indizien für eine dritte Faltungsphase konnten im N des bearbeiteten Gebietes gefunden werden (siehe Bericht B. Koch). Diese 3. Phase ist wahrscheinlich für das großräumige Umbiegen der F2-Falten aus der E-W Richtung im SW in eine NE-SW Richtung im NE verantwortlich.



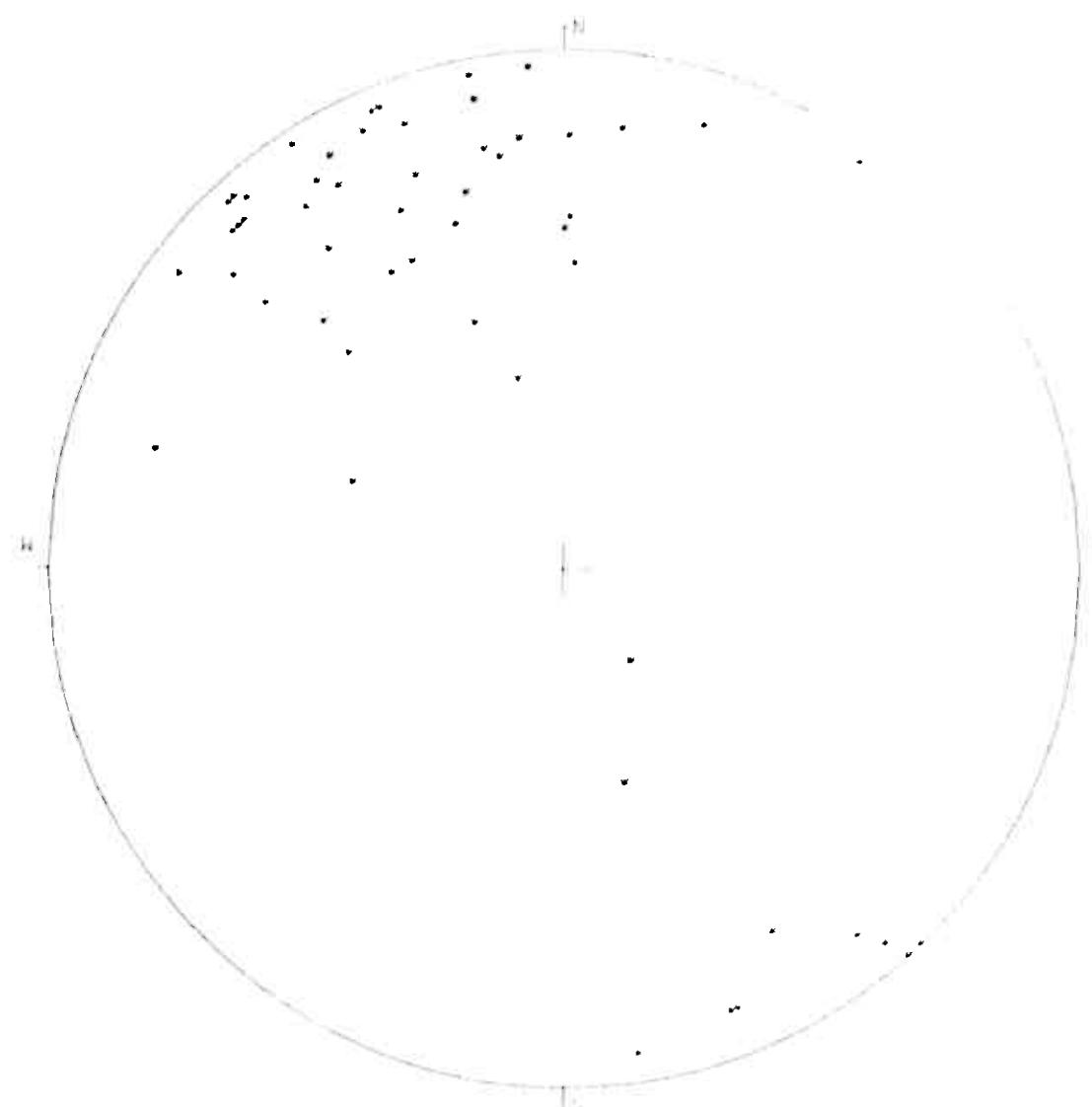
ASOCL INH. FULFILLMENT (51)



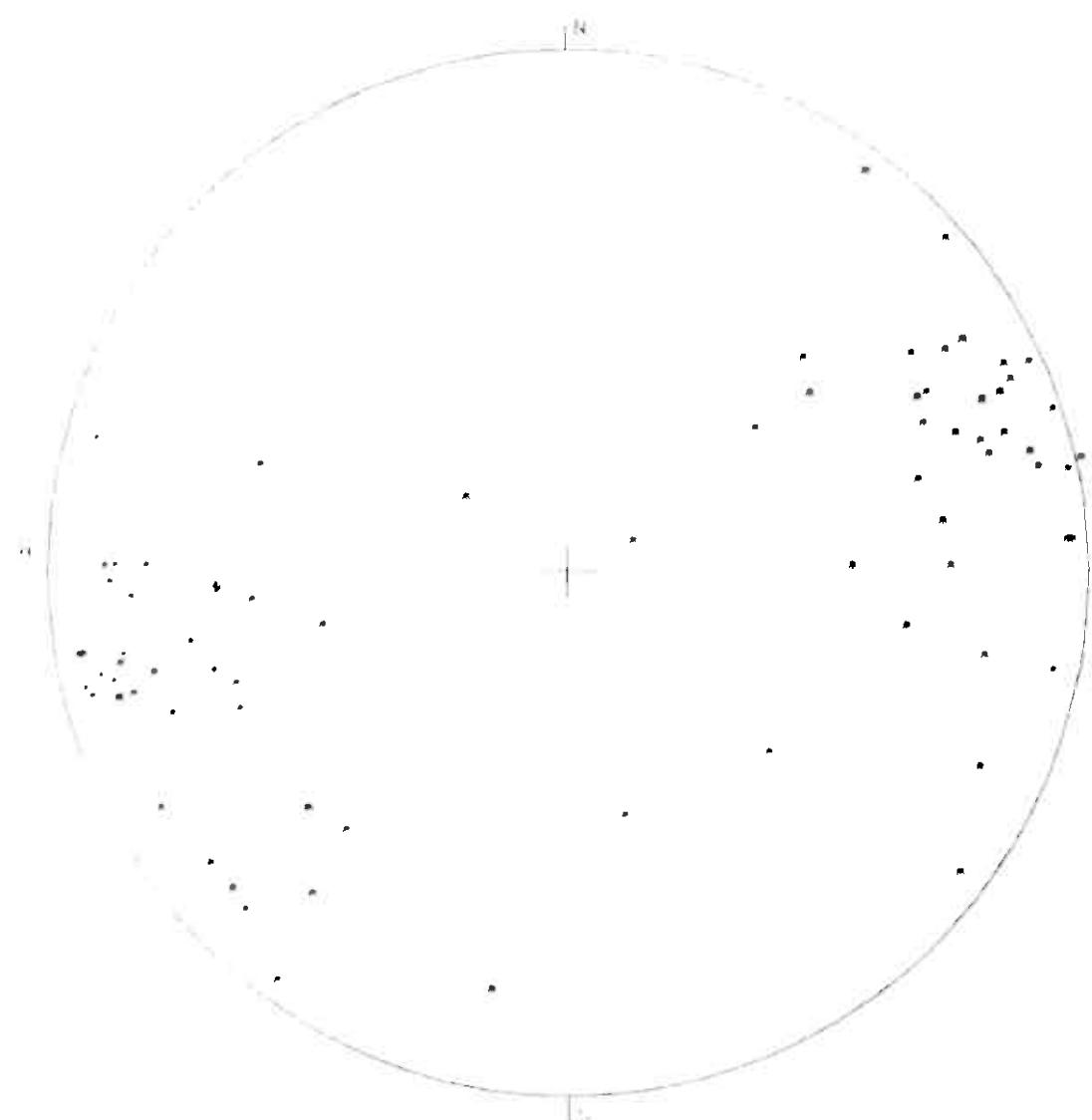
GULF OF MEXICO



PROSECUTION FOLIO INDEX FBI



SECOND FOLIATION ISSUE



$bZ$  (FULL Hz)

### 3.4. Hypothetische Überschiebungsbahn zwischen den Gulaschiefern und den Gesteinen der Störengruppe

Durch die Kartierung ließ sich nachweisen, daß im S die Grenze der Gulaschiefer zu den Gesteinen der Störengruppe von E nach W jeweils an den jüngeren N-S- Störungen in ein immer höheres Niveau der Störengruppe springt, sobald man in eine höher herausgehobene Scholle kommt (siehe Geologische Karte, Anlage 1).

Das heißt, daß die Grenzfläche zwischen den Gulaschiefern und den Gesteinen der Störengruppe nicht konkordant ist, sondern zur Tiefe bzw. nach N hin in ein immer höheres Niveau der Störenserie emporsteigt.

### 3.5. Aufschiebung der Störengruppe auf höhermetamorphe Gesteine

Entlang dem NW-Rand des Untersuchungsgebietes grenzen die Gesteine der Störengruppe entlang einer Aufschiebung an Gesteine einer höhermetamorphen Einheit. Die Aufschiebungsfäche ist durch eine mehrere m mächtige Mylonitzone gekennzeichnet, wobei die Mylonitmasse teils große Gesteinsbruchstücke vor allem der tektonisch liegenden höhermetamorphen Gesteine einschließt. Der Mylonit selbst scheint aufgrund seiner Konsistenz unter metamorphen Bedingungen gebildet worden zu sein.

Besonders gut aufgeschlossen ist diese Aufschiebungszone ca. 600 m NNE der Veslfallbrui, aber auch ca. 1 km NW Grönbakken im Storbekken. Im Aufschlußbereich scheint die Störengruppe relativ steil nach SE einzufallen. Die Gesteine der Störengruppe werden durch die Aufschiebung schräg zu ihrem Streichen nach W hin abgeschnitten und die Aufschiebungsfäche wurde offensichtlich nicht mehr mitverfaltet, sodaß diese Aufschiebung nach der F2-Faltung erfolgt sein muß.

In SW-licher Richtung läßt sich diese Aufschiebungszone mangels Aufschlüssen nicht mehr genau festlegen. Für die Kartierung besteht ein weiteres Problem darin, daß dort beiderseits der Aufschiebung teilweise recht ähnliche Granatglimmerschiefer auftreten.

### 3.6. NW-SE streichende Störungen ("neokaledonische Störungen")

Im Gebiet W des Tverrfjells sowie quer über die gesamte Hjerkinnhöi wurden Verwerfungen nachgewiesen, die einem aus der Grube bereits bekannten tektonischen Beanspruchungsplan angehören und als neokaledonisch bezeichnet werden.

Die Horizontalkomponente dieser Störungen ist durchweg dextral mit Horizontalversätzen bis einige 100 m (Hjerkinnhöi).

Da entsprechende Aufschlüsse fehlen, kann über den Einfallswinkel keine Aussage getroffen werden, jedoch ist aus den Untertageaufschlüssen bekannt (M. Motys), daß Werte zwischen 30 und 50° nach SW auftreten.

### 3.7. N-S streichende Störungen

Das Untersuchungsgebiet wird von einer Schar N-S streichender Verwerfungen mit abschiebendem Charakter durchzogen.

Diese Störungen sind Teil eines großen Bruchsystems, welches die nördliche Fortsetzung des Oslo-Rifts repräsentiert und von GABRIELSEN & RAMBERG (1979) nach N bis in den Trondheimsfjord nachgewiesen wurde. Es ist daher verständlich, daß es sich bei diesen Störungen um Abschiebungen mit überwiegend Dilatationscharakter in E-W Richtung handelt.

Im Untersuchungsgebiet ist systematisch jeweils die S-Scholle gegenüber der W-Scholle abgesunken. Die westlichste Störung im Gebiet des Tverrfjells läßt sich klar im Gelände durch das Abschneiden von Quarzitziügen beweisen. Im Gegensatz zu den anderen N-S Störungen, deren (geringe) Horizontalkomponente einen sinistralen Bewegungssinn zu haben scheint, ist die horizontale Bewegungskomponente von dieser Störung wohl dextral. Dies wurde auch durch zahlreiche Beobachtungen von parallelen Kleinstörungen in diesem Gebiet bestätigt.

Die, von W gesehen, 2. N-S Störung mit ebenfalls dextraler Horizontalkomponente läßt sich am deutlichsten durch den Versatz des Quarzithorizontes im Grisungbekken nachweisen. Außerdem wird durch diese Störung der Erzkörper versetzt.

Die 3. Störung von W ist die sog. Hauptstörung, die den Erzkörper nach E hin abschneidet. Durch die Kartierung des nördlichen Anschlußgebietes konnte diese Störung weiter verfolgt werden und anhand breiter Mylonitzonen (50-100 m) auch direkt

nachgewiesen werden (vergl. Bericht B. Koch).

Die Hauptstörung scheint demnach nach N aufzugabeln (bei der alten Bahnstation Svinå), mit einem Hauptast im E und einem Nebenast im W. Der Nebenast ist zwar in seiner genauen Position nicht bekannt, jedoch wird die SW-NE verlaufende Aufschiebung an ihr nachweislich um ca. 1350 m horizontal (= scheinbarer Horizontalversatz) versetzt.

Der Hauptast der Störung verläuft W des Höghaug und W der Högsnyta nach N und verwirft dort Gesteine der Störengruppe gegen die sog. Höhermetamorphe Einheit im W.

Der früher mit ca. 1100 m abgeschätzte Versetzungsbetrag an der Hauptstörung müßte demnach noch erheblich größer sein, wobei die damals gemachten Einschränkungen weiterhin gelten. Eine vierte N-S Störung verläuft weiter im E, etwa im Bereich Hovdun-Gavali saetra. Obwohl in diesem Bereich kaum Aufschlüsse vorhanden sind, muß aufgrund der wenigen Gesteinsausbisse in diesem Bereich eine Störung vorliegen, da über die Störung hinweg keine sinnvolle Korrelation möglich ist. Sowohl auf den Luftbildern (Flug 6493, Bild A05, B13, C13) als auch in den Magnetometerprofilen ist die Störung jedoch deutlich erkennbar. Der scheinbare horizontale Versatz ist sinistral, über 1 km, die Vertikalkomponente ist vermutlich ebenfalls sehr groß, läßt sich wegen der fast senkrecht stehenden Foliation jedoch nicht ermitteln.

#### 4. Schlußfolgerungen

1.

Aus der Gesteinsabfolge läßt sich aufgrund der Lithologie leider keine eindeutige polare Entwicklung herauslesen, die eine Antwort auf die Frage "normale oder inverse Lagerung?" zuließe.

Für die Situation im engeren Bereich der Tverrfjell-Lagerstätte wird jedoch eine normale Lagerung, d.h. stratigraphisch Liegendes im S, Hangendes im N, angenommen.

2.

Der Ablagerungsraum stand unter dem Einfluß sowohl vulkanischer als auch terrigener Faktoren: Während die konglomeratführenden Serien und die Quarzite auf ein terrigenes Liefergebiet schließen lassen, sind die Vulkanite in situ erodiert und umgelagert worden. Es erfolgte also eine fazielle Verzahnung lokaler vulkanischer und vulkanoklastischer Gesteine mit herantransportiertem terrigenem Detritus.

Allgemein liegen im gesamten kartierten Gebiet sehr starke laterale Faziesveränderungen vor, die im Wesentlichen durch die vulkanische Aktivität verursacht worden sind: Einerseits unterliegen die Vulkanite selbst starken Mächtigkeitsschwankungen und treten naturgemäß nur räumlich eng begrenzt auf, andererseits unterliegen auch die Sedimente, bedingt durch den unruhigen und morphologisch stark gegliederten Sedimentationsraum starken Fazies- und Mächtigkeitsschwankungen.

3.

Die Erzhorizonte östlich und westlich der Hjerkinn-Fjellstua, die teilweise von Cherts begleitet werden und auf mehrere km im Streichen zu verfolgen sind, gehören einem stratigraphisch anderen Niveau an als der Tverrfjell-Erzkörper. Die E-Fortsatzung der Lagerstätte ist weiter nördlich, im Niveau der vulkanoklastischen Serie II zu suchen (s.u.). Der erstgenannte Erzhorizont ist dennoch für die Erzprospektion interessant, da

er Beweis für starke hydrothermale Exhalationen zu diesem Zeitpunkt ist, die in seiner lateralen Fortsetzung unter gewissen strukturellen und geochemischen Voraussetzungen einen wirtschaftlich interessanten Erzkörper gebildet haben können.

4.

Die N-S- verlaufenden Störungen, die auch den Erzkörper der Tverrfjell-Lagerstätte nach E abschneiden, sind mit größter Wahrscheinlichkeit Fortsetzungen des Oslograben-Bruchsystems. Das heißt, daß diese Störungen permisches Alter haben und durch "rifting" entstanden sind, also Dilatationsbewegungen mit abschiebendem Charakter darstellen.

Dieses Ergebnis steht in völligem Einklang mit den Detailbeobachtungen, die in der Grube gemacht wurden (siehe Bericht M. Motys).

Der westliche Seitenast der Hauptstörung versetzt unter anderem die NW-lische Aufschiebungszone, deren Einfallen an einer Stelle mit ca.  $41^{\circ}$  nach SE gemessen wurde, um ca. 1350m (scheinbarer horizontaler Versatz).

Da sich die Sprunghöhen der beiden nördlichen Störungssäste im Süden (im Bereich der Lagerstätte) addieren, muß mit einem größeren Versetzungsbetrag gerechnet werden, als früher angenommen.

5.

Der Vulkanismus zeichnet sich neben mengenmäßig dominierenden basischen Magmatiten durch das Auftreten intermediärer bis saurer Vulkanite und Tuffe aus. Dies spricht in Verbindung mit den z.T. grobklastischen Sedimentgesteinen im liegenden Teil der untersuchten Gesteine gegen eine Bildung im pelagischen Milieu und für eine Entstehung in Küstennähe (z.B. im Island Arc Milieu).

6.

Die Lagerstätte wird aufgrund der engen Assoziation mit einem sauren Metavulkanit und wegen ihres Metallinhaltes vermutlich zum Kuroko-Typ gerechnet werden müssen.

Es ist aus lagerstättenkundlicher Sicht daher durchaus möglich, daß an den Flanken und im Hangenden des sauren Extrusivkörpers noch weitere Erzkörper gebildet wurden. Eine intensive Untersuchung dieser Positionen, wie sie z.T. bereits erfolgte, ist daher sinnvoll.

Für die "Kartierung" des Extrusivkörpers hat sich die Magnetometrische Karte (Profildarstellung!) als äußerst wertvoll erwiesen (die leider im W und SW zu früh aufhört), da der Magmatit als rel. homogener Gesteinskörper ein sehr ruhiges magnetisches Muster ergibt und dadurch von den Gesteinen im Liegenden und Hangenden sehr gut abzugrenzen ist. Diese Grenzen stimmen völlig mit den geologisch kartierten überein.

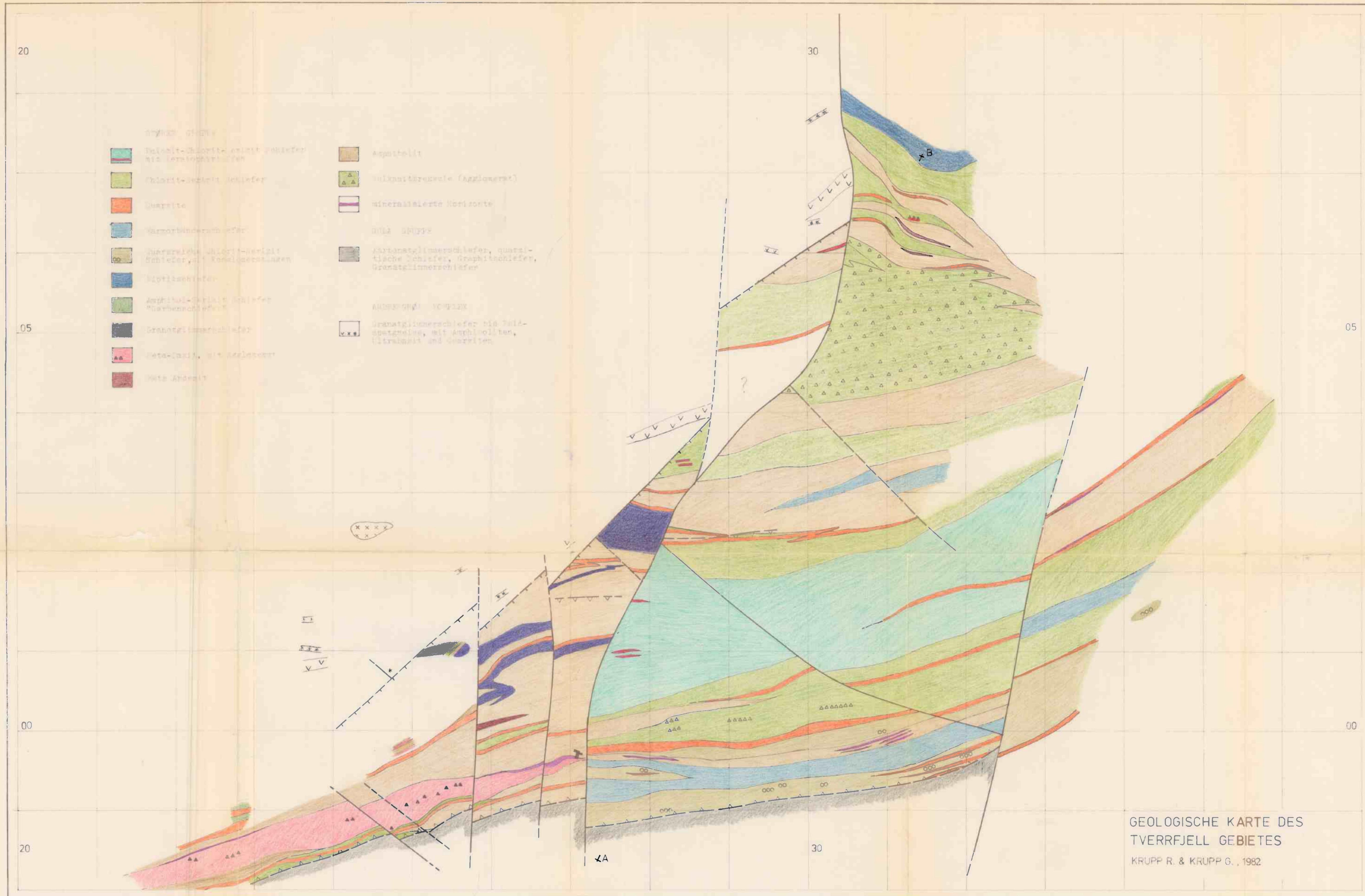
Abgesehen von Turam-Messungen, die nur sehr großräumige Anomalien ergeben, liegen aus dem Bereich des sauren Extrusivkörpers offenbar keine EM-Messungen vor.

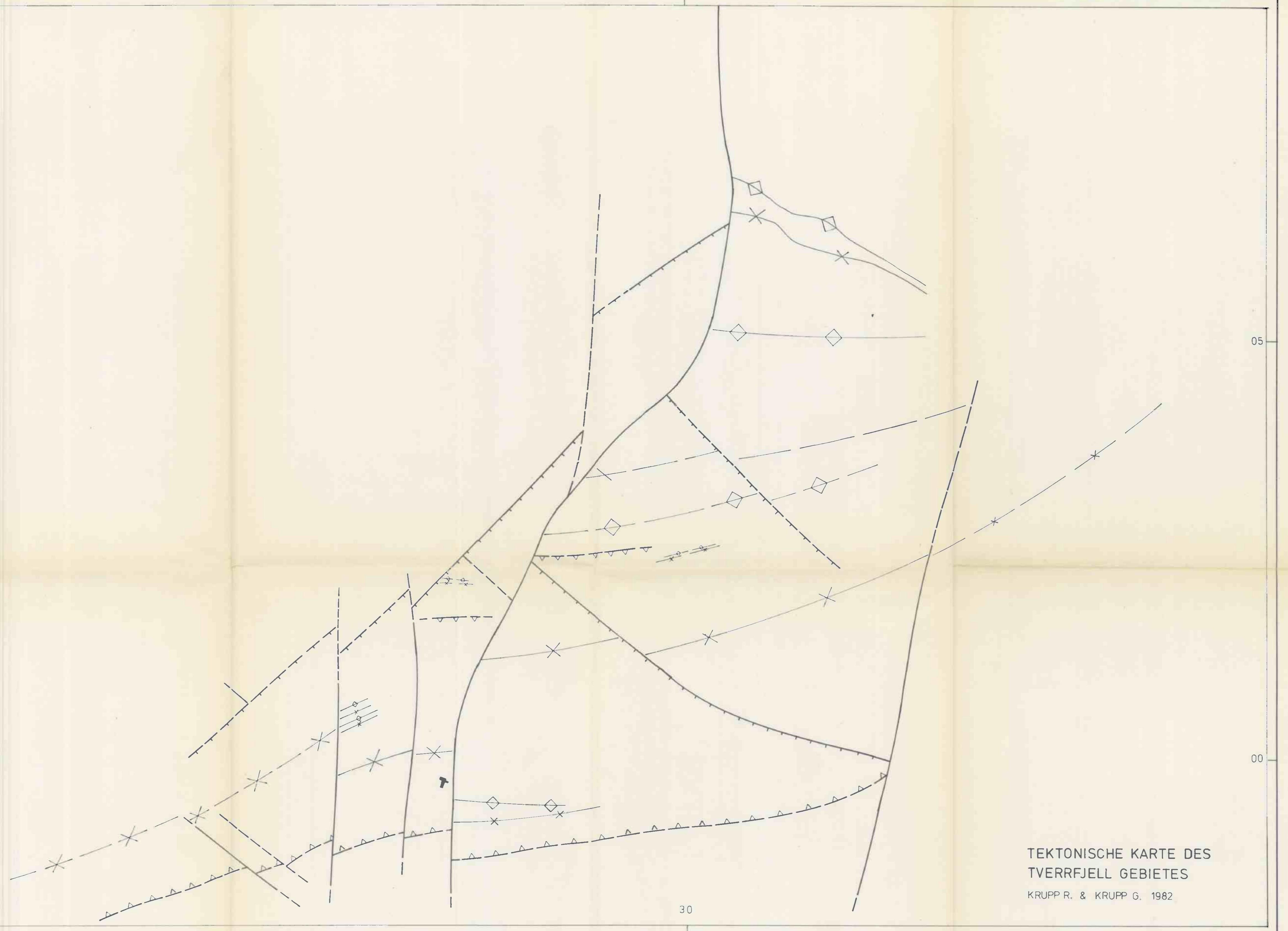
Es wird daher empfohlen, shoot-back und/oder VLF-Messungen durchzuführen, die sehr viel differenziertere Anomalien ergeben. Bedingt durch die tektonische Synform des Gebietes müßte der saure Extrusivkörper an der N-Flanke dieser Mulde, d.h. im Bereich Grisungbekken-Stormyri und N des Tverrfjells, wieder auftreten.

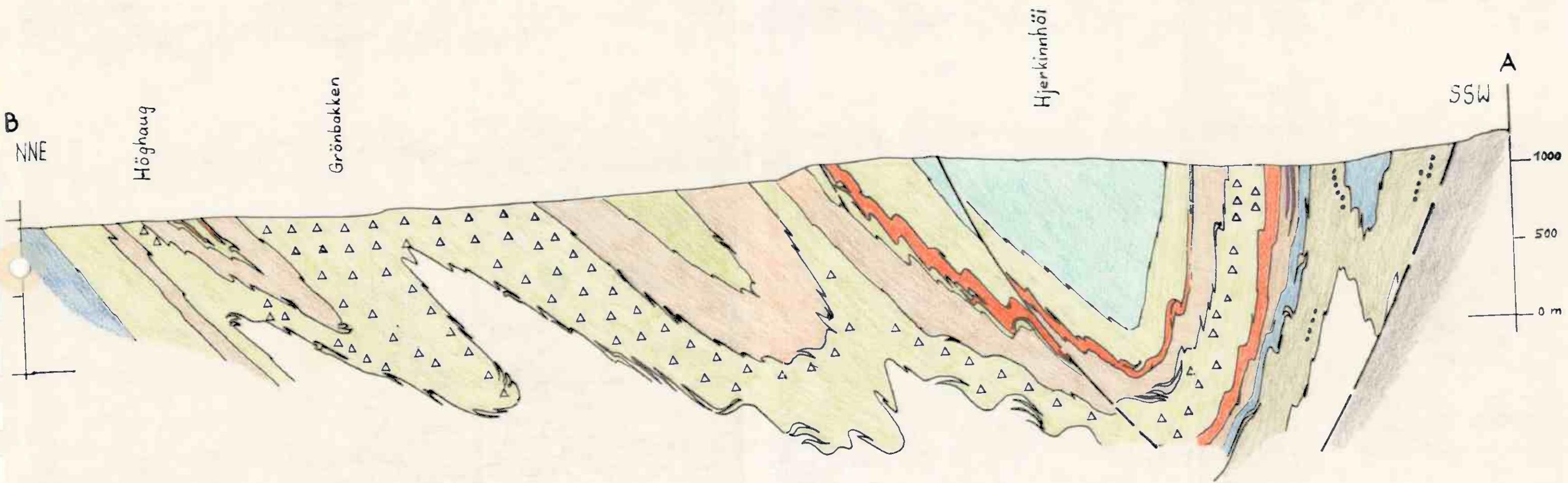
Die in diesem Gebiet auftretenden Granatglimmerschiefer unterscheiden sich zwar rein äußerlich von dem Meta-Dazit deutlich, könnten aber evtl. eine randliche Fazies des sauren Extrusivkörpers darstellen. Leider ist dieser Bereich völlig überdeckt, sodaß eine geologische Kartierung nicht möglich ist.

Umsomehr sind daher geophysikalische Messungen und evtl. Bohrungen notwendig. Es muß jedoch aus zwei Gründen damit gerechnet werden, daß der Extrusivkörper in dem genannten Bereich evtl. nicht mehr vorhanden ist:

1. könnte der Extrusivkörper nach N hin auskeilen,
2. könnte der N-Flügel der Synform durch die SW-NE verlaufende Aufschiebung abgesichert sein, falls diese weiter südlich verläuft als angenommen.







20

05

00

20

30

30

05

00

