



GEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN IM GEBIET  
DES EISENGLIMMERVORKOMMENS PACK/STEIERSMARK

---

E N D B E R I C H T     1983  
      zum  
V A L L - P R O J E K T P40  
=====

      mit  
11 Abbildungen, 2 Tabellen  
      und 9 Beilagen

Univ.Doz.Dr.mont.Georg W A L A C H  
Institut für Geophysik  
Montanuniversität  
8700 L E O B E N  
=====

Leoben, im März 1984

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
Kurzfassung	
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Arbeitsprogramm	2
3. Ergebnisse der Gesteinsphysik	5
4. Ergebnisse der Testmessungen 1981	12
4.1. Auswertung der Feldmessungen	13
4.2. Meßergebnisse und Interpretation	14
5. Theoretische Untersuchungen zur Meß- und Auswertemethodik	20
5.1. Grundsätzliches	20
5.2. Optimaler Meßpunktabstand und maximale Nachweistiefe	21
5.3. Störkörpermodelle nach den Ergebnissen der Testmessungen	23
6. Ergebnisse der Feldmessungen 1983	29
6.1. Auswertung der magnetischen Messungen	29
6.1.1. Interpretation Testfeld 1	30
6.1.2. Interpretation Testfeld 2	32
6.1.3. Interpretation der magnetischen Über- sichtskarte des gesamten Meßgebietes	32
6.2. Auswertung der VLF-Messungen	33
7. Schlußfolgerungen und Empfehlungen	36

## A B B I L D U N G S V E R Z E I C H N I S

- Abbildung 1: Lageübersicht des Meßgebietes Pack/Stmk. (M.:1:25.000)
- 2: Verteilung der Dichte und magnetischen Suszeptibilität von Haldenerzproben des aufgelassenen Bergbaues Pack/Grantner (Probengruppe 3 von 1983)
  - 3: Profildarstellung der magnetischen, gravimetrischen und geoelektrischen Versuchsmessungen auf Testprofil Ost - ausgewertete Meßergebnisse
  - 4: Profildarstellung der magnetischen, gravimetrischen und geoelektrischen Versuchsmessungen auf Testprofil West - ausgewertete Meßergebnisse
  - 5: Theoretische Schwerewirkung von kugelförmigen Modellkörpern verschiedener Dimension und Tiefenlage
  - 6: Magnetische Anomaliewirkung von kugelförmigen Modellkörpern verschiedener Dimension und Tiefenlage
  - 7: Diagramm zur Bestimmung der theoretischen Nachweistiefe gravimetrischer und magnetischer Modellkörper von 50.000 bzw. 250.000 t Erzinhalt (Kugelmodelle)
  8. Schwerewirkung einer durch einen plattenförmigen Modellkörper approximierten Erzlinse und Vergleich mit einer gemessenen Anomalie (Störkörper A) auf Testprofil Ost
  - 9: Magnetische Anomaliewirkung einer durch einen plattenförmigen Modellkörper approximierten Erzlinse und Vergleich mit einer gemessenen Anomalie (Störkörper A) auf Testprofil Ost
  - 10: Vergleich der Ergebnisse von Geomagnetik und VLF-Elektromagnetik auf Profil 7 im Testgebiet 1 (Grantner) - Endergebnis = gefilterte VLF-Werte
  - 11: Vergleich der Ergebnisse von Geomagnetik und VLF-Elektromagnetik auf Profil 9 im Testgebiet 1 (Grantner) - Endergebnis = gefilterte VLF-Werte

## B E I L A G E N V E R Z E I C H N I S

- Beilage 1: Magnetische Totalintensität Testfeld 1,  
(korrigierte Meßdaten) - M.: 1:2500
- 2: Magnetische Totalintensität Testfeld 1,  
Isanomalen Meßdaten - M.: 1:2500
- 3: Magnetische Totalintensität Testfeld 1,  
Isanomalen Regionalfeld Polynom 3.Grades,  
- M.: 1:2500
- 4: Magnetische Totalintensität Testfeld 1,  
Isanomalen Restfeld - M.: 1:2500
- 5: Magnetische Totalintensität Testfeld 1,  
3D-Graphik Restfeld - M.: 1:2500
- 6: Magnetische Totalintensität Testfeld 2,  
(korrigierte Meßdaten) - M.: 1:2500
- 7: Magnetische Totalintensität Testfeld 2,  
Isanomalen Meßdaten - M.: 1:2500
- 8: Magnetische Totalintensität Testfeld 2,  
3D-Graphik Meßdaten - M.1:2500
- 9: Magnetische Totalintensität - Übersichts-  
messungen im Gebiet Pack - Isanomalen  
Meßdaten M.: 1:5000

---

VALL-Projekt P40: "Eisenglimmer Pack" (Prof.Dr.H. HOLZER)

"Geophysikalische Untersuchungen im Gebiet des Eisenglimmervorkommens Pack/Steiermark"

E N D B E R I C H T 1983 (Doz.Dr.G.WALACH) - KURZFASSUNG

---

Nach den Ergebnissen von montangeologischen Untersuchungen im Gebiet des aufgelassenen Eisenerzbergbaues Pack/Steiermark (W.POHL, W.SIEGL und M.VINZENZ 1981), wurde von den Autoren für die weitere Erkundung des Eisenglimmervorkommens ein geophysikalisches Prospektionsprogramm vorgeschlagen.

Für eine zielführende geophysikalische Prospektion mußten zunächst Grundlagenuntersuchungen über die gesteinsphysikalischen Eigenschaften von Erzen und Nebengesteinen, die optimale Methodenkombination und die anzuwendende Meßmethodik durchgeführt werden.

Die gesteinsphysikalischen Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß zwischen Erz und Nebengestein ein mittlerer Dichtekontrast von  $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$  besteht, und daß die Haldenerze eine im allgemeinen sehr hohe ( $15 - 60 \cdot 10^{-3}$  SI-Einheiten), aber extrem heterogene Magnetisierbarkeit zeigen. Auch lokal auftretende Amphibolite haben mit  $18 \cdot 10^{-3}$  SI eine dem Erz entsprechende magnetische Suszeptibilität. Bestimmungen des percentuellen Frequenzeffektes an Erzproben ergaben mit durchschnittlich 7,5 % hohe Werte, die auf günstige Bedingungen für die Anwendung der IP-Methode sprechen.

Über eine Analyse von gravimetrischen bzw. magnetischen Testmessungen und Modellkörperrechnungen wurden theoretisch die maximale Nachweistiefe und der optimale Meßpunktsabstand für Magnetik und Gravimetrie ermittelt. Daraus geht hervor, daß die Nachweistiefe für Erzkörper in der Größenordnung von  $10^5 \text{ t}$  bei rund 50 m (Gravimetrie) bzw. 100 m Hangendüberdeckung (Ma-

## II

netik) liegt. Beide Methoden erfordern für Detailvermessungen einen quadratischen Meßpunktraster von 10 X 10 m, der jedoch in der Phase der Vorerkundung für die Magnetik auf 25 X 50 m ausgedehnt werden kann.

Aus ökonomischen Gründen ist für die geophysikalische Übersichts- und Detailerkundung die wesentlich billigere Geomagnetik als Hauptmethode zu wählen. In der Detailprospektion müssen jedoch auf ausgewählten Profilen zusätzlich IP-Messungen (Unterscheidung Erz-Amphibolit) und Gravimetrie (Abschätzung der Lagerstättenkubatur) eingesetzt werden. Die zusätzlich noch erprobten Methoden Elektromagnetik und elektrische Widerstandskartierung sind für das vorliegende Prospektionsproblem nicht geeignet.

Als wichtiges Nebenergebnis ist zu vermerken, daß für die Übersichtsprospektion die Hubschrauber-geophysik ungeeignet ist. Das Fluggerät muß eine Mindesthöhe von 90 m über Grund einhalten, was ungefähr der maximalen Nachweistiefe von magnetischen Erzanomalien entspricht.

Die Tonnage des durch den ehemaligen Bergbau erschlossenen Erzkörpers läßt sich nach den bisherigen Ergebnissen der Magnetik mit  $10^5 - 2,5 \cdot 10^5$  t nur grob abschätzen, doch existieren Hinweise, daß sich der Erzkörper gegen Süden deutlich weiter, als bisher angenommen wurde, erstreckt. Auch gibt es Hinweise auf 2 weitere Erzlinsen knapp SE des bekannten Vorkommens. Diese Fragen müßten durch ein gezieltes Detailmeßprogramm geklärt werden.

Im Rahmen von abschnittsweisen magnetischen Übersichtsmessungen wurden rund 600 m NW der Kirche Pack (Oberer Schröck) und 1 km E von der Kirche (Pöschjoglkogel) Anomalienzonen lokalisiert, die Ziel weiterer Untersuchungen sein müßten.

Nach fachlicher Voraussicht ist daher eine Weiterführung der geophysikalischen Prospektion im Gebiet der Ortschaft Pack zu empfehlen.

## 1. Einleitung und Problemstellung

Im Jahr 1980 wurde von einer Arbeitsgruppe des Institutes für Geowissenschaften der Montanuniversität aus Mitteln der Steiermärkischen Landesregierung eine Untersuchung des ehemaligen Eisenerzbergbaues Pack begonnen. Dabei galt das Hauptinteresse dem wirtschaftlich bedeutungsvollen Rohstoff Eisenglimmer. Die Arbeiten umfaßten eine geologische Kartierung (W.POHL), gesteins- und bodengeochemische Orientierungsanalysen, magnetische Versuchsmessungen (M.VINZENZ) und erzmikroskopische Untersuchungen an Haldenproben (W.SIEGL). Die Ergebnisse wurden in einem Zwischenbericht zusammengefaßt und publiziert (W.POHL, W.SIEGL und M.VINZENZ 1981).

In der Publikation wird unter anderem betont, daß die Ergebnisse von 1980 eine Erweiterung der magnetischen Messungen und die Erprobung weiterer geophysikalischer Methoden - genannt werden Gravimetrie und IP-Messungen - erforderlich machen. Insbesondere auch deshalb, weil kein "Pfadfinderelement" für eine effektive geochemische Prospektion zu finden war. Diese Befunde veranlaßten den Projektleiter (Prof.Dr.H.HOLZER), den Verfasser mit der Durchführung von weiteren geophysikalischen Untersuchungen zu betrauen.

Eine Analyse des bisherigen Wissensstandes führte zu dem Schluß, daß für eine zielführende geophysikalische Prospektion zunächst die infrastrukturellen Grundlagen in Form von gesteinsphysikalischen Parameterübersichten für Erze und Nebengesteine, theoretischen Untersuchungen zur optimalen Methodenkombination und Versuchen zur Meßmethodik zu schaffen waren. Danach wurde auch getrachtet, die geophysikalischen Feldversuche zum Teil so anzusetzen, daß die daraus abzuleitende Prospektionsmethodik nicht nur für die Lagerstätte Pack Gültigkeit hat, sondern allge-

mein für die Erkundung oxydischer Eisenvererzungen im Raum Pack/Waldenstein Anwendung finden kann. Erst als letzte Phase des Untersuchungsprogrammes wurde schließlich eine detailliertere Studie zur Abgrenzung und größenmäßigen Abschätzung der Lagerstätte auf der Pack beim Gehöft Grantner durchgeführt.

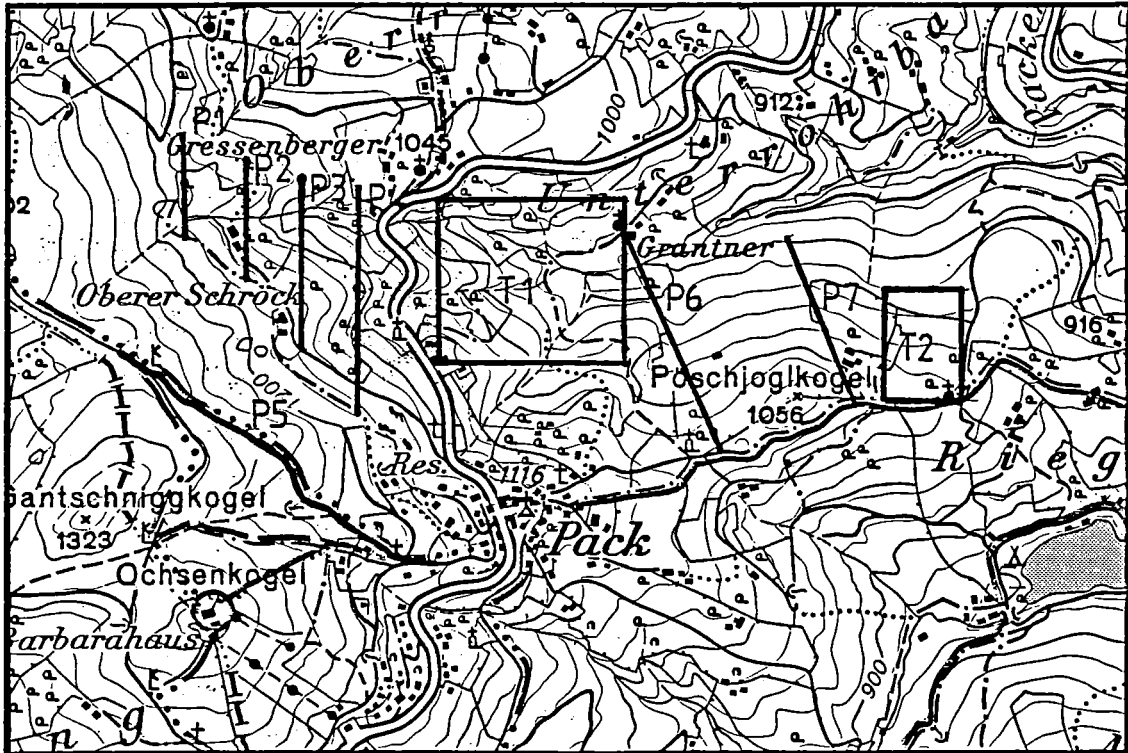
## 2. Arbeitsprogramm

Die Feldarbeiten wurden im Frühjahr 1981 mit einer Geländebegehung in Begleitung des kartierenden Geologen (Prof.Dr.W.POHL) begonnen. Im Zuge dieser Begehung wurde auch die erste gesteinsphysikalische Probenahme von Haldenerzen und allen wesentlichen Nebengesteinen durchgeführt, sowie 2 je 420 m lange Profile für gravimetrische, elektrische und magnetische Testmessungen festgelegt. Diese Profile deckten sich mit Teilen der Profile E I und W I des Zwischenberichtes 1980. Die Vermessung und routinemäßige Auswertung, wie auch die Durchführung der ersten gesteinsphysikalischen Analysen (Dichte, magn. Suszeptibilität), wurden im Frühsommer 1981 von Herrn Gerald POSCH im Rahmen einer geologischen Meldearbeit durchgeführt (G.POSCH 1981). Nach einer gründlichen Durcharbeitung dieser ersten Ergebnisse im Jahr 1982, erfolgte im Sommer 1983 eine Ergänzung der gesteinsphysikalischen Untersuchungen und schließlich eine großräumigere magnetische Vermessung der pegmatoid durchtränkten Zonen im Bereich nördlich der Ortschaft Pack. Die Festlegung des Meßgebietes von ca.3 km EW- und 1,2 km NS-Erstreckung erfolgte nach der geologischen Karte von P.BECK-MANAGETTA (1975). Die Lage der vermessenen Testgebiete und Profile ist der Abbildung 1 zu entnehmen. Im Zuge dieser Arbeiten wurden außerdem eine magnetische Aufnahme (Raster 50 x 25 m) im Bereich der Lagerstätte Pack/Grantner), elektromagnetische (VLF) Versuchsmessungen und eine Ergänzung der Gravimetrie durchgeführt.



Insgesamt umfaßte das Meßprogramm 48 Gravimeterpunkte, 60 geoelektrische Kartierungspunkte nach Methode Wenner ( $a = 15 \text{ m}$ ), ca. 800 Magnetikpunkte (Totalintensität) und 180 VLF-Punkte. Dazu wurden an rund 100 Handstücken die magnetische Suszeptibilität und die Gesteinsdichte, sowie an 5 Haldenerzproben das IP-Verhalten (PFE = perzentueller Frequenzeffekt) bestimmt.

Die Schweremessungen erfolgten mit einem LA COSTE ROMBERG Modell G-Gravimeter, zur Messung der magnetischen Totalintensität kam ein Protonenpräzessionsmagnetometer GEOMETRICS G816 zum Einsatz. Die Instrumente haben eine Ablesegenauigkeit von  $\pm 0,01 \text{ mgal}$  bzw.  $\pm 1 \text{ nT}$ .



- T1 ..... Testgebiet 1 (Grantner)
- T2 ..... Testgebiet 2 (Pöschjoglkogel)
- P1 - P7 ..... Magnetische Übersichtsprofile

Abbildung 1: Lageübersicht des geophysikalischen Meßgebietes  
Pack/Steiermark ( M.: 1 : 25.000 )

### 3. Ergebnisse der Gesteinsphysik

Während der ersten Probenahme wurden im Umkreis von ca. 500 m um das ehemalige Bergbaugelände von 5 Aufschlüssen und 2 Bergbauhalden insgesamt 46 Handstücke aufgesammelt. Da der Amphibolit nicht anstehend aufzufinden war, wurden im Bereich des südlichen Baches einige Rollstücke genommen. Die petrographische Zuordnung dieser Probengruppe erfolgte unter Kontrolle von Prof. Dr. POHL. Alle später aufgesammelten Proben wurden hingegen durch Vergleich mit dem ersten Kollektiv und aufgrund der gemessenen gesteinsphysikalischen Eigenschaften zugeordnet.

Die Dichtebestimmungen erfolgten mit einer hydrostatischen Waage, die eine Reproduzierbarkeit der Dichtewerte von  $\pm 0,005 \text{ g.cm}^{-3}$  gewährleistet; - die Suszeptibilitätsmessungen erfolgten zum Teil im Labor an Granulat mit einer Meßbrücke, zum anderen Teil in situ mittels eines Kappameters. Der Meßfehler liegt für beide Instrumente unter 5 %.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Dichte- und Suszeptibilitätsmessungen an Nebengesteinen des Erzvorkommens zusammengefaßt. Dabei ergeben sich bezüglich der magnetischen Suszeptibilität recht eindeutige Ergebnisse. Mit Ausnahme der Amphibolite, die mit  $18 \cdot 10^{-3}$  SI-Einheiten eine hohe, in der Größenordnung der Erze liegende Magnetisierbarkeit zeigen (vergl. Tabelle 2), haben alle anderen Nebengesteine praktisch vernachlässigbare Suszeptibilitätswerte zwischen  $0,05$  und  $0,5 \cdot 10^{-3}$  SI.

Die Gesteinsdichte - es handelt sich dabei immer um die Raumdichte der bergfeuchten Handstücke - streut zwischen  $2,40$  und  $3,20 \text{ g.cm}^{-3}$ . Die höchsten Werte, im Mittel  $3,00 \text{ g.cm}^{-3}$ , erreicht wieder der Amphibolit, während die niedrigsten Werte für helle Pegmatite gemessen wurden. Als gewichteter Mittelwert ergibt

sich  $2,73 \text{ g.cm}^{-3}$ , sodaß die Annahme von  $2,75 \text{ g.cm}^{-3}$  als Reduktionsdichte für die Gravimetermessungen nach der von STEINHAUSER et.al. (1983) publizierten vorläufigen Dichteprovinz-karte von Österreich damit gerechtfertigt wird.

Die Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Dichte- und Suszeptibilitätsmessungen an Haldenerzen. Ein kurzer Blick in die Tabelle überzeugt von der extremen Heterogenität der Suszeptibilitäts-werte. Obwohl rund 60 Proben untersucht wurden, läßt sich der-zeit keine eindeutige Aussage bezüglich der mittleren Sus-zeptibilität eines größeren Erzkörpers machen, da die Meßwerte über 3 Zehnerpotenzen ( $2 - 960 \cdot 10^{-3} \text{ SI}$ ) ziemlich regellos streuen.

Vergleiche mit der Lagerstätte Waldenstein, wo von Herrn Doz.Dr.SCHMÖLLER (mündl. Mitteilung) gesteinsphysikalische Messungen durchgeführt wurden, sprechen aber dafür, daß dort bei der Beprobung von Bergbauhalden ähnliche Resultate zu erwarten wären, obwohl innerhalb der Erzkörper Werte zwischen  $10$  und  $50 \cdot 10^{-3} \text{ SI}$ -Einheiten dominierend sind. Der Magnetit tritt nämlich manchmal im Randbereich des Erzkörpers in relativ dünnen Lagen besonders konzentriert auf.

Außerdem ist der Tabelle 2 zu entnehmen, daß die extrem hohen Suszeptibilitätswerte der Beprobung von 1981 konzentriert an dem Material von der kleinen südlichen Halde (eigentlich nur ein größerer Haufen) vor einem heute verfallenen Stollenmundloch gemessen wurden. Ein Gespräch mit Herrn Dr.E.KRAJICEK, der in dem damals noch offenen Stollen in den 40er Jahren für die geo-logische Reichsaufnahme eine Lagerstättenbeprobung durchführte, läßt den Verdacht aufkommen, daß der "Haufen" von diesen Arbeiten stammt und daher praktisch nur für einen Punkt der Lagerstätte, der zufällig besonders reich an Magnetit war, repräsentativ ist. Ein Querschnitt von 31 Erzproben, die 1983 im Bereich der nörd-

lichen Halde flächig verteilt aufgesammelt wurden (Pos. 4 und 5 in Tabelle 2), ergibt im Mittel auch deutlich niedrigere Suszeptibilitätswerte.

Zieht man alle diese Fakten in Betracht, so sind für den oder die Erzkörper auf der Pack mittlere Suszeptibilitätswerte nicht kleiner als  $15 \cdot 10^{-3}$ , aber auch nicht größer als  $60 \cdot 10^{-3}$  SI-Einheiten anzunehmen.

Die gemessenen Dichtewerte an massiven Hämatiterzproben bewegen sich zwischen  $3,65$  und  $4,75 \text{ g.cm}^{-3}$ . Auch hier ist es zunächst relativ schwierig, einen gesicherten Mittelwert anzugeben, da der Volumensanteil an erzimprägniertem Nebengestein (Marmor und Quarzit) in den Lagerstättenkörpern nicht abzuschätzen ist.

Setzt man für einen angenommenen Erzkörper das Verhältnis Massiverz zu stärker erzimprägnierten Nebengesteinen mit  $3:1$  an, so ergibt sich ein gewichteter Mittelwert von  $3,95 \text{ g.cm}^{-3}$ , was zufällig genau mit dem Vergleichswert aus dem Haupterkörper der Lagerstätte Waldenstein übereinstimmt (vgl. Tabelle 2). Da für das Nebengestein ein Mittelwert von  $2,75 \text{ g.cm}^{-3}$  bestimmt wurde, ist für gravimetrische Modellrechnungen ein Dichtekontrast von  $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$  anzunehmen.

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der 3.Haldenerz-Probenahme von 1983 in einem Diagramm dargestellt, das die Schwierigkeit der Bestimmung für das Erz repräsentativer Dichte- und Suszeptibilitäts-Mittelwerte gut demonstriert. Wohl zeigt sich in dieser relativ kleinen Stichprobe deutlich, daß die mittlere Dichte um  $4,0 \text{ g.cm}^{-3}$  liegen muß - die mittlere Suszeptibilität kann aber um den Faktor 10 streuen. Orientiert man sich an dem Mittelwert für den Haupterkörper in Waldenstein, so kommt man zu den früher getroffenen Aussagen.

Zur Abschätzung der Einsatzmöglichkeiten von IP-Messungen wurden aus Handstücken von Erz und vererztem Marmor 5 Kerne von 30 mm Durchmesser gebohrt, an denen im Labor des Institutes für Geophysik IP-Messungen durchgeführt wurden. Die gemessenen Frequenzeffekte sind mit 7 bis 7,5 % sehr hoch, sodaß auch an in situ meßbaren IP-Effekten im Bereich von Erzkörpern nicht zu zweifeln ist. Allerdings ist zu beachten, daß IP-Anomalien nicht unbedingt direkt mit dem Eisenglimmer zu korrelieren sein werden, da die IP-Effekte wahrscheinlich primär auf die Begleitmineralien Pyrit, Magnetit und auch Graphit zurückzuführen sind. Zumindest dürften IP-Messungen aber eine gute Detailabgrenzung der potentiell erzführenden Zonen und das Erkennen prospektionsunwürdiger Amphibolitkörper ermöglichen.

TABELLE 1: Dichte und magnetische Suszeptibilität der Nebengesteine in der Umgebung des aufgelassenen Eisenerzbergbaues auf der Pack, westlich des Gehöftes Grantner, Steiermark; petrographische Zuordnung der Gesteine nach W. POHL, W. SIEGL und M. VINZENZ (1981)

Gesteinsart	Probenanzahl	Dichte $\pm$ s (g.cm <sup>-3</sup> )	Suszeptibilität 10 <sup>-3</sup> SI-Einh.
Granat-Glimmerschiefer	10	2,80 $\pm$ 0,05	0,3
Gneis	9	2,65 $\pm$ 0,02	0,6
Muskovitquarzit	5	2,64 $\pm$ 0,02	<0,1
Muskovitmarmor	7	2,77 $\pm$ 0,04	<0,1
Amphibolit x)	5	3,00 $\pm$ 0,16	18,0
Pegmatoide Gesteine	7	2,40 - 2,75	<0,1
MITTELWERT (gewichtet)		2,73 g.cm <sup>-3</sup>	
Reduktionsdichte für Gravimetrie		2,75 g.cm <sup>-3</sup> angenommen	

$\pm$  s = Standardabweichung

x) = Rollstücke aus dem südlichen Bach

TABELLE 2: Dichte und magnetische Suszeptibilität von Haldenproben des aufgelassenen Eisenerzbergbaues auf der Pack, westlich des Gehöftes Grantner, Steiermark

Lfd. Nr.	Erztyp - Komponenten - Beprobungsort-Jahr	Proben- anzahl	Dichte $\pm$ s (g.cm <sup>-3</sup> )	Suszeptibilität 10 <sup>-3</sup> SI-Einh.
1	Massives Hämatiterz mit Pyrit, Karbonat, Quarz u. Chlorit; nörd- liche Halde (1981)	2	3,67; 4,13	53; 157
2	Erzimpregnierter Marmor mit Pyrit, Karbonat, Quarz, Chlorit; nördliche Halde (1981)	9	3,12 $\pm$ 0,24	8,5
3	Massives Hämatiterz mit viel Magnetit; Pyrit, Muskovit, Chlo- rit; südliche Halde (1981)	10	3,78 $\pm$ 0,28	80 - 960 (MW 365!)
4	wie 1) aber Beprobung 2+3 (1983)	16	4,16 $\pm$ 0,35	55,5
5	wie 2) aber Beprobung 2+3 (1983)	15	3,29 $\pm$ 0,27	21,5
6	Massiverz, stark verwittert, rot- braun; nördliche Halde (1983)	4	3,08 $\pm$ 0,08	1,6
7	Vergleichsproben aus dem Haupt- erkörper in Waldenstein	6	3,95	10,7



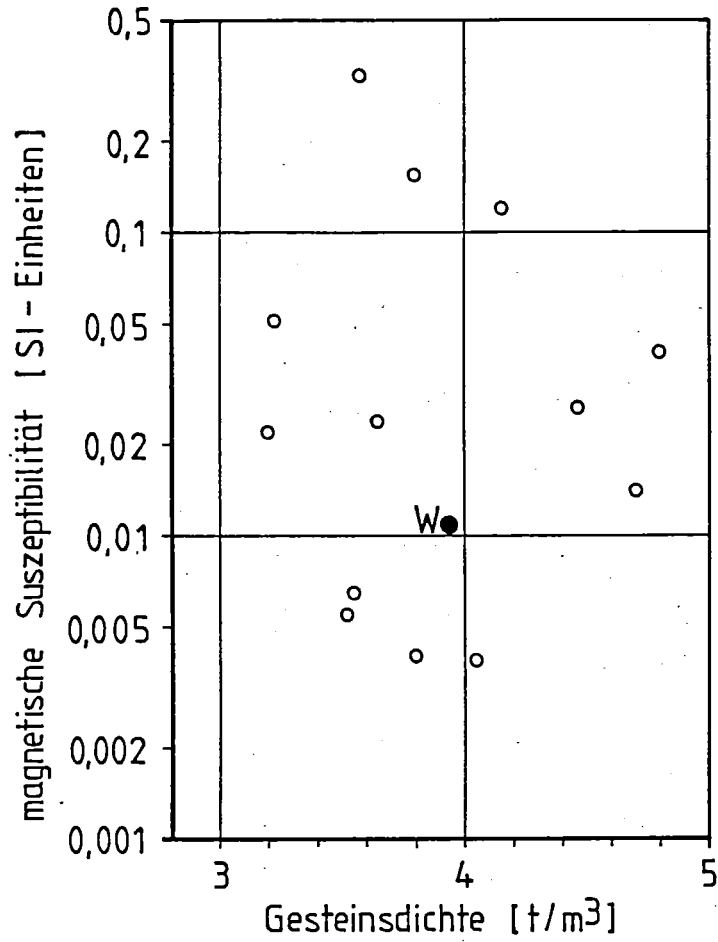


Abb. 2: Verteilung der Dichte und magnetischen Suszeptibilität von Haldenerzproben des aufgelassenen Bergbaues Pack/Grantner (Probengruppe 3 von 1983)

W = Mittelwert Waldenstein

#### 4. Ergebnisse der Testmessungen 1981

Im Mai 1981 wurden die beiden von M.VINZENZ (1980) mit 10 m Stationsabstand magnetisch vermessenen Profile E I und W I auf eine Länge von je 420 m gravimetrisch und geoelektrisch vermessen. Die Stationsabstände wurden dabei auf dem östlichen Profil einheitlich mit 15 m und auf dem westlichen Profil mit 15 m (Geoelektrik) und 30 m (Gravimetrie) gewählt. Bei der Verpflockung der Meßpunkte wurde von den vermarkten Fixpunkten der magnetischen Aufnahme 1980 ausgegangen, sodaß die direkte Vergleichbarkeit zwischen allen angewendeten geophysikalischen Methoden gesichert war.

Der aufwendigste Arbeitsteil war die geodätische Vermessung der Profile für die Gravimetrie, da die Meßpunktshöhen in relativ schwierigem Gelände (stärkeres Relief, Jungwald) auf  $\pm 0,05$  m genau nivelliert werden mußten. Die Nahbereichsaufnahme bis zu einer Entfernung von 100 m um die einzelnen Meßpunkte erfolgte dann tachymetrisch. Es sei vermerkt, daß die geodätische Aufnahme für die 48 Gravimeterpunkte rund 5 Tage (3 Mann) in Anspruch nahm, während die eigentlichen Gravimetermessungen in 6 Stunden von 1 Mann zu erledigen waren.

Die elektrische Widerstandskartierung nach der WENNER-Elektrodenkonfiguration wurde mit Elektroden- und Meßpunktsabständen von  $a = 15$  m durchgeführt, womit ein Tiefenbereich bis ca. 20 m erfaßt wurde. Längere Elektrodenabstände hätten zwar den erfaßten Tiefenbereich vergrößert, doch wäre das zu Lasten des Auflösungsvermögens gegangen und die von der Magnetik her bekannten relativ kurzwelligen Anomalien wären nicht mehr erfaßt worden. Die elektrische Widerstandskartierung nahm 1 Arbeitstag (3 Mann) in Anspruch.

#### 4.1 Auswertung der Feldmessungen

Erstes Ziel der Auswertung gravimetrischer Messungen ist die Bestimmung der Bougueranomalie  $\Delta g''$ . Sie bildet die integrale Schwerewirkung aller Massen unterhalb eines gewählten Bezugsniveaus ab und wird nach der Formel

$$\Delta g'' = \Delta g - \delta g_N + \delta g_F - \delta g_B + \delta g_T \quad (1)$$

berechnet. Darin bedeuten

- $\Delta g$  ... gemessener (relativer) Schwerewert
- $\delta g_N$  ... Normalfeldreduktion
- $\delta g_F$  ... Freiluftreduktion
- $\delta g_B$  ... Bouguer- oder Plattenreduktion
- $\delta g_T$  ... Topographische oder Geländereduktion

Sollen, wie hier, lokale Anomalien  $\Delta g_L$  untersucht werden, so muß die regionale Schwerewirkung  $\Delta g_R$  aus dem Bouguerschwerefeld  $\Delta g''$  nach

$$\Delta g_L = \Delta g'' - \Delta g_R \quad (2)$$

eliminiert werden. Das Regionalfeld wird dabei aus den Meßdaten graphisch oder analytisch (Polynomentwicklungen, Filterung oder Feldfortsetzung nach oben) bestimmt, wobei in diesem Teil der Arbeit eine Tiefpaßfilterung mittels eines Linienfilters (ANDREJEW-KLUSZIN 1962) angewendet wurde.

Nach einer ersten, der Aufgabenstellung einer Meldearbeit entsprechenden, vereinfachten Auswertung der Gravimetrie (POSCH 1981), erfolgte die endgültige Auswertung unter folgenden Annahmen

Reduktionsdichte	2,75 g.cm <sup>-3</sup>
Topographische Reduktion	0 - 5 km
Bezugsniveau	SH 934 m

Die magnetischen Messungen nach M.VINZENZ (1981) wurden zwecks Regionalfeldbestimmung ebenfalls der beschriebenen Tiefpaßfilterung unterzogen. Damit konnten für die später noch zu beschreibenden Modellrechnungen die lokalen Anomalien bestimmt werden.

Die Auswertung der geoelektrischen Widerstandskartierung erfolgt durch Multiplikation der Meßwerte in Ohm mit einem geometrischen Faktor  $K_G = 2\pi a$  ( $a$  = Elektrodenabstand) in Meter. Das heißt, daß bei  $a = 15$  m die Meßwerte mit dem Faktor 94,25 zu multiplizieren waren.

#### 4.2 Meßergebnisse und Interpretation

Die ausgewerteten Meßergebnisse der Testmessungen 1981 sind in den Abbildungen 3 (Testprofil Ost) und 4 (Testprofil W) - im folgenden mit TPE und TPW bezeichnet - zusammengefaßt dargestellt. Ein erster Blick auf die Diagramme zeigt sofort, daß die als erhöflich anzusehende Zone genau zwischen den beiden etwa W-E verlaufenden Bächen liegt und nördlich bzw. südlich davon die Anomaliebilder von Gravimetrie und Magnetik keine auffallenden Strukturen zeigen.

Unterzieht man zunächst die Ergebnisse von TPE (Abb. 3) einer näheren qualitativen Analyse, so fällt sofort auf, daß die Geoelektrik keine interpretierbaren Ergebnisse von Bedeutung liefert. Lokale Widerstandsminima fallen, wie auch auf TPW, immer mit den vernässten Bachniederungen zusammen, wo sie ja auch aufgrund der höheren elektrolytischen Leitfähigkeit von wassergesättigten Gesteinspartien zu erwarten sind. Inwieweit diese Profilbereiche zum Beispiel mit Mylonitzonen zu korre-

lieren wären, ist aus den Ergebnissen nicht eindeutig abzulesen. Die elektrische Widerstandskartierung ist daher sofort als brauchbare Prospektionsmethode auszuschließen.

Die Gravimetrie zeigt hingegen auf TPE schon in der Bougueranomalie ein eher mit einer Vererzungszone zu korrelierendes Bild. Wieder schließen die beiden Bachniederungen eine markante Minimumzone ein, die aber genau über dem zu vermutenden Erzkörper ein lokales Schwerehoch von ca. 0,1 - 0,15 mgal erkennen läßt. Um dieses lokale Schwerehoch für eine quantitative Interpretation zu isolieren, bedarf es einigen analytischen Aufwandes.

Zunächst wurde über ein Polynom 2. Grades nach Gleichung 2 (Kap. 4.2) die allgemeine Restschwere für TPE berechnet. Dies ergibt in Abb. 3 zwischen den Profilmeterern 0 und 180 ein Schwereminimum von rund 0,5 mgal, das bei den Profilmeterern 40 und 130 seine maximale Flankensteilheit erreicht. Wahrscheinlich bilden diese Punkte die Begrenzung der nach geologischer Karte ESE durchstreichenden pegmatoid durchtränkten Zone, die aufgrund ihrer um ca. 0,1 - 0,15 g.cm<sup>-3</sup> geringeren Dichte gegenüber den Nebengesteinen (vgl. Ta. 2) hinreichend dieses Schwereminimum erklären würde. Ein weiteres, aber weniger ausgeprägtes Schwereminimum von etwa 0,2 mgal tritt zwischen den Profilmeterern 230 und 320 auf. Auch dort läßt die geologische Karte eine schmale pegmatoide Zone vermuten.

Um das vermutlich mit der Vererzung im Zusammenhang stehende lokale Schweremaximum endgültig zu isolieren, ist ein weiterer analytischer Bearbeitungsschritt erforderlich. Dazu verschiebt man das Ergebnis der Tiefpaßfilterung in die "Sohle" des Schwereminimums und bildet das Residuum. So erhält man letztlich eine rund 40 m breite positive Schwereanomalie A von 0,13 mgal, die theoretisch nur mehr die Wirkung eines "schweren", also Erzkörpers, abbilden sollte.

Man sieht, daß ein Meßpunktsabstand von 15 m gerade noch ausreicht, um diese Anomalie zu erfassen - im Regelfall müßte daher mit noch kleineren Stationsabständen gearbeitet werden.

Setzt man nun dieses Ergebnis der Gravimetrie zu den magnetischen Anomalien in Beziehung, so tritt auch auf dem magnetischen Profil eine nahezu identisch situierte Anomalie A auf. Kompliziert wird die Situation aber dadurch, daß die Magnetik rund 35 m weiter südlich ein zweites Maximum B zeigt, das in der Gravimetrie auf den ersten Blick keine Entsprechung findet. Dafür gibt es aber mehrere Erklärungen.

Erstens liegt laut geologischer Karte in dieser Position der Südrand der pegmatoiden Zone, der leicht erklärlich, von Magnetit begleitet sein könnte, ohne daß ein Hämatiterzkörper auftritt. Andererseits könnte aber auch die steile Flanke der Restschwereanomalie die Wirkung eines kleinen, oberflächennahen Erzkörpers "geschluckt" haben, was wiederum nur durch eine Verdichtung des Stationsstandes nachweisbar wäre. Letztlich könnte auch nach der Restschwereverteilung die gesamte Zone zwischen den beiden Minima als großes Schwerehoch von ca. 0,4 mgal aufgefaßt werden. Dem Umstand widerspricht aber die Magnetik doch eindeutig, weil so ein Körper eine Erztonnage in der Größenordnung von  $10^6$  t haben müßte, was auch bei minimalsten Suszeptibilitätskontrasten in einer breiten Anomalie von mindestens 150 nT seinen Ausdruck finden müßte.

Schon diese kurze qualitative Analyse der Meßergebnisse läßt erkennen, daß durch die Methodenkombination Gravimetrie-Magnetik wesentliche Aussagen über Lage und Geometrie potentieller Hämatiterzkörper möglich sind. Gewisse Unsicherheiten sind wahrscheinlich durch eine Verbesserung der Meßmethodik zu beseitigen.

Überträgt man nun die geäußerten Gedankengänge sinngemäß auf TPW (Abb. 4), so sind auch dort nach dem Schwerebild ähnliche Anomalieerscheinungen denkbar, doch gestattet der Stationsabstand von 30 m keine eindeutige Analyse mehr. Ein Vergleich mit der wiederum zweigipfeligen Magnetikanomalie (A', B') zeigt, daß möglicher Weise beide Magnetik-peaks ein Gegenstück in der Gravimetrie finden.

Eine Erklärung muß auch noch für die besonders stark ausgeprägte Minimumzone nördlich der magnetischen Anomalien A, A' gesucht werden. Dies wird im Rahmen der in Kap. 5 beschriebenen Modellrechnungen näher untersucht. Es ist jedoch anzunehmen, daß dieses Phänomen auf eine von der derzeitigen Inklination des Erdmagnetfeldes ( $63^{\circ}$ ) abweichende (flachere) remanente Magnetisierungsrichtung im Erzkörper zurückgeht.

Zusammenfassend kann über das Ergebnis der Testmessungen von 1981 gesagt werden, daß sowohl die Magnetik als auch die Gravimetrie für die Prospektion auf Hämatiterzkörper des Typs Pack grundsätzlich geeignet sind, und auch die Unterscheidung gegenüber "sonstigen" Störkörpern (z.B. Amphibolit) nach Anwendung von IP-Messungen bzw. auch von analytischen Interpretationshilfen möglich ist. Die Stationsabstände müssen aber in jedem Fall klein und am günstigsten in einem quadratischen Raster gewählt werden. Die geoelektrische Widerstandskartierung scheidet hingegen als effektive Prospektionsmethode aus.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann nun eine theoretische Analyse erfolgen, in der in Verbindung mit den Ergebnissen der Gesteinsphysik, Fragen nach dem optimalen Meßpunkts- bzw. Profilabstand, der maximalen Nachweistiefe von Erzkörpern als Funktion ihrer Dimension bzw. Lage und auch die Möglichkeiten der quantitativen Abschätzung von Erztonnagen über Modellrechnungen zu prüfen sein werden.

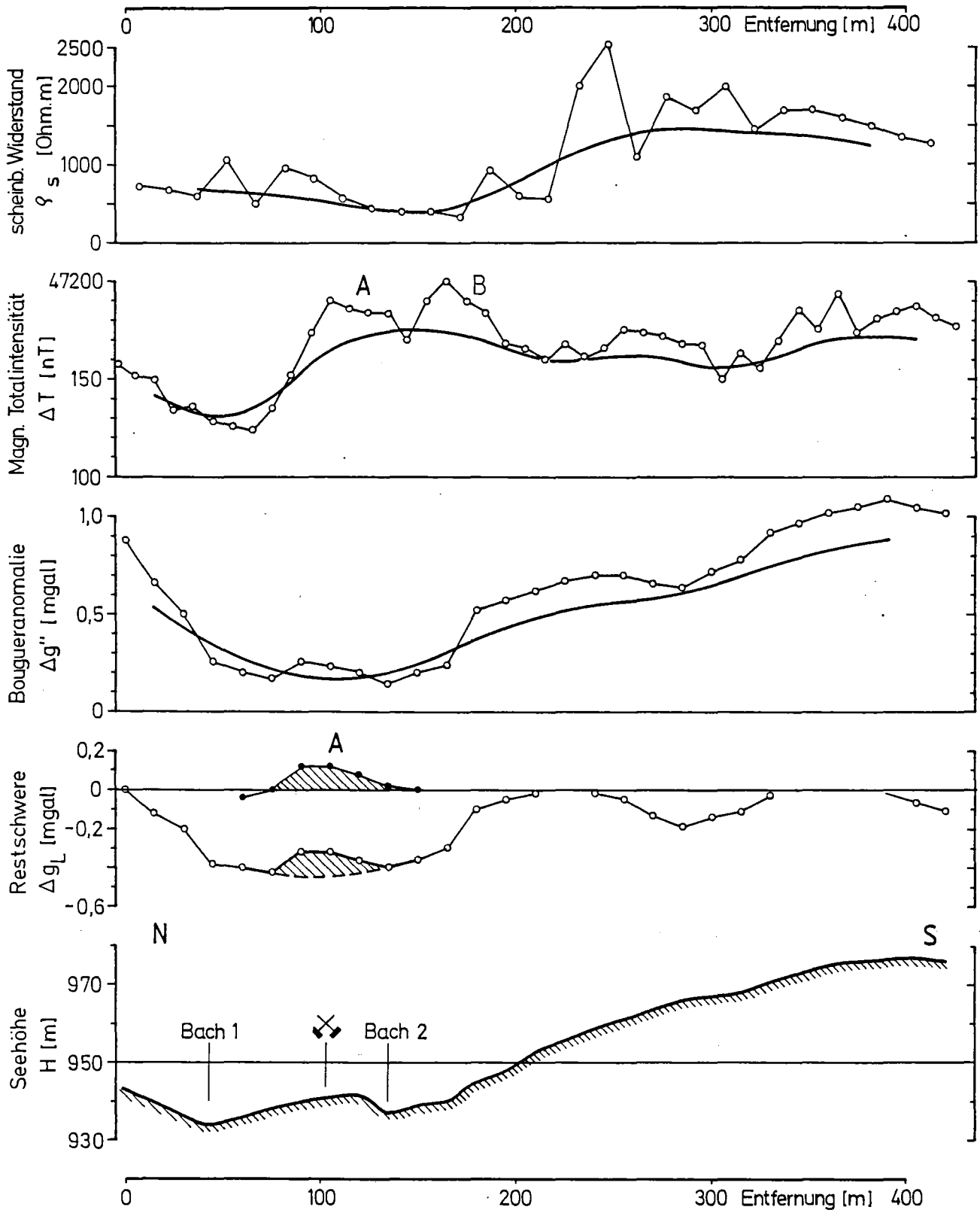


Abb. 3: Profildarstellung der magnetischen, gravimetrischen und geoelektrischen Versuchsmessungen auf Testprofil Ost - ausgewertete Meßergebnisse



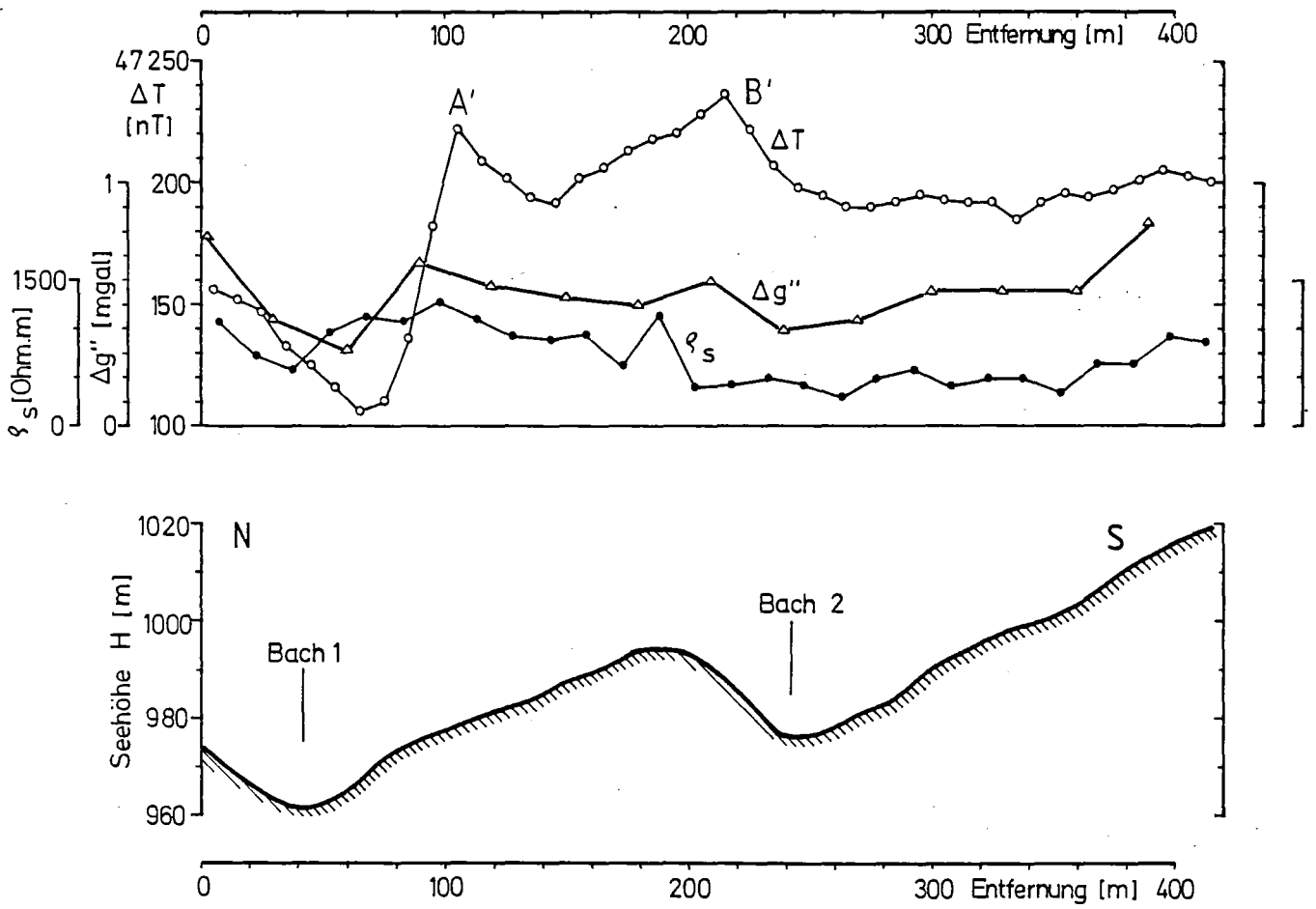


Abb. 4: Profildarstellung der magnetischen, gravimetrischen und geoelektrischen Versuchsmessungen auf Testprofil West - ausgewertete Meßergebnisse

## 5. Theoretische Untersuchungen zur Meß- und Auswertemethodik

### 5.1 Grundsätzliches

Für die theoretische Abschätzung von geometrischen Parametern der anzuwendenden Meß-, Auswerte- und Interpretationsmethodik muß zunächst ein idealer Störkörper angenommen werden, der einerseits mathematisch einfach zu behandeln ist und andererseits im Prinzip ein den zu erwartenden realen Störkörpern entsprechendes Anomaliefeld erzeugt. Da die Störkörper im Raume Pack nach der geologischen Situation und den Testmessungen zu urteilen im allgemeinen "linsig" auftreten, erfüllt die Kugelform in erster Näherung am ehesten die genannten Prämissen. Natürlich muß für Detailanalysen gemessener Anomalien eine bessere Approximation der natürlichen Gegebenheiten angestrebt werden, da die zu erwartenden Erzlinsen eher plattige, in das Generalstreichen der Nebengesteine eingeregelt, Formen haben werden.

Die anzunehmende Dimension der Modellkugel(n) kann am leichtesten über Erztonnagen rückgerechnet werden. Nimmt man als "kleinen" Modellkörper 50.000 t und als "großen" 250.000 t Erz der Dichte  $4,0 \text{ g.cm}^{-3}$  an, so resultieren daraus Kugelradien von genähert 15 bzw. 25 m.

Aus der Gesteinsphysik ergibt sich für die gravimetrischen Modelle ein Dichtekontrast von  $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$ . Wegen der Unsicherheit in der Bestimmung der mittleren Suszeptibilität erscheint es dagegen ratsam, mit dieser Annahme eher an der unteren Grenze zu bleiben. Es ist nämlich für die Anwendbarkeit der magnetischen Methode von entscheidender Bedeutung, bei welcher Größe und in welcher Tiefe eine Erzlinse "gerade noch" signifikant nachgewiesen werden kann. Die Suszeptibilität wurde daher für die Modellrechnungen mit  $15 \cdot 10^{-3}$  SI angenommen.

Die verwendeten Störkörperformeln sind vielfach publiziert, eine gute Zusammenstellung geben H.LINDNER und R.SCHEIBE (1978).

## 5.2 Optimaler Meßpunktsabstand und maximale Nachweistiefe

Zur Bestimmung der praktisch zu erwartenden Nachweistiefe muß einerseits die maximale Anomaliewirkung (mgal; nT) in Abhängigkeit von der Dimension und der Mittelpunktstiefe  $t$  der Modellkörper berechnet werden und andererseits die zu erwartende Interpretationsunsicherheit der Meßergebnisse abgeschätzt werden.

Letztere kann nach Erfahrungswerten mit  $\pm 0,1$  mgal für die Gravimetrie ( $F_G$ ) und  $\pm 10$  nT für die Magnetik ( $F_M$ ) angenommen werden.

In den Abbildungen 5 (Gravimetrie) und 6 (Magnetik) sind die theoretischen Anomaliekurven der Modellkörper bei verschiedenen Mittelpunktstiefen graphisch dargestellt. Unter Berücksichtigung des schraffiert gezeichneten Unsicherheitsbereiches bildet in der Gravimetrie das Modell 3 (50.000 t Erz,  $t = 25$  m) den gerade noch meßbaren Grenzfall.

Soll der Modellfall 3 gravimetrisch durch mindestens 4 Meßpunkte verifiziert werden, so ist die Strecke zwischen den beiden Schnittpunkten der Modellkurve 3 mit der oberen Grenze des Unsicherheitsbereiches  $F_G$  in 5 Teile zu unterteilen, woraus ein theoretischer Stationsabstand von  $a = 12$  m resultiert. Bei 5 Meßpunkten würde sich dagegen  $a = 10$  m ergeben. Ein ähnliches Resultat kann für die Magnetik aus der Abbildung 5, Modellfall 4, abgeleitet werden. Dort sind die theoretischen Stationsabstände  $a = 11$  bzw.  $8,5$  m.

- o Der Meßpunktsabstand ist daher bei Detailvermessungen nach beiden Methoden mit  $a = 10$  anzunehmen.

Stationsabstände von 10 m in einem regelmäßigen Raster erfordern jedoch einen hohen Meßaufwand (121 MP/ha). Es muß daher geprüft werden, ob zumindest in der Magnetik der Raster für Übersichtsmessungen nicht weitmaschiger gewählt werden kann. Für das sichere Erkennen einer Anomalie normal auf ihr Streichen genügen aber 2-3 Punkte. Daher ist für Übersichtsvermessungen ein Stationsabstand auf den Profilen von 25 m ausreichend. Berücksichtigt man außerdem, daß nach der bisherigen Erfahrung die lagerstättenkundlich interessierenden Anomalien meist eine größere Streichenderstreckung (mittleres Achsenverhältnis ca. 2,5) haben, so kann in Streichrichtung der geologischen Strukturen der Profilabstand zumindest mit 50 m angenommen werden. Für eine Übersichtsvermessung sind dann nur mehr 15 MP/ha erforderlich, was einen entsprechend höheren Meßfortschritt gestattet.

Die maximale Nachweistiefe kann man graphisch in der Weise bestimmen, indem man die maximale Anomaliewirkung (mgal; nT) als Funktion einer variablen Mittelpunktstiefe in einem Diagramm aufträgt und wieder mit dem Unsicherheitsbereich der jeweiligen Methode ( $F_G$ ,  $F_M$ ) zum Schnitt bringt. Das ist in Abbildung 7 für die Gravimetrie (durchgezogene Kurven) bzw. die Magnetik (strichliert) und die angenommenen Störkörperdimensionen von 50.000 bzw. 250.000 t Erz dargestellt. Das Diagramm zeigt, daß die angenommenen Störkörper nach Gravimetrie bis zu einer Mittelpunktstiefe von 35 bzw. 70 m und nach Magnetik bis 50 bzw. 90 m nachweisbar sind.

Berücksichtigt man weiters, daß der angenommene Dichtekontrast als durchaus repräsentativ anzusehen ist und seine Unsicherheit  $\pm 15\%$  nicht übersteigen wird, aber der Suszeptibilitätskontrast an der unteren Grenze angenommen wurde und daher in Wirklichkeit auch mehr als 50% größer sein kann, so zeichnet sich rein physikalisch eine Überlegenheit der Magnetik gegenüber der Gravimetrie für die praktische Anwendung der Methoden ab.

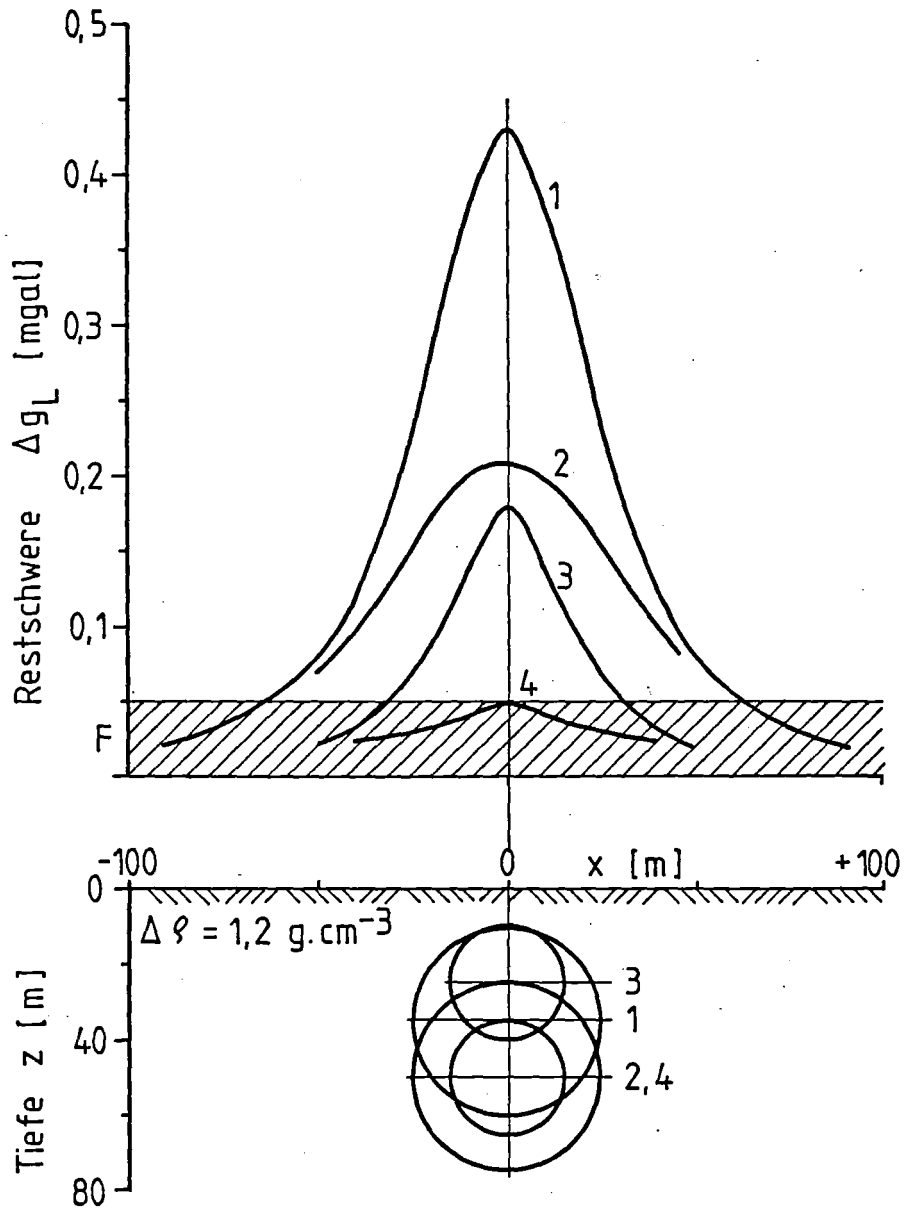
ö Bezogen auf die Praxis ist zu folgern, daß Störkörper der beschriebenen Dimension bis zu einer maximalen Hangendüberdeckung von rund 50 m mit der Gravimetrie, aber mindestens 100 m mit der Magnetik nachgewiesen werden können.

Als wichtiges Nebenergebnis kommt dabei aber auch zum Ausdruck, daß eine Übersichtsprospektion mittels Hubschrauber nicht durchführbar ist, da das Fluggerät in einem Abstand von mindestens 90 m über Grund operiert. Diese Höhe liegt aber schon an der Grenze der Nachweistiefe für die Magnetik.

### 5.3 Störkörpermodelle nach den Ergebnissen der Testmessungen

Nach den Ergebnissen der geologischen Vorerkundung (W. POHL et.al., 1981) kann nun mit Hilfe der vorhergegangenen theoretischen Überlegungen ein wirklichkeits-näherer Modellkörper angenommen und mit den Ergebnissen der Testmessungen von 1981 verglichen werden. Dieser Modellkörper ist in den Abbildungen 8 (Gravimetrie) und 9 (Magnetik) definiert. Rechnerisch ergibt sich für ihn eine theoretische Erztonnage von ca. 180.000 t, was vielleicht etwas zu groß ist, wenn man ihn nur mit der Anomalie A auf TPE (Abb. 3) vergleicht. Nicht aber dann, wenn man die Ergebnisse von 1983 (Kap. 6) mit berücksichtigt, da zwischen den beiden Testprofilen ein größerer Erzkörper zu liegen scheint.

Vergleicht man die Restschwere der Anomalie A in Abb. 3 mit der Modellkurve 2 in Abb. 8, so zeichnet sich ein nahezu identischer Verlauf von Modell- und praktisch gemessener Restschwerekurve ab. Dies gilt auch mit Einschränkungen für die Magnetik (Abb. 9), wenn man die sehr klein angenommene Suszeptibilität berücksichtigt. Es ist zu beachten, daß aber nur dann eine relativ gute Kurvenanpassung erreicht werden kann, wenn die Inklination einer anzunehmenden remanenten Magnetisierung des Erzkörpers deutlich flacher als jene des heutigen Erdmagnetfeldes ist.



Kugelmodelle:

1  $R = 25 \text{ m}$ ,  $t = 35 \text{ m}$

2  $R = 25 \text{ m}$ ,  $t = 50 \text{ m}$

3  $R = 15 \text{ m}$ ,  $t = 25 \text{ m}$

4  $R = 15 \text{ m}$ ,  $t = 50 \text{ m}$

Abb. 5: Theoretische Schwerewirkung von kugelförmigen Modellkörpern verschiedener Dimension und Tiefenlage

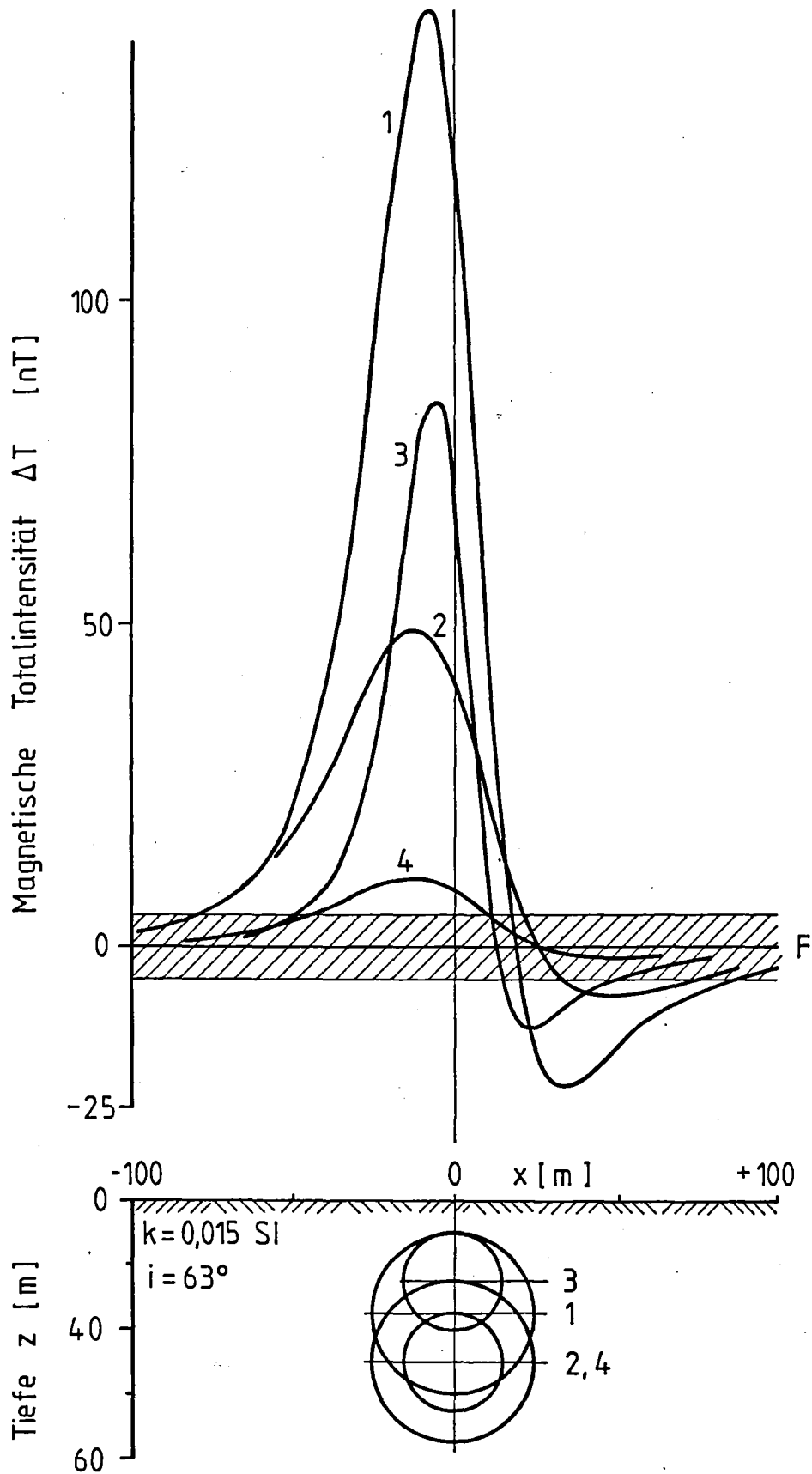


Abb. 6: Magnetische Anomaliewirkung von kugelförmigen Modellkörpern verschiedener Dimension und Tiefenlage

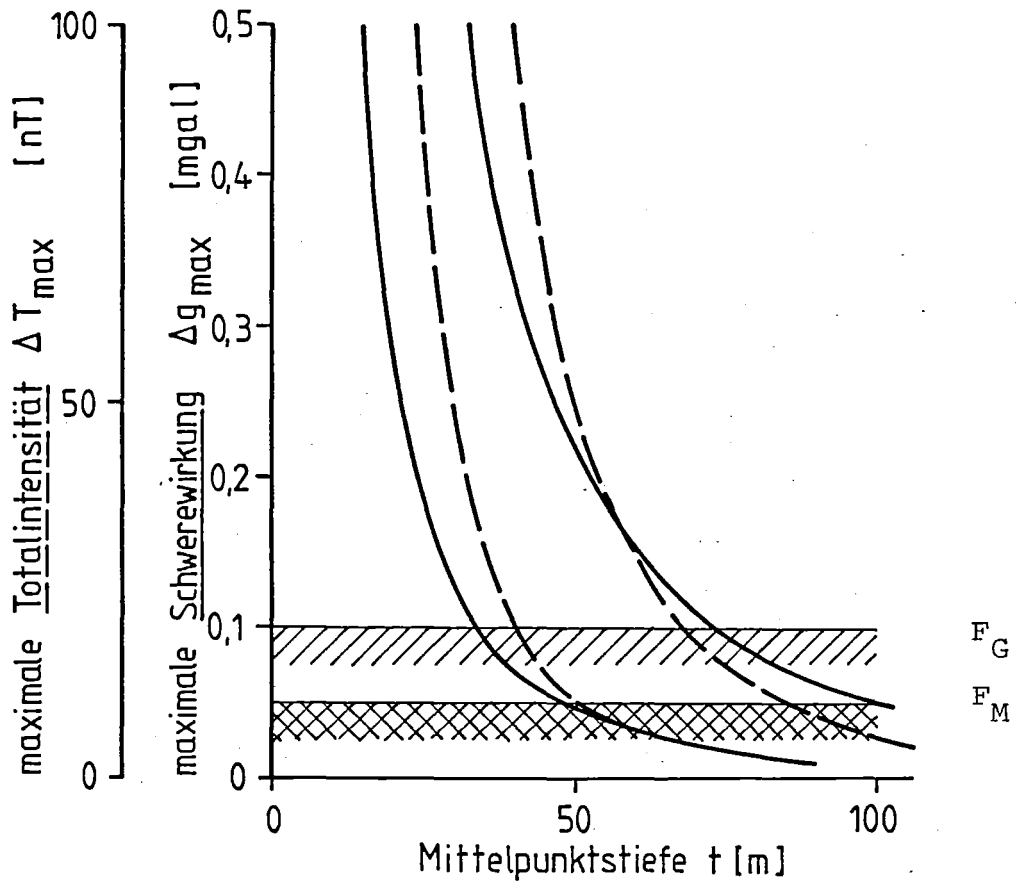
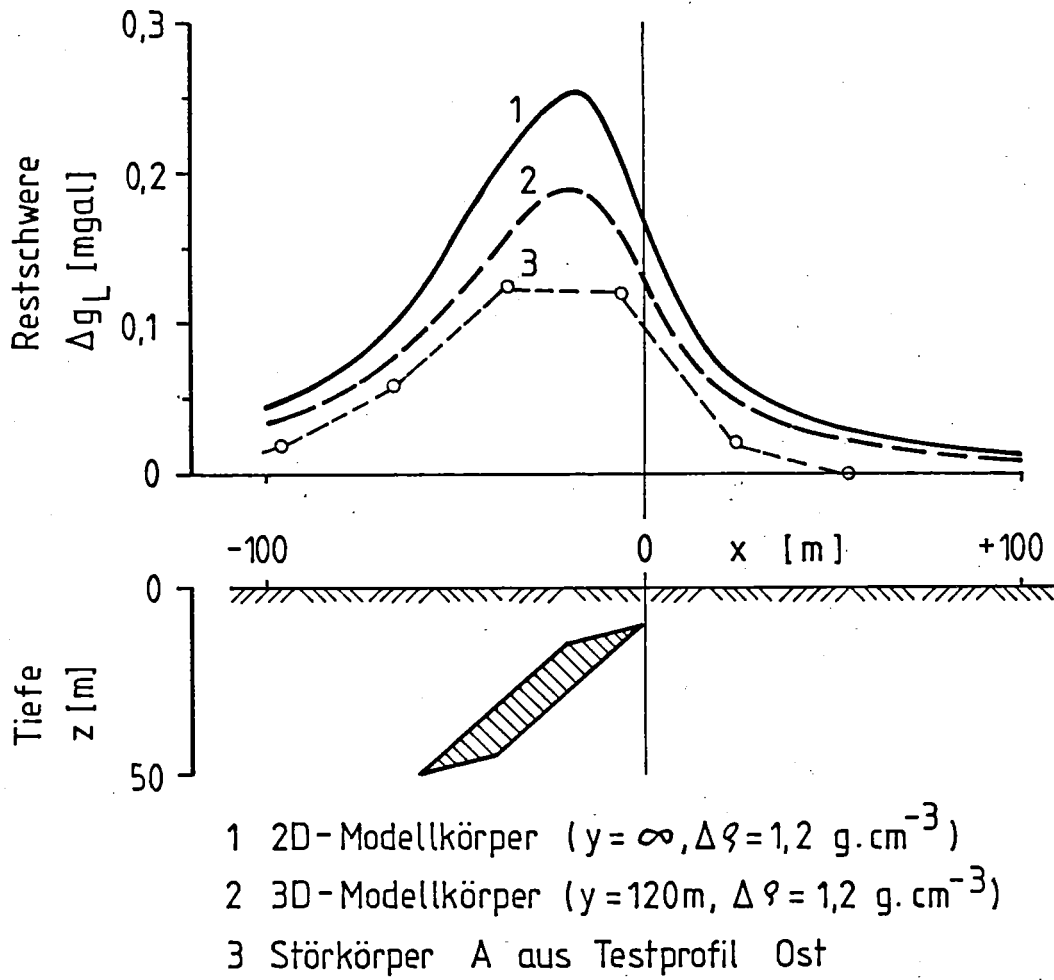


Abb. 7: Diagramm zur Bestimmung der theoretischen Nachweistiefe gravimetrischer und magnetischer Modellkörper von 50.000 bzw. 250.000 t Erzinhalt (Kugelmodelle)





Abb, 8: Schwerewirkung einer durch einen plattenförmigen Modellkörper approximierten Erzlinse und Vergleich mit einer gemessenen Anomalie (Störkörper A) auf Testprofil Ost

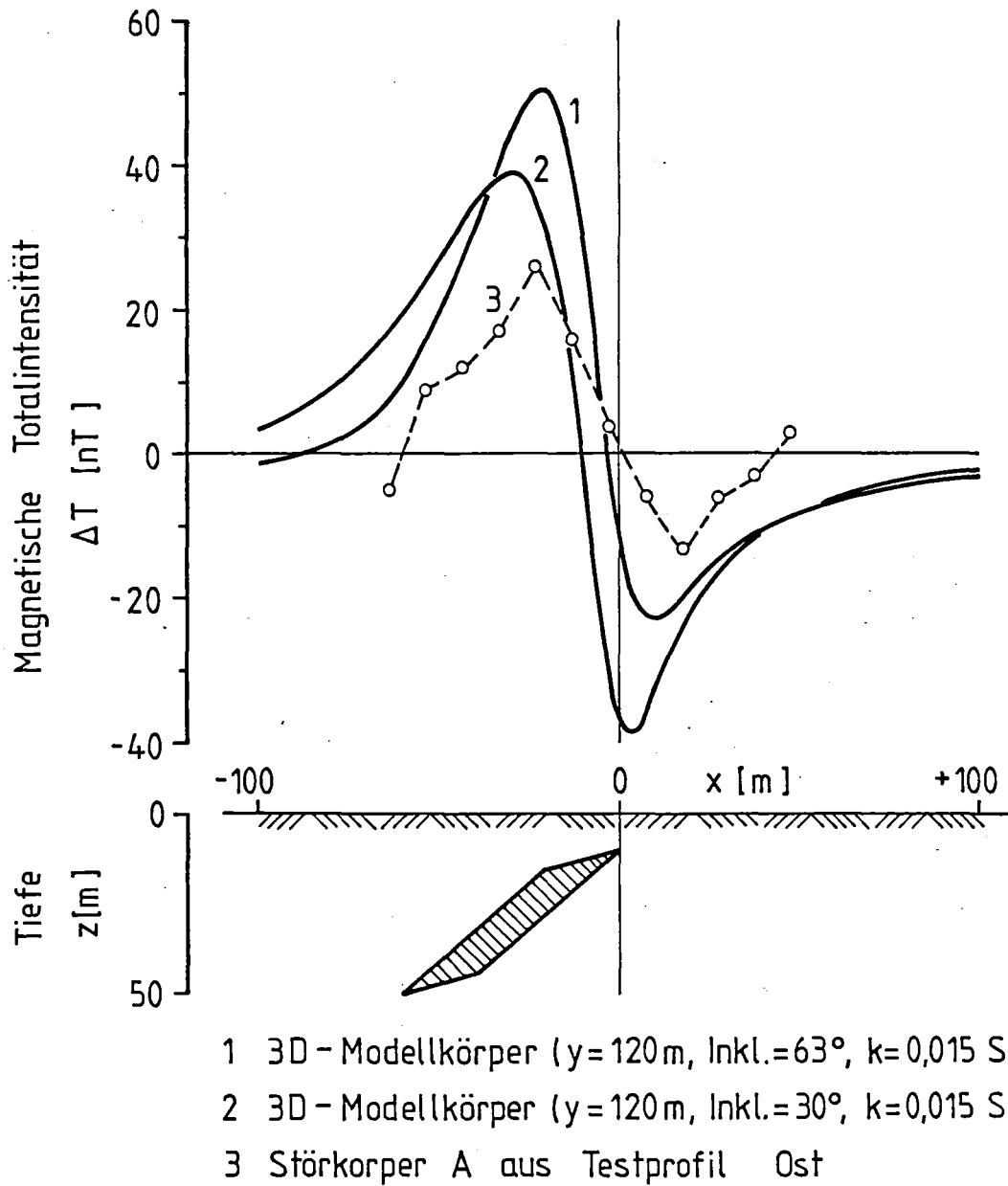


Abb. 9: Magnetische Anomaliewirkung einer durch einen plattenförmigen Modellkörper approximierten Erzlinse und Vergleich mit einer gemessenen Anomalie (Störkörper A) auf Testprofil Ost

## 6. Ergebnisse der Feldmessungen 1983

Die Feldarbeiten im Jahr 1983 befaßten sich mit den im Kap. 3 erläuterten Ergänzungen der Gesteinsphysik, der Erprobung von elektromagnetischen (VLF)-Messungen und einer geringfügigen Meßpunktsverdichtung auf dem gravimetrischen Testprofil Ost (vgl. Abb. 3). Hauptaufgabe war jedoch der konzentrierte Einsatz der Geomagnetik unter Berücksichtigung der in Kap. 5 beschriebenen Meßmethodik.

Dazu wurde nach der geologischen Karte (BECK-MANNAGETTA 1975) im Gebiet um die Ortschaft Pack ein ca. 3 km<sup>2</sup> großes Meßgebiet angenommen, in dem W-E streichende, pegmatoid durchtränkte Züge konzentriert auftreten und dessen Zentrum der aufgelassene Eisenerzbergbau bildet. Schließlich wurde im Gebiet des Bergbaues ein Testfeld 1 und im Bereich des Pöschjoglkogels ein Testfeld 2 angenommen (vgl. T1 und T2 in Abb. 1). Diese Felder im Ausmaß von ca. 30 bzw. 8 ha wurden mit 50 m E-W Profilabstand und 25 m N-S Punktabstand vermessen. Der übrige Teil des Meßgebietes wurde mit meist N-S verlaufenden Profilen im durchschnittlichen Abstand von 150-200 m überdeckt, wobei auf den Profilen wieder ein Meßpunktsabstand von 25 m gewählt wurde.

Die etwa 800 Meßpunkte wurden koordinatenmäßig erfaßt, korrigiert (tägliche Variation und Normalfeld) und in einem EDV-File abgespeichert.

### 6.1 Auswertung der magnetischen Messungen

Für die Auswertung kam ein EDV-Programmsystem zur Anwendung, das am Institut für Angewandte Geophysik der FGJ (R.MEYER und G.WALACH) 1983 auf der VAX 750 entwickelt und adaptiert wurde. Dieses Programmpaket gestattet einerseits die Anwendung ver-

schiedenster analytischer Interpretationshilfen (Filterung, Feldertrennung, Feldfortsetzungen, etc.) und andererseits die vollautomatische graphische Darstellung der Ergebnisse in Isanomalenplänen, Profilen oder 3D-Graphiken. Für die gesamten EDV-Arbeiten war Herr DI.R.MEYER (Angewandte Geophysik, FGJ) verantwortlich.

#### 6.1.1 Interpretation Testfeld 1

In Beilage 2 ist der Isanomalenplan (Totalintensität) für das Testfeld 1 (Grantner) dargestellt. Darin ist zu beobachten, daß nur in einem etwa ESE streichenden Streifen von rund 150 m Breite stärker strukturierte Anomalien auftreten. In den anderen Gebietsteilen treten dagegen fast nur inselartige Kleinanomalien auf. Die beschriebene Anomalienzone zeigt aber auch eine Korrelation mit der geologischen Situation, da sie genau der Richtung eines das Testfeld durchsetzenden pegmatoiden Zuges folgt.

Um die lokalen Anomalien noch besser herauszuarbeiten, wurde auf das Datenmaterial (Beilage 1) nach mehreren Versuchen eine Regionalfeld-Restfeld-Trennung über ein Polynom 3. Grades angewendet. Die Beilage 3 zeigt das abgespaltene Regionalfeld, welches mit der übergeordneten geologischen Situation gut korreliert. Der Bereich zwischen den Isolinien 47200 bzw. 47210 nT folgt nämlich genau dem geologischen Generalstreichen und auch das Maximum in der SW-Ecke des Testfeldes 1 war schon in Beilage 2 als flache, langwellige Anomalie zu beobachten.

Die Beilage 4 zeigt das Restfeld, also das Residuum "Beilage 2 minus Beilage 3" und bildet daher nur mehr lokale Anomalien ab. Man sieht sofort, daß stärkere Anomalien (I, II), die den im Kapitel 5 entwickelten Modellen entsprechen, nur in dem Zwickel zwischen den beiden etwa W-E verlaufenden Bächen auf-

treten. Dabei entspricht der Nordteil der Anomalie I dem ehemaligen Bergbaugebiet. Weiters ist zu beobachten, daß alle wesentlichen Anomalien (I - IV) genau einem ESE-Trend folgen, der sowohl geologisch (pegmatoide Züge) als auch morphologisch (Hauptgerinne) ebenfalls die Vorzugsrichtung im Meßgebiet charakterisiert.

Dominierend im Kartenbild der Beilage 4 ist jedoch die Anomalie I, deren Erzführung ja durch den ehemaligen Bergbau erwiesen ist. Versucht man sie in die Modellvorstellungen des Kap. 5 einzupassen, so scheitert dies zunächst an dem unruhigen Bild der gemessenen Anomaliekurve, auch ist deren Amplitudenhöhe um ca. 40 % größer. Führt man die größere Amplitudenhöhe auf eine höhere Suszeptibilität zurück, so ist nach entsprechender Normierung der Amplitudenhöhen noch immer die gemessene Anomalie wesentlich mächtiger als die gerechnete. Die Anpassung wird erst dann besser, wenn man die Suszeptibilität mit mindestens  $50 \cdot 10^{-3}$  SI, die Hangendüberdeckung mit mindestens 15 m annimmt und den Erzkörper mit  $30^\circ$  gegen S einfallen läßt. Für eine genauere Abschätzung der Dimension des Erzkörpers müßte aber eine Spezialvermessung mit 10 m Stationsabstand und geodätischer Aufnahme der Topographie erfolgen, da hochfrequente Variationen des gemessenen Störfeldes bei 25 m Stationsabstand den genauen Anomalieverlauf noch zu stark verschleiern. Trotzdem läßt sich die Tonnage des Körpers aus der geometrischen Form der Anomalie und mit der angenommenen erhöhten Suszeptibilität von  $50 \cdot 10^{-3}$  SI mit mindestens 100.000 und maximal 260.000 t Erz der Dichte  $4,0 \text{ g.cm}^{-3}$  grob eingrenzen. Dabei bleibt aber der südliche Peak der Anomalie außer Betrachtung, da sein Status (Topographie ? - Amphibolit ? - Erz ?) ohne Detailvermessung mehrdeutig bleibt. Nach ähnlichen Annahmen ergibt die Abschätzung für die Anomalie II Grenzwerte der Erztonnage von 25.000 und 70.000 t.

Die 3D-Graphik des magnetischen Restfeldes in Beilage 5 vermittelt schließlich einen guten Überblick über die räumliche

Lage und die geometrische Form der magnetischen Anomalien. Der Blick fällt dabei etwa aus WSW auf das Testfeld 1 und man erkennt deutlich die Dominanz der Anomalie I bzw. die lineare ESE - Erstreckung der Anomalienzone.

#### 6.1.2 Interpretation Testfeld 2

Auch die Isanomalienkarte des Testfeldes 2 (Beilage 7) läßt sofort die enge Korrelation zwischen magnetischen Anomalien und der geologisch kartierten Streichrichtung erkennen. Auch hier ist in der SW-Ecke des Kartenblattes die magnetische Anomalie zwischen 2 pegmatoid durchtränkten Zonen situiert. Auf eine Feldertrennung der Primärdaten (Beilage 6), ähnlich wie im Testfeld 1, wurde wegen der Kleinheit des Meßgebietes verzichtet. Auch die 3D-Darstellung (Beilage 8) unterstreicht diesen Sachverhalt. Für detailliertere Aussagen müßte das Testfeld 2 zumindest gegen W erweitert werden, da nach der Situation auf dem magnetischen Übersichtsprofil 7 (vgl. Abb. 1 und Beilage 9), das Zentrum der Anomalie genau zwischen Westrand des Testfeldes 2 und dem Übersichtsprofil 7 zu liegen scheint.

#### 6.1.3 Interpretation der magnetischen Übersichtskarte des gesamten Meßgebietes

Die in Beilage 9 dargestellten magnetischen Übersichtsmessungen wurden primär zur Abschätzung von Leistungsgrenzen der gewählten Meßmethodik durchgeführt. Sie haben bestätigt, daß der gewählte Meßpunktsabstand von 25 m für Übersichtsmessungen eine ausreichende Informationsdichte in Profilrichtung liefert. Für die seitlichen Profilabstände ist abzulesen, daß tatsächlich 50 m, im äußersten (topographiebedingten) Fall 100 m, nicht überschritten werden dürfen. Bei den versuchsweise gewählten Abständen von 200 m lassen sich die gemessenen Anomalien häufig nicht mehr von Profil zu Profil durchkorrelieren.

Die sekundäre Aufgabe der Übersichtsmessung bestand in der Erschließung von neuen Zielgebieten für eine Weiterführung der Prospektionsarbeiten. Diese Bemühungen waren insofern von Erfolg gekrönt, als rund 500 m NW der Kirche Pack beim Gehöft "Oberer Schröck" eine Anomaliezone Z2 (vgl. Beilage 9) entdeckt wurde, die nach Lage, Intensität und Ausdehnung jener beim Grantner (Z1) entspricht. Auch im Bereich SW-Ecke des Testfeldes 2 - Übersichtsprofil 7 (Pöschjoglkogel) wurde eine weiter zu untersuchende Anomalie Z3 lokalisiert.

Bei Fortsetzung der Untersuchungen könnten die Anomaliezone Z2 und Z3 sofort durch eine Detailmagnetik im Raster 10 X 10 m näher abgegrenzt, sowie deren Erzführung durch einige Gravimetrie- und/oder IP-Profile verifiziert werden.

## 6.2 Auswertung der VLF-Messungen

Die VLF-Messungen wurden zu Testzwecken auf 2 N-S Profilen im Testfeld 1 und bei 10 m Meßpunktsabstand erprobt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 10 und 11 der Magnetik gegenübergestellt.

Da diese Methode nicht die in sie gesetzten Erwartungen erfüllt hat, soll auf die Meß- und Auswertetechnik nicht näher eingegangen werden. Methodische Details sind dem Anhang I zu entnehmen.

Zwar treten im Bereich magnetischer Anomalien auch VLF-Anomalien auf, doch lassen die Diagramme der gefilterten VLF-Werte gut erkennen, daß ohne die begleitende Magnetik keine eindeutige Zuordnung dieser Anomalien möglich wäre. Möglicherweise kann die Aussagekraft der VLF-Profile durch eine spezielle Filtertechnik noch verbessert werden. Theoretische Untersuchungen dazu sind im Gange, doch liegt deren Abschluß sicher außerhalb des zeitlichen Rahmens der vorliegenden Untersuchungen.

Die VLF-Methode ist daher vorläufig für die Prospektion auf Vererzungen vom Typ Pack ungeeignet.

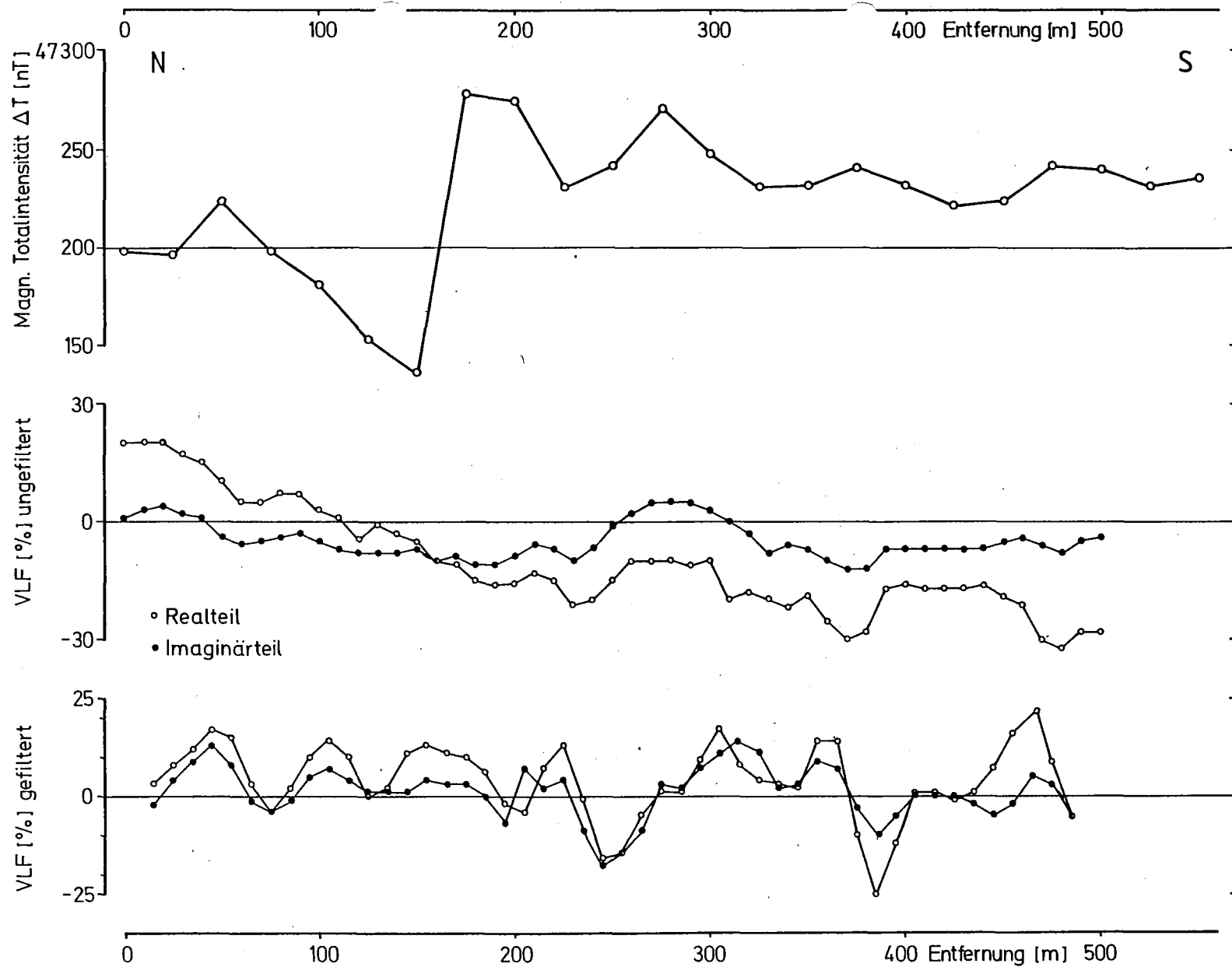


Abb. 10: Vergleich der Ergebnisse von Geomagnetik und VLF-Elektromagnetik auf Profil 7 im Testgebiet 1 (Grantner) - Endergebnis = gefilterte VLF-Werte



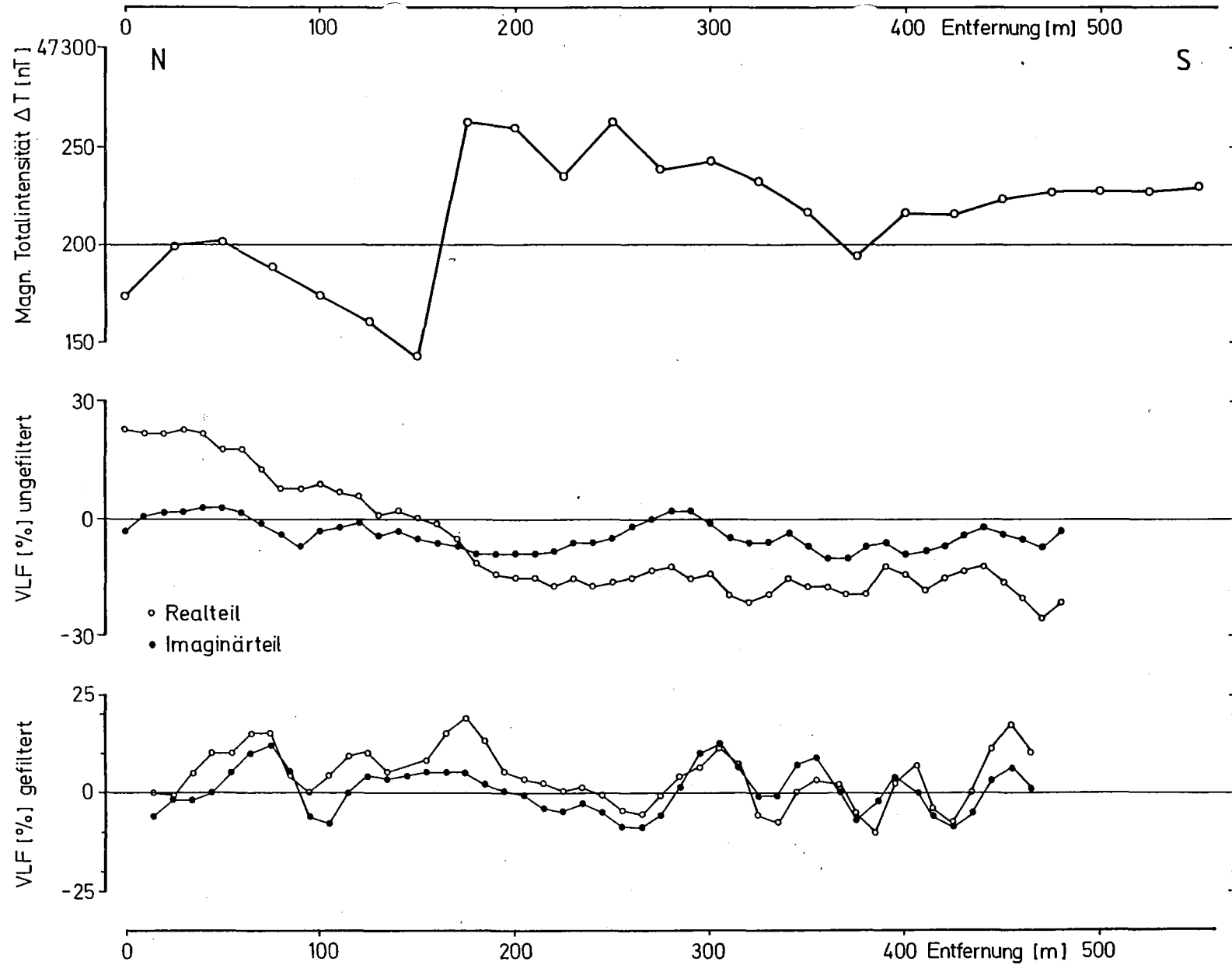


Abb. 11: Vergleich der Ergebnisse von Geomagnetik und VLF-Elektromagnetik auf Profil 9 im Testgebiet 1 (Grantner) - Endergebnis = gefilterte VLF-Werte

## 7. Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Nach der Erprobung von 4 unterschiedlichen geophysikalischen Methoden (Magnetik, Gravimetrie, VLF-Elektromagnetik, elektrische Widerstandskartierung) und der Abklärung der gesteinsphysikalischen Voraussetzungen für eine weitere (IP-Messung), kann deren Effizienz im Rahmen des vorliegenden Prospektionsproblems gut abgeschätzt werden.

Es konnte gezeigt und begründet werden, daß nach den physikalischen Voraussetzungen sowohl die Magnetik als auch die Gravimetrie gut für die Erfassung und Interpretation von Anomalien, die mit bekannten oder vermuteten Erzlinen im Zusammenhang stehen, geeignet sind. Berücksichtigt man jedoch zusätzlich ökonomische Gesichtspunkte, so kommt für die Übersichtsprospektion nur die Magnetik in Frage. Die Kostenrelation Gravimetrie zur Magnetik ist wegen des langsameren Meßfortschrittes, des höheren Personalbedarfs und letztlich wegen der erforderlichen umfangreichen geodätischen Arbeiten bei gravimetrischen Untersuchungen, unter den gegebenen topographischen Verhältnissen mit mindestens 10:1 anzusetzen.

Die optimale geophysikalische Meßmethodik ist daher wie folgt zu definieren:

- 1) Auswahl von Zielgebieten nach geologischen Gesichtspunkten, die im einzelnen eine Fläche von 1 - 5 km<sup>2</sup> haben können.
- 2) Profilhafte magnetische Vermessung der ausgewählten Gebiete normal auf das Generalstreichen der Gesteine. Der Profilabstand ist dabei mit 50-100 m, der Meßpunktabstand auf den Profilen mit 25 m zu wählen. Das ergibt eine Punktdichte von 850 bzw. 450 MP/km<sup>2</sup>, was von einem 2 Mann-Trupp in 10 bzw. 5 Arbeitstagen zu bewältigen ist.

- 3) Nach Auswertung der Übersichtsmagnetik weitere Bearbeitung ausgewählter Anomalienzonen mit Magnetik im Raster 10 X 10 m (Verdichtung), unterstützt durch gravimetrische Messungen und/oder IP-Messungen auf ausgewählten Profilen. Die IP-Messungen müssen jedoch erst in einem Feldversuch erprobt werden.

Danach sollte es durch eine komplexe Auswertung der geophysikalischen Ergebnisse möglich sein, Anomalien, die Erzkörper abbilden, von solchen mit anderen Quellen (Amphibolitkörper, magnetitführende Störungszone u.a.) eindeutig zu unterscheiden bzw. die Lage und Dimension von erkannten Erzkörpern so weit abzuschätzen, daß ausreichende Planungsgrundlagen für die weitere Vorgangsweise (Bohrvorschläge) zur Verfügung stehen.

Nach fachlicher Voraussicht wird daher empfohlen, aufgrund der positiven Zwischenergebnisse die geophysikalischen Prospektionsarbeiten im Gebiet Pack weiterzuführen. Ein Folgeprojekt sollte dabei die nachstehenden zwei Hauptziele verfolgen:

1. Detailvermessung mit Magnetik, Gravimetrie und IP der Anomalienzone I und II im Gebiet Z1 (Grantner), da die Größenordnung dieses Eisenglimmervorkommens nach den Modellabschätzungen von einer ökonomisch bedeutungsvollen Dimension sein könnte.
2. Weitere Erkundung der durch Übersichtsvermessungen festgestellten Anomalienzonen Z2 und Z3, zwecks Abklärung ihrer Erzführung.

Leoben, im März 1984



(Doz. Dr. Georg WALACH)

## 8. Verwendete Literatur

- ANDREJEW, B.A. und I.G.KLUSZIN (1962): Geologische Deutung gravimetrischer Anomalien (russ.). - Gostoptechizdat, 103-211, Moskau
- BECK-MANAGETTA, P. (1975): Der geologische Aufbau des steirischen Anteiles der Koralpe. - In: Berichte der Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung Bd. 31/1975, 8 - 41 (mit geologischer Karte 1:50.000), Amt der Stmk. Landesreg., Graz
- LINDNER, H. und R. SCHEIBE (1978): Die Berechnung von  $\Delta g$ - und  $\Delta T$ -anomalien für regelmäßige homogene Störkörper. - Gerlands Beitr. Geophys., 87, H. 1, 29 - 45, Leipzig
- POHL, W., SIEGL, W. und M.VINZENZ (1980): Das Eisenglimmervorkommen bei Pack/Stmk. - Zwischenbericht 1980; VALL-Archiv, Leoben
- POHL, W., SIEGL, W. und M.VINZENZ (1981): Das Eisenglimmervorkommen bei Pack/Stmk. - Zwischenbericht 1980. - Mitt. Abt. Geol.Paläont.Bergb.Landesmus.Joanneum, H. 42, 103 - 115, Graz
- POSCH, G. (1981): Geophysikalische Untersuchungen am Eisenglimmervorkommen von Pack/Stmk. - Unveröff.Meldearbeit am Institut für Geowissenschaften der Montanuniversität, Leoben
- WALACH, G. (1978 f.): Programmsammlung angewandte Geophysik (HP 25, HP 97, HP 41 C), Institut für Geophysik Montanuniversität, Leoben (unveröff.).

ELEKTROMAGNETISCHE MESSUNGEN  
V L F (Very Low Frequencies)  
G R U N D L A G E N

ANHANG I

Die VLF - Methode verwendet elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 15 - 20 kHz als Energiequelle, die von über die ganze Welt verteilten militärischen Langwellensendern (U-Boot-Navigation und -Kommunikation) ausgestrahlt werden. Diese Felder durchdringen die Erdkruste und bilden ein zur Erdoberfläche paralleles, ebenes Primärfeld, das für die Prospektion genutzt werden kann.

Trifft dieses Feld auf gut leitende Schichten, wie sulfidische Erze, graphitführende Gesteine, Mylonitzonen u.a., so wird in diesen ein Sekundärfeld induziert. Das heißt, es tritt eine Phasenverschiebung auf, da neben der vom Primärfeld stammenden Horizontalkomponente, auch eine Vertikalkomponente wirksam wird.

Die Aufgabe in der Prospektion stellt sich zunächst in der Weise, daß für ein Meßgebiet ein günstiger Sender gewählt werden muß. Nun ist jene Meßanordnung die günstigste, wenn der Sender ungefähr in Streichrichtung der zu untersuchenden Gesteinsformation liegt und die Meßprofile normal auf die Streichrichtung verlaufen. Die Auswahl erfolgt im Gelände mittels einer einfachen Meßmethodik, unter Verwendung unterschiedlicher, senderspezifischer Einsteckmodule.

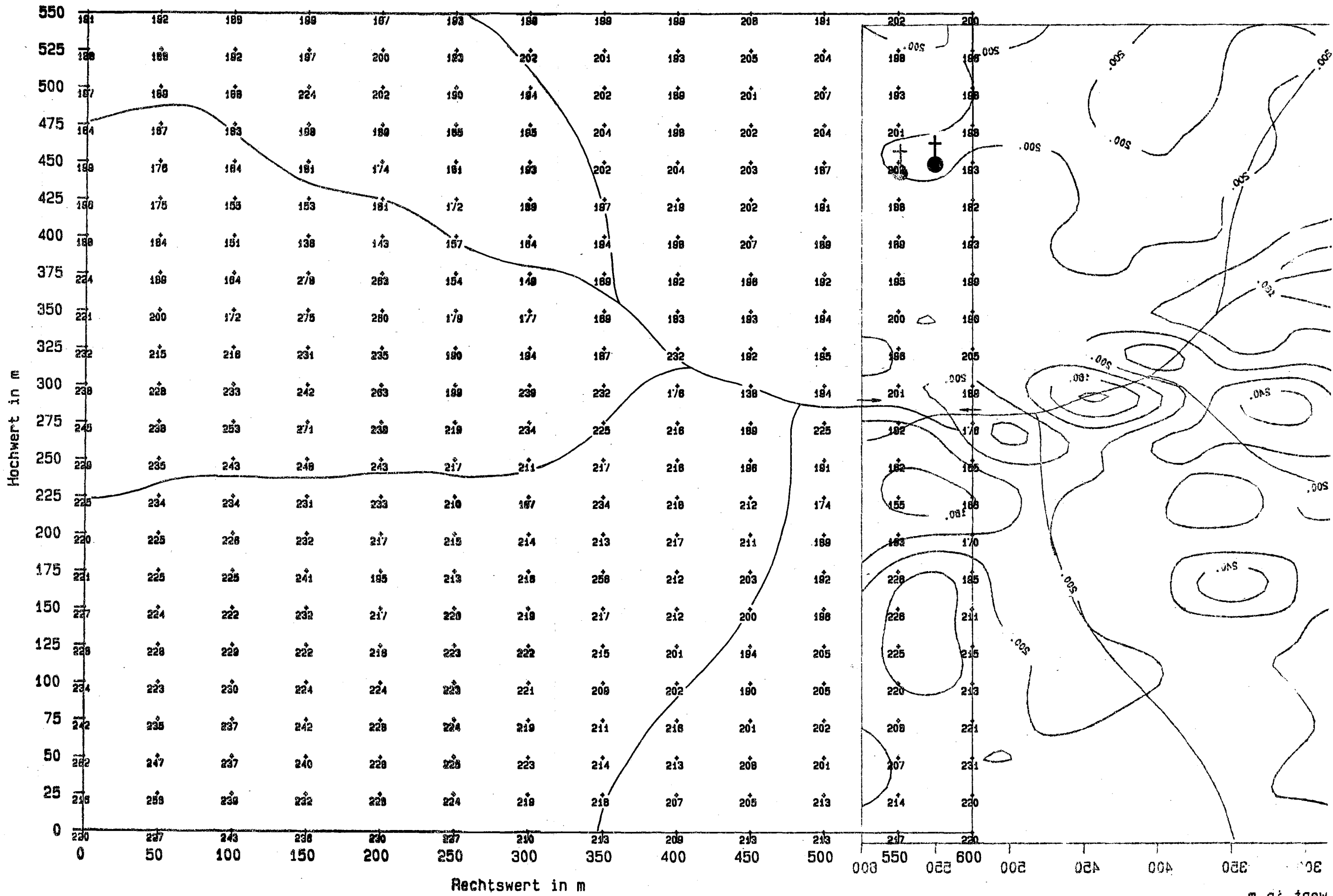
In Österreich wird derzeit hauptsächlich mit den Sendern GBR (Rugby, Mittelengland 16 kHz), FUIO (Bordeaux, Frankreich 15,1 kHz) und JXZ (Helgeland, Norwegen 16,4 kHz) unter Verwendung eines Instrumentes der Firma GEONIICS, Typ EM 16, gearbeitet. Dieses Instrument ist sehr leicht und einfach zu handhaben. Abgelesen wird ein Quotient, der in der Literatur als In-Phase-Prozent (Realteil) bezeichnet wird und das Verhältnis Sekundär- zu Primärfeld in % angibt, sowie der Neigungswinkel der Resultierenden (Imaginärteil) in %.

Für Routinemessungen in der Erzprospektion hat sich ein äquidistanter Meßpunktsabstand von 10 - 20 m bewährt. Der Meßfortschritt (2Mann-Trupp) beträgt bei 10 m Abstand im mittelschweren, alpinen Gelände ca. 100 Meßpunkte oder 1 Profilkilometer pro Tag.

Da Topographieeffekte und oberflächennächste Leitfähigkeitsanomalien stark stören, werden die Meßergebnisse vor ihrer Darstellung mit einem einfachen Operator (FRASER-Filter) gefiltert (Taschenrechner). Die gefilterten Ergebnisse werden für Real- und Imaginärteil in Profilen oder Isanomalienplänen dargestellt und qualitativ interpretiert.

Geomagnetik Pack (Stmk.)  
 Testfeld 1 (Grantner)  
 korrigierte Messdaten (nT)  
 OEK B1. 188 M. 1:2500

B 1

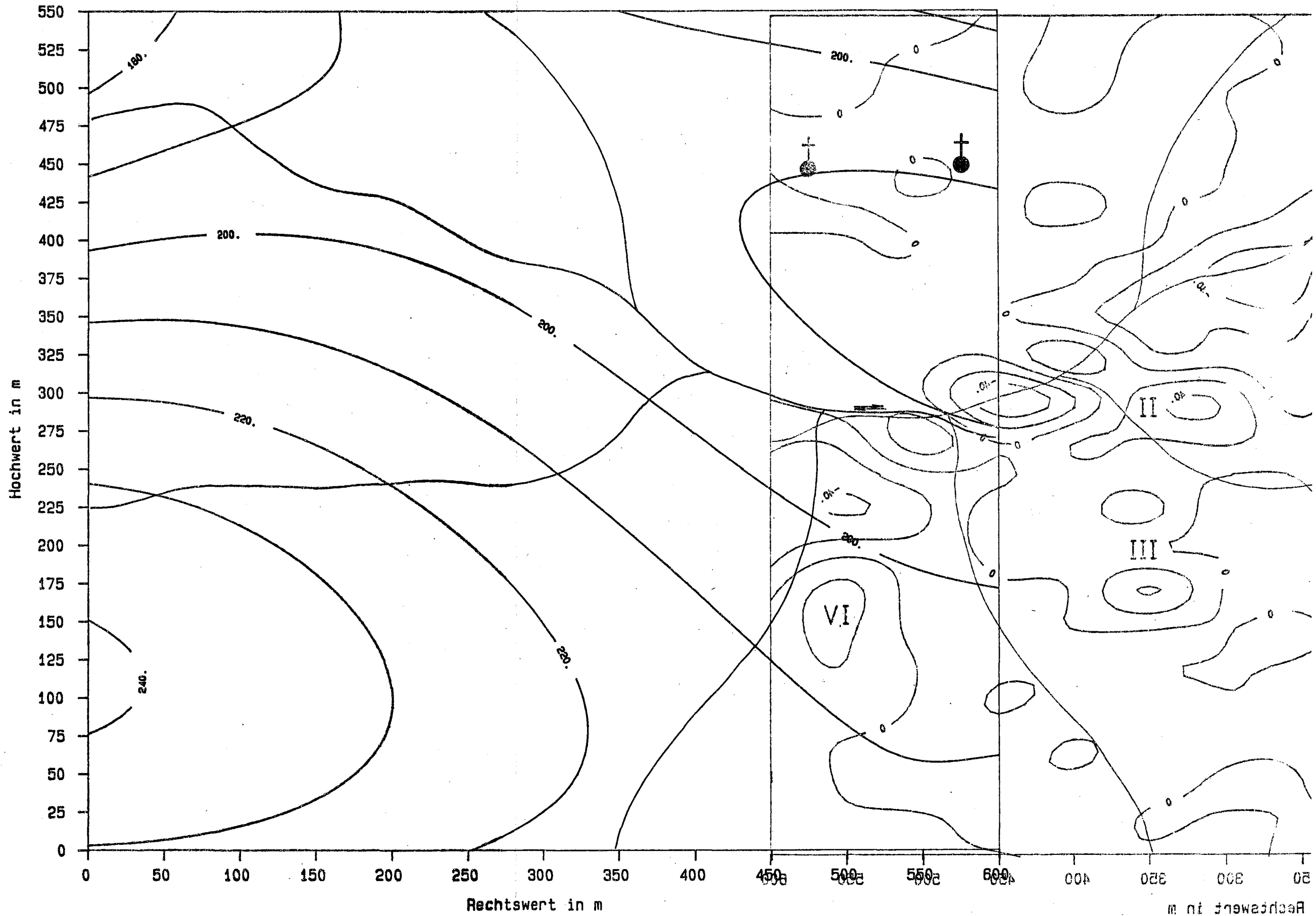


m ni trow



Geomagnetik Pack (Stmk.)  
Testfeld 1 (Grantner)  
Isanomalen Regionalfeld (nT)  
(Polynom 3. Grades)  
OEK Bl. 188 M. 1:2500

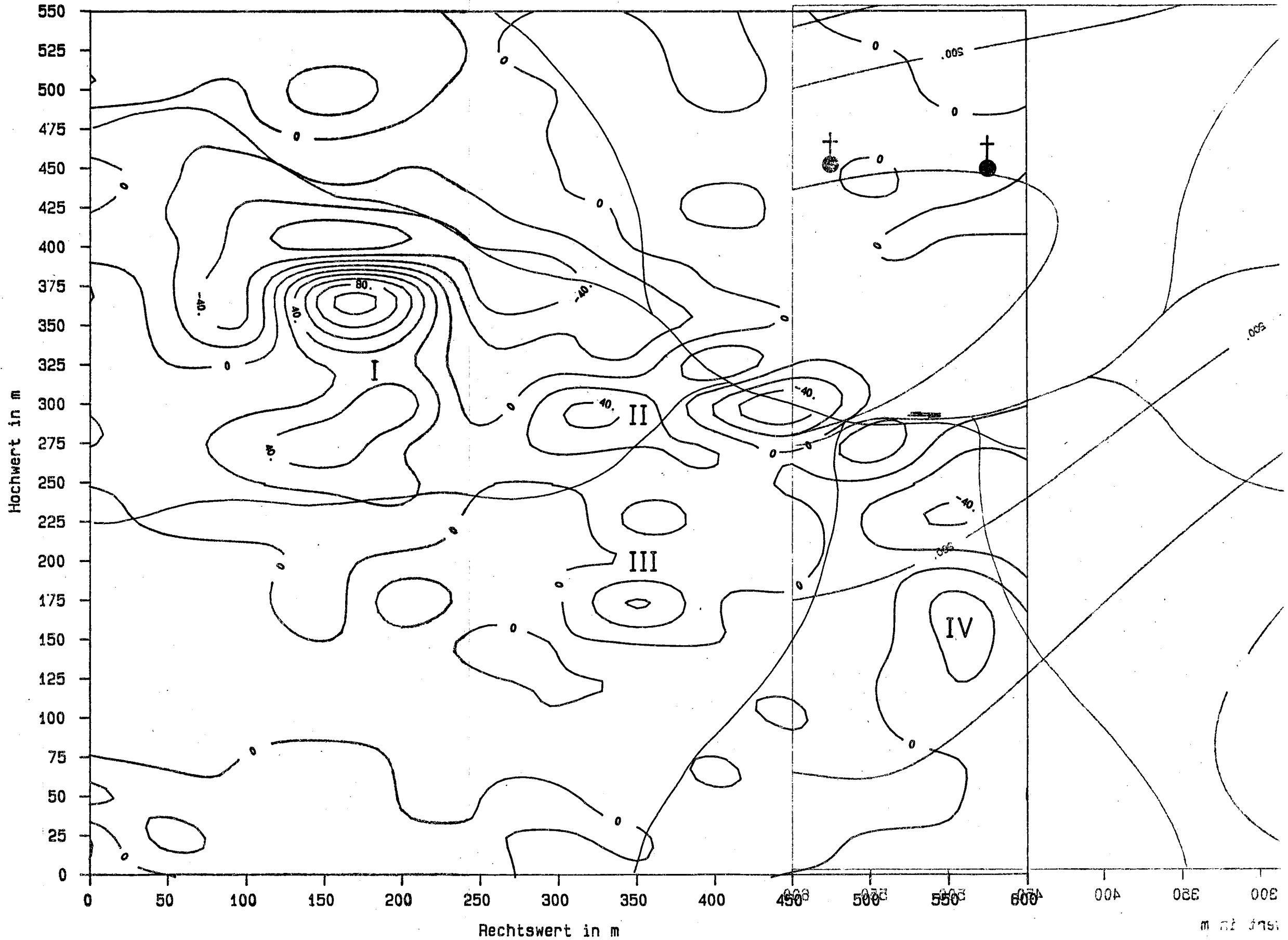
B 3





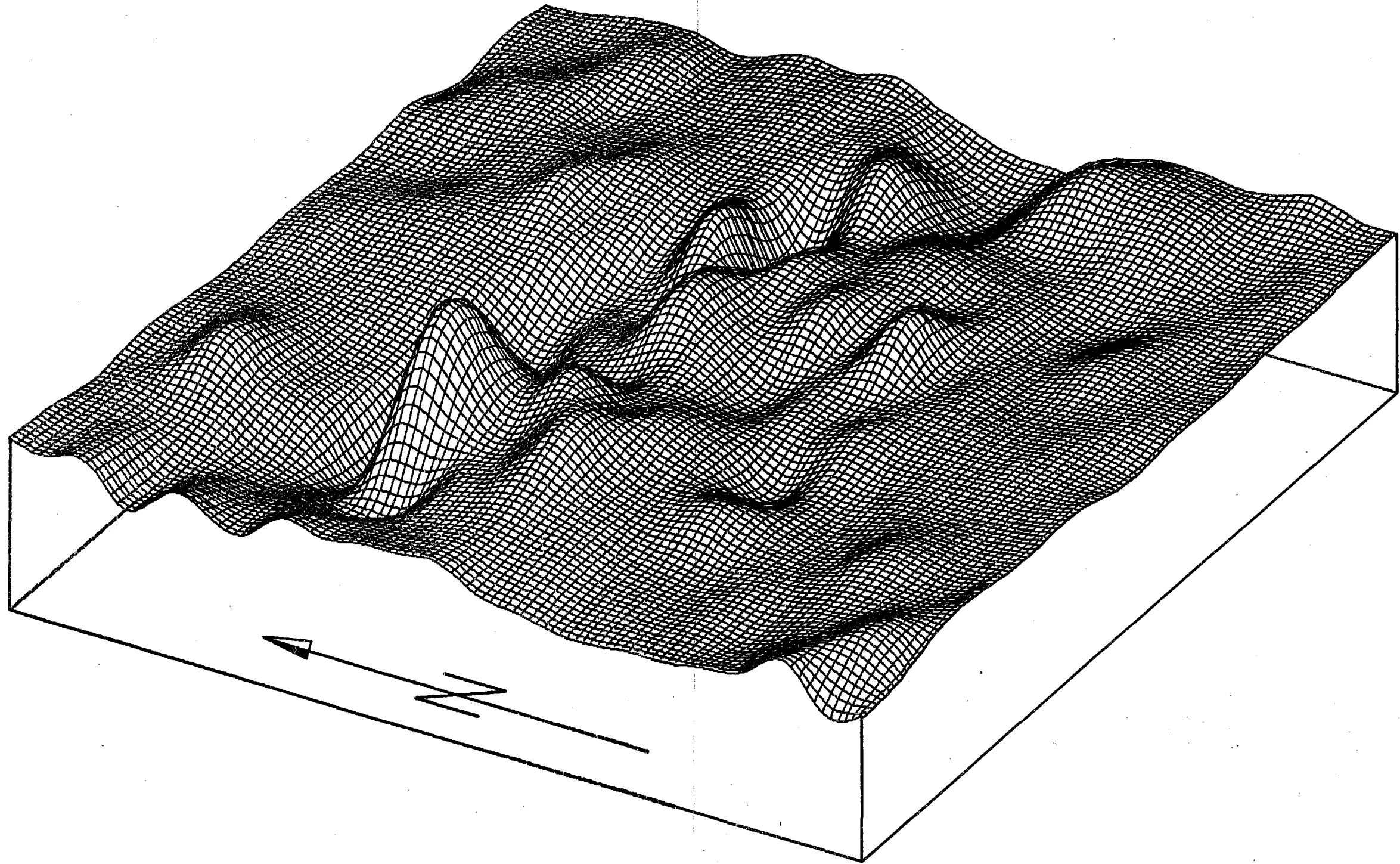
Geomagnetik Pack (Stmk.)  
Testfeld 1 (Grantner)  
Isanomalen Restfeld (nT)  
(Polynom 3. Grades)  
OEK Bl. 188 M. 1:2500

B 4



Geomagnetik Pack (Stmk.)  
Testfeld 1 (Grantner)  
3D-Graphik Restfeld  
OEK Bl. 188 M. 1:2500

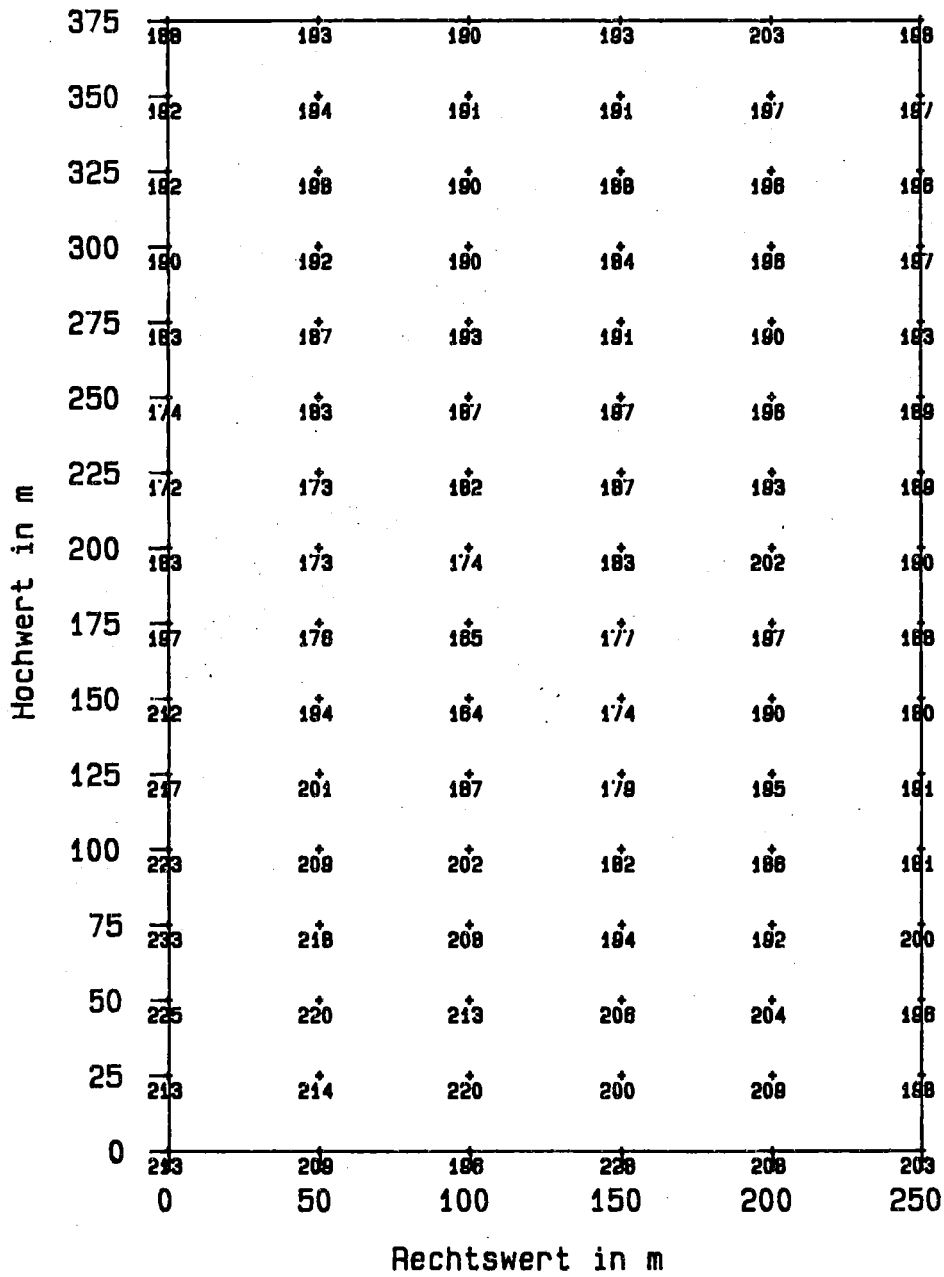
B 5



DIRECTION OF VIEW  
LONGITUDE =  $-60^{\circ} 00'$   
LATITUDE =  $30^{\circ} 00'$

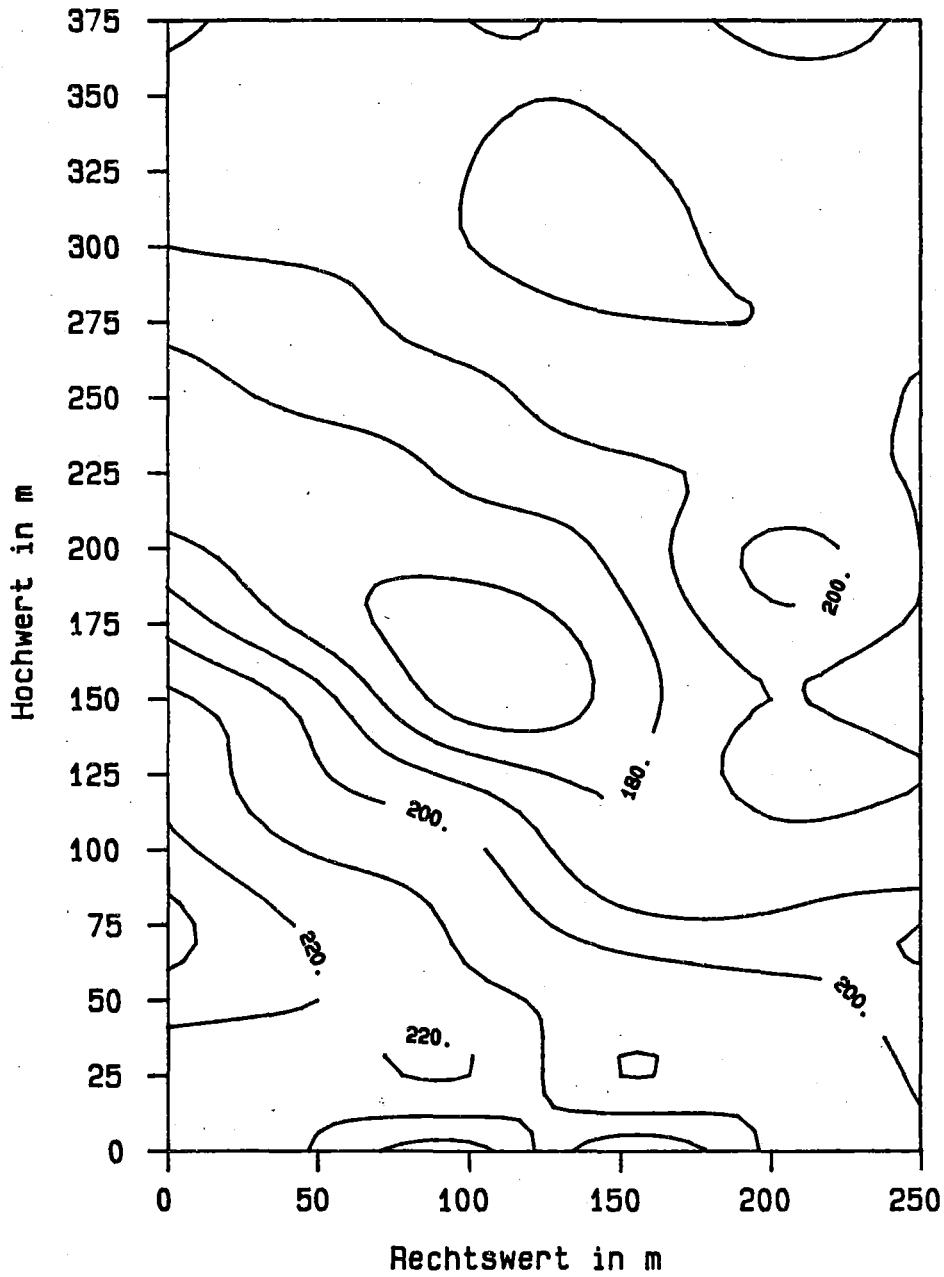
Geomagnetik Pack (Stmk.)  
 Testfeld 2 (Poeschjoglkogel)  
 korrigierte Messdaten (nT)  
 DEK Bl. 188 M. 1:2500

B 6



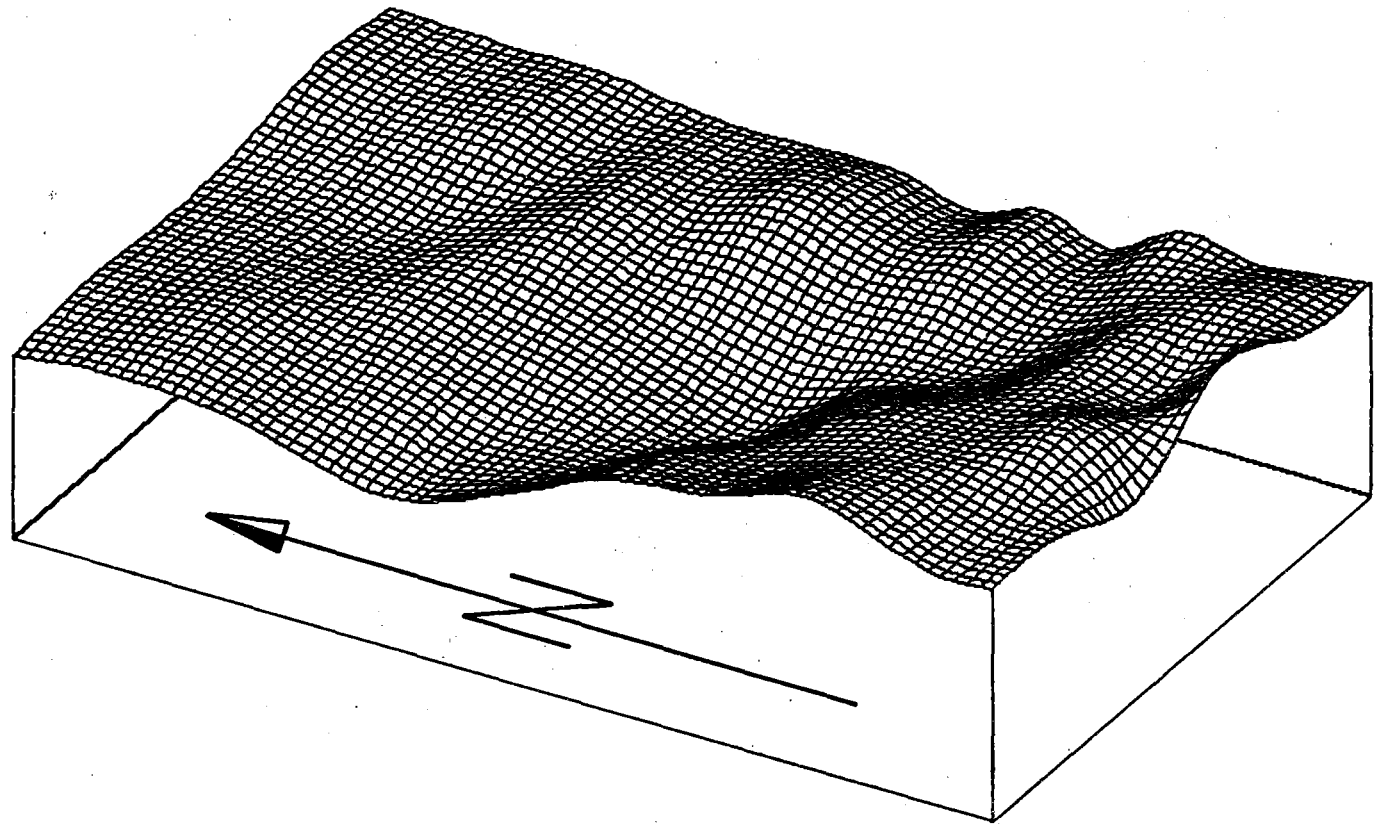
Geomagnetik Pack (Stmk.)  
Testfeld 2 (Poeschjoglkogel)  
Isanomalien Messdaten (nT)  
OEK Bl. 188 M. 1:2500

B 7



Geomagnetik Pack (Stmk.)  
Testfeld 2 (Poeschjoglk.)  
3D-Graphik Messdaten (nT)  
OEK Bl. 188 M. 1:2500

B 8



DIRECTION OF VIEW  
LONGITUDE =  $-60^{\circ} 00'$   
LATITUDE =  $30^{\circ} 00'$

14° 59'

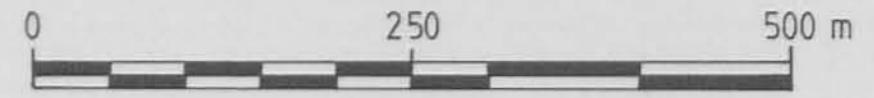
15° 00'

Packer Bundesstraße

Z1, Z2, Z3... POTENTIELL ERZHÖFFIGE ANOMALIENZONEN

PEGMATOID DURCHTRÄNKTE GESTEINSZÜGE  
(nach BECK-MANAGETTA, 1975)

1 : 5000



46° 59'

46° 59'



GEOMAGNETIK PACK  
Isanomalen Totalintensität

ÜBERSICHT  
Beilage 9

14° 59'

15° 00'