

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT
im Rahmen ihrer eigenen Rechtspersönlichkeit
§ 18 (5) FOG



Ergebnisbilanz Steirischer Rohstoffforschung 1974 - 1991

StA 92 / 92

Teilbericht
Aerogeophysik

von

Herbert HEINZ

40 S., 13 Abb., 2 Tab., 12 Beil.

Wien, im Dezember 1992

Inhalt

Aerogeophysik

	Beilagenverzeichnis	1
	Vorwort	1
1.	Allgemeines	1
2.	Aeromagnetische Vermessung	2
2.1.	Methodik	2
2.2.	Qualitative Analyse	3
2.3.	Quantitative Analyse	6
3.	Hubschraubergeophysik	13
3.1.	Die Meßausrüstung	13
3.2.	Fluglinien	15
3.3.	Die Messungen	15
3.4.	Elektromagnetische Widerstandskartierung	17
3.4.1.	Auswertung der EM-Daten	17
3.4.2.	Bedeutung der Ergebnisparameter ρ_s und d_u	18
3.5.	Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität (ΔT)	18
3.6.	Radiometrische Kartierung	18
3.6.1.	Quellen der natürlichen Gammastrahlung	18
3.6.2.	Korrektur der Meßdaten	19
3.6.3.	Herstellung der Isolinenpläne	23
3.7.	Analyse der hubschraubergeophysikalischen Meßergebnisse	23
3.7.1.	Das Meßgebiet Pruggern	23
3.7.2.	Das Meßgebiet Obilam	24
3.7.3.	Das Meßgebiet Aigen	26
3.7.4.	Das Meßgebiet Birkfeld	28
3.7.5.	Das Meßgebiet Neuberg	30
3.7.6.	Das Meßgebiet Bad Gleichenberg	31
3.7.6.1.	Diskussion der Ergebnisse der Messungen im Gebiet Bad Gleichenberg mit besonderem Bezug zum Rohstoffpotential	34
3.7.7.	Das Meßgebiet Pöllauer Bucht	35
3.7.7.1.	Geologie des Meßgebietes	35
3.7.7.2.	Meßergebnisse	37
4.	Literatur	39

Verzeichnis der Beilagen

Die Beilagen sind den einschlägigen Projektberichten (siehe Literatur) entnommen und tragen sowohl die diesen Berichten zugeordneten Beilagennummern als auch fortlaufende Numerierung für den vorliegenden Bericht.

1a	Flughorizont 2500m über NN	}	Aeromagnetik
1b	Flughorizont 3000m über NN		
1c	Flughorizont 1000m über NN		
2	Hubschraubergeophysik Pruggern		Magnetik
3	Hubschraubergeophysik Obilarn		Gammastrahlenspektrometrie; Thoriumstrahlung
4	Hubschraubergeophysik Aigen		Widerstandskartierung
5	Hubschraubergeophysik Birkfeld		Widerstandskartierung; scheinbare Tiefe, Frequenz: 900 Hz
6	Hubschraubergeophysik Birkfeld		Widerstandskartierung; scheinbare Tiefe, Frequenz: 3600 Hz
7	Hubschraubergeophysik Neuberg		Gammastrahlenspektrometrie; Verhältnis U/Th
8	Hubschraubergeophysik Neuberg		Gammastrahlenspektrometrie; Verhältnis U/K
9	Hubschraubergeophysik Neuberg		Gammastrahlenspektrometrie; Verhältnis Th/K
10	Hubschraubergeophysik Bad Gleichenberg		Strahlenschutz; Äquivalentdosisleistung
11	Meßgebiet Bad Gleichenberg		Vorgeschlagene Gebiete für weitere Untersuchungen
12	Meßgebiet Pöllauer Bucht		Gammastrahlenspektrometrie; K-Verteilung

AEROGEOPHYSIK

Vorwort

Die folgende Zusammenstellung resultiert aus zahlreichen Forschungsberichten und einschlägigen Publikationen aus der Disziplin "airborne geophysics", die zwischen 1979 und 1992 erstellt bzw. national und international veröffentlicht wurden. Das Bundesland Steiermark wurde - bezüglich des Prozentanteiles der untersuchten Flächen an der Gesamtfläche - besonders intensiv untersucht. Aus der Fülle von vorliegenden Kartenwerken konnte nur eine kleine Auswahl getroffen werden.

Publiziert wurden alle Karten bis zum Jahr 1990 in: HEINZ & SEIBERL, 1990a.

Für das Kapitel Hubschrauber-geophysik zeichnen W. SEIBERL und H. HEINZ (Univ. Wien / Geol. B.-A.) verantwortlich, für das Kapitel "Aeromagnetik" H. HEINZ (Geol. B.-A.).

Beiträge anderer Autoren sind namentlich gekennzeichnet.

I. Allgemeines

Das Bundesland Steiermark wurde sowohl aeromagnetisch (mittels Flächenflugzeug) als auch - in einigen ausgewählten Gebieten - hubschrauber-geophysikalisch untersucht. Die Ergebnisse der aeromagnetischen Befliegung, die als Basisaufnahmen im Zuge der "Aeromagnetischen Vermessung Österreichs" gewonnen wurden, liegen in Kartenwerken der Maßstäbe 1:50.000 (entsprechend dem Blattschnitt), 1:200.000 (nach Flughorizonten, s. Kap. 2.1.) und 1:1.000.000 (SEIBERL, 1991, gesamtösterreichische Übersichtskarte) vor. Die Steiermark wurde von 3 Flughorizonten aus vermessen: Süd- und Oststeiermark (Steirisches Becken, Sausal-Ramschnigg-Gebiet, Vulkanite) in 1000m über NN (mittleres Adriannull), zentrale Steiermark (Glein-, Koralinergebiet, Murauer Paläozoikum, Grazer Paläozoikum, Semmering-, Wechselgebiet, Grauwackenzone, NE-steirische Kalkalpen) in 2500m über NN und West- und Obersteiermark (N-Teil der Gurktaler Decke, Niedere Tauern, Schladminger Tauern, mittlere Grauwackenzone, Kalkalpen des Salzkammerguts und des Dachsteingebiets) in 3000m über NN, vgl. HEINZ et al., 1987a.

Hubschrauber-geophysikalisch wurden Gebiete im oberen Ennstal (SEIBERL & HEINZ, 1987a,b,c), bei Birkfeld (SEIBERL, 1992a), in der östlichen Grauwackenzone (SEIBERL, 1992b), im Oststeirischen Becken (SEIBERL & LOBITZER, 1992) und in der Pöllauer Bucht (SEIBERL, 1992c) vermessen. Hierzu ist noch anzumerken, daß im Laufe des Jahres 1992 sowohl die Meßgebiete Birkfeld als auch Neuberg erweitert wurden; die Auswertung dieser Messungen ist noch im Gange.

2. Aeromagnetische Vermessung

2.1. Methodik (Durchführung der Messungen, theoretische Grundlagen, Meßsystem, Korrekturen, ADV)

Die Befliegung des Bundeslandes Steiermark erfolgte - mit einigen Unterbrechungen, notwendig durch andere Befliegungsprogramme, technische Verzögerungen etc. - im Zeitraum 1978 bis 1982. Als Fluggerät diente eine Pilatus Porter PC-6/B1-H2 des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen; dieses Amt stellte auch das technische Personal für die Befliegungen. Die weiter unten beschriebene Meßausrüstung (im Detail nachzulesen im: GUTDEUTSCH & SEIBERL, 1987; HEINZ & SEIBERL, 1990a) wurde entlang zuvor festgelegter Linien über das zu vermessende Areal geflogen. Zumeist werden diese Meßprofile rechtwinklig auf das regionale geologische Streichen gelegt; zur Verbindung der Meßprofile werden senkrecht auf diese in gewissen Abständen sogenannte "Kontrollprofile" konzipiert. Im gegenständlichen Fall betrug der ideale Meßprofilabstand 2km, der Kontrollprofilabstand 10km. Während des Meßfluges wird versucht, die Flughöhe möglichst konstant zu halten. Die Flughöhen richten sich nach der Topographie; die Einteilung in Flughorizonte und die damit zusammenhängende Befliegung in konstanter Höhe ist bei GUTDEUTSCH & SEIBERL (1987) begründet.

Bevor auf das Meßsystem, die Korrekturen und die ADV eingegangen wird, sollen kurz einige theoretische Grundlagen erörtert werden (siehe hierzu auch GUTDEUTSCH & SEIBERL, 1987; HEINZ & SEIBERL, 1990a).

Gemessen wurde die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes, welche den Betrag $|T|$ des Totalfeldvektors T darstellt. Das Magnetfeld der Erde ist hinsichtlich seiner Quellen aus drei im Prinzip voneinander unabhängigen Hauptanteilen zusammengesetzt: dem Hauptfeld ("Reguläres Feld"; näherungsweise als Dipolfeld beschreibbar); dem Variationsfeld ("Außeres Feld"; Quellen außerhalb der festen Erde); dem Restfeld ("Irreguläres Feld"; Quellen im Bereich der Erdkruste und -oberfläche). Zu berücksichtigen sind auch zeitliche Veränderungen (Variationen), denen Teile des erdmagnetischen Feldes unterworfen sind. Dazu zählt z.B. der Tagesgang. Diese Variationen werden kontinuierlich aufgezeichnet.

Das Meßprinzip des verwendeten Magnetometertyps beruht auf der Eigenschaft von Protonen, Eigenrotation zu besitzen. Durch den "Spin" (Drehimpuls infolge der Eigenrotation) wird ein magnetisches Kernmoment erzeugt. Jedes Proton verhält sich somit wie ein Stabmagnet; in der Magnetometersonde befindet sich ein protonenreiches Medium (Wasser, Kerosin, Methanol etc.), in dem die Protonenachsen zunächst völlig unorientiert sind; die Magnetfelder heben sich durch diese statistische Verteilung gegenseitig auf. Wird ein polarisierendes Feld an das Medium angelegt, richten sich die Spinachsen in Richtung des Feldes aus.

Nach Entfernen dieses Feldes vollführen die Spinachsen der Protonen eine Kreiselbewegung (Präzession) um die Erdfeldrichtung, mit einer Frequenz, welche direkt proportional der Totalintensität ist. Wird eine Protonenprobe mit einer Spule umgeben, induziert die Protonenbewegung eine Spannung in dieser Spule mit der Frequenz (Larmorfrequenz)

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \gamma_p T$$

Der Wert von T ist somit absolut bestimmbar, da das gyromagnetische Verhältnis γ_p nur von atomphysikalischen Konstanten abhängig ist.

Das Meßgerät, ein Kern(Protonen)präzessionsmagnetometer ist schematisch somit aufgebaut aus:

- a) einer Sonde (einem Gefäß mit einer Flüssigkeit reich an Wasserstoff, bzw. freien H^+ -Ionen). Dieses Gefäß ist von einem Spulensystem umgeben, das sowohl als Polarisationspulensystem - zur Felddausrichtung - als auch als Empfangssystem dient. Diese Sonde wurde bei der aeromagnetischen Vermessung der Steiermark¹⁾ in einem Schleppkörper²⁾ untergebracht, der unterhalb des Fluggerätes an einem Kabel montiert mitgezogen wurde;
- b) einem Zeitschalter; dieser regelt die Arbeitstakte: Polarisation - Abschalten - Messung der Frequenz (siehe oben). Die Periodendauer wird üblicherweise in eine direkte Anzeige umgewandelt;
- c) einem Signalverstärker.

Die Verwendung solcher Magnetometertypen hat bei airborne-Messungen die Vorteile, daß sie unempfindlich gegenüber Beschleunigungen und Temperaturschwankungen sind; zudem wird die Totalintensität direkt gemessen, und die Werte können ohne großen Aufwand auf Datenträger gespeichert werden, wodurch der Auswerteprozess beträchtlich vereinfacht wird.

Die Meßausrüstung hatte außer dem Kernpräzessionsmagnetometer vom Typ Geometrics G 803 noch folgende Komponenten:

- einen barometrischen Höhenmesser, Rosemount 1241M;
- eine 35mm-Kamera (Autamax GS 2) zur Flugwegaufzeichnung;
- ein Magnetbandgerät (Kennedy 9800). Es diente zur Registrierung von Meßzeit, Totalintensitätswerten und der Höhe über NN;
- einen 2-Kanal-Analogschreiber (HP 7130A) zur Kontrolle der Meßdaten während der Meßflüge;
- ein Datenerfassungsgerät vom Typ Geometrics G 714;
- ein Navigationsfernrohr der Firma Wild (Heerbrugg) als Navigationshilfe.

Die Erfassung des Tagesganges (s.o.) erfolgte zunächst mit einer temporären Bodenstation in Seibersdorf bei Wien, später mittels einer permanenten Station bei Gams (nördlich von Graz). Bei Ausfällen der genannten Stationen wurden die Registrierungen des Observatoriums Wien-Kobenzl herangezogen.

Auf die Reduktion der Meßdaten und auf die Verarbeitung (ADV) der Meßdaten sowie auf die Kartenherstellung wird bei GUTDEUTSCH & SEIBERL (1987) sehr eingehend Bezug genommen. Die wichtigsten Verfahren sollen hier nur in Kürze behandelt werden.

Der anomale Feldbetrag ΔT , dessen Ursprung meist in der Kruste liegt, also Gegenstand der geologischen Interpretation sein soll, wird an jedem Punkt wie folgt berechnet:

$$\Delta T(x,y,z) = T(x,y,z,t) - T(t) - T_{int} - \delta T$$

wobei $T(x,y,z,t)$ den Meßwert am Flugprofil,
 $T(t)$ die zeitliche Variation des Erdfeldes,
 T_{int} das endmagnetische Hauptfeld, und
 δT Resfelder
 darstellt.

Zur Reduktion der zeitlichen Variationen $T(t)$, Tagesgang und Säkularvariation wurden die oben erwähnten Registrierungen verwendet, wobei zur Berücksichtigung der Säkularvariation sämtliche Tagesgangsreduktionen auf die Registrierung des Observatoriums Wien-Kobenzl zur Epoche 1977.7 bezogen wurden.

Die Anomalien sind als Feldabweichungen ΔT vom globalen Erdfeld T_{int} aufzufassen. Letzteres ist durch das IGRF (=Internationales Geomagnetisches Referenzfeld) definiert, welches für verhältnismäßig kleine Meßgebiete (also auch das österreichische Bundesgebiet) gut durch eine Ebene darstellbar ist. Diese Ebene wird durch zwei Gradienten des IGRF (1977.7), nämlich

- 1) die aeromagnetische Vermessung Westösterreichs wurde nicht in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen durchgeführt. Der Auftragnehmer verwendete dort eine fix am Fluggerät montierte Sonde (GUTDEUTSCH & SEIBERL 1987).
- 2) dieser Schleppkörper wird "bird" genannt. Die Entfernung Sonde - Magnetometer beträgt etwa 30m. Mit der Entfernung sollen Störinflüsse des Fluggerätes möglichst einfach ausgeschaltet bzw. minimiert werden.

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 2,67 \text{ nT/km (Gradient in Nordrichtung), und}$$

$$\frac{\partial T}{\partial \lambda} = 0,75 \text{ nT/km (Gradient in Ostrichtung)}$$

definiert. Dazu kommt noch eine von der Flughöhe abhängige Konstante T_c . Restfehler (δT) beinhalten die Störungen des Meßflugzeuges selbst ("heading error") und werden mit Hilfe der Kontrollprofildaten eliminiert.

Die Hauptaufgaben der ADV sind:

- Die Entfernung aller von nicht-geologischen Quellen herrührenden Störsignale
- Der Übergang von der eindimensionalen Vermessung entlang der Fluglinien zu zweidimensionalen Isolinienplänen.

In der Abb. A sind die Datenverarbeitungsschritte dargestellt.



Abb. A: Diagramm der Datenverarbeitungsschritte nach STRAUSS, 1983.

2.2. Qualitative Analyse

Das magnetische Muster des Bundeslandes Steiermark läßt sich in vier Zonen gliedern (vgl. HEINZ et al., 1987a), die allerdings nicht durchwegs mit den oberflächengeologischen Gegebenheiten korrelierbar sind.

Der nördlichste Abschnitt wird von jenen Strukturen dominiert, die mit der großräumigen "Berchtesgadener Anomalie" (GANGER, 1954; BLEIL & POHL, 1976; PUCHER & HAHN, 1979; HEINZ, 1989; HEINZ & SEIBERL, 1990b; GNOJEK & HEINZ, im Druck) im Zusammenhang stehen. Zur Problematik dieser magnetischen Großstruktur soll hier - um den Rahmen der vorliegenden Studie nicht zu sprengen - auf die zitierte Literatur hingewiesen werden. Es soll hier lediglich festgestellt werden, daß die Quellen dieser Struktur keinesfalls in den Nördlichen Kalkalpen zu suchen sind, sondern in beträchtlicher Tiefe liegen.

Der Streifen zwischen Radstadt und Mürzzuschlag ist durch einen Anomalietyp charakterisiert, der sich durch steile Feldgradienten, sehr kurze Wellenlängen und hohe Störamplituden auszeichnet. Der Anomaliezug setzt an der steirisch / salzburgischen Landesgrenze an und begleitet das gesamte Ennstal bis Liezen, setzt sich über das Gebiet um Eisenerz fort, um am Semmering / Wechselstern zu enden. Den größten Teil seines Erstreckungsgebiets folgt er der geologischen Grenze Ostalpines Altkristallin / Grauwackenzone + Nördliche Kalkalpen (die Strukturen wurden daher auch "marginal anomaly types" [vgl. HEINZ, 1989] genannt).

Die zugehörigen Störkörper liegen entweder mit ihrem Top in relativ geringer Tiefe oder sind sogar aufgeschlossen. Ihr Tiefgang ist nicht immer verlässlich bestimmbar, in vielen Fällen dürften ihre Wurzeln in beträchtlicher Tiefe liegen (vgl. Kap. 2.3.). Zu den eindeutig zuordenbaren Strukturen zählen jene südlich und südöstlich von Liezen (Trieben). Die Anomalie südlich von Liezen wird durch den Hochgrößen-Komplex verursacht (vgl. u.a. BACHMANN, 1964; GAMERITH, 1964 und vor allem EL AGEED et al., 1979); jene bei Trieben kann dem Lärchkogel-Ultrabasit zugezählt werden (z.B. METZ, 1964; STUMPFL, 1984; HEINZ & HÜBL, 1988). Die geodynamische Bedeutung all dieser Anomalien und ihrer geologischen Interpretation als Schürflinge von Resten südpenninischer ozeanischer Kruste (MORB's), die hier die logische, nur zum Teil sichtbare Verbindung zwischen südpenninischem Tauernfenster-Inhalt und den gleichfalls südpenninischen Fenstern am Alpenostrand (Bernstein / Rechnitz) bilden, kann hier nur angedeutet werden.

Der dritte Abschnitt mit eigenständigem magnetic pattern folgt südlich der voran beschriebenen Zone (salzburgisch / steirische Grenze bis etwa zum Kraubathser Serpentin mit einer Anomalie von über 50nT).

In dieser Zone ist der Feldlinienverlauf sehr ruhig; er wird nur durch Einzelstrukturen gestört. Zu diesen gehört die Anomaliegruppe westlich von Murau (Murauer Paläozoikum bzw. Gneisgebiet bei Stadl an der Mur), südwestlich von Judenburg und nordwestlich von Murau. Verursacht werden diese Strukturen vermutlich von Grüngesteinen im Kristallin (Glimmerschiefer), die hier weit verbreitet sind.

Trotz seines vielfältigen geologischen Aufbaues wird jener Teil der Steiermark (außer dem Süd-Oststeirischen Becken), der südlich der Mur / Mürzfurche liegt, hier zusammengefaßt. Obwohl mit den Vorkommen am Hochgrößen etc. oft in Verbindung gebracht (STUMPFL & EL AGEED, 1981; FLÜGEL & NEUBAUER, 1984 und andere), muß das Kraubathser Vorkommen für sich betrachtet werden. Eine solche Betrachtungsweise ist vor allem aus der Kombination zweier Fakten begründet: zum ersten ist die tektonische Position des Kraubathser Komplexes eine andere als beispielsweise jene des Hochgrößen-Ultrabasites, der nahe der Grenze Ostalpines Kristallin / Grauwackenzone liegt. Er ist mit dem (aufgeschlossenen) Ultrabasitkörper des Lärchkogels und - hinsichtlich seiner Lage - auch mit den westlich von ihm liegenden Anomalien in Verbindung zu bringen. Der erwähnte Grenzbereich Kristallin / Grauwackenzone wird östlich des Ultrabasites bei Trieben (Lärchkogel) durch die Anomalien südlich von Eisenerz weiterhin gut markiert; der Kraubathser Körper hingegen liegt viel weiter südlich. Der zweite Unterschied zwischen dem Kraubathser Serpentin und den übrigen, marginalen Ophiolitkomplexen oder Grüngesteinen liegt in seinem verhältnismäßig geringen Tiefgang (vgl. SEREN, 1980; nur bis maximal etwa 1,2km unter GOK).

Schließlich ist auch das Erscheinungsbild der Anomalien im Grenzbereich und jener weiter im S (zu denen das Kraubathser Vorkommen zählt) verschieden. Diese Klassifizierung der magnetischen Anomalien stimmt vortrefflich mit den von MAURITSCH 1986 präsentierten Ergebnissen

(Bindung der Intrakristallinen Anomalien an Amphibolite und verwandte Gesteine, relativ seicht-liegende Modellkörper) überein. Zu diesen Strukturen zählt auch das wenig südwestlich der Kraubathaler Anomalie gelegene relative Maximum (westlich von Frohaleiten, über 20nT); es liegt über Grünschiefer des "Vulkanogenen Komplexes" (Händleramphibolite etc.) und z.T. über den hangenden Grünschiefer des Amphibolitkomplexes der "Speikserie" (vgl. BECKER, 1979, 1980 und FLÜGEL & NEUBAUER, l.c.). Die Quelle des Maximums ist allerdings in etwa 500-700m unter der Geländeoberkante zu suchen.

Südlich bis östlich von Frohaleiten - etwa innerhalb der Null-Isolinie - liegen einige Anomalien (bis über 30nT), die ungefähr den Vorkommen der Unteren Schiefer von Kher bzw. der "Passailer Gruppe" (gleichfalls vulkanogen, bzw. vulkanogen stark beeinflusst) folgen. Ob hier ein direkter Zusammenhang besteht oder nicht, kann vorerst nicht mit vollständiger Sicherheit gesagt werden; eine Abhängigkeit ist aber ziemlich wahrscheinlich. Im Bereich des Wechsel-Semmeringsystems dominiert eine einzige Anomalie (südöstlich von Mürzzuschlag). Dominierende Elemente im S und SE der Steiermark sind, wie zu erwarten war, größere Anomalien, die zum überwiegenden Teil auf den tertiären Vulkanismus und seine Auswirkungen rückführbar sind. Dazu gehören die Vulkanitkörper bzw. -decken von Kiösch bei Lahndorf, Ilz-Kalsdorf und Weitendorf (vgl. MAURITSCH, 1975; W. FUCHS, 1980; SCHARBERT et al., 1981, u.v.a.). Nordwestlich von Deutschlandsberg und an der kärntnerisch-steirischen Landesgrenze sind schwache Anomalien geortet worden. Möglich ist ein Zusammenhang zwischen Eklogitamphiboliten und Metagabbros des Koraintkristallins.

Vom Steirischen Becken (und dem Südburgenland) liegt ein publiziertes Kartenwerk vor (Geologie, Isanomalen AT, Bouguer-Isanomalen, Relief des prätertiären Untergrundes [KRÖLL et al., 1988]). Die magnetischen Leitgesteine dieses Gebiets sind demnach die aufgeschlossenen und verdeckten Vulkanite und Ultrabasite des Pennins der südburgenländischen Schwelle. Hinsichtlich ihrer Suszeptibilitäten unterscheiden sich die miozänen und plio / pleistozänen Eruptiva sehr deutlich. Zusätzlich sind die jüngeren Förderungen oft invers magnetisiert.

Das Weststeirische Becken ist durch ein langgestrecktes relatives Minimum charakterisiert.

2.3. Quantitative Analyse

Alle im Folgenden vorgestellten Schnitte durch Modellkörper fußen auf den von TALWANI & HEIRTZLER (1964) entwickelten Algorithmen und der Fehlerminimierung nach LEVENBERG (1944) und MARQUARDT (1963). Die mathematischen Grundlagen sind bei HEINZ et al. (1987a) nachzulesen.

Die Anomalie I

Lage: Siehe Beil. 1b.

Die Anomalie liegt im mittleren Oberrainstal mit ihrem Zentrum bei Haus i.E. Das Profil wurde fast genau in N-S-Richtung gelegt (357°N). Der zugehörige Störkörper (siehe Abb. B) zeigt einen nach S einfallenden Keil, der sich zur Geländeoberkante stark verjüngt. Die Anomalie wurde im Flughorizont 3000m über NN gemessen.

Als interessantestes Ergebnis dieser Modellrechnung ist zweifellos das eindeutige Stüdfallen des Störkörpers zu werten. Dies bedeutet, daß die Gesteine der Grünwackenzone (Grünschiefer-einlagerungen in die Ennstaler Phyllite) wohl kaum als Ursache für die Störung des Feldlinien-verlaufes in Frage kommen. Schon CLAR (1965) nimmt eine Inversion der Stirnteile des Ostalpinen Kristallins ("Schladminger Kristalline") im Grenzbereich zum westlich anschließenden Unterostalpin des Radstädter Deckensystems an, eine Ansicht, der sich - basierend auf Detailkartierungen - unter anderem auch HEIL & SLAPANSKY (1982/83) und auch SCHEDL (1981) anschließen konnten. Nun ist im vorliegenden Fall nicht zu erwarten, daß diese invers liegenden Stirnschollen des Ostalpinen Kristallins zwangsläufig konstant nach S fallen, daß sie ferner in relativ große Tiefen reichen und zudem noch verhältnismäßig hohe Suszeptibilitäten haben (4×10^{-3} [SI]). Eine Zugehörigkeit dieser Zone zum Unterostalpin aufgrund der Position dieses Störkörpers (und auch wegen der Position der benachbarten, eindeutig mit der betrachteten Struktur in

Verbindung stehenden Anomalien) ist wegen der Tiefe der Umrante und der relativ hohen Suszeptibilität des Störkörpers äußerst unwahrscheinlich.

Es handelt sich also um höher magnetisierte, mächtige Komplexe, die in beträchtliche Tiefen verfolgbare sind, und nach Ausschließung der oben angeführten Deutungsmöglichkeiten am ehesten als (? ophiolitische) Sequenzen des Penninikums, die durch verhältnismäßig geringmächtige, darüberliegende höhere tektonische Einheiten (Altkristallin p.p., Grauwackenzone p.p.) der Anschauung entzogen sind. Bei dieser Gelegenheit soll auch auf die Fortsetzung der Anomalienkette nach E hingewiesen werden. In ihrem Verlauf liegen zwei weitere Anomalien, von denen Störkörperberechnungen vorliegen (Abb. C und D). Zusammen mit den bekannten Ultrabasilvorkommen vom Hochgrößen und vom Lärchkogel bei Trieben markieren sie einen mehr oder minder breiten Streifen entlang des N-Randes des Ostalpinen Kristallins bzw. unter dem südlichen Teil der Nördlichen Grauwackenzone.

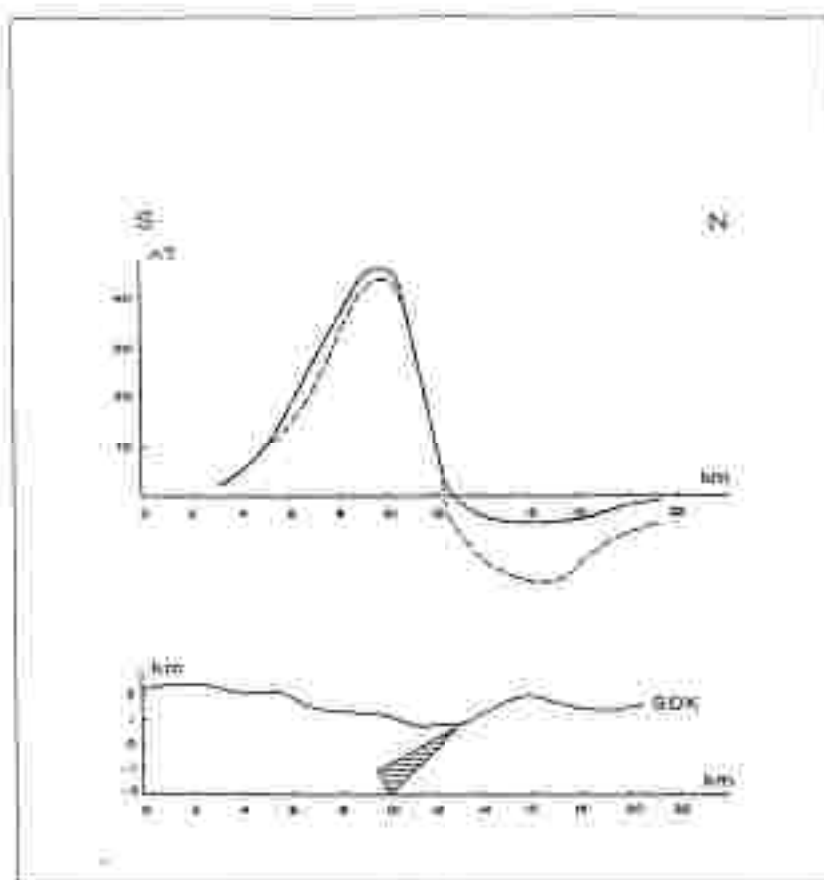


Abb. B: Anomalie 1 bei Haus im Ennstal, 2D-Modell

Modelldaten:

$$\kappa = 4 \times 10^{-3}$$

Regionalfeld: 35 nT + 1,1 nT/km; mittlere quadratische Abweichung: 4,84 nT (7,9%);

Hauptfeld: 47200 nT; Inklination: 63°; Deklination: 1°;

durchgezogene Linie: Meßkurve; strichlierte Linie: gerechnete Kurve

x: 9,20; 13,28; 9,75

y: -1,00; 0,82; -1,82

Die Anomalie 2

Lage: Siehe Beil. 1b.

Im Bereich des Lärchkogels bei Trieben liegt die hier zu betrachtende Struktur (Abb. C). Auch hier reicht der Modellkörper in beträchtliche Tiefen, fällt aber im Gegensatz zu jenem bei Haus im Ennstal nach NNE ein. Als Grund für diese Richtung wird die recht exponierte Lage dieses Vorkommens (im Stirnbereich des nördlichen Teils des Sockauer Kristallins einerseits und am Schnittpunkt dieses Bereiches mit der tiefgreifenden und bedeutsamen Pöslinie) angesehen. Die Problematik der Situation dieses Ultrabasilvorkommens - dies bezieht sich auch auf das Vorkommen vom Hochgrößen - zeigt sich bereits an den sehr unterschiedlichen Auffassungen der Lagerung dieser Körper; stellvertretend für diese Diskrepanzen sei nur eine angeführt: so ist der Lärchkogel-Ultrabasil in der Karte der Steiermark 1:200.000 (FLÜGEL & NEUBAUER, 1984) als sichere Deck-scholle verzeichnet, während METZ (1964) das gleiche Vorkommen noch ohne bedeutendere tektonische Trennflächen abgrenzt, was in der gleichen Arbeit (METZ, 1964) jedoch im Falle des Hochgrößen-Vorkommens geschieht. Dieses wiederum ist bei FLÜGEL & NEUBAUER l.c. ohne tektonische Grenze zu seiner Umgebung geblieben, während METZ (1979) in seiner Karte den Komplex nur mehr mit internen Störungen und randlich überhaupt mit ungestörten Grenzen versteht.

Alle Ergebnisse der Auswertung der aeromagnetischen Daten aus diesem Abschnitt legen jedoch die wohlbegründete Annahme nahe, daß alle diese Körper größere Tiefenerstreckung haben und mutmaßlich an Trennflächen liegen.

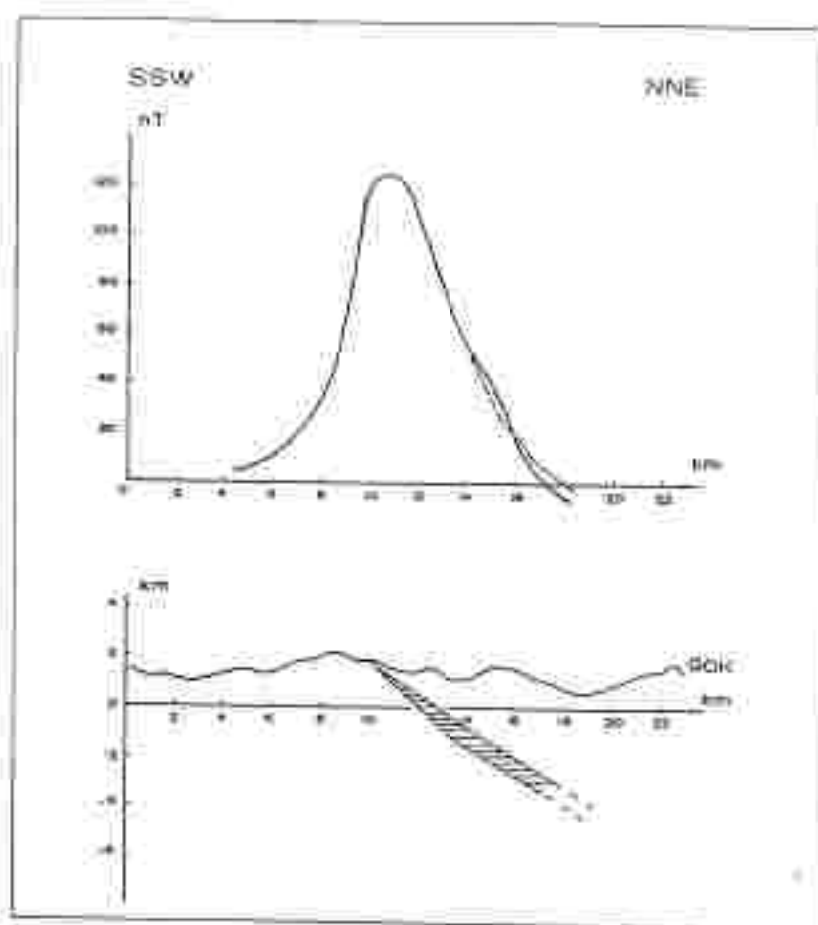


Abb. C: Anomalie 2, Lärchkogel bei Trieben. 2D-Modell

Modelldaten:

$$\kappa = 7 \times 10^{-3};$$

Regionalfeld: 30nT; mittlere quadratische Abweichung: 3,4nT (etwa 2,6%);

Hauptfeld: 4720nT; Inklination: 63°; Deklination: 1°;

durchgezogene Linie: Meßkurve; strichlierte Linie: gerechnete Kurve

x: 9,9; 39,6; 13,5.

y: 1,9; -17,7; -1,2.

Die Anomalie 3:

Lage: Siehe Beil. 1b.

Ihr Zentrum liegt im Gebiet südsüdöstlich von Eisenerz. Als Modellkörperschnitt wurde ein sich nach oben hin stark verjüngender Keil errechnet. Im Modell erreicht die Spitze dieses Keils eine Tiefe von ungefähr 400m unter GOK. Von Bedeutung ist auch bei dieser Struktur die Position; der Störkörper liegt zwar nicht unmittelbar an der N-Begrenzung der Kristallinmassen, sondern noch etwas weiter nördlich; die verursachte Anomalie steht jedoch mit jener grenznahen (Ostalpinen Kristallin / Grauwackenzone) im SW im Zusammenhang. Die Zugehörigkeit beider Körper zu den oben beschriebenen Strukturen ist evident, was auch aus dem gesamten magnetischen Muster deutlich zu sehen ist. Im vorliegenden Fall läßt sich auch die Breite der Zone, der all diese magnetischen Quellen angehören, angeben. Der nördlichere der beiden, der auch in Abb. D dargestellt ist, ist von der Grauwackenzone überdeckt (7 überfahren). Als Dicke der gesamten Grauwackenzone in diesem Bereich werden um die 500m angegeben (H.P. SCHÖNLAUB, 1987, mündliche Mitteilung). Diese Größenordnung paßt vortrefflich zu den in Abb. D dargestellten Verhältnissen.

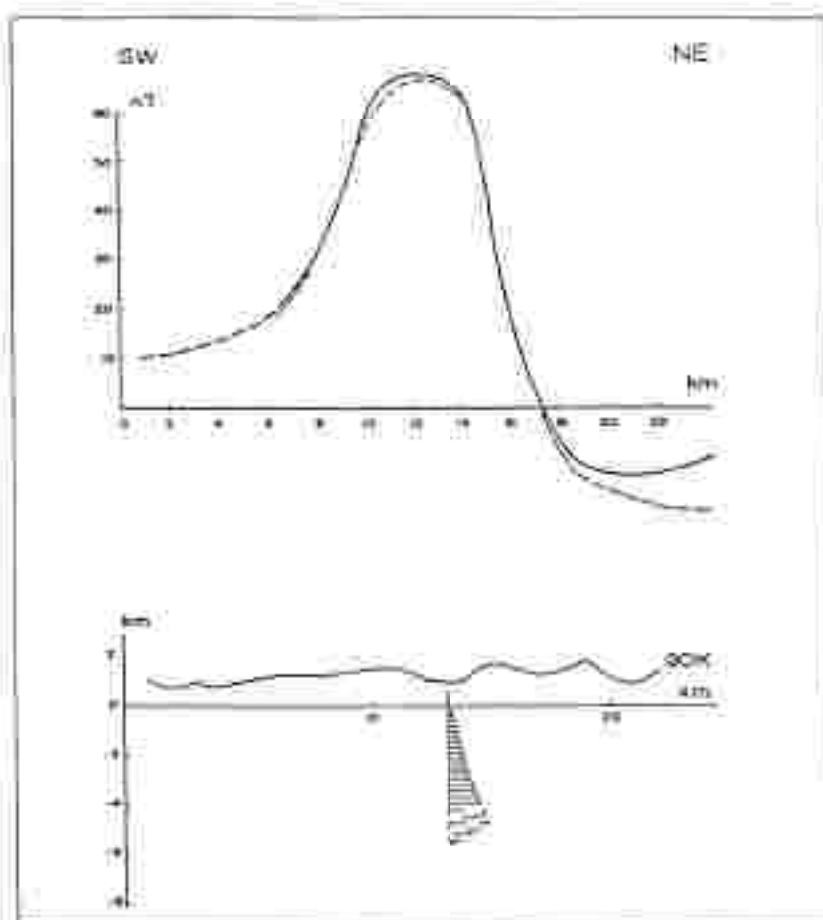


Abb. D: Anomalie 3, bei Eisenerz. 2D-Modell

Modelldaten:

$$\kappa = 7 \times 10^{-3}$$

Regionalfeld: 30nT; mittlere quadratische Abweichung: 3,65nT (7,9%);

Hauptfeld: 47200nT; Inklination: 63°; Deklination: 1°;

durchgezogene Linie: Meßkurve; strichlierte Linie: gerechnete Kurve

x: 13,22; 13,93; 16,28; 13,23.

y: 0,54; -2,51; -7,38; -5,41.

Die Anomalie 4

Lage: Siehe Beil. 1b.

Nahe der W-Grenze des Murauer Paläozoikums wurde die Anomalie 4 geortet. Der zugehörige Störkörper ähnelt strukturell jenem südlich von Eisenerz; auch die Tiefenerstreckung seiner Unterkante erreicht beträchtliche Mächtigkeiten (Abb. E).

Es besteht die Möglichkeit, den im Modell der Abb. E errechneten Störkörper als aus zwei übereinanderliegenden Komplexen zusammengesetzt zu betrachten, und den schmalen Teil des Keiles als innerhalb des Kristallins liegend anzusehen; den gesamten Modellkörper als "intrakristallin" zu klassifizieren, würde eine wohl etwas zu große Dicke des Kristallins selbst erfordern.

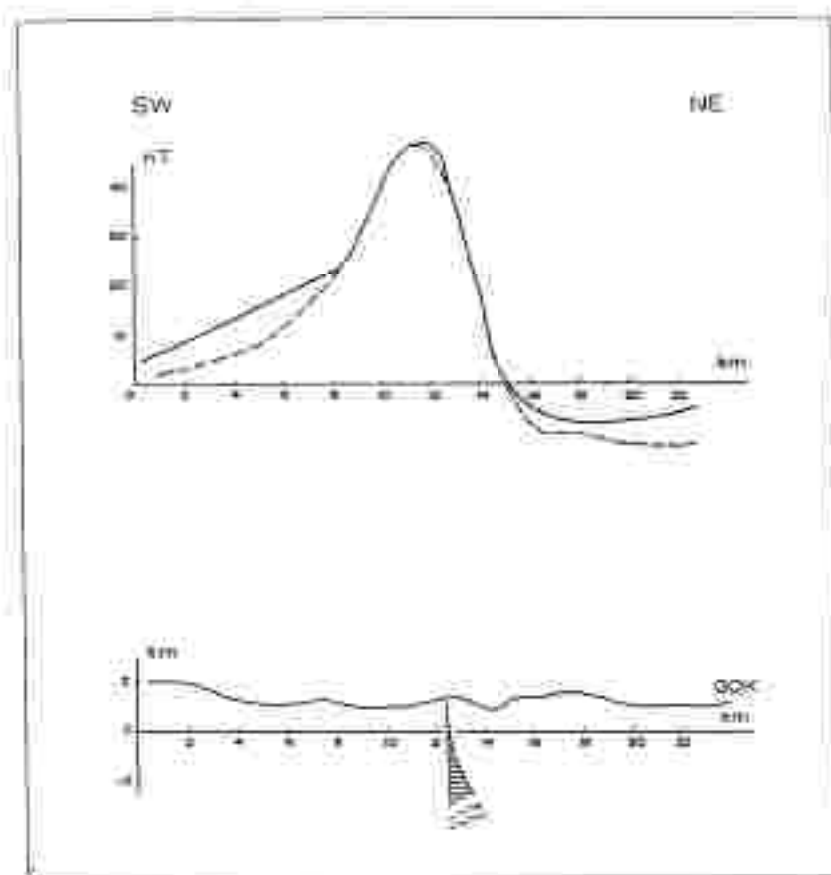


Abb. E: Anomalie 4, im Murauer Paläozoikum. 2D-Modell

Modelldaten:

$$\kappa = 5 \times 10^{-3}$$

Regionalfeld: 25nT; mittlere quadratische Abweichung: 3,65nT (etwa 6,3%);

Hauptfeld: 47200nT; Inklination: 63°; Deklination: 1°;

durchgezogene Linie: Meßkurve; strichlierte Linie: gerechnete Kurve

x: 12,37; 12,74; 14,25; 12,67.

y: 1,15; -1,17; -4,50; -5,25.

Die Anomalie 5

Lage: Siehe Beil. 1a.

Sie liegt ost-südöstlich des Kraubath's Ultramafiskörpers. Oberflächlich sind hier die Gesteine der "Speikserie" aufgeschlossen.

Bei der Berechnung dieser Anomalie traten Schwierigkeiten auf, die aus der Überlagerung des nördlich gelegenen Minimums durch die Kraubath's Anomalie erklärbar sind. Die Fortsetzung des Profils nach N ergab keinen Hinweis auf einen regionalen Trend. Die überlagernde Anomalie mußte daher vorher möglichst eliminiert werden. Als Regionaltrend wurde ein Mittelwert von -5nT abgezogen, da der ungestörte Bereich (im Bereich von Köflach) zwischen 0 und -10nT liegt. Aber auch das südliche Minimum ist sehr stark ausgeprägt; der Anteil der remanenten Magnetisierung ist hier nicht bekannt. Aus den vorgenannten Gründen wurde zur Berechnung des Störkörpers nur das Maximum herangezogen.

Sowohl die Form als auch die Tiefenlage dieses Störkörperschnittes zeigen Unterschiede zu den bisher präsentierten Modellen (Abb. F). Es ist ein im Vergleich zu diesen ziemlich geringmächtiger, recht seichtliegender Komplex, allerdings mit beträchtlicher Ausdehnung. Seine Position im Kristallin, ohne großen Tiefgang und auch die unmittelbare Nachbarschaft zum Kraubath's Vorkommen lassen ihn (zumindest was seine Unterschiede zu den übrigen Modellen betrifft) als dem Kraubath's Vorkommen durchaus verwandt erscheinen; große Divergenzen scheinen allerdings in den Suszeptibilitäten auf: im berechneten Modellkörper sind es $7 \times 10^{-3} \text{ SI}$, im Kraubath's Serpentin liegen die Werte höher (SEREN, 1980). Eine Erklärung hierfür mag sein, daß der Modellkörper den tieferliegenden, grünteinsbetonten Serien zuzurechnen ist.

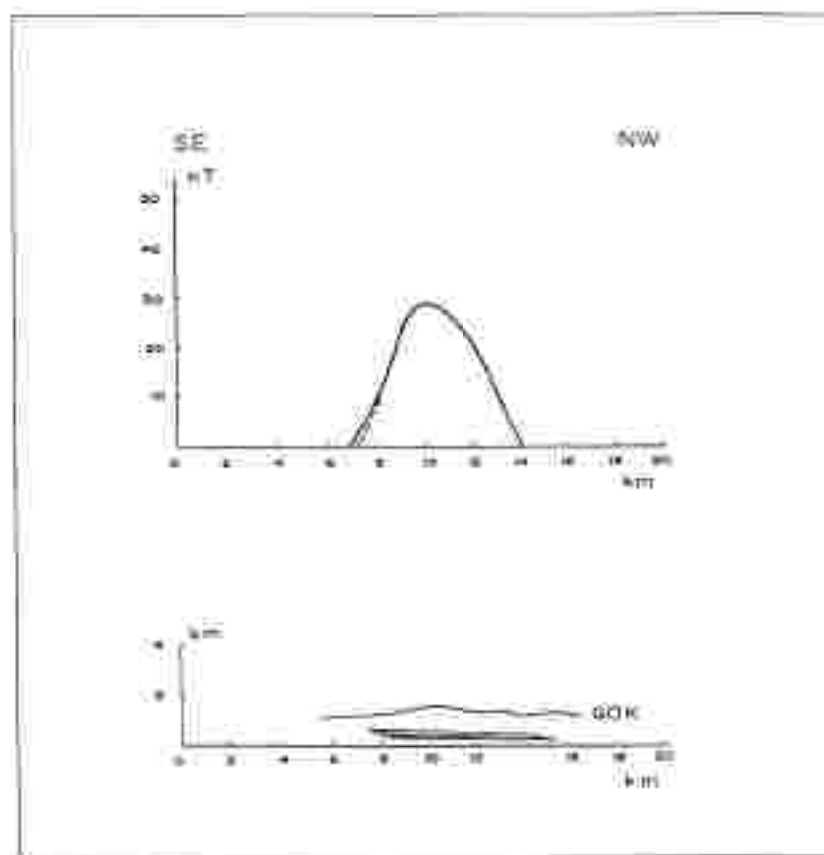


Abb. F: Anomalie 5, ESE Kraubath, 2D-Modell

Modelldaten:

$$\kappa = 7 \times 10^{-3};$$

Regionalfeld: -5nT; mittlere quadratische Abweichung: 1,7nT (etwa 2,4%);

Hauptfeld: 47200nT; Inklination: 63°; Deklination: 1°;

durchgezogene Linie: Meßkurve; strichlierte Linie: gerechnete Kurve

x: 9,55; 13,99; 15,44; 10,61.

y: 0,60; 0,23; 0,02; 0,41.

Die Anomalie 6

Lage: Siehe Beil. 1a.

Die beste Übereinstimmung der Modellrechnung mit der Messung ist im Falle der Anomalie 6 südöstlich von Mürzzuschlag, wie in der Abb. G dargestellt, gegeben. Der Störkörper fällt steil nach NW und erreicht beträchtliche Mächtigkeiten. Seine Zuordnung zu Gesteinen der Wechseleinheit, über der die betrachtete anomale magnetische Struktur gemessen wurde, ist allerdings auszuschließen.

Abgesehen von den Grünschiefern sind die Werte für die Wechselgesteine durchwegs bedeutend niedriger (WEBER et al., 1983). Es liegt nahe, diesen Störkörper interpretativ im Zusammenhang mit den nicht sehr weit entfernten Komplexen ähnlicher Art im Bernsteiner und Rechnitzer Fenster zu sehen (vgl. HEINZ et al., 1987b). Bedenkt man überdies noch die tiefe tektonische Position der Wechseleinheit (tiefstes Unterostalpin oder hohes Penninikum, vgl. TOLLMANN, 1976, 1977, 1986; FAUPL, 1970; PAHR, 1980, wobei allgemein der erstgenannten tektonischen Position die höhere Wahrscheinlichkeit eingeräumt wird), wirkt auch die geringe Überlagerung (Abb. G) über der Störkörpersoberkante nicht besonders überraschend.

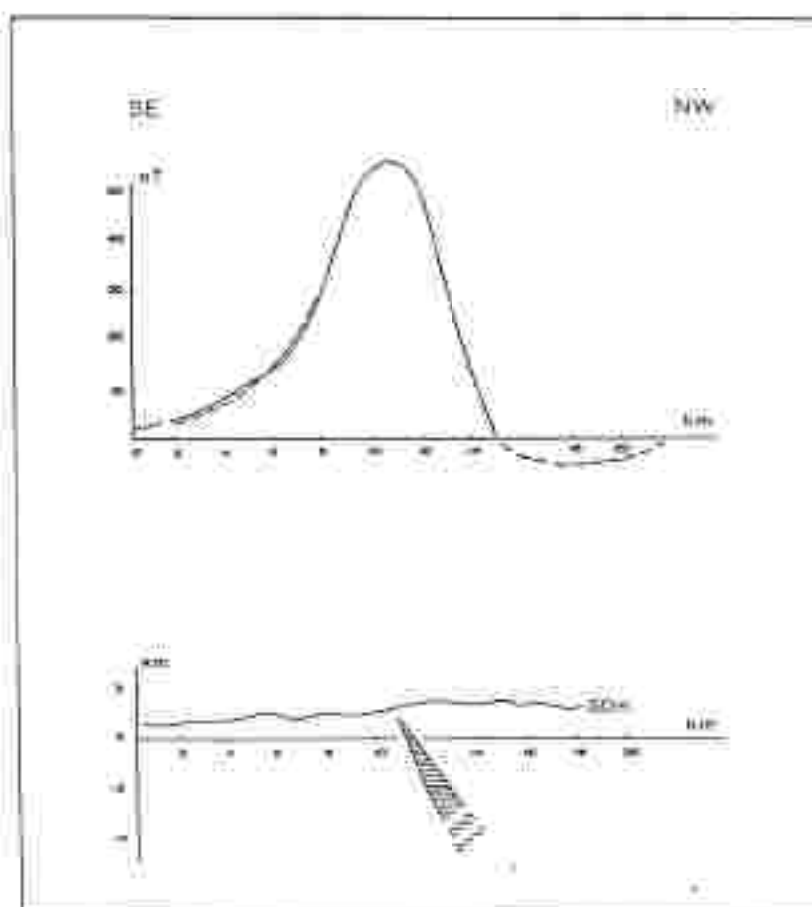


Abb. G: Anomalie 6, bei Mürzzuschlag. 2D-Modell

Modelldaten:

$$\kappa = 3 \times 10^{-3};$$

Regionalfeld: -20nT; mittlere quadratische Abweichung: 0,71nT (etwa 1,8%);

Hauptfeld: 47200nT; Inklination: 63°; Deklination: 1°;

durchgezogene Linie: Meßkurve; strichlierte Linie: gerechnete Kurve

x: 10,76; 15,72; 14,24; 12,10

y: 0,95; -5,77; -7,10; -2,13

3. Hubschraubergeophysik**3.1. Die Meßausrüstung**

Als Fluggerät diente ein Bundesheerhubschrauber vom Typ Agusta-Bell 212 mit Doppelturbine. Die Meßausrüstung selbst hat folgende Komponenten:

- ein elektromagnetisches Mehrfachspulensystem vom Typ DIGHEM II. Das System induziert elektrische Ströme in den Untergrund, deren Magnetfeld (= sekundäres Feld) gemessen wird. Zwei Sender arbeiten mit unterschiedlichen Frequenzen (900Hz, koaxial; 3600Hz, koplanar). Mittels zweier Empfangsspulen, die die gleiche Lage wie die Sendespulen haben ("maximale Kopplung") und 7,97m von diesen entfernt sind, wird das sekundäre Magnetfeld aufgenommen. Die aufgenommenen Signale werden in zwei zeitliche Komponenten aufgespalten ("inphase"; "quadrature"; relativ zur Phase des Ausgangssignals). Die Meßrate betrug $4(10)^{11}$ Meßdaten pro Sekunde; es fielen somit $16(40)^{11}$ Meßdaten für das EM-System an.
- Ein Gammastrahlungsspektrometer vom Typ Geometrics GR 800B (GR 800D)¹⁾. GR 800B: zwei NaI-Kristalle mit einem Gesamtvolumen von 33,6l. GR 800D: zusätzlich dazu ein nach oben gerichteter Kristall (mit einem Volumen von 4,1 l; Korrektur eventueller Rn-Konzentrationen in der Luft). Diese Geräte messen die Intensitäten der Gammastrahlung in jeweils 256 Energiekanälen; zusätzlich werden 6 Energiesummenbereiche aufgezeichnet: Gesamtstrahlung (0,4-3,0MeV, 0,2-3,0MeV); Uran-weit (1,041-1,207MeV, 1,66-2,41MeV), Kalium (^{40}K ; 1,36-1,56MeV), Uran (^{214}Bi ; 1,67-1,87MeV) und Thorium (^{208}Tl ; 2,42-2,83MeV). Die Integrationszeit betrug 1 Sekunde für alle Energiesummenbereiche.
- Ein Protonenpräzessionsmagnetometer vom Typ Geometrics G-801/3. Es mißt die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes mit einer Anzeigegenauigkeit von 1/2nT. Die Meßrate beträgt 1 Meßwert pro Sekunde. Der Sensor hängt an einem Kabel unter dem Hubschrauber (siehe Kap. 2.1).
- Der Flugweg wurde auf eine Breite von etwa 100m mit einer 35mm-Flugwegkamera Automax GS 2 (Videokamera¹³⁾) aufgezeichnet.
- Eine Dopplernavigationsanlage (System LDNS, Firma Singer-Kearfoot, USA) stellt mit ihrer Flugweganzeige eine wesentliche Navigationshilfe dar. Zudem konnten die Flugwegkoordinaten im UTM-System damit unmittelbar auf Magnetband übertragen werden.
- Steuerung / Datenerfassung:
Anfänglich (Meßgebiete im oberen Ennstal) wurden die Signale (bis zu 16 Kanäle) digital von einem Magnetbandgerät Kennedy 9800 registriert. Bei den erst kürzlich beflogenen Gebieten wurde das Meßsystem durch einen Personalcomputer (PCQT, Industriestandard; modifiziert) gesteuert, wobei die Datenaufzeichnung auf Festplatte erfolgte. Die Kontrolle der Meßdaten erfolgte während der Meßflüge über einen Farbgraphikschirm. In den Abb. H und I sind die verwendeten Meßsysteme in Diagrammform dargestellt.

¹⁾ Alle Angaben in Klammern gelten für die Gebiete Rad Gleichenberg, Föllauer Raab, Neuberg und Birkfeld

3.2. Fluglinien

Meßgebiet	Richtung(en) der Meßprofile	Richtung(en) der Kontrollprofile
Aigen	0°-180° 120°-300°	35°-215° 90°-270°
Öblarn	135°-315°	60°-240°
Pruggern	90°-270° 120°-300°	0°-180° 35°-215°
Neuberg	170°-350°	80°-260°
Birkfeld	70°-250°	160°-340°
Bad Gleichenberg	45°-225°	90°-270°
Pöllauer Bucht	110°-280°	10°-190°

Tab. 1: Richtungen der Fluglinien.

Der Soll-Abstand der gewählten Fluglinien betrug generell 200m (Meßprofile).

3.3. Die Messungen

Navigationssunterlagen: Als Navigationsunterlagen dienten Karten im Maßstab 1:50.000, auf der die Sollagen der Meßprofile eingetragen wurden.

Kontrolle der Geräte: Vor jedem Meßflug wurde eine Eichung des Gammastrahlenspektrometers sowohl mit einer Cäsium- (^{137}Cs) als auch mit einer Thoriumquelle (^{232}Th) durchgeführt. Bei der ersten Eichung wird die Trennung der einzelnen Kanäle abgestimmt (siehe Abb. J), während beim zweiten Eichvorgang die richtige Lage des für das Thorium charakteristischen Energiesummenfensters (2,42-2,83MeV) überprüft wird (Abb. K). Ebenso wurde die Phaseneinstellung des elektromagnetischen Meßsystems mit Hilfe eines Ferristabes jeweils vor Flugbeginn kontrolliert und gegebenenfalls justiert.

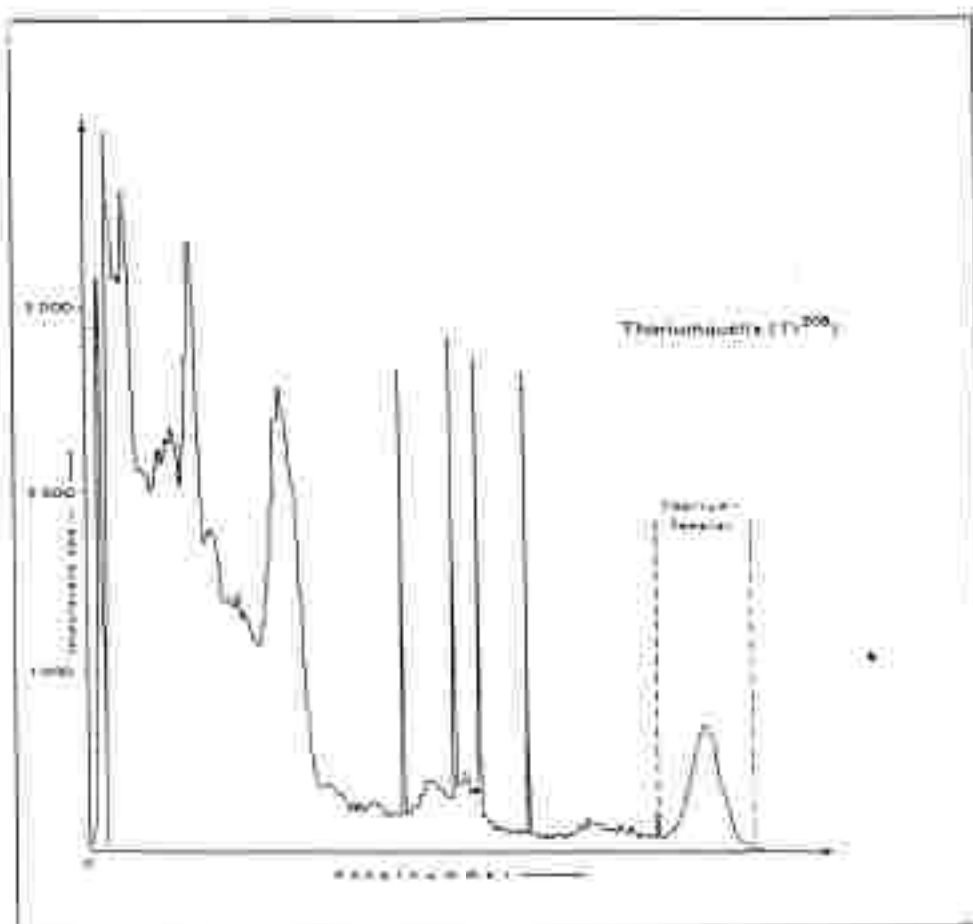


Abb. J: Beispiel einer Spektralregistrierung (Thoriumquelle ^{208}Tl).

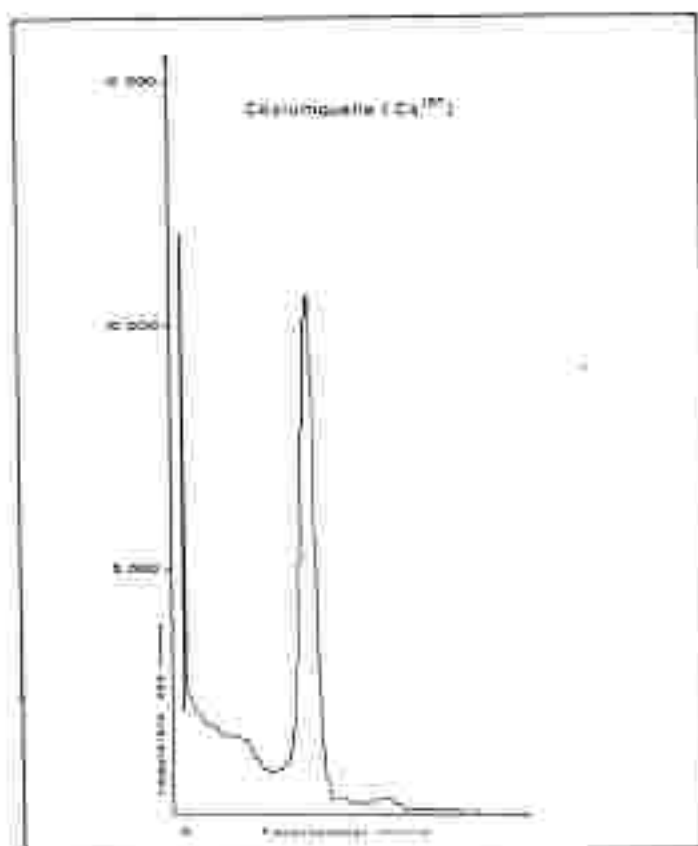


Abb. K: Beispiel einer Spektralregistrierung (Cäsiumquelle ^{137}Cs).

Meßflüge: Während der Messungen auf den Profilen wurde eine Sollflughöhe des Hubschraubers von 80m angestrebt. Das entspricht folgenden Meßhöhen über Grund für die Sensoren der geophysikalischen Geräte:

EM-Sonde:	50m
Magnetometer-Sonde:	60m
Detektoren des Gammastrahlenspektrometers:	80m

Die Fluggeschwindigkeit betrug über leicht welligem Gelände ca. 125km/h, an steileren Hängen entsprechend weniger. Die durchschnittliche Meßflugdauer lag bei etwa 1,5 Stunden (inkl. An- und Abflug zum und vom Meßgebiet).

In den Wenden zwischen den Meßprofilen war es notwendig, für jeweils ca. 1 min. auf etwa 350m zu steigen. In dieser Höhe läßt sich das Nullniveau für die elektromagnetischen Meßsignale bestimmen. Dies war vor und nach jedem Profil erforderlich, da das Nullniveau durch Temperatureffekte an der EM-Sonde driftet (s. Kap. 3.4.1.).

Zur Datenverarbeitung, Datenkontrolle und Flugwegrekonstruktion siehe die Ausführungen von HEINZ & SEIBERL, 1990a.

3.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung (nach HEINZ & SEIBERL, 1990a)

3.4.1. Auswertung der EM-Daten

Mit dem DIGHEM-II-System wurden Inphase (Realkomponente R) und Quadrature (Imaginärkomponente Q) des Magnetfeldes der im Untergrund induzierten Ströme für die beiden Sendefrequenzen gemessen. Jeweils nach 8-12 oder 10-15m Wegstrecke, also alle 0,25 Sekunden (3-4m Wegstrecke / alle 0,1 Sekunden¹⁾), wurden die Daten abgefragt und auf einem Magnetband (Massenspeicher) registriert. Die Elektromagnetik-Meßdaten waren teilweise durch Stromleitungen oder durch andere künstliche Leiter gestört. Die EM-Daten mancher Meßflüge enthielten zudem noch Störimpulse durch "sferics" (elektromagnetische Impulse aufgrund von luftelektrischen Entladungen, z.B. Gewittern).

Es gibt zwei Kriterien für die Erkennung der durch Fremdfelder gestörten Registrierungen:

- 1) Die irreguläre Form der Anomalien.
- 2) Die Aufzeichnung von Fremdfeldern mit Frequenzanteilen nahe der Meßfrequenz in den "sferics-Kanälen".

Mit diesen Kriterien wurden stark gestörte und damit für die geophysikalische Auswertung unbrauchbare Intervalle aus den Registrierungen ausgeschieden und bei der weiteren Datenverarbeitung nicht berücksichtigt.

EM-Anomalien von künstlichen Leitern, wie z.B. Blechdächern, wurden nicht beseitigt, da die gemessenen Anomalien künstlicher Leiter oft nicht eindeutig von jenen geologischer Leiter zu unterscheiden sind. Eine Identifizierung künstlicher Leiter müßte einer späteren Verifizierung vorbehalten bleiben.

Die Datenverarbeitung begann mit einer digitalen Filterung, wobei die Rohdaten von hochfrequenten Störsignalen befreit wurden. Die nächsten Schritte waren:

- Die Bestimmung des absoluten Nullniveaus für R und Q (siehe oben) - an den sogenannten Stützstellen - in den Registrierungen bei großer Flughöhe vor und nach jedem Meßprofil.
- Die Bestimmung der eingestellten Empfindlichkeit (für jeden einzelnen Meßflug) durch ein Kalibrierungsprogramm.
- Die Umrechnung der Meßsignale auf das Nullniveau.
- Die Transformation der Werte R und Q in zwei Ergebnisparameter, nämlich
 - in den scheinbaren spezifischen Widerstand ρ_s
 - in die scheinbare Tiefe d_s (eines äquivalenten Halbraumes, bezogen auf die Erdoberfläche).

¹⁾ Alle Angaben in Klammern gelten für die Gebiete Bad Gleichenberg, Pollauer Ruchl, Neuberg und Burkfeld

Bei kleinen Signalamplituden (z.B. über Gesteinen mit hohem spezifischem Widerstand) war eine deutliche, zum Teil nichtlineare Drift des Nullniveaus in den EM-Kanälen zu erkennen. Diese Drift wird vermutlich durch Temperatureffekte auf die Flugsonde verursacht, bedingt durch die Höhenunterschiede längs der Fluglinien. Deshalb waren die beiden Stützstellen für das Nullniveau vor und nach einem Profil einzuführen. Hierbei wurde ausgenutzt, daß tiefere Täler oft nur in größeren Flughöhen überflogen werden konnten, wobei die Amplitude des Sekundärfeldes nahe Null war. Die so gewonnenen ρ_s -Werte wurden in der Folge für beide Frequenzen mit Hilfe eines Trommelplotters in Form von Profilplänen im Maßstab 1:25.000 geplotet.

3.4.2. Bedeutung der Ergebnisparameter ρ_s und d_s

Die Parameter ρ_s und d_s können für das Interpretationsmodell "homogener Halbraum" aus jedem Meßwertepaar R und Q berechnet werden (z.B. nach MUNDY, 1984). Die Werte ρ_s und d_s stimmen annähernd mit dem wahren spezifischen Widerstand ρ und der wahren Tiefe eines verborgenen Leiters überein, wenn dieser

- 1) eine bestimmte Mindestausdehnung (Größenordnung 100m) und eine bestimmte Mindestdicke hat,
- 2) sich in schlechtliegender Umgebung befindet.

Dies trifft z.B. für sulfidische Vererzungen, aber auch für viele graphitische und vor allem tonige Komplexe häufig zu.

Ist Bedingung 1) nicht erfüllt, d.h. wenn der Körper zu klein ist, so ist im allgemeinen $\rho_s > \rho$ und $d_s > d$.

Ist Bedingung 2) nicht erfüllt, insbesondere z.B. einer leitenden Überdeckung wegen, so wird ebenfalls $\rho_s > \rho$ aber $d_s < d$.

Der Tiefenwert d_s kann größer sein, kleiner oder gleich Null sein. Bezogen auf einen Zweischichtfall, d.h. eine Deckschicht mit einem Widerstand ρ_1 und einer Dicke d_1 sowie einem (unendlich dicken) Substratum mit dem Widerstand ρ_2 , gelten folgende Zusammenhänge (FRASER, 1978):

$d_s > 0$: $\rho_1 > \rho_2$, d.h. das Substratum ist besser leitend als die Deckschicht,

$d_s = 0$: $\rho_1 = \rho_2$, d.h. im Bereich der Erkundungstiefe (siehe unten) ist kein guter Leiter vorhanden,

$d_s < 0$: $\rho_1 < \rho_2$, d.h. eine besser leitende Deckschicht (z.B. Verwitterungsschicht) liegt über einem schlechtleitenden Untergrund.

Durch das Vorzeichen von d_s können also qualitative Aussagen über die vertikale Leitfähigkeitsverteilung gemacht werden. Die Erkundungstiefe ist die Maximaltiefe, bis zu der ein guter Leiter im Untergrund durch die Meßmethode erfaßt werden kann. Bei schlechtleitender Deckschicht und großen Zielkörpern sind mit dem DIGHEM-II-System Erkundungstiefen von 100-150m zu erreichen.

3.5. Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität (ΔT)

Hiezu siehe die prinzipiellen Ausführungen im Kapitel "Aeromagnetische Vermessung" (2.1.).

3.6. Radiometrische Kartierung

3.6.1. Quellen der natürlichen Gammastrahlung

Die Gammastrahlung der Gesteine und der aus ihnen entstandenen Böden stammt im wesentlichen aus drei Quellen: den radioaktiven Elementen Thorium und Uran mit einer Reihe von strahlenden Tochterprodukten, sowie aus Kalium mit dem radioaktiven Isotop ^{40}K .

3.6.2. Korrektur der Meßdaten

Die mit dem Zerfall der radioaktiven Isotope verbundene Emission von Gammaquanten ist ein statistischer Prozeß. Die mit einem ruhenden Gerät gemessene Zählrate N streut in Form einer Poisson-Verteilung um einen Mittelwert. Die Standardabweichung σ ergibt sich aus

$$\sigma = \sqrt{N}$$

Bei hohen Zählraten ist also die relative Streuung

$$\frac{\sigma}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

kleiner als bei kleinen Zählraten. Bei der Messung während des Fluges erhält man z.B. die in Abb. La wiedergegebene Zählrate in cps - hier für Uran und Thorium - inklusive der natürlichen statistischen Streuung. Durch entsprechend angepaßte digitale Filter wird das hochfrequente Rauschen in den Rohdaten weitgehend eliminiert, ohne daß das längerwellige Nutzsignal (d.h. die Variationen der Zählrate, die durch wechselnde Gehalte der strahlenden Elemente im Gestein selbst verursacht werden) verändert wird.

Das Ergebnis dieser Filtering zeigt Abb. Lb. Das Ziel der nun folgenden Korrekturschritte, die in Abb. Lc-Ld dargestellt sind, ist, die geglätteten Meßdaten von noch weiterhin unerwünschten Anteilen zu befreien:

Reduktion des "Backgrounds"

Die von nicht-geologischen Quellen stammende Strahlung (nämlich die Strahlung des die Detektor-Kristalle umgebenden Materials und die kosmische Strahlung) werden abgezogen. Der Background in den einzelnen Kanälen wird durch entsprechende Steigflüge über Wasserflächen gewonnen (Abb. Lc).

Reduktion des Comptoneffekts

Beim Durchgang durch Materie wird die Gammastrahlung unter Energieverlust gestreut. Dies hat zur Folge, daß ein gewisser und bestimmbarer Anteil der Strahlung ("stripping ratio") der Th-Quellen in den Uran- und Kaliumkanal sowie der U-Quellen in den K-Kanal fällt. Zur Definition der stripping ratios siehe z.B. IAEA, 1979. Die stripping ratios haben für die beschriebene Meßkonfiguration und die oben angegebenen Fensterinstellungen folgende Werte (Compton-Streungskoeffizienten):

S_{UTh} (Th in den U-Kanal):	0,27
S_{ThU} (U in den Th-Kanal):	0,065
S_{KTh} (Th in den K-Kanal):	0,17
S_{KU} (U in den K-Kanal):	0,82

Diese Werte gelten für den Abstand 0 zwischen Detektor und einer unendlich ausgedehnten Strahlungsquelle. Zu ihnen ist noch der Beitrag des Comptoneffekts in der Luft, d.h. ein höhenabhängiger Term, zu addieren, was aber nur für den Streungskoeffizienten S_{UTh} in der Form

$$S_{UTh} = (S_{UTh})_0 + 0,0076h \quad [h \text{ in Fuß}]$$

geschieht.

Wie Abb. Ld zeigt, bleibt nach der Compton-Reduktion von einer großen Anomalie im U-Kanal unter Umständen kaum noch etwas übrig (für Meßwerte im Total-Kanal entfällt übrigens die Compton-Reduktion).

Höhenkorrektur

Die Intensität der vom Boden kommenden Gammastrahlung nimmt mit der Höhe über der Geländeoberfläche ab. Die Höhenabhängigkeit läßt sich grundsätzlich berechnen. In den theoretischen Wert gehen u.a. die Dichte und Feuchtigkeit der Luft ein. Außerdem wird die Zählrate für Uran und Kalium durch den unbekannten Gehalt der Luft an ^{222}Rn verfälscht. Es werden daher standard-

mäßige Steigflüge durchgeführt, um die in diesem Meßgebiet charakteristische Höhenänderung der Gammastrahlung zu ermitteln.

Die gemessene Höhenabhängigkeit der Strahlungsintensität I läßt sich in den begrenzten Höhenintervallen in guter Näherung durch die Formel

$$I(h) = I_0 e^{-\mu h}$$

beschreiben.

Für die Absorptionskonstante μ ergaben sich in den Meßgebieten im Höhenbereich von 30m bis 300m über Grund die in Tab. 2 aufgelisteten Mittelwerte.

Mit den angegebenen Werten für μ und den mit dem Radarhöhenmesser gemessenen Werten für die Flughöhe h werden die Strahlungsintensitäten nach der Formel

$$I(240ft) = I(h) e^{+\mu(h-80m)}$$

auf die Normalhöhe $h = 80m$ umgerechnet. Abb. 1e zeigt die Wirkung dieser Höhenkorrektur.

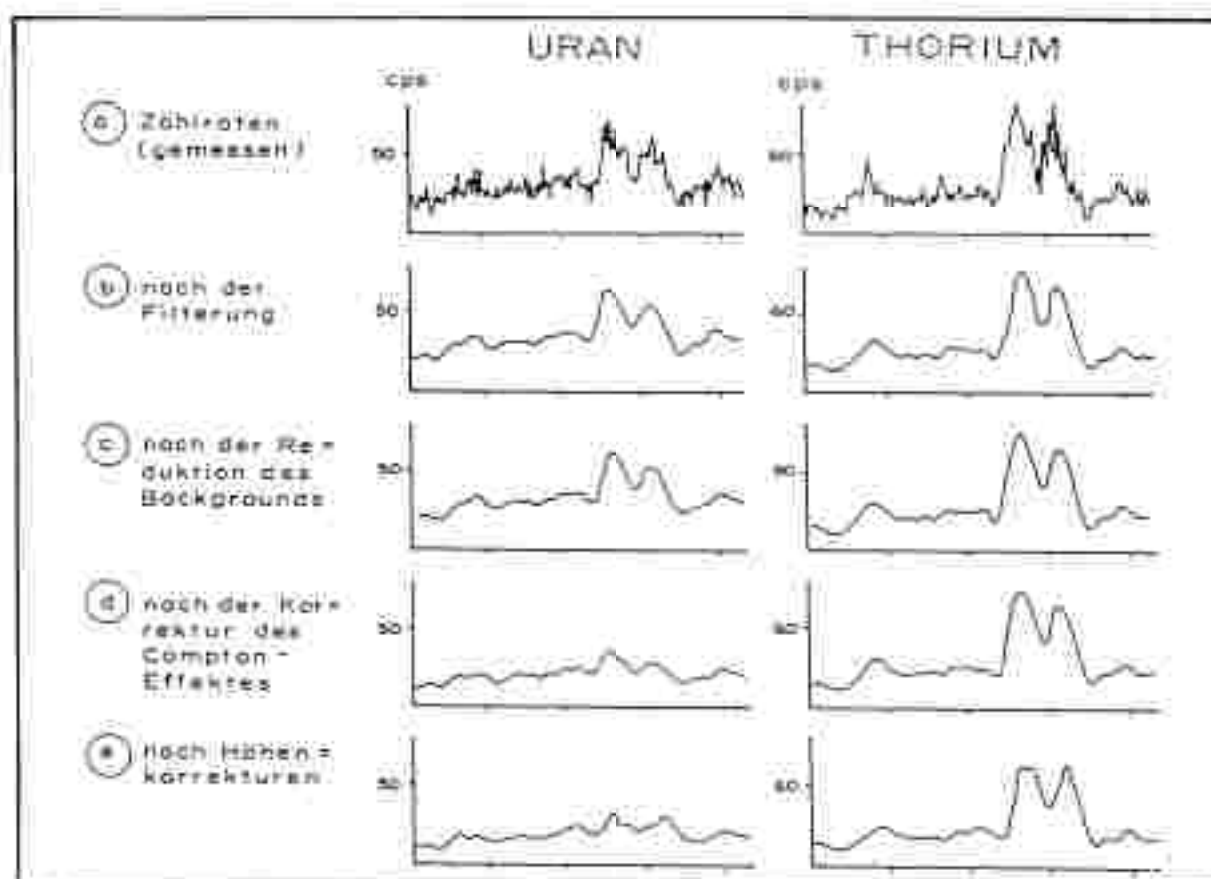


Abb. 1a-1e: Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie

Meßgebiet	$\mu(\text{total})$	$\mu(\text{K})$	$\mu(\text{U})$	$\mu(\text{Th})$	$\mu(\text{Cs137})$
Aigen	0,00178	0,00131	0,000649	0,001055	-
Obiarn	0,00178	0,00131	0,000649	0,001055	-
Pruggern	0,00178	0,00131	0,000649	0,001055	-
Bad Gleichenberg	0,002166	0,002807	0,002483	0,002231	0,00412
Pöllauer Bacht	0,002166	0,002807	0,002483	0,002231	0,00412
Birkfeld	0,002179	0,002814	0,002426	0,002271	0,002907
Neuberg	0,00212	0,00264	0,00244	0,00202	0,00367

Tab. 2: Mittelwerte der Absorptionskonstante μ

Übergang zu Radioelementkonzentrationen

Die "International Atomic Energy Agency" (IAEA, 1979) empfiehlt die Umrechnung der Zählraten in Äquivalent-Konzentrationen der drei strahlenden Elemente. Dies hat den Vorteil, daß die Ergebnisse von Messungen mit verschiedenen Instrumenten vor allem unterschiedlicher Kristallvolumina untereinander vergleichbar werden.

Eine geeignete Eicheneinrichtung (Testfläche) im Bereich des Truppenübungsplatzes Allentsteig wurde ab Spätsommer 1988 eingerichtet und stand erst Mitte 1989 zur Verfügung, sodaß für die Meßgebiete im oberen Ennstal noch keine Berechnungen der Radioelementkonzentrationen vorliegen.

Für die Umrechnung wurden folgende Faktoren (reduziert auf die Sollflughöhe von 80m über GOK) verwendet:

Kalium	46cps = 1%
Uran	4,9cps = 1ppm eU
Thorium	3,3cps = 1ppm eTh

Bei allen Gebieten, die nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl (Ende April 1986) befliegen wurden, mußte bei der Bearbeitung der Gesamtstrahlung (total count) eine zusätzliche Korrektur an den Daten des bis dahin laufenden Meßprogrammes angebracht werden, um letztere mit jenen des Jahres 1986 vergleichbar zu machen. Bedingt durch dieses Ereignis wurden - vor allem durch starke Regenfälle - mehrere Gebiete des österreichischen Bundesgebietes erheblich mit radioaktiven Spaltprodukten belastet (BM f. GESUNDHEIT und UMWELTSCHUTZ, 1986). Wie aus der Abb. M ersichtlich, wurden dabei hauptsächlich Isotope mit größeren Halbwertszeiten abgelagert, die Gammastrahlenquanten mit Energien bis maximal 1,0MeV emittieren (^{103}Ru mit 0,49MeV; ^{137}Cs mit 0,61MeV; ^{134}Cs mit 0,66MeV; ^{136}Cs mit 0,79MeV). Aus diesem Grund wird nur die Zählrate der Gesamtstrahlung durch die Folgen von Tschernobyl beeinträchtigt.

Da das an der GBA in Verwendung stehende Acroradiometer die Energie der Gammastrahlung im Bereich zwischen 0,2 und 3,0MeV in 255-Kanälen aufzeichnet, ist dieses Gerät auch zum Einsatz im Rahmen des Strahlenschutzes hervorragend geeignet. Einerseits können mit dieser Apparatur die Belastungen durch

- natürliche radioaktive Quellen (Gehalt der Gesteine an radioaktiven Mineralien) und andererseits
- künstliche radioaktive Kontaminationen (z.B. Reaktorunfall von Tschernobyl)

festgestellt werden, die effektive Äquivalentdosisleistung (DL) ergibt sich aus den geochemischen Äquivalentwerten (s.o.), über eine empirische Beziehung (GRASTY et al., 1984):

$$DL[\mu\text{Sv/h}] = (1,52 \cdot K[\%] + 0,63 \cdot U[\text{ppm}] + 0,21 \cdot Th[\text{ppm}]) \cdot 100,$$

wobei erstere von der aktuellen Bodenfeuchte abhängig ist. Somit stellt die aus der obigen Gleichung berechnete Äquivalentdosisleistung eine Größe dar, die für durchschnittliche Meßbedingungen gültig ist. GRASTY et al. (1984) konnten aber zeigen, daß eine relativ gute Übereinstimmung

zwischen berechneten (s.o.) und im Gelände direkt experimentell bestimmten Dosisleistungen besteht.

Von den bei Kernspaltungsprozessen entstehenden radioaktiven Isotopen ist das Cäsium-137 wegen seiner im Vergleich zu anderen Spaltprodukten relativ großen Halbwertszeit auch nach mehreren Jahren bei Geländemessungen feststellbar. Waren früher hauptsächlich die atmosphärischen Kernwaffenversuche die Ursache für erhöhte ^{137}Cs -Kontaminationen, so sind es derzeit nur noch die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

Das Energietmaximum des Cs-137 liegt bei 0,66 MeV. Um nun die Statistik der Cs-Zählraten zu verbessern, werden die Zählraten der Kanäle 53 bis 60 (0,63 bis 0,71 MeV) aufsummiert. An diesen werden entsprechend der weiter oben beschriebenen Prozedur verschiedene Korrekturen (Background-, Compton-, Höhenkorrektur) vorgenommen. Diese vom Cs-137 herrührenden Nettozählraten werden in der Folge zur Herstellung eines Isoliniennplanes verwendet. Bei geeigneten Eichungen könnten die Zählraten in entsprechende physikalische Einheiten (z.B. Bq/m²) umgerechnet werden. An diesen Eichungen wird derzeit gearbeitet (SEIBERL, 1992a,b,c; SEIBERL & LOBITZER, 1992).

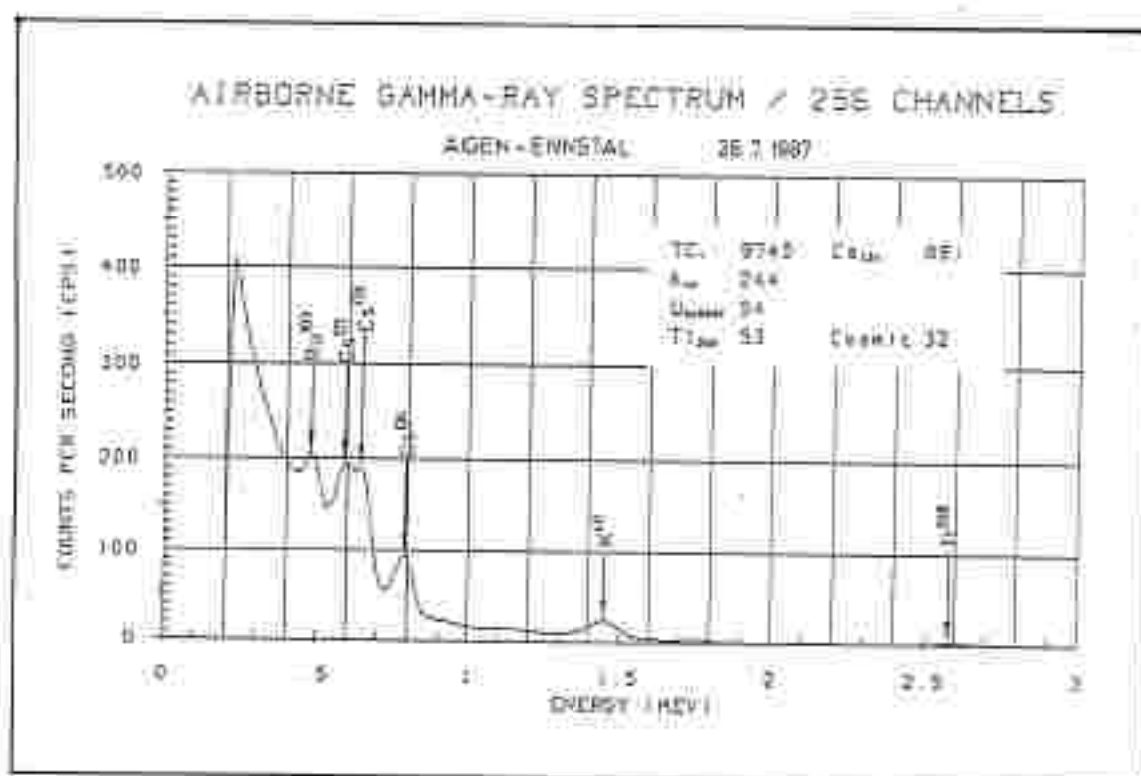


Abb. M: Das Gesamtenergiespektrum mit den Energiepeaks für ^{107}Ru , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{40}K und ^{208}Tl . Die Isotopen mit den größeren Halbwertszeiten emittieren Gammastrahlenquanten mit Energien bis maximal 1,0 MeV.

3.6.3. Herstellung der Isolinienpläne

Es ist bekannt, daß die Strahlungsintensitäten zeitlichen Schwankungen unterliegen. Sie stehen meist im Zusammenhang mit dem Wettergeschehen (z.B. Erhöhung der Absorption im Boden durch Regenwasser, Zufuhr von Radon aus der Bodenluft). Die an verschiedenen Tagen gemessenen Zählraten können also etwas unterschiedliche Mittelwerte ergeben, was eine Isolinien-darstellung beeinträchtigen würde. Um dies zu vermeiden, wurden teilweise entsprechende Korrekturen vorgenommen.

Ähnlich wie bei der Darstellung der elektromagnetischen Daten (s. Kap. 3.4.1., ρ_a) wurden in der Folge die korrigierten Energiewerte der Gammastrahlung durch ein automatisches Konturierungsprogramm zu einer flächenhaften Darstellung verarbeitet:

Dosisleistung
Cäsium-137
Kalium
Uran
Thorium

Eine zusätzliche Problematik von Gammastrahlungsmessungen in topographisch schwierigem Gelände stellt die Abweichung von einer horizontalen Meße-bene (2H-Geometrie) dar, weil bei den Meßflügen mit möglichst konstanter Höhe über dem Gelände geflogen werden soll. So z.B. tragen vor allem Hangflächen zur Verstärkung der Gammastrahlung bei. Bei homogener Strahlungsdichte an der Erdoberfläche und gleicher Meßhöhe über Grund resultiert in Tälern eine höhere Zählrate als in der Ebene, umgekehrt über Bergkämmen (geometrische Konstellation > 2H) eine niedrigere Zählrate (KILLEN, 1979).

Weiters wurden aus den vorliegenden Äquivalentwerten drei Verhältnisse U:Th, U:K, Th:K berechnet und in Form von Isolinienplänen zur Darstellung gebracht.

3.7. Analyse der hubschrauber-geophysikalischen Meßergebnisse

3.7.1. Das Meßgebiet Pruggern

Das Meßgebiet umfaßt die N-schauenden Hänge der Schladringer Tauern bis zur Linie Pieschitz-zinken - Schladringer Alm. Im E schließt das Meßgebiet Öblarn (Kap. 3.7.2.) an, im W reicht es bis zur Ortschaft Aich i.E. Den größten Anteil am Gesteinsinventar haben Gesteine der Nördlichen Grauwackenzone (Ennstaler Phyllite mit vulkanogenen Einflüssen), tektonisch unterlagert von den Stirnteilen des Schladringer / Wölzer Kristallins. Im S wurden auch noch Hornblendogneise ("Amering-Komplex", BECKER, 1981) erfaßt.

Widerstandskartierung

(ausführliche Kartendarstellungen von scheinbarem Widerstand 900 und 3600 Hz und scheinbarer Tiefe der Leiter, 900 und 3600Hz in SEIBERL & HEINZ, 1987c und HEINZ & SEIBERL, 1990a).

Im S-Teil des Meßgebiets liegt eine N-S-gerichtete Struktur mit guter Leitfähigkeit (unter 50 Ω m). Die Tiefe des Leiters ist zwischen 5 und 40m anzugeben; es sind dies zum einen die Auswirkungen des Moränenmaterials, das in größerer Mächtigkeit vor allem am W-Hang des Kleinsölktals angelagert ist, andererseits der jungen Talfüllung selbst. Nördlich davon liegen einige kleinere Anomalien anthropogenen Ursprungs.

Auch der NE-Teil des Gebietes Pruggern ist durch ein ausgeprägtes Minimum charakterisiert; seine Ursache ist wohl gleichfalls in den mächtigeren Moränenablagerungen zu suchen. Die Tiefenlagen der Leiter sind beträchtlich (bis zu 60m). Ein anthropogener Anteil ist - bedingt durch die recht dichte Besiedelung - nicht auszuschließen.

Südlich des Ennstales (NW-Teil des Gebietes) liegen einige kleinräumigere relative Minima, die teilweise als anthropogen identifiziert wurden, zum Teil aber in den Ennstaler Phylliten und deren Einlagerungen liegen. Tiefenlagen: 20 bis 40m. Ob die Leitfähigkeitskontraste nur auf lokale Unterschiede in der Zusammensetzung der Ennstaler Phyllite bzw. ihrer Begleitgesteine zurückzuführen

sind, oder mit graphitischen oder gar vererzten Abschnitten darin (die aus den gleichen Gesteinen im E z.T. bekannt sind) zusammenhängen, kann nicht entschieden werden. Entlang der E-Begrenzung wurden einige Minima gemessen, die z.T. der Talfüllung des Sölktales entsprechen, aber auch künstliche Komponenten haben.

Isanomalien der Totalintensität (ΔT) (Beil. 2)

Das Isanomalienbild wird von einer ausgedehnten, komplexen Struktur (Störampplitude bis über 1000nT) beherrscht, die am N-Rand des Meßgebiets liegt. Sie gehört zu jener Anomaliengruppe, die in der aeromagnetischen Basisvermessung von Radstadt bis in die Bernstein / Rechnitzer Fenster verfolgbar ist (vgl. Kap. 2.2.). SE dieser Struktur liegen begrenzte, isolierte Anomalien (Amplituden 5 bzw. 20nT) im Grenzbereich Kristallin / Grauwackenzone.

Gammastrahlenspektrometrie

(ausführliche Kartendarstellungen von Gesamtstrahlung, Kalium, Uran und Thorium - in cps, vgl. Kap. 3.6.2. - bei: SEIBERL & HEINZ (1987c), HEINZ & SEIBERL (1990a)).

Die maximalen Kaliumzählraten (150-200cps) liegen über Wölzer Glimmerschiefern mit Kalkmarmoreinschaltungen. Die Herkunft der Strahlung läßt sich am ehesten von der seichten Überdeckung mit glazigenem Material ableiten. Zu beachten ist, daß hier außerdem nur im Thorium-Kanal, nicht aber im Uran-Kanal signifikante relative Maxima beobachtet wurden: erfahrungsgemäß hat Moränenmaterial in allen Kanälen Maxima. Der Rest des Meßgebietes ist durch Zählraten knapp über dem Backgroundwert charakterisiert, der für die Verhältnisse im Ostalpinen Kristallin hier recht hoch liegt (um 75cps).

Im Urankanale wurden erhöhte Werte (50-60cps) vor allem im zentralen Teil des Meßgebietes erfaßt. Südlich von Pruggen verläuft ein N-S-gerichteter Streifen mit erhöhten Zählraten im Uran- und Thoriumkanal (über 90cps).

3.7.2. Das Meßgebiet Öblarn

Das Gebiet umfaßt einen Ausschnitt aus dem N-Teil der Schladminger und Wölzer Tauern und Gesteine der Nördlichen Grauwackenzone südlich des Ennstales zwischen Stein an der Enns im W und dem Gebiet von Altdorf / Niederöblarn im E. Die W-Grenze verläuft etwas westlich des Sölktales, die S- und E-Grenze werden durch die Linien Sölktales - Donnersbachwald bzw. Donnersbachwald-Altdorf gebildet. Den Abschluß im N bzw. NW stellt das Ennstal (bzw. dessen S-Hänge) dar.

Die kristallinen Gesteine des Meßgebietes gehören dem Muralpin-("Muriden")Komplex an, und zwar dessen tektonisch hangendstem Teil, dem Glimmerschiefer / Marmorokomplex. Die Glimmerschiefer ("Wölzer Glimmerschiefer") sind monotone Folgen, die im betrachteten Kristallinabschnitt durch eher phyllitischen Habitus gekennzeichnet sind. Sie bilden im allgemeinen die Basis der Sölk-Gumpeneck-Marmore. Es sind dies rosafarbene, z.T. glimmerführende Kalkmarmore (teilweise auch hornsteinführende Kalkmarmore) unsicherer Altersstellung. Die Altersangaben reichen von (Permo)Mesozoikum (z.B. SKALA, 1964; SCHÖNLAUB, 1980) bis Paläozoikum (Devon) (FLÜGEL & NEUBAUER, 1984). SKALA betrachtet die Gumpeneck- bzw. Sölker Marmore nicht als einem Marmorzug angehörig, sondern stellt letztere in das tektonisch Liegende der Gumpeneckmarmore. Daraus resultiert für beide tektonischer Kontakt zu ihren Hüllgesteinen, der wiederum als indirekter Beweis für ein mesozoisches Alter dienen würde. Eintönige Phyllitserien, "Ennstaler Phyllite" genannt, überlagern das Ostalpine Altkristallin entlang einer recht problematischen Grenze; zusammen mit ihren vulkanogenen Einlagerungen bilden sie das Hauptgestein der Nördlichen Grauwackenzone.

Widerstandskartierung

(ausführliche Kartendarstellungen von scheinbarem Widerstand, 900 und 3600Hz, und scheinbarer Tiefe der Leiter, 900 und 3600Hz, in SEIBERL & HEINZ, 1987a und HEINZ & SEIBERL, 1990a).

Es zeigen sowohl die Widerstandswerte bei 3600Hz als auch jene bei 900Hz eine Häufung von Minima im nordöstlichen Gebietsabschnitt, allesamt in der Nördlichen Grauwackenzone gelegen. Hier waren auch ausgedehnte magnetische Anomalien meßbar (s. unten). Alle Minima mit Tiefen der Leiter um 5 bis 100(!)m sind am ehesten mit den hier recht weitverbreiteten graphitischen Phylliten (UNGER, 1968; PRIEWALDER et al., 1976) zu korrelieren. Bei der Anomalie nahe dem Kupferkiesvorkommen Walchen wäre die Möglichkeit zu überprüfen, ob sie mit dieser Sulfidvererzung im Zusammenhang steht; die relativ geringe scheinbare Tiefenlage des Leiters würde eine Erkundungsbohrung nicht allzu aufwendig erscheinen lassen. Ähnliches gilt unter Umständen auch für die benachbarte Anomalie, obwohl sie über ziemlich mächtigen, jungen Decksedimenten liegt, zeigt die scheinbare Tiefe des Leiters, daß es sich wohl um Ursachen innerhalb der Ennstaler Phyllite handelt. Die Vererzung ist nach UNGER (1968) auf eine grenznahe Zone zwischen diaphthoritischem Kristallin und Ennstaler Phylliten beschränkt ("mürbe Serizitschiefer").

Die Anomalie im Bereich des "Schwarzen Sturzes", der eine bis zu 25m mächtige NE-SW-streichende Mylonitzone darstellt (UNGER l.c.), hat eine Tiefe des Leiters von 25-30m; diese Störungszone durchschneidet die bisher etwa E-W-streichenden vererzten Komplexe des Vorkommens Walchen in der angegebenen Richtung.

Innerhalb des Kristallins (Wölzer Glimmerschiefer i.a.) ist eine E-W-verlaufende Zone relativer Minima zu beobachten, die den meist geringmächtigen Amphibolitbänken in den "Wölzer Glimmerschiefern" folgt. Der Glimmerschieferkomplex ist generell arm an Vererzungen, weiter im E und SE werden kleinere Vorkommen von sulfidischen Erzen usw. beschrieben (BECKER, 1981), die durchwegs auch an Amphibolite gebunden sind.

Isanomalien der Totalintensität

(Kartendarstellung in: SEIBERL & HEINZ, 1987a und HEINZ & SEIBERL, 1990a).

Der nördliche Teil des Bundeslandes Steiermark zeigt hinsichtlich der magnetischen Strukturen eine deutliche Zweiteilung in zwei E-W-verlaufende Zonen, deren nördlichere der Einwirkung der "Berchtesgadener Anomalie" und benachbarten Tiefenstrukturen zuzuordnen ist. Unmittelbar südlich davon und parallel dazu befindet sich eine Gruppierung magnetischer Strukturen, die etwa den Grenzbereich Kristallin / Grauwackenzone markieren. Die Großstruktur, die von Öblarn bis zum östlichen Gebietsrand den nordöstlichen Teil des Meßgebietes dominiert, bildet den westlichen Teil einer Anomalie, die mit dem Ultrabazitkomplex des Hochgraben und eventuell weiterer, in der Tiefe liegender Ultrabazitkörper in Verbindung gebracht werden kann (siehe auch Kapitel 2.2.). Daraus folgt, daß die Widerstandsminima und die Störungen des magnetischen Feldverlaufes hier verschiedene Ursachen haben.

Südlich dieser Struktur reicht von W her (aus dem Meßgebiet Pruggern, s.o.) ein weiterer Anomalienzug in das zentrale Meßgebiet Öblarn. Dieser Zug bildet die Fortsetzung einer Anomaliengruppe, die von Radstadt bis in das Meßgebiet verfolgbare ist und hauptsächlich durch tieferliegende Störkörper, die weder der Grauwackenzone noch dem Ostalpinen Kristallin zuzurechnen sind, verursacht werden. Eine Diskussion der Problematik dieser Störkörper und Modellrechnungen finden sich in HEINZ et al. (1987a). Bei der in der zitierten Arbeit vorgenommenen Analyse ausgewählter Anomalien aus dem Bundesland Steiermark ergaben sich deutliche Unterschiede von Störkörpern im erwähnten Grenzgebiet und sogenannten "Intrakristallinen" Strukturen (z.B. von Typ Kraubath). Bezüglich ihrer Position gehört die beschriebene Anomaliengruppe also zum ersten Typ. Eine geringfügige Überlagerung - abgesehen vom Regionaltrend - durch Einflüsse oberflächennaher Gesteine mag hier eine Rolle spielen (im Falle der Umgebung der Bergbaue in der Walchen ist dies sicher, vgl. E-Ende der Struktur).

Die übrigen Anomalien sind vom zweiten Typ. Zwischen den Großstrukturen liegen einige kleinere positive Anomalien (über 0 bis über 100nT), die auf relativ leicht liegende Einflüsse (?Amphibolite) zurückzuführen sind. Bemerkenswert erscheint hier nur die markanteste dieser Anomalien ESE von Öblarn, die sich teilweise mit einem in etwa 100m Tiefe liegenden guten Leiter deckt.

Ähnliches gilt für die langgestreckten Anomalienzüge am S-Rand des Meßgebietes.

Gammastrahlenspektrometrie

Beil. 3 (Thoriumstrahlung). Übrige Kartendarstellungen (Gesamtstrahlung, Kalium- und Uranstrahlung in: SEIBERL & HEINZ [1987a], HEINZ & SEIBERL [1990a]). Zur Darstellungsart (cps) siehe Kapitel 3.6.2.

Hier zeichnet sich der südliche Randstreifen des überflogenen Gebietes durch deutlich höhere Zählraten aus. Werte um 50 bis 60cps findet man in der Umgebung der Gumpeneckmarmore wieder. Die vulkanisch beeinflussten bzw. vulkanogenen Gesteine des südlichsten Teiles der Nördlichen Grauwackenzone zeigen etwa gleich hohe Werte. Im südlichen Teil des Sölktales (SW-Sektor des Maßgebiets) sind über den jungen Talfüllungssedimenten recht hohe Thoriumzählraten zu bemerken (Kalium- und Uran-Werte sind hier im Backgroundbereich!); wie im Uran-Kanal treten auch hier die karbonatreichen Zonen durch verhältnismäßig hohe Strahlung hervor.

Die maximalen Kalium-Zählraten (150 bis über 200cps) sind vor allem im S, speziell im SE des Maßgebiets zu finden. Sie begleiten die mit Amphibolitlagen reich versehenen Glimmerschiefer der Niederen Tauern. Etwas geringere Werte (100 bis 120cps) charakterisieren die etwas weiter nördlich gelegenen Marmorkomplexe. Die Ennstaler Phyllite werden durch Zählraten, die im Backgroundniveau liegen, charakterisiert. Nur an den Rändern zu den vulkanogenen bzw. vulkanoklastischen Einlagerungen und in diesen selbst ist die Strahlung im K-Kanal etwas höher (bis 120cps).

Auffällig ist, daß die jungen Decksedimente und auch die mächtigeren Moränenreste (z.B. nördlich des Dornkarstspitzes, etwa im geographischen Zentrum des Maßgebiets), sowie die Talfüllung des Sölktales keine höheren Zählraten verursachen.

Auch im Uran-(narrow-)Kanal (1,67-1,87MeV) liegen die Maxima im S-Teil des Maßgebietes über den Glimmerschiefern mit Amphibolitlagen. Leicht erhöhte Zählraten haben auch die Marmorzüge rund um das Gumpeneck.

3.7.3. Das Maßgebiet Aigen

Als östliche Fortsetzung des Gebietes Öblarn umfaßt das beflogene Gebiet Aigen im wesentlichen den nordwestlichen Teil der Blattskizzenkarte 1:50.000, 129 Donnersbach. Im N-Teil dominieren die Ennstaler Phyllite, den südlichen Teil bauen vor allem die Wölzer Glimmerschiefer auf. Die Glimmerschiefer als Hauptgestein der "Muriden" sind bezüglich ihrer Metamorphose in einen südlichen, höhermetamorphen und einen nördlichen, schwächermetamorphen Komplex gliederbar. Im Maßgebiet, dessen S-Grenze etwa durch den Breitengrad von Donnersbachwald gebildet wird, ist lediglich die letztere Glimmerschieferart vertreten, die als "Plannertypus" bezeichnet wird (METZ, 1967, 1980). Es sind feinkristalline Glimmerschiefer mit phyllitischem Erscheinungsbild, die neben hornblendereichen, grünen Schieferlagen auch Hornblendegarbenschiefer und Karbonatlagen enthalten. Die Begrenzung dieser Glimmerschiefer zu den nördlich gelegenen Ennstaler Phylliten ist schwer erfassbar; die Überlagerung ist nach METZ, l.c., eine tektonische, die durch Metamorphoseereignisse stark verwischt ist; überdies seien beide Gesteinstypen durch rückwärtstretende Metamorphose Konvergenzerscheinungen unterworfen worden.

Dieser Grenzbereich zeigt vorwiegend S-Fallen; charakteristisch sind hier auch die tektonischen Einschaltungen von Kalk- bzw. Dolomitarmoren vom Typ Sölk-Gumpeneck. Im E-Teil des Maßgebiets, wo beide Gesteinsserien (Glimmerschiefer und Phyllite) an die Masse des Sockauer Kristallins grenzen, treten vermehrt eingeschuppte Karbonate (ebenfalls Kalk- und Dolomitarmore) auf. Gekennzeichnet sind diese "Möllbegg-Schuppen" durch Quarzsand- und Hornsteinknollenführung. Aus facziellen Gründen werden sie häufig als "zentralalpines Mesozoikum" angesehen.

Die erwähnte Grenzzone Wölzer Glimmerschiefer / Ennstaler Phyllitzone ist außerdem auch durch kohlenstoffreiche Einschaltungen gekennzeichnet; die Zuordnung dieser Einlagerungen zu der einen oder anderen Einheit erscheint aus den oben angeführten Gründen nicht möglich.

Widerstandskartierung

Beil. 4 (Isolinienplan, scheinbarer Widerstand; Frequenz 3600Hz). Restliche Kartendarstellungen (900Hz - scheinbarer Widerstand und scheinbare Tiefen bei 900 und 3600Hz) in: SEIBERL & HEINZ (1987b), HEINZ & SEIBERL (1990a).

Aus dem westlichen Anschlußmaßgebiet Öblarn setzt sich die mit W2 bezeichnete Zone guter Leitfähigkeit (s. Beil. 4) in den NW-Teil des Gebietes Aigen fort. Die relativen Minima im Bereich um

die Ortschaft Donnersbach sind wohl zum Großteil als weitere Fortsetzung dieser anzusehen; eine durchgehende Verbindung ist aufgrund der Lücke über dem ausgesparten Ortsgebiet nicht zu erfassen. Durchwegs ist der hier betrachtete Bereich vor allem mit kohlenstoffreichen Gesteinszügen (Graphitphylliten etc.) durchzogen. Ein Anteil allerdings ist sicher durch künstliche Ursachen erklärbar (z.B. Schleppflite östlich von Donnersbach).

Ein sehr ausgeprägtes und auch ziemlich ausgedehntes Minimum befindet sich am NE-Ende des Gebietes (unter 25 bis unter 50 nT). In einem ziemlich stark verschuppten und tektonisierten Schichtstapel grenzen hier Ennstaler Phyllite und Gesteine der Grauwackenzone aneinander. Ähnlich den Verhältnissen im Grenzbereich Glimmerschiefer / Ennstaler Phyllite ist auch in diesem Fall eine Grenzziehung nicht eindeutig möglich. Die Minima sind auf stark tektonisierte Zonen, die hier stark verbreiteten kohlenstoffreichen Phyllite, und z.T. wohl auch auf die Grünschieferschuppen im Verband mit den Ennstaler Phylliten oder Gesteinen der Grauwackenzone beschränkt.

Bemerkenswert ist, daß knapp südlich der beschriebenen Schuppenzone aus dem Gebiet des Vorberges (Nordöstlich von Donnersbach) nach METZ (1980) Kiesvorkommen bekannt sind, die an schwarze, kohlenstoffführende Phyllite gebunden sind und z.T. auch als goldführend beschrieben wurden.

ENE von Donnersbach wurden, vorwiegend über ausgedehnten glazigenen Sedimenten und Hangschuttmassen, Widerstände um 25 nT gemessen. Von besonderer Relevanz dürften diese Anomalien jedoch nicht sein, die quartären Sedimente sind hier relativ mächtig; sie erreichen etwa 30m Dicke. Größere Bedeutung sollte den relativen Minima im Bereich der (eindeutigen) Wölzer Glimmerschiefermassen zugemessen werden. In unmittelbarer Nähe des Meßgebietes (vor allem im SE desselben) sind vorzugsweise an Mylonitzonen, die mit der Bruchtektonik in Zusammenhang stehen, Erzkvorkommen gebunden, deren bekannteste wohl jene vom Pusterwald sind (vgl. THURNER, 1955 u.a.); einige der Minima folgen Bruchverläufen und verdienen daher nähere Untersuchungen.

Isanomalien der Totalintensität (ΔT)

Kartendarstellung siehe SEIBERL & HEINZ (1987b); HEINZ & SEIBERL (1990a).

Das magnetische Muster wird von einer großen Fläche anomalen Feldverlaufes bestimmt, die sich vom NE-Abschnitt des Meßgebietes Öblarn (SEIBERL & HEINZ, 1987b) in das gegenständliche Meßgebiet fortsetzt und dessen nördlichen und zentralen Teil einnimmt (s. auch Kap. 2.2.). Zum Großteil macht sich hier der westliche Teil der ausgedehnten Anomalie des Hochgroßen-Ultramafitkomplexes bemerkbar. Überlagert werden die Großstrukturen jedoch sichtlich von Anomalien wesentlich geringerer Amplitude (kleine Störkörper in geringer Tiefe bzw. oberflächlich aufgeschlossen). Dafür kommen am ehesten die Grünschieferzüge in den Ennstaler Phylliten in Frage. Auch die W-E-verlaufende Anomalienkette im Kristallin setzt sich von W her in das Meßgebiet fort. Diese Anomalien sind auf die intrakristallinen Grünschieferkomplexe relativ geringen Tiefganges zurückzuführen.

Gammastrahlenspektrometrie

ausführliche Kartendarstellung von Gesamtstrahlung, Kalium, Uran und Thorium - in cps, vgl. Kap. 3.6.2. - bei SEIBERL & HEINZ (1987b); HEINZ & SEIBERL (1990a).

Die Maximalwerte der K-Strahlung wurden, wie in den beiden anderen Kanälen auch, über den Gebieten mit mächtigerem glazigenen Material gemessen. Die höchsten Werte wurden südwestlich von Donnersbach erfaßt (über 200 cps). In diesem Bereich ist jedoch auch eine etwas erhöhte Strahlung aus den Ennstaler Phyllitserien zu beziehen. Die übrigen leicht erhöhten Zählraten stammen ausschließlich aus den pleistozänen Sedimenten.

Die Thoriumstrahlung erreicht ihre höchsten Werte im südlichen Grenzstreifen des beflügten Gebietes (über 70 cps). Nur sie scheint nicht fast ausschließlich an die glazigenen Ablagerungen gebunden zu sein. Aus dem Meßgebiet Pruggern und (z.T. auch) Öblarn ist ein W-E-verlaufender Streifen erhöhter Strahlung in dieser Position bereits bekannt.

3.7.4. Das Meßgebiet Birkfeld

Das Meßgebiet umfaßt die zentralen Teile der Kartenblätter 1:50.000, 134 Passail (W) und 135 Birkfeld (E).

Die hubschraubergeophysikalischen Messungen geben die oberflächennahe geologische Situation teilweise gut wieder. Besonders auffällig ist die Zone der Schwarzschiefer, die sich durch geringe elektrische Widerstände auszeichnet. Die Arsenkieslagerstätte "Straßegg" spiegelt sich möglicherweise in den scheinbaren Tiefen strukturell wider. Eine sehr interessante geomagnetische Anomalie, die mit einer Thoriumanomalie teilweise korreliert, konnte westlich der eben erwähnten Lagerstätte festgestellt werden.

Widerstandskartierung

Beil. 5 und 6 (scheinbare Tiefen für die Frequenzen 900 und 3600Hz aus: SEIBERL [1992a]).
Übrige Kartendarstellungen siehe ebendort.

Die auffälligste Anomaliengruppe niedriger Widerstände (bis $<10\Omega m$) ist im wesentlichen an die Schwarzschiefer gebunden. Sie kann fast durch das gesamte Meßgebiet von der Arsenkieslagerstätte "Straßegg" im N bogenförmig bis westlich von St. Kathrein verfolgt werden. Dabei dürften die Schwarzschiefer westlich von Straßegg wahrscheinlich mächtiger sein, als sie auf der geologischen Karte "Passail" (Geol. B.-A., 1991) zum Ausdruck kommen. Ähnliches gilt für die entsprechenden Schwarzschieferorkommen östlich von St. Kathrein.

Eine weitere Zone relativ niedriger Widerstände ($<600\Omega m$) streicht etwa 2km südlich von St. Erhard Richtung ESE. Sie ist anscheinend an die Zechenspitzenformation bzw. an die dolomitischen Anteile der Tynauer Almformation (Geol. B.-A., 1991) gebunden.

Die Gesteinsserien (Sandsteine, Kalk) des Oßers, des Schrotten- bzw. des Buchkogels (NW von St. Kathrein) zeichnen sich durch hohe elektrische Widerstände aus.

Die Widerstandsminima ($<600\Omega m$) im östlichen Teil des Meßgebiets können teilweise der Ausdruck für das Auftreten von Grüngesteinen sein.

Die Arsenkieslagerstätte "Straßegg" im NW des Untersuchungsgebiets liegt im Übergangsbereich von niedermagnetischen (Schwarzschiefer) zu hochmagnetischen Gesteinen (Phyllite, Grüngesteine). Um nun diese Vererzung genauer zu untersuchen, wurden die aeroelektromagnetischen Daten neuerlich im Detail bearbeitet. Dabei wurden sämtliche Meßwerte (0,1s Abtastfolge) bei der Modellrechnung verwendet. Ein Vergleich der scheinbaren spezifischen Widerstände für 3600Hz und 900Hz zeigt, daß die Lagerstätte an einer Übergangszone von niedrigen zu höheren Widerständen liegt. Aufschlußreicher sind aber die Beil. 5 und 6, da die scheinbare Tiefe möglicherweise eine geologische Struktur andeutet, an die die erwähnte Lagerstätte gebunden sein könnte.

Isanomalien der Totalintensität (ΔT)

Kartendarstellung siehe SEIBERL (1992a).

5km östlich von St. Erhard zeigt sich eine breite magnetische Anomalie ($\Delta T_{max} = 180nT$) mit einer Streichlänge von mehr als 4km. Die Arsenkieslagerstätte "Straßegg" liegt an der E-Flanke dieser Anomalie. Bei einem direkten Vergleich mit dem scheinbaren spezifischen Widerstand zeigt sich, daß die niedrigen Widerstände mit der eben erwähnten magnetischen Anomalie gut korrelieren.

Ähnliches gilt für die magnetische Anomalie und das Widerstandsminimum östlich der Ortschaft St. Kathrein.

Sehr auffällig ist eine weitere magnetische Anomalie nördlich von St. Kathrein, die einerseits mehrere Kilometer entlang des Kontakts zwischen den Grüngesteinen und Phylliten und dem Hochschlagkalk (Dolomite) verfolgt werden kann. Andererseits zieht diese Anomalie, den Grüngesteinsserien parallel, Richtung St. Kathrein. Dabei zeigt sich, daß die Eisenerzlagerstätte Granitz (WEBER, 1990), an eine kleine magnetische Anomalie gebunden ist. Die Eisenvererzung des Plankogels kann im Anomalienmuster nicht unmittelbar festgestellt werden.

Gammastrahlenspektrometrie

ausführliche Kartendarstellungen siehe SEIBERL (1992a).

Strahlenschutz

Wie im Kap. 3.6.2. dieser Studie ausgeführt worden ist, ist es von Vorteil, aus den aeroradiometrischen Messungen die von natürlichen radioaktiven Quellen herrührende Dosisleistung ($\mu\text{R/h}$) abzuschätzen.

In Europa wurde die durchschnittliche Strahlenbelastung - ausgedrückt in der Einheit Dosisleistung -, deren Ursachen auf natürliche Quellen zurückgeführt werden können, mit 4-8 $\mu\text{R/h}$ festgelegt. Nur im NW des Meßgebiets (E und SE von St. Erhard) wird die mittlere Strahlenbelastung (geringfügig; maximal 10 $\mu\text{R/h}$) überschritten.

Cæsium-137-Verteilung

Das Meßgebiet Birkfeld wurde nur sehr gering durch den Reaktorunfall von Tschernobyl kontaminiert (Zählraten für den Zeitraum der Messungen im Frühjahr 1991: 40-110 cps).

Kaliumverteilung (^{40}K)

Die Verteilung des Kalium im Meßgebiet ist eher uneinheitlich. Bei der ersten Bewertung der Ergebnisse zeigt sich, daß sich der Hochschlagkalk (-marmor) und die diesem entsprechenden Dolomite durch erhöhte Kaliumgehalte auszeichnen.

Uranverteilung (^{238}U)

Die niedrigsten Gehalte (<1,5 ppm) an Uran treten im SW des Meßgebiets in den Gesteinsserien des Ossers, bzw. des Schrotten- und Buchkogels auf.

Höhere Urangehalte (bis 3,5 ppm) treten W und S von St. Erhard auf. Sie sind anscheinend an Schiefer, Sandsteine und Grauwacken der Laufnitzdorfer Gruppe (Geol. B.-A., 1991) gebunden.

Bemerkenswert ist eine schwache Urananomalie (4 ppm) ca. 1 km NW der Arsenkieslagerstätte "Straßegg". Sie liegt im zentralen Bereich der oben erwähnten magnetischen Anomalie.

Thoriumverteilung (^{232}Th)

Ähnlich wie bei der Uranverteilung zeigen die Gesteinsserien des Ossers bzw. des Schrotten- und Buchkogels geringe Thoriumgehalte (<6 ppm). Dies kann auch teilweise für die Passailer Phyllite und die sie begleitenden Grüngesteine festgestellt werden.

Hingegen zeichnen sich die schon weiter oben erwähnten Schiefer, Sandsteine und Grauwacken der Laufnitzdorfer Gruppe (Geol. B.-A., 1991) durch Thoriumgehalte bis 13 ppm aus. Auch der Hochschlagkalk(-marmor) kann über weite Strecken durch seinen erhöhten Thoriumgehalt (10-12 ppm) verfolgt werden.

Verhältnisse U/Th, U/K, Th/K

Erhöhte Urangehalte im Vergleich zum Thorium konnten im Bereich der Zächenspitze-Formation, sowie in den Osserkalken der Hochlantsch-Gruppe (Geol. B.-A., 1991) festgestellt werden. Auch zeigt der unmittelbare Raum um die Ortschaft Birkfeld erhöhte U/Th-Verhältnisse (>0,8).

Das U/K-Verhältnis weist erhöhte Werte bei Birkfeld und westlich davon auf. Weiters läßt sich der Komplex des Passailer Phyllits und der ihn begleitenden Grüngesteine sowie des Hundsberg-Quarzits westlich und nördlich von St. Kathrein gut im Isolinienbild verfolgen.

Die Gesteine der Hochlantsch-Gruppe (Geol. B.-A., 1991) grenzen sich gut gegenüber den sie berandenden Gesteinsserien im Th/K-Verhältnis ab (~2,6 gegenüber 3,6). Weiters lassen sich die Arzberg-schiefer und der Hochschlagkalk (NW und SE der Arsenkieslagerstätte "Straßegg") durch höhere Th/K-Verhältnisse (bis 5,0) verfolgen.

3.7.5. Das Meßgebiet Neuberg

Es liegt im Bereich der Hohen Veitsch zwischen Hochschwab (W) und Neuberg / Mürz (E). Im Meßgebiet konnten insgesamt vier Zielgebiete festgestellt werden, die durch weitere geowissenschaftliche Methoden untersucht werden sollten. Die vier angesprochenen Detailuntersuchungsgebiete zeichnen sich hauptsächlich durch Anomalien im elektrischen Widerstand und teilweise durch magnetische und radiometrische Anomalien aus.

Widerstandskartierung

Kartendarstellung: scheinbarer Widerstand für die Frequenzen 900 und 3600 Hz, scheinbare Tiefen für beide Frequenzen sind in SEIBERL (1992b) zu finden.

Die folgenden Aussagen und Auswertungshinweise können aus den aeroelektromagnetischen Meßergebnissen abgeleitet werden.

- Teilweise spiegeln sich die jungen Talfüllungen (z.B. Seebergsattel - Goltrad, Bereich Mürzsteg, SW-Bereich des Meßgebiets, etc.) in den Meßdaten wider, wobei auch anthropogene Quellen nicht ausgeschlossen werden können.
- Der Anomalienzug, der östlich des Rauschkogels beginnt und Richtung ENE streicht, dürfte einerseits auf Moränen- und Schutthaldenbedeckungen am S-Hang der Veitschalpe, andererseits auf Kalke (teilweise erzführend) und Serizitphyllite der Grauwackenzone zurückzuführen sein.
- Auch der Anomalienkomplex 4 km östlich von Goltrad dürfte in Zusammenhang mit paläozoischen Phylliten zu sehen sein.
- Nördlich der Ortschaft Veitsch zieht ein Anomalienzug Richtung ENE, der mit den Biotitschiefern der Röllkogelserie korrelieren könnte. Dieser Anomalienzug folgt einer nördlich vorgelagerten Gruppe von magnetischen Anomalien (s. unten).
- In den Werfener Schichten zeichnen sich keine besonderen Anomalien ab.

Eingehendere geowissenschaftliche Untersuchungen sollten im zentralen Bereich der Anomaliengruppe, die etwa 4 km E von Goltrad liegt, durchgeführt werden. Weiters könnte die Anomalie ca. 1 km SW der Hohen Veitsch von Interesse sein (sie korreliert teilweise mit einer magnetischen Anomalie - s. unten); auch die Anomalie im Bereich des Schrüffenkogels, nördlich von Turnau, sollte einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

Isanomalien der Totalintensität (ΔT)

Kartendarstellung in SEIBERL (1992b).

Die magnetische Signatur ist zum größten Teil durch breite Anomalien geprägt, die allgemeine Zunahme von ΔT in Richtung N ist auf die Einflüsse der überregionalen "Berchtesgadener Anomalie" (s. Kap. 2.2.) zurückzuführen.

Die auffälligste Anomalie liegt etwa 1,5 km NNE der Kote "Hoch Veitsch". Die Quelle dieser Anomalie dürfte in einer Tiefe von einigen hundert Metern unter GOK zu suchen sein. Zwei kleine Anomalien, die näher untersucht werden sollten, liegen ca. 1,5 km bzw. 5 km SW der Kote "Hoch Veitsch"; erstere befindet sich im Bereich der Werfener Schichten. Im SE des Meßgebietes Neuberg erkennt man NNE von Veitsch einen auffälligen Anomalienzug, der wahrscheinlich im Zusammenhang mit diversen Gesteinsserien des Unterostalpins (metamorphe Kalke und Dolomite) zu sehen ist.

Gammastrahlenspektrometrie

(Beil. 7, 8, 9; Darstellung der U/Th-, U/K- und Th/K-Verhältnisse). Übrige Kartendarstellungen siehe SEIBERL (1992b).

Strahlenschutz

Nur in den kalkalpinen Gesteinsserien wird der Normbereich von 4-8 $\mu R/h$ nicht überschritten. Die übrigen Gesteinskomplexe, vor allem jene der Grauwackenzone und die Werfener Schichten haben Dosisleistungswerte bis 14 $\mu R/h$.

Cesium-137-Verteilung

Die relative Aktivitätsverteilung des Cs-137 im Bereich des Beflingungsgebiets gibt die zur Beflingungszeit (August 1991) infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl weiterhin bestehende Strahlenbelastung wieder. Erwartungsgemäß sind, der Wetterlage zum Zeitpunkt des Reaktorunfalls entsprechend, die N-Flanken der höheren Geländeteile stärker betroffen worden. Ein Bereich von Zählraten mit Werten über 200kps zieht vom Turmtaler Kogel (N des Rauschkogels) bis zur Hohen Veitsch. Im NE des Meßgebietes ist auch die Lachalpe etwas stärker kontaminiert worden.

Kaliumverteilung (^{40}K)

Der markanteste Kontrast in der Verteilung des Kalium im Untersuchungsgebiet Neuberg ist jener zwischen den kalkigen (dolomitischen) Gesteinsserien einerseits und den Werfener Schichten bzw. den Prebichl-Schichten andererseits.

Liegt z.B. in den Wettersteinkalken der Hohen Veitsch der Gehalt des Kalium unter 1%, so steigt er in den südlich davon liegenden Prebichl-Schichten bis über 5% an. Die Gesteine der Grauwackenzone und des Unterostalpins weisen kein auffälliges Anomalienmuster auf.

Uranverteilung (^{238}U)

Ein ähnliches Anomalienmuster wie bei der Kaliumverteilung zeigt sich beim Uran. In den Kalken liegt der Gehalt unter 1ppm und steigt in den Prebichl-Schichten auf über 6ppm an. Eine kleine Urananomalie zeigt sich im Bereich der schon bei der Beschreibung der Widerstandskartierung (Kap. 2.2.) erwähnten Anomalie 4km E von Gollrad.

Thoriumverteilung (^{232}Th)

Für die Verteilung des Thorium gilt Ähnliches wie für Kalium und Uran. Die höchsten Thoriumgehalte (>14ppm) treten in den Werfener Schichten östlich von Gollrad auf; im Wettersteinkalk sinkt der Gehalt unter die Nachweisgrenze. Erwähnenswert ist auch der relativ geringe Thoriumgehalt (<4ppm) von Teilen der paläozoischen Kalken.

Verhältnisse U/Th, U/K, Th/K (Beil. 7, 8, 9)

In allen drei Verhältnissen können die kalkigen und dolomitischen Gesteine des Oberostalpins gut gegenüber den übrigen Gesteinsserien des Untersuchungsgebiets abgegrenzt werden.

Sowohl im U/Th- als auch im U/K-Verhältnis zeigen sich die grobklastischen Anteile der Prebichl-Schichten. Gut läßt sich auch der Kontakt zwischen den Serizitphylliten (Radschiefer) und dem Bläseneckporphyroid im Th/K-Verhältnis folgen.

3.7.6. Das Meßgebiet Bad Gleichenberg (Nach SEIBERL & LOBITZER, 1992)

Das Meßgebiet liegt zur Gänze im östlichen Teil des Oststeirischen Beckens, das seinerseits durch die Auersbachschwelle in zwei Teile getrennt wird, nämlich das Gnaser- und das Fehring-Fürstfelder Becken. Die sedimentäre Füllung des bis über 3000m abgesenkten Oststeirischen Beckens setzt über einem reich differenzierten Grundgebirgsrelief (Kristallin, Paläozoikum, untergeordnet Mesozoikum) mit limnischen Serien im Ottang ein. Im Karpat und Baden wird der Ablagerungsraum aus SE- bzw. S-Richtung von marinen Sedimenten transgrediert. Am Ende des Neogens tritt als Folge einer Regression eine weitgehende Vertrackung und schließlich Aussüßung ein. Im Ottang und Karpat wird die Sedimentation noch stark durch die synsedimentäre Bruch- und Strike-Slip-Tektonik geprägt, während sich im Baden der Übergang zu einer Verlungsamung der i.d.F. bruchlosen Absenkung im höheren Miozän erkennen läßt.

Eine Besonderheit des Oststeirischen Beckens, welche lediglich im großräumigen Kontext mit den neopaläozoischen geodynamischen Ereignissen im Gebiete Sloweniens und Westungarns verstanden werden kann, sind die mehrphasigen magmatogenen Ereignisse. Im Karpat / Unterboden wurden saure latitische Vulkanite gefördert und im Plio- / Pleistozän basaltische Gesteine sowie entsprechende Tuffe bzw. Tuffite abgelagert.

Diese komplexe geologische Geschichte des Oststeirischen Beckens findet zum einen in einer vielfältigen lithologischen Entwicklung, die sedimentäre und magmatische Gesteinsserien umfaßt,

seinen Ausdruck und spiegelt sich zum anderen in einem charakteristischen Spektrum von mineralischen Rohstoffen wider.

Kurze Erwähnung sollen noch dunkle graphitische Kieseliefer und kalkhaltige Tonschiefer des Paläozoikums im südlichen Abschnitt des Maßgebiets bei St. Anna am Aigen finden. Dieser Paläozoikumaustrich wird als Südburgenländische Schwelle bezeichnet, welche das Oststeirische Becken vom Westpannonischen Becken trennt, dessen Hauptabsenkung erst im Pliozän begann. Lithologisch dominieren im Maßgebiet verschiedene klastische Gesteine wie Sande, Kiese und Tone von fluvialer, limnisch oder mariner Herkunft, sowie auch deren pyroklastische Pendant, die lokal auch von erheblicher rohstoffwirtschaftlicher Bedeutung sein können: Bausande, Form- und Kernsande, Baukiese, Ziegel- bzw. grobkeramische Tone / Lehme, Blähton. Ferner finden sich Tone, die als Zementzuschlag geeignet sein dürften, während organisch reiche Tone ("Alginit" im ungarischen Sinne) lediglich indiziert sind. Im Gleichenberger Massiv wurde ferner bis 1968 bei Gossendorf Bentonit abgebaut, während dem Kaolinit in der Klausen bei Gleichenberg keinerlei wirtschaftliche Relevanz zukommt. Genetisch mit dem Bentonit von Gossendorf verknüpft ist das bekannte Vorkommen von "Österreichischem Trass", welcher bei der Erzeugung von puzzolanischen Leichtbaustoffen Verwendung findet.

Wirtschaftlich interessante Vorkommen von Festgesteinen sind im Maßgebiet auf die miozänen und pleistozänen Vulkanite beschränkt. Der Trachyt bzw. Trachyandesit des Gleichenberger Massivs findet nur als minderwertiges Schüttgut im Straßenbau Verwendung, während die jüngeren basaltischen Lavaergüsse etwa am Stradnerkogel und am Steinberg bei Feldbach sowohl hochwertigen Splitt für den Bahn- und Straßenbau liefern könnten, sowie als Brechsand und vermutlich auch als Gasfiltermedium geeignet sein dürften. Positiv erwiesen sich auch Tests an den Basalten hinsichtlich Mineralwolle- und Schmelzbasalt-Herstellung. Die früher als Baustein verwendeten Basalttuffe bzw. Tuffite werden zur Zeit praktisch nicht genutzt, können jedoch u.U. aufgemahlen als "Steinmehl" zur Bodenverbesserung in der Land- und Forstwirtschaft geeignet sein.

Der Vollständigkeit halber sollen noch wirtschaftlich irrelevante Lignitflöze sowie lediglich mineralologisch interessante Vorkommen von diversen Zeolithen Erwähnung finden.

Widerstandskartierung

(Kartendarstellungen: SEIBERL & LOBITZER, 1992)

Die im Folgenden präsentierten Ergebnisse stützen sich im wesentlichen auf die 3600Hz-Daten. Die auffälligsten Anomalien mit höheren Widerständen korrelieren mit jungtertiären, vulkanischen Gesteinen. Im speziellen konnten für die Trachyte und Andesite nördlich von Bad Gleichenberg, sowie für die Basalte (3km W von St. Anna und 3km SE von Feldbach) elektrische Widerstände bis über 300Ωm festgestellt werden. Auch die Basalttuffe zeigen teilweise höhere elektrische Widerstände. Bemerkenswert ist, daß durch die aeromagnetischen Messungen die Basalttuffe i.a. besser abgegrenzt werden können als durch die magnetischen Messungen.

Im restlichen Maßgebiet sind die elektrischen Widerstände relativ niedrig, wobei die Werte zwischen etwa 10Ωm und 150Ωm schwanken können. Dies ist ein Hinweis darauf, daß der feinklastische Anteil in den tertiären Sedimentfolgen des Untersuchungsgebiets relativ hoch sein muß.

Die größten zusammenhängenden Bereiche mit Widerständen kleiner als 30Ωm - sie sind gerade für die Suche nach Tonvorkommen von Interesse - liegen SW, S und SE der Ortschaft Gnas. Erwähnenswert ist auch eine Zone geringer Widerstände, die von der NE-Ecke des Maßgebiets in den Raum nördlich von St. Anna streicht. Möglicherweise handelt es sich dabei um eine Störungszone (der Verlauf des Limbacher - Lexiva - dürfte an sie gebunden sein).

Anomalien der Totalintensität

(Kartendarstellung s. SEIBERL & LOBITZER, 1992).

Das Anomalienmuster der ΔT -Werte im Untersuchungsgebiet zeigt ein komplexes Bild, speziell im Bereich der jungtertiären, vulkanischen Gesteinsserie.

Bemerkenswert ist, daß die Basalte ein unterschiedliches magnetisches Verhalten zeigen. Während der in der geologischen Karte "Gleichenberg" (Geol. B.-A., 1926) ausgeschiedene Nephelinbasanit - 3km SE von Feldbach - durch eine deutliche Anomalie gekennzeichnet ist, ist das viel größere Vorkommen der Nephelinbasalte (3km W von St. Anna - Stradnerkogel) nur andeutungsweise im Anomalienmuster zu erkennen.

Besonders auffällig ist die Verteilung der magnetischen Anomalien nördlich von Bad Gleichenberg. Während sich die Andesite als kaum magnetisch erwiesen, zeigen die Trachyte ein ausgeprägtes

Anomalienmuster. Diese Gesteine dürften sich - den magnetischen Ergebnissen entsprechend - etwa um 1km weiter Richtung NW in der Tiefe erstrecken, als sie derzeit auf der geologischen Karte auskartiert werden konnten.

Die jungpontischen Basaltuffe zeigen teilweise kleinräumige, engbegrenzte Anomalien (z.B. Burgfeld - 3km SSW von Fehring; Raum Kapfenstein - 5km E von Bad Gleichenberg).

Die oben genannten Anomalien überlagern eine regionale Anomalie, die sich aus dem südlichen Raum von Bad Gleichenberg U-förmig bis S von Feldbach erstreckt.

Gammastrahlenspektrometrie

Beil. 10 (Dosisleistung); übrige Kartendarstellungen siehe SEIBERL & LOBITZER (1992).

Strahlenschutz

Wie schon mehrmals ausgeführt worden ist, ist es von Vorteil, aus den aeroradiometrischen Messungen die von natürlichen radioaktiven Quellen herrührende effektive Äquivalentdosisleistung ($\mu\text{Sv/h}$) abzuschätzen.

In Europa wurde die durchschnittliche Strahlenbelastung - ausgedrückt in der Einheit Äquivalentdosisleistung -, deren Ursachen auf natürliche Quellen zurückgeführt werden können, mit 40-80 $\mu\text{Sv/h}$ festgelegt. Betrachtet man die Beil. 10, so erkennt man, daß im gesamten Meßgebiet kaum Werte unter 60 $\mu\text{Sv/h}$ auftreten. Diese können meist mit den pontischen Basaltuffen korreliert werden. Hingegen zeigen sowohl die miozänen Trachyte und Andesite als auch die pontischen Basalte eine erhöhte Äquivalentdosisleistung. So z.B. treten nördlich von Bad Gleichenberg (Gleichenberger Kogeln) Werte von etwa 140 $\mu\text{Sv/h}$ auf. Auch der Bereich des Stradner Kogels - ca. 3km WNW der Ortschaft St. Anna - zeichnet sich mit Werten um 120 $\mu\text{Sv/h}$ aus.

Caesium-137-Verteilung

Das Meßgebiet Bad Gleichenberg in den angegebenen Grenzen ist durch das Tschernobyl-Ereignis nur sehr gering kontaminiert worden (Zählraten für den Meßzeitraum im Frühjahr 1992: 15-45cps).

Kaliumverteilung (^{40}K)

Niedrige Gehalte an Kalium weisen die schon erwähnten pontischen Basalte (1,5-2%) und Basaltuffe (ca. 2%) auf. Die höchsten Kaliumgehalte (bis 4%) treten nördlich von Bad Gleichenberg (Gleichenberger Kogeln) auf.

Uranverteilung (^{238}U)

Die Werte des Urangehalts schwanken im Meßgebiet zwischen 2ppm und - 6ppm. Wiederrum zeigen die Basaltuffe den geringsten Urangehalt. Hingegen treten einmal mehr in den Trachyten und Andesiten bei Bad Gleichenberg sowie WNW von St. Anna in den pontischen Basalten die größten Werte von - 6ppm auf, wobei sich der westliche Teil der Basalte bei St. Anna (Stradner Kogel) durch geringere Gehalte um 4ppm auszeichnet.

Thoriumverteilung (^{232}Th)

Generell schwanken im Untersuchungsgebiet die Thoriumwerte zwischen 9 und 11ppm, wobei diese hauptsächlich den karpatischen Sedimentfolgen zugeordnet werden können. Sehr geringe Gehalte (ca. 8ppm) weisen die pontischen Basaltuffe auf. In den Trachyten und Andesiten bei Bad Gleichenberg sowie in den pontischen Basalten (W von St. Anna) wurden Thoriumgehalte bis 17ppm gemessen.

Weiters zeichnen sich die Sedimente einiger Flusstäler (z.B. Poppendorfer Bach, Sulzbach, Limbach) durch höhere Gehalte an Thorium aus, was auf den Transport von Verwitterungsprodukten aus dem Raum nördlich von Bad Gleichenberg - hier treten die Andesite und Trachyte mit höheren Thoriumgehalten auf - zurückzuführen ist.

Verhältnisse U/Th, U/K, Th/K

Während das U/Th-Verhältnis keine auffälligen Anomalien im Untersuchungsgebiet hat, zeigen sowohl das U/K- als auch das Th/K-Verhältnis Anomalien. Die pontischen Basalte (3km W von St. Anna - Stradner Kogel; 3km SE von Feldbach) und die Trachyte und Andesite nördlich von Bad

Gleichenberg sind sowohl durch höhere U/K- als auch Th/K-Verhältnisse indiziert. Nur kleine Anomalien zeichnen die pontischen Basalttuffe aus.

Teilweise zeigen auch die jüngsten Schotterbedeckungen (südlich von Bad Gleichenberg bzw. Feldring) erhöhte Werte der U/K und besonders der Th/K-Verhältnisse.

3.7.6.1. Diskussion der Ergebnisse der Messungen im Gebiet Bad Gleichenberg mit besonderem Bezug zum Rohstoffpotential (SEIBERL & LOBITZER, 1992); Beil. 11.

a) Hoffungsgebiete für größere Tonvorkommen

Um nun eine Abschätzung der Höflichkeit des Untersuchungsgebietes auf das Vorhandensein größerer Tonvorkommen durchführen zu können, sind in der Beil. 11 nur jene Gebiete zur Darstellung gebracht worden, in denen die elektrischen Widerstände $\leq 10 \Omega m$ und die scheinbaren Tiefen $\geq 15 m$ sind. Widerstände von $10 \Omega m$ sind typisch für Tone. Da für einen eventuellen Abbau eine entsprechende Kubatur benötigt wird, wurden als untere Begrenzung der Mächtigkeit $15 m$ festgelegt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich bei diesen Tiefenangaben um "scheinbare Tiefen" handelt, die über ein bestimmtes Auswertemodell ermittelt worden sind. Das heißt aber, daß die bei weiteren Prospektionsstätigkeiten festgestellten Tiefen nicht mit den hier angegebenen Tiefen übereinstimmen müssen.

Betrachtet man nun die Beil. 11, so können 3 Anomaliegruppen unterschieden werden:

Raum Gnas:	Anomalien A1 bis A6
	Anomalien B1 und B2
Raum Gleichenberg:	Anomalien C1 bis C3
Bereich Limbachstörung:	Anomalien D, E, F

Die Anomalien A1, A4 und A5 stellen die höflichsten Bereiche im Untersuchungsgebiet dar, wobei sie in Summe eine Prospektionsfläche von mindestens $1,5 km^2$ überdecken. Bei Hinzuziehen des Bereiches B (Anomalien B1 und B2) würde sich die Prospektionsfläche entsprechend vergrößern.

Im Bereich westlich von Bad Gleichenberg - er umfaßt die Anomalien C1, C2 und C3 - können nur kleinere Höflichkeitsflächen erwartet werden. Des weiteren könnte die Anomalie C1 möglicherweise auf anthropogene Ursachen (Siedlungsgebiet) zurückgeführt werden.

Die Höflichkeitsflächen entlang der Limbachstörung (Anomalien D, E und F) entsprechen jenen des Bereiches Bad Gleichenberg (s.o.). Bei etwaigen geplanten weiteren Prospektionsstätigkeiten sollte zuerst die Anomalie F2 untersucht werden. Tonvorkommen sind hier indiziert, da in ihrer unmittelbaren Nähe, $250 m$ NW dieser Anomalie, ein kleines Lignitvorkommen geologisch erfaßt worden ist.

b) Seltene Erden

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß sowohl die Trachyte und Andesite (nördlich von Bad Gleichenberg) als auch die Basalte ($3 km$ SE von Feldbach und $3 km$ W von St. Anna) erhöhte Thorium- und Urankonzentrationen aufweisen. Es besteht daher die Möglichkeit, daß auch Seltene Erden in den genannten Gesteinen angereichert sein könnten.

c) Basalttuffe

Da durch die gegenständlichen Untersuchungen - im speziellen durch die magnetischen und elektromagnetischen Messungen - die Basalttuffe besser abgegrenzt werden konnten, sollte deren Nutzung neu überdacht werden.

3.7.7. Das Meßgebiet Pöllauer Bucht

3.7.7.1. Geologie des Meßgebietes

(G. ANTES in: SEIBERL, 1992c)

Prinzipiell sind im untersuchten Gebiet folgende geologisch unterschiedlich ausgebildete Komplexe zu unterscheiden:

1. Kristalline Gesteine des Grundgebirges, die dem Unterostalpin angehören und den Rahmen der Pöllauer Bucht aufbauen.
2. Klastische Sedimente, die die neogene Beckenfüllung, sowie quartäre Terrassen und Talfüllungen bilden.

Die Grenzen der beiden dominierenden Gebirgsmassive des Rabenwaldes (1281m) und des Masenbergstockes (1272m) gegen die jungtertiäre Bucht von Pöllau sind von junger Bruchtektonik vorgezeichnet und verlaufen mehr oder weniger NW-SE (NEBERT, 1984). Die Pöllauer Bucht ist somit auf drei Seiten rahmenartig von kristallinen Gesteinen des Grundgebirges umgeben, nur Richtung SE öffnet sie sich ins Oststeirische Tertiärbecken. Eine Abgrenzung des Jungtertiärs vom Kristallin wurde von NEBERT 1984 mittels einer Lesesteinkartierung durchgeführt. Die Nähe der Talklagerstätte Rabenwald und Kohlevorkommen in den neogenen Sedimenten der Pöllauer Bucht sind der Grund dafür, daß für das Gebiet kleinmaßstäbliche geologische Karten und die Ergebnisse geophysikalischer Detailuntersuchungen vorliegen. Geologische Karten wurden von NEBERT 1952 im Maßstab 1:25.000 und 1:10.000 (NEBERT, 1984) vom Tertiäranteil, von WIESENEDER (in: KIESL, WIESENEDER & KLUGER, 1983) vom Kartenblatt 135 Birkfeld der ÖK 1:50.000 und von FLÜGEL & NEUBAUER 1984 im Maßstab 1:200.000 publiziert. Eine hydrogeologische Karte vom Blatt 136 Hartberg wurde von KOLLMANN 1982 im Maßstab 1:50.000 veröffentlicht. Die Tertiärmächtigkeit sowie die Morphologie des Grundgebirges wurden durch gravimetrische und refraktionsseismische Messungen geophysikalisch bestimmt und kartiert (WEBER, 1981).

Das kristalline Grundgebirge

Geologisch gehört der kristalline Anteil des Gebiets zum NE-Sporn der Zentralalpen, die ihn aufbauenden Gesteinsserien sind Bestandteil der unterostalpinen Grobgneissserie, die den tektonischen Rahmen des Weichsefenters bildet. Innerhalb der Grobgneissserie läßt sich eine Unterscheidung zwischen dem als Pluton Intrudierten, liegenden Grobgneis und seinem großteils aus Metasedimenten bestehenden Alten Dach vornehmen. WIESENEDER (in: KIESL, WIESENEDER & KLUGER, 1983) trennt diese altkristallinen Hüllschiefer tektonisch vom Grobgneis s.s. ab und bezeichnet sie als Strallegger Gneis- und Schieferserie. Geochemische Analysen, besonders der Spurenelemente wie SE, U, Th etc. im Grobgneis sowie im Strallegger Gneis wurden von KIESL, WIESENEDER & KLUGER 1983 veröffentlicht. Die kristallinen Gesteine sind stark verwittert; besonders in den Bereichen der Rücken zwischen den teilweise tief eingeschnittenen Bächen können sehr mächtige Verwitterungsschwarzen auftreten.

Die Strallegger Gneis- und Schieferserie

Die Gesteinsgruppe der Strallegger Gneis- und Schieferserie stellt ein voralpidisch metamorph gewordenes Produkt aus lateritisch beeinflussten Tonen, Kaolinsanden und Arkosen dar, das während einer späten Phase der voralpidischen Metamorphose eine Migmatisierung erlitt, die allerdings räumlich und zeitlich unabhängig von der den Grobgneis formierenden Granitintrusion stattfand. Leitgesteine dieser charakteristischen Gesteinsassoziation sind migmatisierte Biotit-Paragneise (Strallegger Gneis) und Staurolith-Chloritoid-Glimmerschiefer (Tonmergelschiefer). Der Paragneis entspricht in der SE-Norm einem granitischen Gestein, was auf tonige Arkosen oder Grauwacken als Ausgangsmaterial schließen läßt (KIESL, WIESENEDER & KLUGER, 1983). Ein signifikantes Gestein der beschriebenen Serie ist ein unter anderem am Schloßereck in einem aufgelassenen Steinbruch aufgeschlossener Disthenquarzit, der von WIESENEDER (in: KIESL, WIESENEDER & KLUGER, 1983) als metamorpher Kaolinsand betrachtet wird. Gut geschieferte, mittelkörnige Orthogneise sind ein weiteres charakteristisches Merkmal dieser Gesteinsserie.

Der Grobgneis s.s.

Das dominierende Gestein in der Grobgneissserie ist ein grobkörniger Granitgneis, der vermutlich im Karbon als Granit in das aus der Strallegger Gneis- und Schieferserie gebildete Alte Dach intrudierte. Dafür spricht das Ergebnis einer radiometrischen Datierung, die ein Rb/Sr-Gesamtegesteinsalter von 340 ± 10 my ergab (KIESL, WIESENEDER & KLUGER, 1983). Die inneren Teile der Granitgneiskörper liegen als kaum verschieferte Metagranite vor, die randlichen Partien sind stärker geschiefert. Als Nebengesteine treten phyllitische Glimmerschiefer und Hornblende-Biotit-Metagabbros auf. Als Alter für die alpidische Metamorphose des Grobgneises können nach WIESENEDER (in: KIESL, WIESENEDER & KLUGER, 1983) etwa 70 my angenommen werden.

Die Grenze zwischen dem Tonmergelschiefer der Strallegger Gneis- und Schieferserie und den phyllitischen Glimmerschiefern der Grobgneissserie ist unscharf, da der Mineralbestand und das Gefüge der Gesteine durch alpine Diaphthorose angepaßt wurden. In diesem stark durchbewegten Grenzgebiet der Strallegger Gneis- und Schieferserie gegen die liegende Grobgneissserie kam es durch hydrothermale Metasomatose zur Bildung der Tullagerstane Rabenwald.

Neogene und quartäre Sedimente

Die Sedimente der Pöllauer Bucht gehören dem Pannon (? Daz) und dem Quartär an, der tertiäre Anteil stellt eine Randfazies der Neogenentwicklung im Steirischen Becken dar. Der Einbruch der Bucht erfolgte an der Wende Unter-Mittelpannon während der intrapannonischen Trockenlegungsphase. Dafür spricht das auch von refraktionsseismischen Untersuchungen bestätigte Fehlen von unterpannonen Sedimenten, die als blaugraue Tegel und Tone im SE der Pöllauer Bucht als schmale Streifen entlang beider Talflanken des Safenbaches auftreten, sich in der Bucht selbst aber nicht fortsetzen.

Auf dem kristallinen Basement des beim Einbruch entstandenen, grabenartigen Längstrogos transgredieren grobklastische Sedimente, die dem mittelpannonen Kapfensteiner Schotter bzw. dessen Sandfazies zuzuordnen sind. Oberpannone Sedimente, wie der Basalschotter, der die Bezeichnung Hofkirchler Schotter trägt, sowie darüber folgende Grob-, Mittel- und Feinsande fehlen im Untersuchungsgebiet und kommen nur S. bzw. SE davon vor. Zwischen dem Mittelpannon und dem darauffolgenden Hofkirchener Schotter besteht eine Erosionsdiskordanz, die durch eine kurze Trockenlegung des Gebiets hervorgerufen wurde. Die grobklastischen Sedimente, die den N-Abschnitt der Pöllauer Bucht einnehmen, wurden von NEBERT 1984 als Daz eingestuft. Der lithofaziell einheitliche Komplex aus Blockschutt, Schotter und Grobsanden, der auch als grobklastischer Komplex bezeichnet wird, setzt sich jedoch aus verschiedenen alten Ablagerungen zusammen. Der unmittelbar dem Grundgebirge auflagernde, basale Abschnitt des grobklastischen Komplexes gehört altersmäßig dem Mittelpannon, Oberpannon und wahrscheinlich auch dem Pont an. Aufgrund von Schwermineraluntersuchungen hält es NEBERT (1984) für sehr wahrscheinlich, daß der überwiegende Anteil des grobklastischen Komplexes während des ? Daz sedimentiert wurde. Der jüngste Anteil gelangte im Quartär zur Ablagerung. Die grobklastischen Sedimente werden als pliozäne Terrassenbildungen aufgefaßt und stellen in ihrer Gesamtheit einen von Wildbächen zugeführten Schutt dar. Das Liefermaterial ist extrem verwittert, die aus Quarz und kristallinen Gesteinen bestehenden Klaster sind in den basalen Schichten mäßig- bis kantengerundet, im mittleren Abschnitt kanten- bis gut gerundet. Der quartäre Anteil zeichnet sich durch einen hohen Hornblendeanteil im Schwermineralspektrum sowie durch fehlende Sortierung aus, alles Hinweise auf strukturell und textuell sehr unreife Sedimente und damit auf einen sehr kurzen Transportweg (NEBERT, 1984). Weitere quartäre Sedimente, die nicht zum grobklastischen Komplex gehören, sind jene an der NE-Flanke des Pöllauer Safenbaches und seiner Zuflüsse. Die lithofaziell einheitlichen Sedimentschichten des grobklastischen Komplexes unterscheiden sich in den refraktionsseismischen Profilen (WEBER, 1981), was von NEBERT 1984 auf unterschiedliche Verfestigungsgrade zurückgeführt wird. Der basale Teil wird als "stark verfestigtes Tertiär" mit $V_4 = 2540$ m/s von einem 30-50 m mächtigen mittleren Abschnitt ("mäßig verfestigtes Tertiär", $V_3 = 1820$ m/s) und einer 10-15 m mächtigen Decke aus lockerem Blockschotter, $V_2 = 920$ m/s abgetrennt. Das Grundgebirge ist in den refraktionsseismischen Profilen durch $V_1 = 4520$ m/s, die Verwitterungsschicht mit $V_1 = 420$ m/s charakterisiert. Die maximale Mächtigkeit der Muldenfüllung wird ca. 1 km SSE der Kirche Pöllau mit 200 m angegeben.

3.7.7.2. Meßergebnisse

Meßergebnisse / Interpretation

Vorbehaltlich einer folgenden detaillierten Bewertung der aerogeophysikalischen Ergebnisse im Raum der Pöllauer Bucht, sollen hier erste Ergebnisse diskutiert werden.

Widerstandskartierung

von G. ANTES, in: SEIBERL (1992c); Kartendarstellungen in SEIBERL (1992c)

Hier werden nur die relevanten Ergebnisse für die 3600Hz-Daten gebracht.

Scheinbarer Widerstand (3600Hz):	Maxima >1310Ωm	Minima <67Ωm
Scheinbare Tiefe der 1. Schicht (3600Hz):	Maxima >26m	Minima <14m

Der Isolinenplan der scheinbaren Widerstände (3600Hz) läßt sehr deutlich die geologische Situation des Meßgebiets, nämlich die Zweiteilung in die von neogen-quartären Sedimenten erfüllte Pöllauer Bucht und ihrem aus kristallinen Gesteinen bestehenden Rahmen erkennen. Die scheinbaren Widerstände bewegen sich in den Gebieten mit neogen-quartärer Auflagerung zwischen weniger als 67Ωm bis zu ca. 500Ωm. Eine Ausnahme bildet der von Schottern aufgebaute tertiäre Riedel des Haidenwaldes mit scheinbaren Widerständen von bis zu ca. 1100Ωm, die möglicherweise auf eine Hochzone im Untergrund zurückzuführen sind. In Gebieten mit kristallinen Gesteinen liegen die scheinbaren Widerstände meist in einem Bereich von 800-1400Ωm; eine Ausnahme bildet hier eine SW von Pöllau W-E-streichende Zone mit deutlich geringeren scheinbaren Widerständen (240-500Ωm), bei der es sich vermutlich um eine Störung handelt. Unterschiedliche scheinbare Widerstände in den kristallinen Bereichen sind einerseits auf verschiedene Mächtigkeiten der Verwitterungszonen (E Pöllau: scheinbare Mächtigkeit der Verwitterungsdecke 15m) zurückzuführen, andererseits darauf, daß die vom Ausgangsgestein abhängige mineralogische Zusammensetzung der Verwitterungsdecke gesteinspezifisch wesentliche Unterschiede in der Leitfähigkeit bedingt. Die Struktur der Bucht ist sowohl in der Karte des scheinbaren Widerstandes als auch in der Isolinenkarte der scheinbaren Tiefe der ersten Schicht zu erkennen, wobei es sich bei dieser ersten Schicht offensichtlich um die 10-15m mächtige Decke aus lockerem Blockschotter handelt (vgl. Geologie des Meßgebiets).

Isanomalien der Totalintensität (ΔT)

Kartendarstellung in: SEIBERL, 1992c

Die Isanomalienkarte der Totalintensität wird durch eine regionale Anomalie NW von Pöllau geprägt. Lokale Anomalien von Interesse konnten nicht festgestellt werden.

Gammastrahlenspektrometrie

(Beil. 12: Kaliumverteilung; übrige Darstellungen vgl.: SEIBERL, 1992c).

Strahlenschutz

Im Meßgebiet Pöllauer Bucht wurde eine effektive Äquivalentdosisleistung zwischen 80 und 150 μSv/h gemessen; diese erhöhten Werte können im Wesentlichen auf die kristallinen Gesteine im Untergrund zurückgeführt werden.

Cäsium-137-Verteilung

Das Meßgebiet ist nur gering durch den Reaktorunfall von Tschernobyl kontaminiert (Zählraten für den Zeitraum der Messungen im Frühjahr 1992: 40-130cps).

Kaliumverteilung (⁴⁰K)

(von G. ANTES in SEIBERL, 1992c). Beil. 12

Maxima über 3,8%, Minima unter 1,8%.

Im Bereich der neogen-quartären Beckensedimente der Pöllauer Bucht wurden generell niedrige bis sehr niedrige Kaliumwerte gemessen, ein Hinweis auf die vorwiegend grobklastische Zusammensetzung dieses Bereiches (nur feinklastische, tonmineralreiche Sedimente reichern Kalium an), während sich in den kristallinen Gebieten die Heterogenität der dortigen Gesteinsserien auch in den

Kaliumwerten abzeichnet. Aufgrund dieses Unterschiedes ist eine Abgrenzung des kristallinen Rahmens von den Sedimenten der Bucht möglich. Auch die Erosionslinie der Safen entlang des aus tertären Schottern aufgebauten, bewaldeten Riedels Haidenwald SSE von Pöllau ist in der Kaliumisolinienkarte zu erkennen.

Mineralogisch ist das K vor allem an den relativ korrosionsunbeständigen Kalifeldspat und dessen Sekundärminerale gebunden. Die Zählraten für Kalium entsprechen vor allem dem K-Gehalt der oberflächennahen Schichten und sind daher im Kristallin vor allem vom Kaliumgehalt der Verwitterungsdecke abhängig, der einerseits den geogenen Hintergrund reflektiert, möglicherweise aber auch von Konzentration beeinflusst werden kann (Kaliumadsorption an Tonmineralen in der Verwitterungsdecke). An Stellen mit besonders hohen Kaliumgehalten wurden bereits Proben für eine geochemische Untersuchung zur Klärung dieses Sachverhaltes genommen.

Uranverteilung (^{238}U)

Maximum über 9,5ppm, Minimum unter 3,5ppm.

Die Verteilung des Uran ist sehr uneinheitlich, wobei sich die kristallinen Gesteinsserien teilweise mit Werten bis 9,5ppm abzeichnen. Die quartären und neogenen Gesteinsfolgen weisen meist Gehalte unter 0,5ppm Uran auf.

Thoriumverteilung (^{232}Th)

(von G. ANTES)

Maxima über 11,5ppm, Minima unter 4,5ppm.

Thorium, das hauptsächlich in Zirkonen enthalten ist, kommt ähnlich wie Kalium in den Sedimenten der Bucht nur in geringen Konzentrationen vor. In den Kristallingebieten ist der Thoriumgehalt wiederum sehr gesteinspezifisch, eine Kumulation der korrosionsbeständigen Th-haltigen Zirkone in der Verwitterungsdecke ist wahrscheinlich.

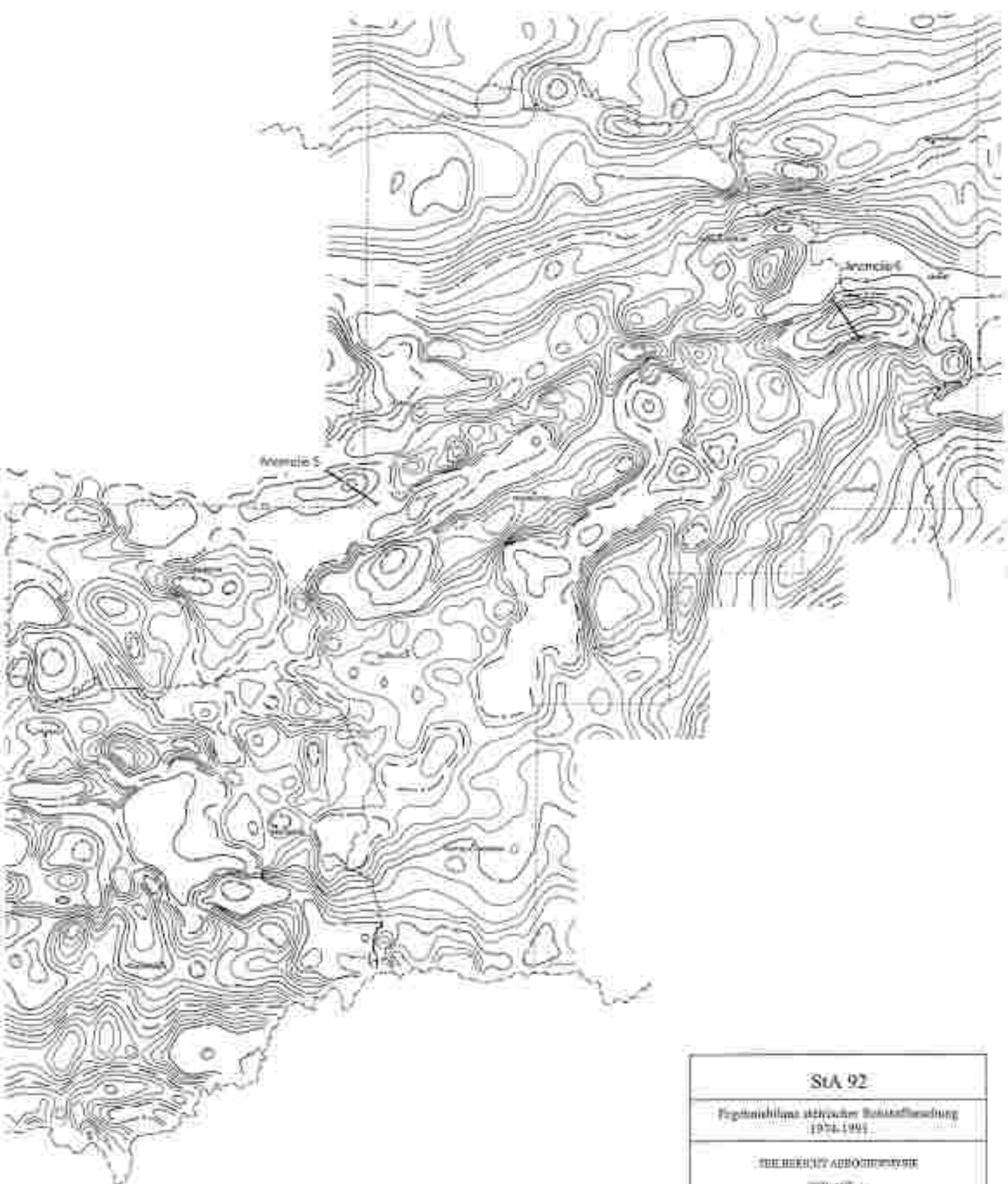
Verhältnisse U/Th, U/K, Th/K

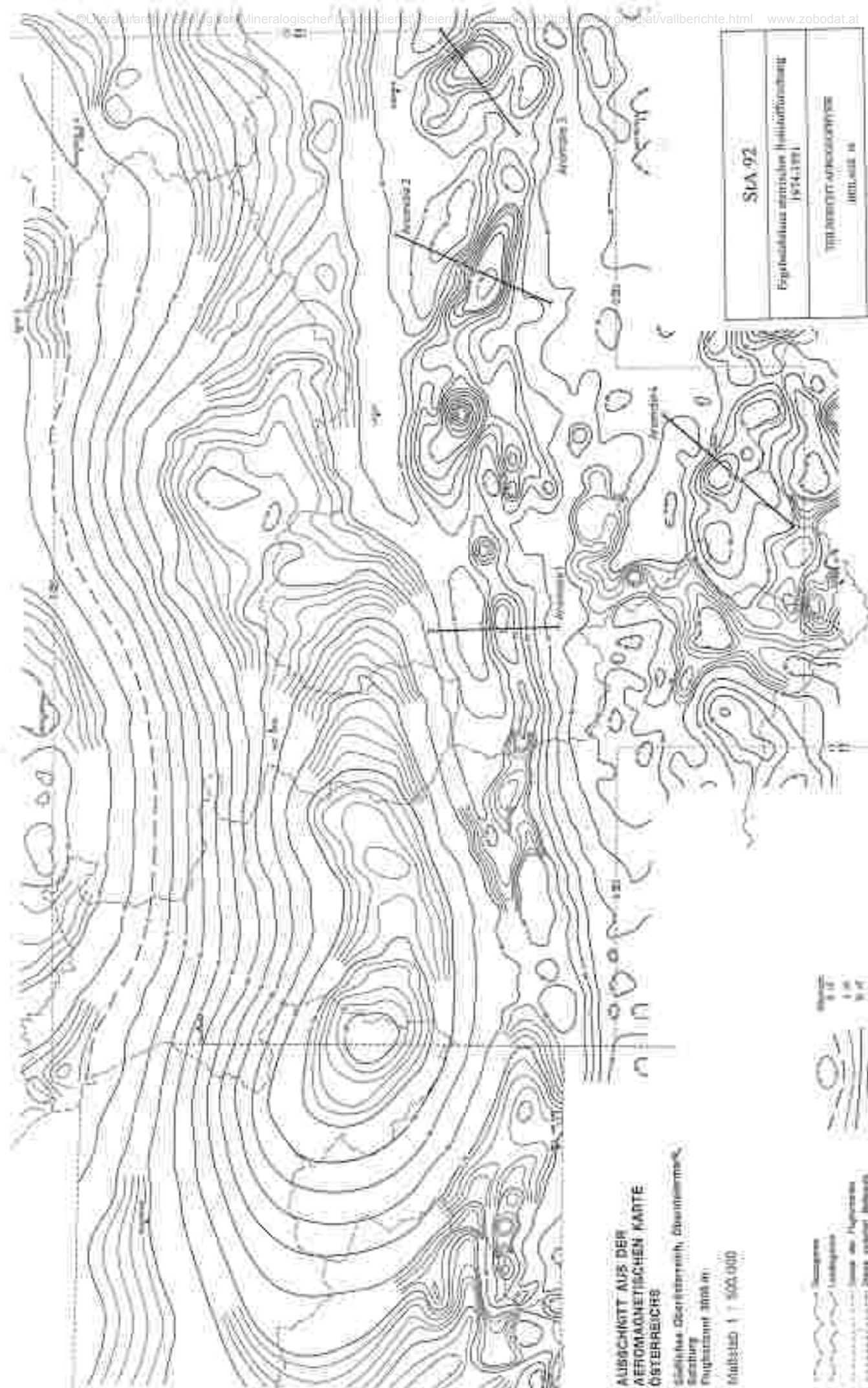
In den drei Verhältnissen sind keine besonderen Anomalienmuster erkennbar. Im Th/K-Verhältnis kann die kristalline Umrandung der Pöllauer Bucht teilweise abgegrenzt werden. Möglicherweise zeichnen sich auch einige Störungen ab.

4. Literatur

- BACHMANN, H.: Die Geologie des Raumes Oppenberg bei Rottenmann/Stmk. - Verh. Geol. B.-A., 1964, Wien 1964.
- BECKER, L.P.: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 162, Köflach. - Geol. B.-A., Wien 1979.
- BECKER, L.P.: Erläuterungen zu Blatt 162 Köflach. - Geol. B.-A., Wien 1980.
- BECKER, L.P.: Zur Gliederung des oberösterreichischen Altkristallins (Muriden). Mit Bemerkungen zu den Erzvorkommen in den einzelnen Kristallinkomplexen. - Verh. Geol. B.-A., 1981, Wien 1981.
- BLEIL, H. & POHL, J.: The Berchtesgaden magnetic anomaly. - Geol. Rdsch., 65, Stuttgart 1976.
- BUNDESMINISTERIUM f. GESUNDHEIT und UMWELTSCHUTZ: Tschernobyl und die Folgen für Österreich. - Ber. UBA, Wien 1986.
- CLAR, E.: Zum Bewegungsablauf des Gebirgsbaues der Ostalpen. - Verh. Geol. B.-A., Sdh. G., Wien 1965.
- EL AGED, A.E., SAAGER, R. & STUMPFL, E.F.: The Hochtauern Ultramafic Rocks and Associated Mineralizations, Rottenmann Tauern, Austria. - Verh. Geol. B.-A., 1978, Wien 1979.
- FAUPEL, P.: Zur Geologie und Petrographie des südlichen Wechselgebirgs. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 63, Wien 1970.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.: Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen - Steiermark. Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark, 1:200.000. - Geol. B.-A., Wien, 1984.
- FRASER, D.C.: Resistivity mapping with an airborne multicoil electromagnetic system. - Geoph., 43, Tulsa 1978.
- FUCHS, W.: Das Inneralpine Tertiär. - In: OBERHAUSER, R. (Red.): Der Geologische Aufbau Österreichs, Wien - New York (Springer) 1980.
- GAMERTH, H.: Die Geologie des Berglandes westlich und südwestlich von Oppenberg/Stmk. - Verh. Geol. B.-A., 1964, Wien 1964.
- GÄNGER, R.: Regionale magnetische Untersuchungen in den Berchtesgaderer Kalkalpen und ihrem Vorland. - Unveröff. Diss. Univ. München, München 1954.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT: Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, 134, Passail. - Geol. B.-A., Wien 1991.
- GNOJEK, I. & HEINZ, H.: Central European (Alpine-Carpathian) belt of magnetic anomalies and its geological interpretation. - Geol. Carp., Bratislava, im Druck.
- GRASBY, R.L., CARSON, J.M., CHARBONNEAU, B.W. & HOLMAN, P.B.: Natural background radiation in Canada. - Geol. Surv. Can., Bull., 360, Ottawa 1984.
- GUTDEUTSCH, R. & SEIBERL, W.: Die Aeromagnetische Vermessung Österreichs. - Projektendber., Inst. f. Met. & Geophys. Univ. Wien, Wien 1987.
- HEINZ, H.: Aeromagnetic measurements in the Eastern Alps: The area east of the Tauern Window. - Tectonophysics, 163, Amsterdam 1989.
- HEINZ, H., BIEDERMANN, A. & SEIBERL, W.: Auswertung aeromagnetischer Daten im Bundesland Steiermark. - Proj.Ber., Proj. StC 20a/85, Geol. B.-A., Wien 1987a.
- HEINZ, H., BIEDERMANN, A., KOHAZY, R. & SEIBERL, W.: Auswertung aeromagnetischer Daten im Bundesland Burgenland. - Proj.Ber., Proj. BC 2d/84, Geol. B.-A., Wien 1987b.
- HEINZ, H. & HUBL, G.: Magnetische Anomalie am Lärchkegel (Steiermark). - Jb. Geol. B.-A., 131/2, Wien 1988.
- HEINZ, H. & SEIBERL, W.: Bewertung und Problematik aerogeophysikalischer Anomalien im österreichischen Bundesgebiet. - Abh. Geol. B.-A., 44, Wien 1990a.
- HEINZ, H. & SEIBERL, W.: Magnetic structures of the Eastern Alps West of the Tauern Window. - Soc. Géol. France Mem., 156, Paris 1990b.
- HEIL, E. & SLAPANSKY, P.: Neue petrographische und geochronologische Daten zur Metamorphose im Bereich der Schladminger Tauern. - Ber. 1982, Hochschulwörterbuch S15, Graz 1983.
- IAEA (International Atomic Energy Agency): Gamma Ray Surveys in Uranium Exploration. - Techn. Rep. Series, 186, Wien 1979.
- KIESL, W., WIESENEDER, H. & KLUGER, F.: Untersuchungen des Vorkommens der Seltenen Erden und von Thorium in Gesteinen des unterostalpinen Kristallins des Semmering-Wachauferntes. - Sitzber. Österr. Akad. Wiss., 1, 192/1-4, 1-20, Wien 1983.
- KILLEEN, P.G.: Gamma ray spectrometric methods in Uranium exploration - application and interpretation. Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores. - Geol. Surv. Can., Econ. Geol. Rep., 31, Ottawa 1979.
- KOLLMANN, W.: Jahresbericht 1981 und Erläuterungen zur hydrogeologischen Karte 136, Hartberg. - In: Wasserhöfigkeitsskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing, Jennersdorf: Jahresbericht 1981. Bund-Bundesländer Rohstoffproj. BA 5a/81f, Wien (Geol. B.-A.) 1982.
- KROLL, A., FLÜGEL, H.W., SEIBERL, W., WEBER, F., WALACH, G. & ZYCH, D.: Karten über den präterziären Untergrund des Steirischen Beckens und der südburgenländischen Schwelle. - Geol. B.-A., Wien 1988 (mit Erläuterungen).
- LEVENBERG, K.: A method for solution of certain nonlinear problems. - Quarterly Appl. Math., 2, 1944.
- MARQUARDT, D.W.: An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters. - Journ. Soc. Ind. & Appl. Math., 11, 1963.
- MAURITSCH, H.: Geophysikalische Untersuchungen in den Vulkaniten im Raum Weitendorf-Wundschuh, Steiermark. - Min. Mitt. Joanneum, 42, Graz 1973.
- MAURITSCH, H.J.: Aeromagnetische Anomalien in Wölzer-Murauer-Gurktaler Einheit. - Proj.Ber., StC 20b/86, Leoben 1986.
- METZ, K.: Die Nordgrenze des Bösensteinkristallins nach neuen Wegaufschlüssen zwischen Trieben und Rottenmann/Stmk. - Verh. Geol. B.-A., 1964, Wien 1964.
- METZ, K.: Zum Problem einer Seriergliederung der Wölzer Glimmerschiefer. - Miner. Mitt. Joanneum, 1967, H. 1-2, Graz 1967.

- METZ, K.: Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, 129, Donnerstuch. - Geol. B.-A., Wien 1979.
- METZ, K.: Erläuterung zur Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 129, Donnerstuch. - Geol. B.-A., Wien 1980.
- MUNDY, E.: On the interpretation of airborne electromagnetic data for the two-layer case. - *Geophys. Prosp.*, **32**, Den Haag 1984.
- NEBERT, K.: Die pläzäne Schichtfolge in der Pöllauer Bucht (Oststeiermark). - *Jh. Geol. B.-A.*, **95** (1952), 103-118, Wien 1952.
- NEBERT, K.: Kohlungsgeologische Erkundung der Neogenbucht von Pöllau. - Bericht Forschungsprojekt StA 41/782, Wien (Geol. B.-A.) 1984.
- PAHR, A.: Das Semmering- und Wechselssystem. - In: R. OBERHAUSER (Red.): Der Geologische Aufbau Österreichs. - Wien (Springer) 1980.
- PRIEWALDER, H. & SCHUMACHER, R.: Petrographisch-tektonische Untersuchungen in den Ennstaler Phylliten (Niedere Tauern, Steiermark) und deren Einstufung in das Silur durch Charnozoen. - *Verh. Geol. B.-A.*, 1976, Wien 1976.
- FUCHER, R. & HAHN, A.: Abschlußbericht Aeromagnetik Alpen. - Niedersächs. LA. f. Bodenforsch., Hannover 1979.
- SCHARBERT, S., POULTIDES, Ch., HÖLLER, H., KOLMER, H. & WIRSCHING, U.: Vulkanite im Raume Burgenland-Oststeiermark. - *Fortschr. Mineral.*, **59**, Stuttgart 1981.
- SCHEDL, A.: Geologische, geochemische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Ostalpinen Altkristallin der Schladminger Tauern. - Unveröff. Diss., Univ. Wien, Wien 1981.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Die Grauwackenzone. - In: OBERHAUSER, R. (Red.): Der geologische Aufbau Österreichs. - Wien (Springer) 1980.
- SEIBERL, W.: Aeromagnetische Karte der Republik Österreich 1:1.000.000. - Geol. B.-A., Wien 1991.
- SEIBERL, W.: Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich von Birkfeld. - Proj. Ber., Proj. ULG 20/91-1, Geol. B.-A., Wien 1992a.
- SEIBERL, W.: Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich von Neuberg. - Proj. Ber., Proj. ULG 20/91-2, Geol. B.-A., Wien 1992b.
- SEIBERL, W.: Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich der Pöllauer Bucht (Mit Beiträgen von Gerald ANTES). - Proj. Ber., Proj. ULG 20/92-3, Geol. B.-A., Wien 1992c.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung des Oberen Ennstales - Gebiet Öblarn. - Proj. Ber., Proj. StC 1a/83, FGJ-Wien/Leoben 1987a.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung des Oberen Ennstales - Gebiet Aigen. - Proj. Ber., Proj. StC 10/86, Geol. B.-A., 1987b.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung des Oberen Ennstales - Gebiet Pruggern. - Proj. Ber., Proj. StC 10/80, FGJ-Wien/Leoben 1987c.
- SEIBERL, W. & LOBITZER, H.: Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich von Bad Gleichenberg. - Proj. Ber., Proj. ULG 20/92-1, Geol. B.-A., Wien 1992.
- SEREN, S.: Geophysikalische Untersuchung des Krauthaber Serpentin. - Unveröff. Diss., Phil. Fak. Univ. Wien, Wien 1980.
- SKALA, W.: Typen, Facies und tektonische Position der Karbonatgesteine der östlichen Wölzer Tauern. - *Verh. Geol. B.-A.*, 1964, Wien 1964.
- STRAUSS, U.: Die Bearbeitung der aeromagnetischen Daten Nordostösterreichs. - Unveröff. Diss., Phil. Fak. Univ. Wien, Wien 1983.
- STUMPF, E.F.: Geologische und geochemische Untersuchungen des Ultramafit-Massives des Lärchriegels bei Trieben. - *Steir. Beitr. Rohstoff- und Energieforsch.*, **3**, Graz 1984.
- STUMPF, E.F. & EL AGEED, A.E.: Hochgrößen und Krauthab. - Teile eines paläozoischen Ophiolith-Komplexes. - *Mitt. Abt. Geol. Joanneum*, **42**, Graz 1981.
- TALWANI, M. & HEIRTZLER, J.R.: Computation of magnetic anomalies caused by two dimensional structures of arbitrary shape. - *Stanford Univ. Publ., Geol. Sci.*, **9**, Stanford 1964.
- THURNER, A.: Die Geologie des Erzfeldes westlich Pusterwald ob Judenburg. - *Jh. Geol. B.-A.*, **98**, Wien 1953.
- TOLLMANN, A.: Neue Fenster des Wechselsystems am Ostrand der Zentralalpen. - *Geol. Tiefbau der Ostalpen*, Hochschulschwerpunkt N25, 3. Bericht, ZA f. Met. u. Geodyn., **212**, Wien 1976.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, 1 (Die Zentralalpen). - Wien (F. Deuticke) 1977.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, 3 (Gesamtvübersicht). - Wien (F. Deuticke) 1986.
- UNGER, H.J.: Der Schwefel- und Kupferkiesbergbau in der Walchen bei Öblarn im Ennstal. - *Arch. f. Lagerst.forsch.*, i.d. Ostalpen, **7**, Leoben 1968.
- WEBER, F., SCHMÖLLER, R. & WALACH, G.: Jahresbericht 1982 über die geophysikalischen Untersuchungen im Rahmen des Teilprojektes S15/15. - *Iber.* 1982, Hochschulschwerpunkt S15, Graz 1983.
- WEBER, L.: Die Blei-Zinklagerstätten des Grazer Paläozoikums und ihr geologischer Rahmen. - *Arch. f. Lagerst.forsch.*, **12**, Geol. B.-A., Wien 1990.





Sta. 92
Ergebnisse der aeromagnetischen Kartierung (1954-1955)
Topographisch-geographisches Institut Wien

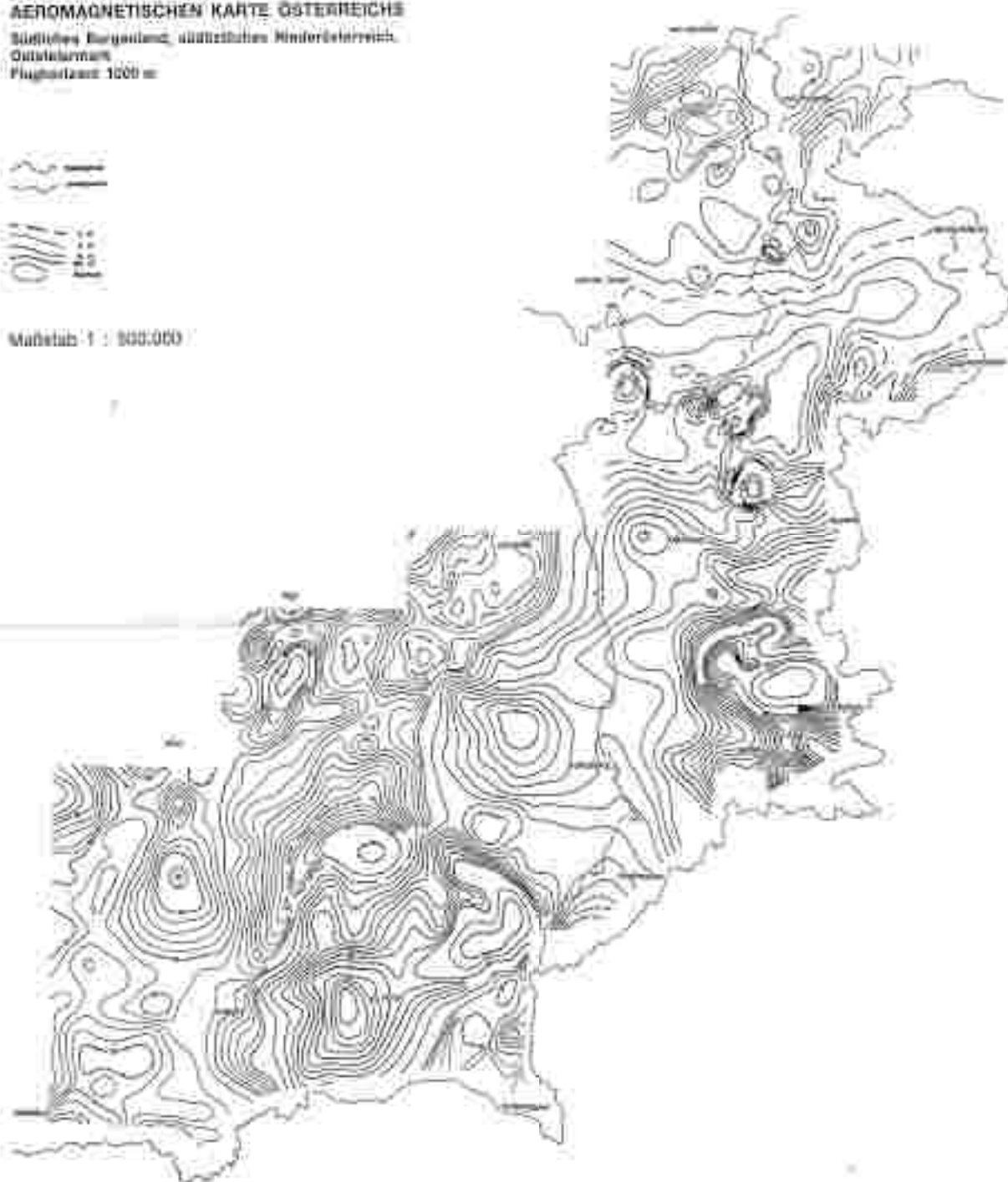
**AUSCHNITT AUS DER
AEROMAGNETISCHEN KARTE
ÖSTERREICH**
Geologisches Landesamt, Wien
Veröffentlichung 1954
Maßstab 1 : 500.000

Legende
Grenze
Lagepunkt
Strecke von Auenfeld
Strecke von Auenfeld
Strecke von Auenfeld

**AUSSCHNITT AUS DER
AEROMAGNETISCHEN KARTE ÖSTERREICHS**
Südliches Burgenland, südöstliches Niederösterreich,
Oststeiermark
Flughöhenzeit 1000 m



Maßstab 1 : 500.000



Sta 92
Geographische Koordinaten (UTM)
1054 (90)
Geographische Koordinaten
Bruch 10



64.3.03
Topographische Karte
1:50.000
Geographische Koordinaten
UTM



AERO-GEOPHYSIK

ÖSTERREICH

Projekt Nr.
JL-538

Geophysik

Wetter
1. 2000

Flächen
1000

Zeit in der die
Messungen
genommen
wurden

Geophysik

Geophysik

Geophysik

Geophysik

Geophysik

Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

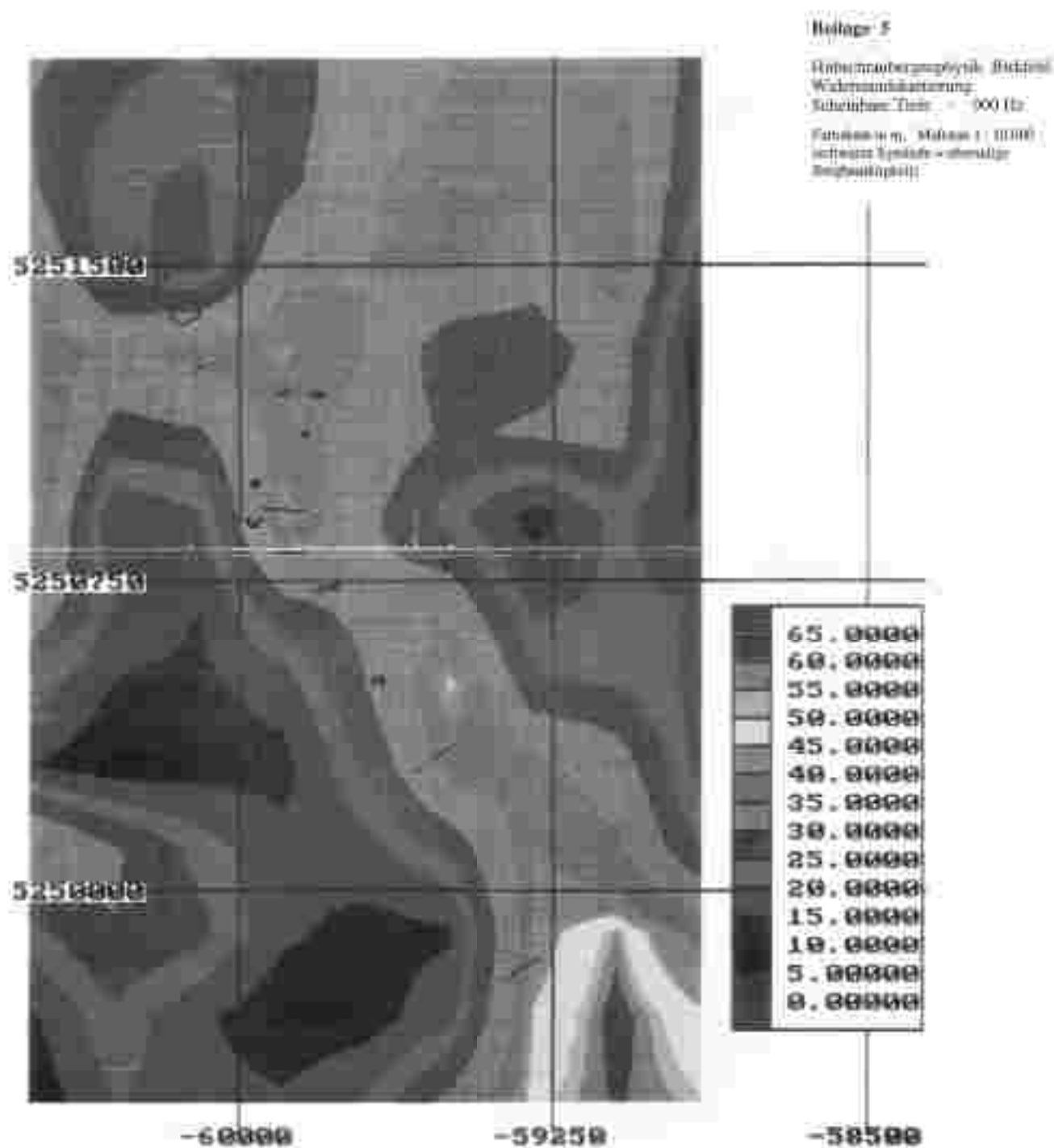
Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

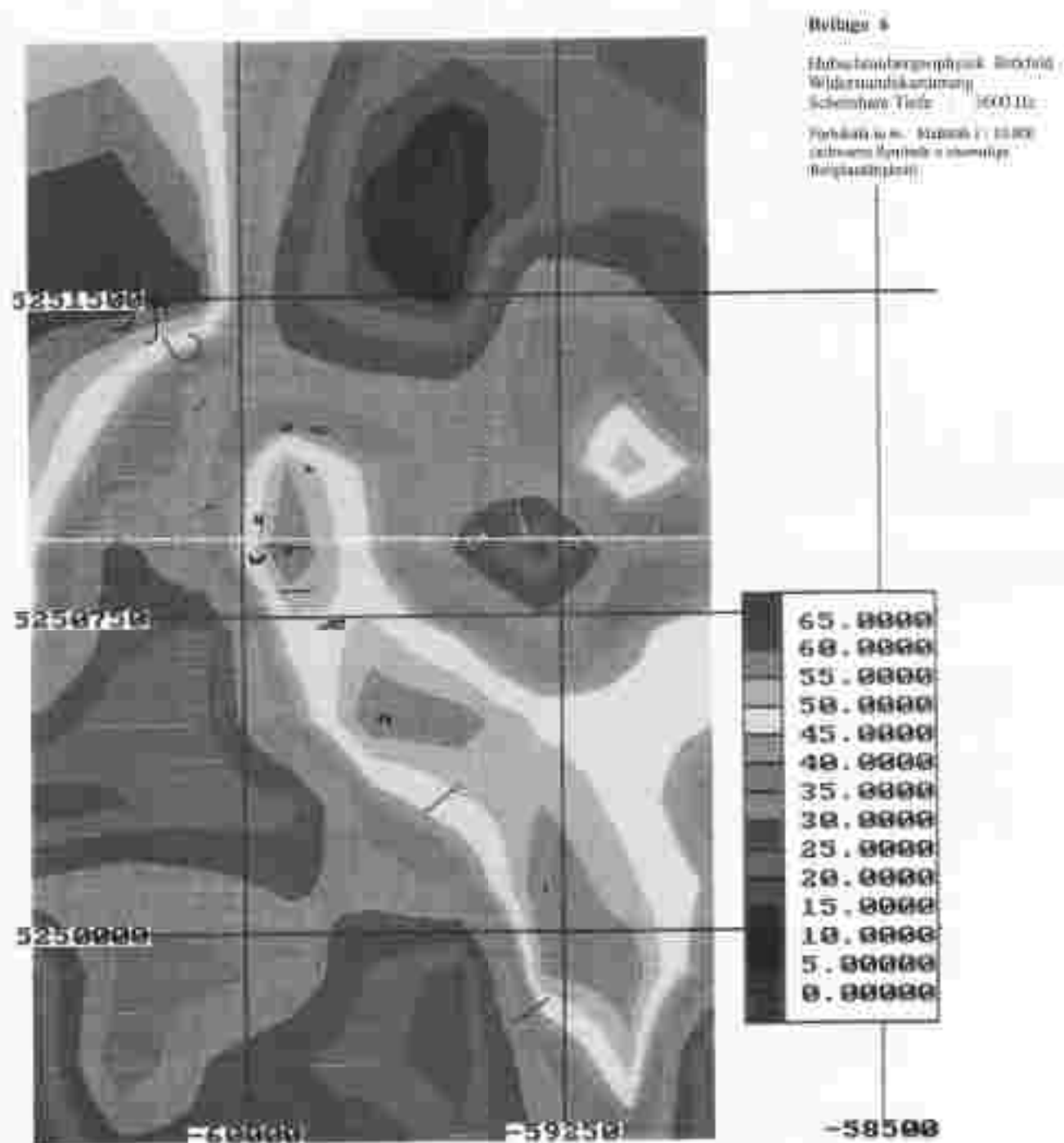
Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

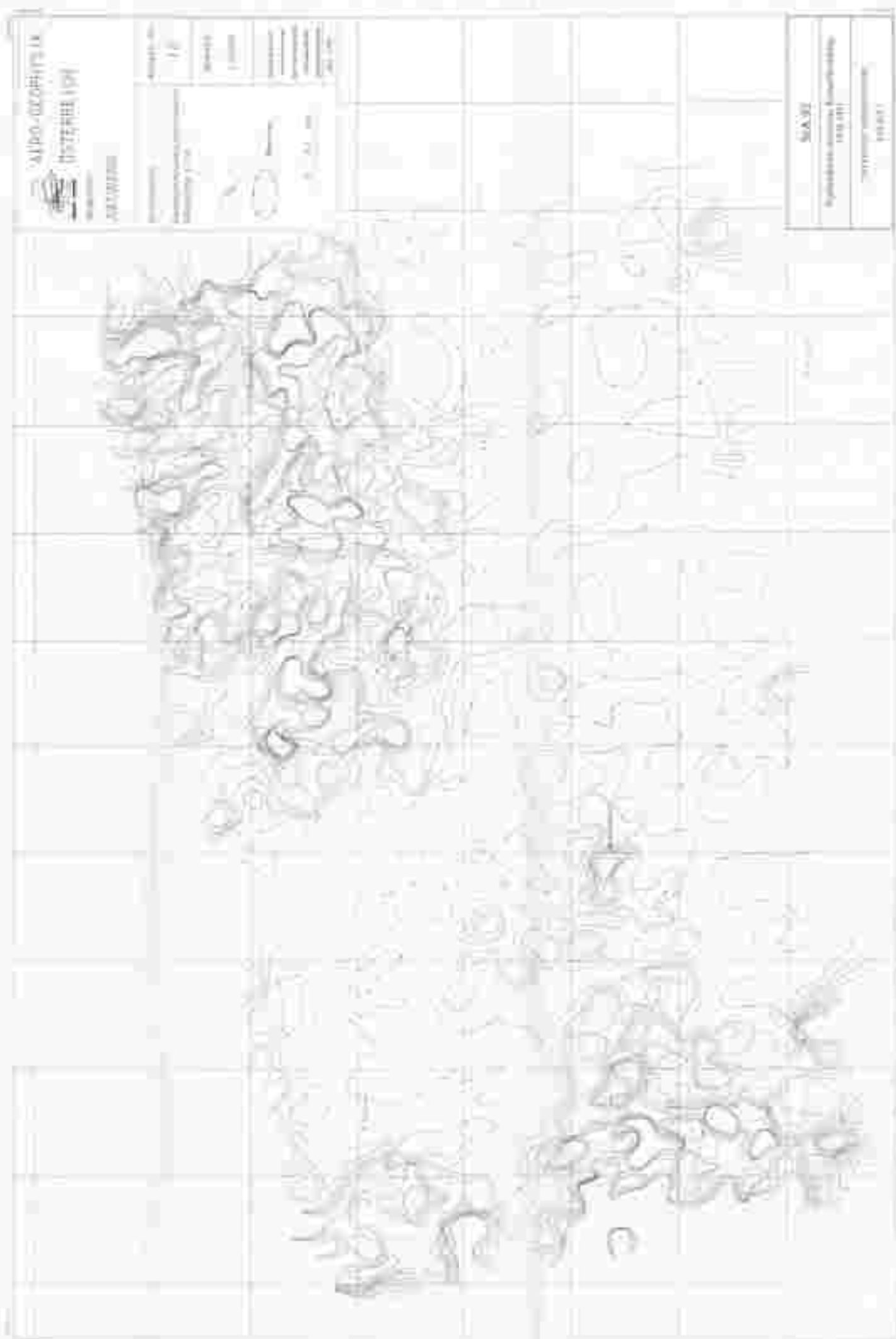
Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m

Geophysik
AEROMAGNETIK
1000 m









AERO-GEOPHYSIK ÖSTERREICH

Abg. 10/100

1977/11/11

Abg. 10/100

Geophysikalische Untersuchung
(1. u. 2. Aufl. 1977)

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100

Abg. 10/100



SOA 92

Geophysikalische Untersuchung
(1. u. 2. Aufl. 1977)

Abg. 10/100

Abg. 10/100