

**AERO-GEOPHYSIK**

**ÖSTERREICH**

**AEROGEOPHYSIKALISCHE  
VERMESSUNG**

im Raum

**PREGARTEN**



# AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG

im Raum

## PREGARTEN

Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt ÜLG-20/87-1

von  
Wolfgang Seiberl  
und  
Herbert Heinz

Wien, Juli 1988

Geologische Bundesanstalt

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung . . . . .	1
1. Projektziel und Ablauf des Projekts . . . . .	2
2. Planung und Durchführung der Vermessung . . . . .	4
2.1. Meßausrüstung . . . . .	4
2.2. Fluglinien . . . . .	5
2.3. Durchführung der Messungen . . . . .	5
2.4. Personal . . . . .	7
3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung . . . . .	10
3.1. Aufgabe der ADV . . . . .	10
3.2. Datenkontrolle . . . . .	11
3.3. Flugwegdaten . . . . .	11
3.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung . . . . .	11
3.4.1. Auswertung der EM—Daten . . . . .	11
3.4.2. Bedeutung der Ergebnisparameter $\rho_a$ und $d_a$ . . . . .	13
3.5. Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität ( $\Delta T$ ) . . . . .	14
3.6. Radiometrische Kartierung . . . . .	15
3.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung . . . . .	15
3.6.2. Korrekturen der Meßdaten . . . . .	15
3.6.3. Herstellung der Isolinienpläne . . . . .	20
4. Geologie des Meßgebietes . . . . .	21
5. Ergebnisse . . . . .	22
5.1. Widerstandskartierung; Anlagen 2 und 3 . . . . .	22
5.2. Isoanomalien der Totalintensität $\Delta T$ ; Anlage 4 . . . . .	23
5.3. Gammastrahlenspektrometrie . . . . .	23
5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 5 . . . . .	23
5.3.2. Kalium ( $^{40}\text{K}$ ); Anlage 6 . . . . .	23
5.3.3. Uran ( $^{214}\text{Bi}$ ); Anlage 7 . . . . .	24
5.3.4. Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ ); Anlage 8 . . . . .	24
5.3.5. Verhältnisdarstellungen; Anlagen 9, 10 und 11 . . . . .	25
6. Empfehlungen . . . . .	26
7. Literatur . . . . .	27
8. Verzeichnis der Anlagen . . . . .	28
9. Anhang . . . . .	29
A. Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft . . . . .	29
B. Einfluß der Topographie auf die Anomalien der magnetischen Totalintensität ( $\Delta T$ ) . . . . .	39



## Zusammenfassung

Die nördlichen Randgebiete des Gallneukirchner Beckens sind durch antithetische Verwerfungssysteme gegliedert, an denen beckenparallele Streifen von älterem Schlier zutage treten. Diese Streifen sind durch steile Gradienten der scheinbaren Widerstände aus aerelektromagnetischen Messungen gut erfassbar und werden für weitere Untersuchungen (auf Kaolin) empfohlen.

Freistädter Granit und einige als "Feinkorngranite" bezeichnete Magmatitkomplexe zeigen z.T. anomales Verhalten (Magnetik, Th-Strahlung). Als Ursache werden komplexere genetische Abläufe angenommen.

## 1. Projektziel und Ablauf des Projekts

Das Projektgebiet "Pregarten", dessen Lage der Abb. 1a entnommen werden kann, wurde unmittelbar anschließend an das Meßgebiet "Kefermarkt" aerogeophysikalisch vermessen, weil sich die auffälligen magnetischen Anomalien SW von Liebenau (siehe Abb. 1b) Richtung SSW in das Mühlviertel fortsetzen. Durch andere geowissenschaftliche Untersuchungsmethoden konnte nämlich gezeigt werden, daß die eben erwähnten Anomalien Hinweise auf mögliche Vererzungen (Greisenbildungen), die im Zusammenhang mit dem südböhmischen Granitplutonismus zu sehen sind, darstellen könnten.

Es wurde daher das Projektziel in der Form definiert, daß durch magnetische, radiometrische und elektromagnetische Messungen vom Hubschrauber aus geophysikalische Grundlagen zum Auffinden von Greisenbildungen im Projektgebiet zu erstellen seien. Da dieser Raum eventuell auch für Kaolinvorkommen von Interesse ist, wurde die Prospektion auf dieses Industriemineral im gegenständlichen aerogeophysikalischen Programm berücksichtigt.

Die Meßflüge im Raum Pregarten konnten wegen eines Hubschrauberschadens erst im Frühsommer 1987 durchgeführt werden. Dabei wurde der Flughafen in Freistadt als Projektstützpunkt benutzt. Mit der Herstellung erster Ergebniskarten konnte im Herbst 1987 begonnen werden. Die Fertigstellung letzterer wurde im Frühjahr 1988 abgeschlossen.



Abb.1a: Lage des Meßgebietes in Österreich

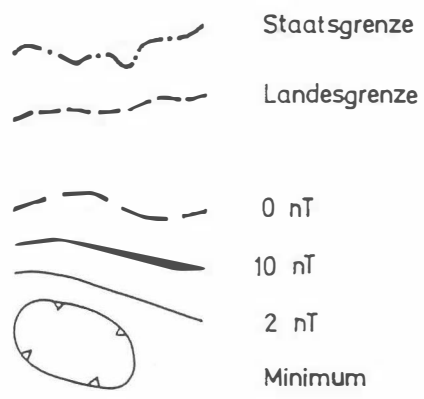
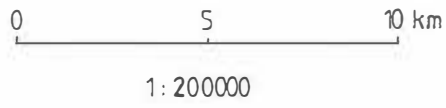
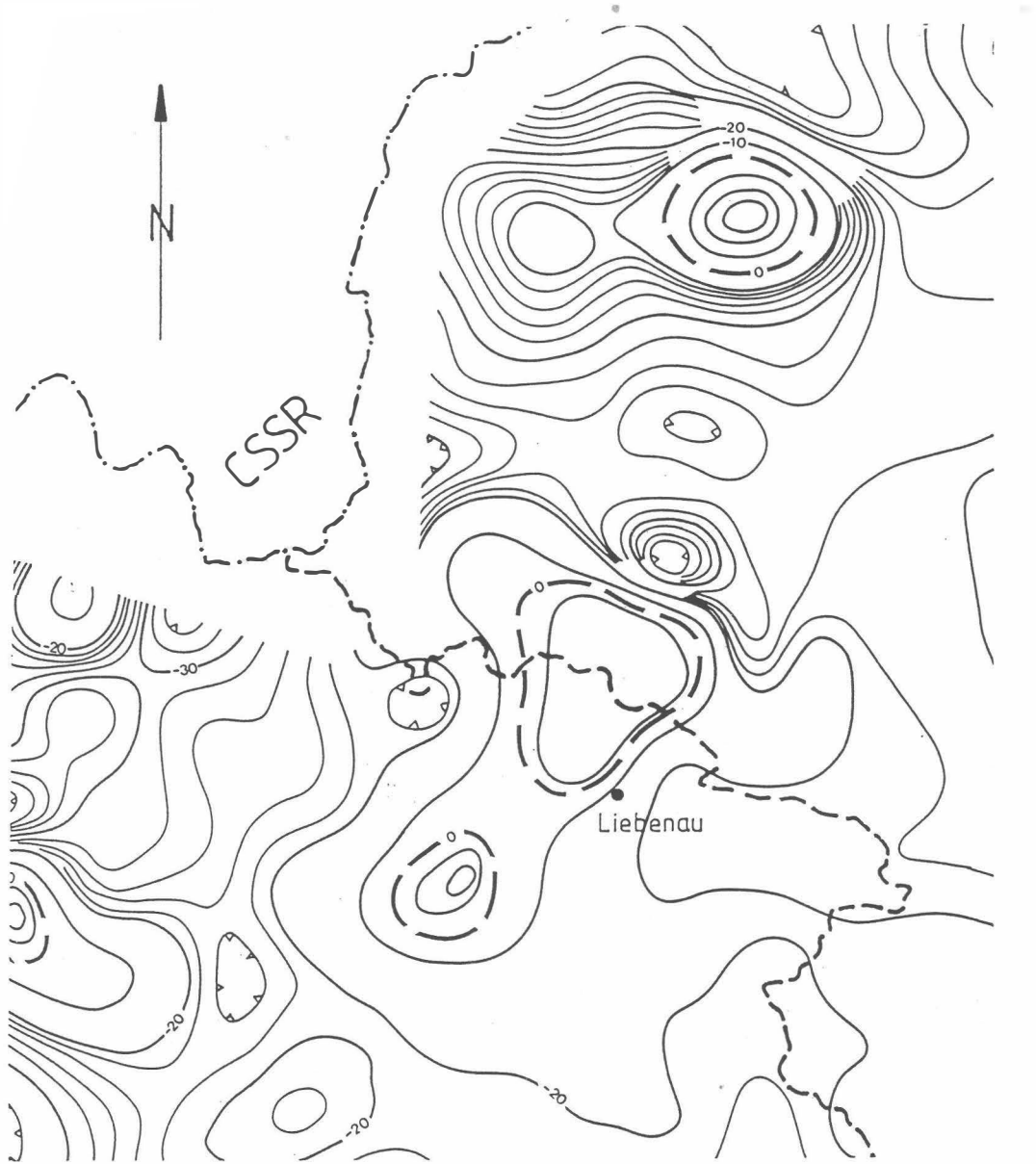


Abb.1b: Ausschnitt aus der aeromagnetischen Karte des 1400m – Horizontes

## 2. Planung und Durchführung der Vermessung

### 2.1. Meßausrüstung

Die aerogeophysikalischen Messungen wurden mit einem Hubschrauber des Bundesheeres vom Typ Agusta-Bell 212 (mit Doppelturbine), Kennzeichen 5D-HU, durchgeführt.

Die Meßausrüstung hat folgende Komponenten:

- 1) Ein elektromagnetisches Mehrfachspulensystem vom Typ DIGHEM-II. Das System induziert elektrische Ströme im Untergrund, deren Magnetfeld (= sekundäres Feld) gemessen wird. Die beiden Sender (mit horizontaler bzw. vertikaler Spulenachse) arbeiten mit zwei unterschiedlichen Frequenzen, 900 Hz (T1R1) und 3600 Hz (T2R2). Das sekundäre Magnetfeld wird mit zwei Empfangsspulen aufgenommen, die die gleiche Lage wie die Sendespulen haben ("maximale Kopplung") und 7,98m von diesen entfernt sind. Sender und Empfänger sind in einer etwa 10m langen Flugsonde ("bird") untergebracht, die an einem 30m langen Kabel unter dem Hubschrauber hängt. Die aufgenommenen Signale werden in zwei zeitliche Komponenten ("inphase" und "quadrature") relativ zur Phase des Sendesignales aufgespalten. Die Meßrate beträgt 4 Meßdaten pro Sekunde, es fallen also insgesamt 16 Meßdaten pro Sekunde für das Elektromagnetiksystem an.
- 2) Ein Gammastrahlenspektrometer (Geometrics GR-800B) mit zwei Natrium-Jodid Kristallen mit einem Gesamtvolumen von 33,6 l. Dieses Gerät mißt die Intensität der Gammastrahlung in 256 Energiekanälen, wobei derzeit nur 5 Energiesummenbereiche, nämlich für die Gesamtstrahlung (0,4–3,0 MeV), für Uran-weit (1,041 – 1,207 MeV, 1,66 – 2.41 MeV), Kalium ( $^{40}\text{K}$ ; 1,36 – 1,56 MeV), Uran ( $^{214}\text{Bi}$ ; 1,67 – 1,87 MeV) und Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ ; 2,42 – 2,83 MeV) digital auf Magnetband aufgezeichnet werden. Die Integrationszeit beträgt 1 Sekunde für alle Energiesummenbereiche.
- 3) Ein Protonen-Präzessions-Magnetometer vom Typ Geometrics G-801/3. Es mißt die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes mit einer Anzeigegenauigkeit von  $\frac{1}{2}$  nT. Die Meßrate beträgt 1 Meßwert pro Sekunde. Der Sensor hängt an einem Kabel, etwa 20m unter dem Hubschrauber.
- 4) Zur Messung der Flughöhe über Grund dient ein Radarhöhenmesser Sperry AA-220.
- 5) Der Flugweg wird auf einer Breite von  $\pm 100\text{m}$  durch eine Flugwegkamera (Automax GS 2) auf 35mm-Film aufgezeichnet.
- 6) Ein Magnetbandgerät (Kennedy 9800) registriert Signale von 16 Kanälen in digitaler Form. Ein Sechs- und ein Zweikanal-Analogschreiber dienen v.a. als Monitor für die geophysikalischen Meßwerte. Zusätzlich können die digital registrierten Daten mit Hilfe eines Mikrorechners (Modell G-715) während der Aufzeichnung auf einem Bildschirm kontrolliert werden.
- 7) Eine Dopplernavigationsanlage (System LDNS der Firma Singer-Kearfott, USA) stellt durch ihre Flugweganzeige eine wesentliche Unterstützung für die Meßflugdurchführung dar. Weiters können mit diesem Gerät die Flugwegkoordinaten (im UTM-System) unmittelbar auf einem Magnetband aufgezeichnet werden.

8) Das ganze Meßsystem wird von einem Datenerfassungssystem vom Typ Geometrics G-714 gesteuert.

Der Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems ist in Abb. 2 vereinfacht dargestellt.

## 2.2. Fluglinien

Flugrichtung: Folgende Richtung wurde für die Fluglinien gewählt:

Meßprofile...  $120^\circ \rightarrow 300^\circ$

Für die später folgende Datenverarbeitung wurden fünf Kontrollprofile vermessen, die die Meßprofile möglichst im rechten Winkel schneiden sollten.

Abstand: Der Soll-Abstand der Meßprofile beträgt 200m.

Flugprofilkennung: Die Fluglinien haben eine achtstellige alphanumerische Bezeichnung, die eine zweistellige Buchstabenkennung für das Meßgebiet beinhaltet.

## 2.3. Durchführung der Messungen

*Navigationsunterlagen:* Als Navigationsunterlage diente die Österreichische Karte 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- ( $^{137}\text{Cs}$ ) als auch mit einer Thoriumquelle ( $^{208}\text{Tl}$ ) durchgeführt. Bei der ersten Eichung wird die Trennung der einzelnen Kanäle abgestimmt (siehe Abb. 3), während beim zweiten Eichvorgang die richtige Lage des für das Thorium charakteristischen Energiesummenfensters (2,42–2,83 MeV) überprüft wird (Abb. 4). Ebenso wurde die Phaseneinstellung des elektromagnetischen Meßsystems mit Hilfe eines Ferritstabes jeweils vor Flugbeginn kontrolliert und gegebenenfalls justiert.

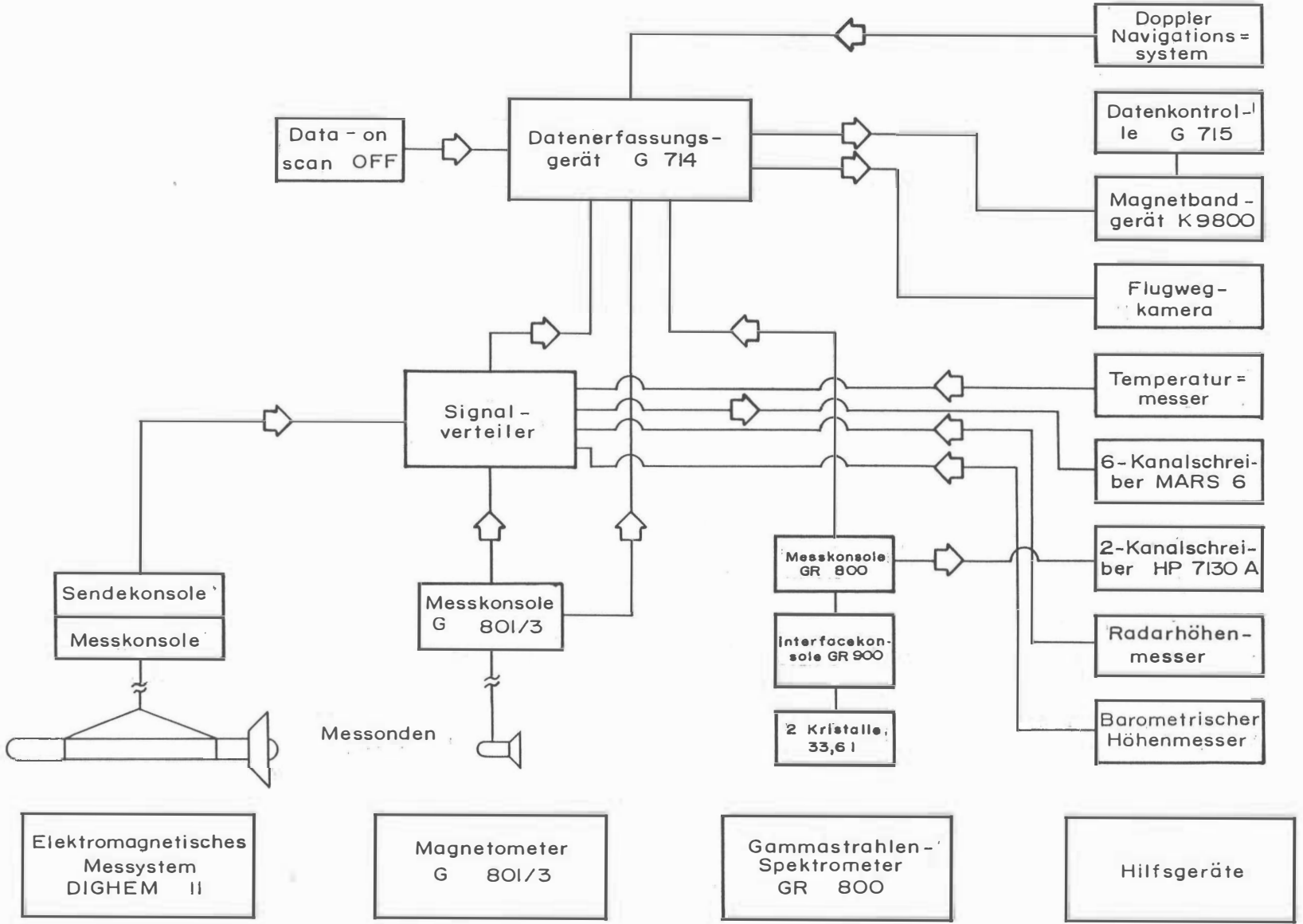
*Meßflüge:* Wegen der erheblichen topographischen Schwierigkeiten im Raum Pregarten stellte die Befliegung des Projektgebietes erhöhte Anforderungen sowohl an das Hubschrauberpersonal als auch an das eingesetzte Gerät. Während der Messungen auf den Profilen wurde eine Sollflughöhe des Hubschraubers von 80m angestrebt. Das entspricht folgenden Meßhöhen über Grund für die Sensoren der geophysikalischen Geräte:

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

Bei der Morphologie des Meßgebietes war es allerdings nur selten möglich, diese Sollflughöhe einzuhalten.



Abb. 2: Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems



Die Fluggeschwindigkeit betrug über leicht welligem Gelände ca. 125 km/h, an steileren Hängen entsprechend weniger. Die durchschnittliche Meßflugdauer lag bei etwa 1½ h (inkl. An- und Abflug zum und vom Meßgebiet).

In den Wendungen zwischen den Meßprofilen ist es notwendig, die Flughöhen für jeweils ca. 1 min auf etwa 350m zu erhöhen. In dieser Höhe läßt sich das Nullniveau für die elektromagnetischen Meßsignale bestimmen. Dies ist vor und nach jedem Profil erforderlich, da das Nullniveau durch Temperatureffekte an der EM-Sonde driftet.

Insgesamt wurden 16 Meßflüge absolviert, wobei ein sogenannter "Steigflug", bei dem die Höhenabhängigkeit der Gammastrahlenenergie im Meßgebiet bestimmt wird, inkludiert ist.

#### **2.4. Personal**

An der Durchführung der aerogeophysikalischen Arbeiten im Raum Pregarten waren folgende Personen beteiligt:

Geologische Bundesanstalt/Universität Wien:

Univ. Prof. Dr. Wolfgang Seiberl

Geologische Bundesanstalt:

Dr. Herbert Heinz

Österreichische Akademie der Wissenschaften:

Dipl. Ing. Alexander Biedermann

Mag. Robert Köhazy

Maria Loibnegger

Horst Eichberger

Norbert Blaumoser

Manfred Hamberger

Andreas Stern

Bundesministerium für Landesverteidigung:

Michael Mück

Peter Lang

Harald Rosa

Robert Staudinger

Rainer Wehrle

Harald Gramang

Franz Kalaschek

Oskar Schabus

Die administrative Abwicklung des Projekts erfolgte durch die Geologische Bundesanstalt und die Österreichische Akademie der Wissenschaften.

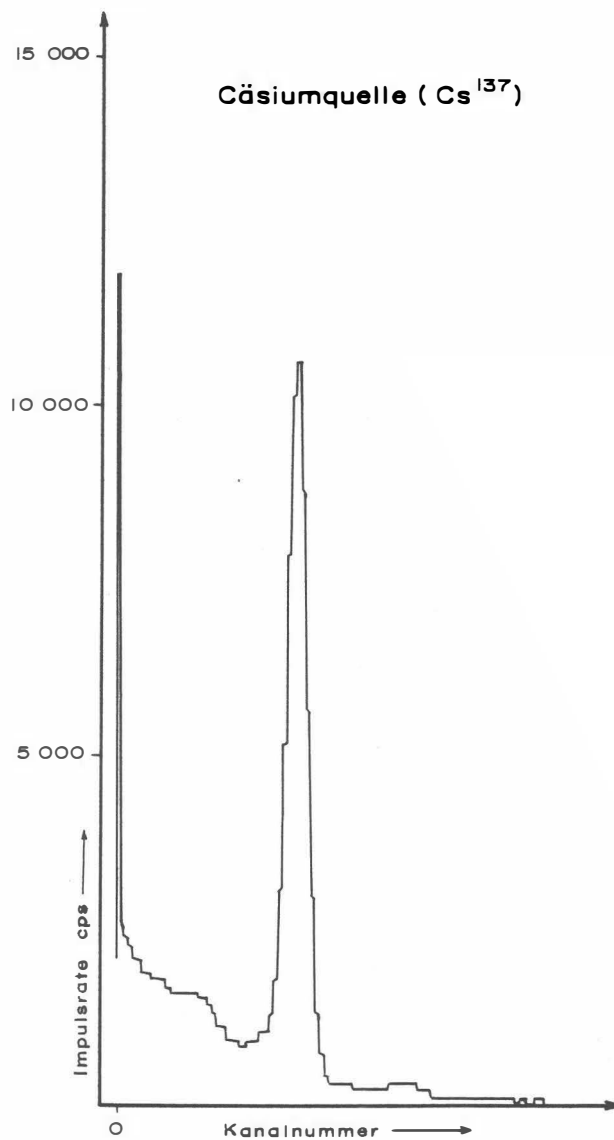


Abb. 3: GR - 800 Gammastrahlenspektrometer (Kristall I) Spektralregistrierung (10.6.1983) - Cäsiumquelle (<sup>137</sup>Cs)

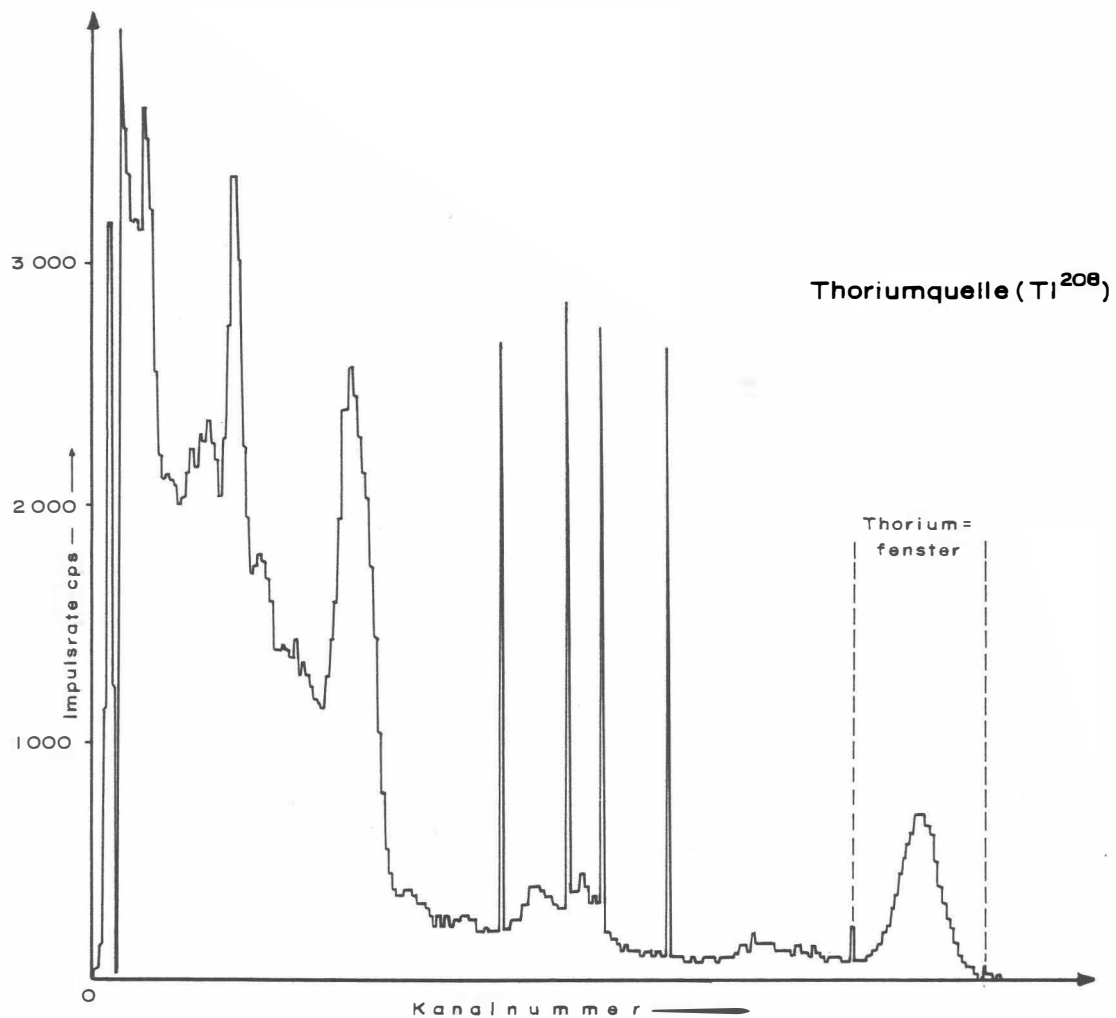


Abb.4: GR - 800 Gammastrahlenspektrometer (Kristall I) Spektralregistrierung (10.6.1983) — Thoriumquelle ( $^{208}\text{Tl}$ )

### 3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung

#### 3.1. Aufgabe der ADV

Die Verarbeitung der Meßdaten des Untersuchungsgebietes Pregarten fand in Wien statt, wobei die Rechenanlage des Universitätsrechenzentrums (IBM 3083JX) benutzt wurde.

Die Datenverarbeitung hat im wesentlichen drei Aufgaben:

- 1) Entfernung aller von nicht-geologischen Quellen stammenden Störsignale aus den Meßdaten bzw. die Durchführung bestimmter Meßwertkorrekturen.
- 2) Transformation der Meßdaten in Parameter, die einer geologischen Interpretation möglichst zugänglich sind.
- 3) Übergang von der eindimensionalen Vermessung entlang der Fluglinien zu zweidimensionalen Ergebniskarten (Isolinienpläne).

Zur Lösung dieser Aufgaben müssen folgende Eingabedaten für die ADV bereitgestellt werden:

- 1) Die geophysikalischen Meßdaten (mit Zeitmarken) und die Flughöhe vom Magnetband,
- 2) die georteten Paßpunkte der Flugwegrekonstruktion,
- 3) die Registrierdaten des magnetischen Observatoriums Wien-Kobenzl (magnetischer Tagesgang),
- 4) eine Reihe von Gerätekonstanten und Eichgrößen, die z.T. für jeden Meßflug neu bestimmt werden müssen,
- 5) Flugberichte mit Angaben über Flugnummer, Fluglinien und Abweichungen von der Norm (z.B. Unterbrechung von Fluglinien, besondere Störungen),
- 6) topographische Unterlagen für die Ergebniskarten.

Die nachfolgende Beschreibung der wesentlichen Schritte bei der Verarbeitung der Daten hat zum Ziel, die physikalische Aussagekraft der in den Ergebniskarten dargestellten Parameter aufzuzeigen.



### 3.2. Datenkontrolle

Nach jedem Meßflug wurden vom verantwortlichen Flugmeßingenieur die Analogaufzeichnungen der Meßdaten gesichtet und gegebenenfalls die Beseitigung von Geräte- oder Bedienungsfehlern veranlaßt.

Die auf Magnetband aufgezeichneten digitalen Daten wurden in Wien auf der Rechenanlage des Universitätsrechenzentrums abgespielt und diversen Fehlerkontrollen unterzogen.

Die Meß- und Datenerfassungssysteme sind im Hubschrauber großen mechanischen Belastungen ausgesetzt. So können sich Datenverluste ergeben, die sich zwar nur im Promillebereich der gesamten Daten bewegen, die aber trotzdem korrigiert werden müssen. Weiters werden am Beginn der Auswertung die Meßdaten auf Plausibilität und sogenannte statistische Ausreisser ("spikes") überprüft. Das alles wird von Computerprogrammen vollautomatisch durchgeführt.

Die Flugwegfilme wurden in Wien entwickelt, überprüft und für eine weitere Verwendung archiviert.

### 3.3. Flugwegdaten

Die Flugwege (Anlage 1) sämtlicher Profile wurden mit Hilfe der auf Magnetband aufgezeichneten Flugwegkoordinaten sowie mehrerer Paßpunkte, die an Hand der Flugwegfilme bestimmt wurden, rekonstruiert. Bei der kartenmäßigen Flugwegdarstellung erfolgte eine Transformation der ursprünglichen UTM-Koordinaten in das lokale österreichische Gauß-Krüger - System (M31).

### 3.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung

#### 3.4.1. Auswertung der EM—Daten

Mit dem DIGHEM-II-System werden

Inphase (Real)

Komponente  $R$

und

Quadrature (Imaginär)

Komponente  $Q$

des Magnetfeldes der im Untergrund induzierten Ströme für beide Sendefrequenzen gemessen. Jeweils nach 8 – 12 m Wegstrecke (d.h. alle 0,25 Sekunden) werden die Daten abgefragt und auf Magnetband registriert. Einen größeren Aufwand erforderte die Behandlung der Elektromagnetik-Meßdaten. Diese waren im Meßgebiet — zum Teil durch die Besiedlung bedingt — durch Stromleitungen und durch künstliche Leiter gestört. Die EM-Daten einiger Meßflüge enthalten zudem Störimpulse durch "sferics", d.h. durch elektromagnetische Impulse aufgrund von luftelektrischen Entladungen, insbesondere Gewittern.

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

- 1) irreguläre Form der Anomalien
- 2) Aufzeichnung von Fremdfeldern mit Frequenzanteilen nahe der Meßfrequenz in den sogenannten "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 denen geologischer Leiter zu unterscheiden sind. Eine Identifizierung künstlicher Leiter muß einer späteren Befahrung vorbehalten bleiben.

Die Datenverarbeitung beginnt mit einer digitalen Filterung, wodurch die Rohdaten von hochfrequenten Störsignalen befreit werden. Die nächsten Schritte sind:

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

Bei kleinen Signalamplituden (z.B. über Gesteinen mit hohem spezifischen 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 nicht immer ausreichend. Besonders bei längeren Meßprofilen war es nötig, zusätzliche Stützstellen auf dem Profil einzuführen. Hierbei wurde ausgenutzt, daß tiefere Täler oft nur in größeren Flughöhen überflogen werden konnten, wobei die Amplitude des Sekundärfeldes nahe Null war.

In der Folge wurden die so berechneten  $\rho_a$ -Werte mit Hilfe eines Trommelplotters in Form von Isolinienplänen im Maßstab 1:25.000 dargestellt. Dabei werden Zonen geringer  $\rho_a$ -Werte schraffiert wiedergegeben (Anlage 2). Die Isolinien für  $\rho_a$  wurden für die koplanare Meßanordnung (3600 Hz) in Abständen von 10, 50, 100, 500, 1000 und 2000  $\Omega m$  gezogen. Auf die Herstellung eines  $\rho_a$ -Isolinienplanes für das koaxiale Spulensystem (900 Hz) wurde verzichtet, weil keine nennenswerten zusätzlichen Informationen in den 900 Hz-Daten enthalten sind.

Für hohe spezifische Widerstände der Gesteine bzw. auch bei großen Flughöhen liegen die gemessenen Amplituden von  $R$  und  $Q$  in der Größenordnung der Driftfehler. Es wurden

daher nur jene  $\rho_a$ -Werte geplottet, für die  $\rho_a \leq 2000\Omega m$  (3600 Hz) gilt. Dabei wurden aber nur solche Amplituden von  $R$  und  $Q$  berücksichtigt, für die die Schwellwerte  $\geq 10$  ppm waren.

Für den Isolinienplan (3600 Hz) der scheinbaren Tiefe  $d_a$  (Anlage 3) wurde ein einheitlicher Isolinienabstand von 10m gewählt.

Wie im Anhang A quantitativ abgeleitet wird, sind bei den Messungen über geneigter Erdoberfläche bestimmte Veränderungen der Ergebnisparameter gegenüber jener der horizontalen Ebene zu erwarten. Bei Verwendung eines horizontalen Spulensystems ist für Hangneigungen  $> 30^\circ$  mit einer Erhöhung der Werte für  $\rho_a$  und  $d_a$  zu rechnen. Bei bekannter Hangneigung lassen sich derartige Verfälschungen mit den im Anhang angegebenen Formeln korrigieren.

### 3.4.2. Bedeutung der Ergebnisparameter $\rho_a$ und $d_a$

Die Parameter  $\rho_a$  und  $d_a$  können für das Interpretationsmodell "homogener Halbraum" aus jedem Meßwertepaar  $R$  und  $Q$  berechnet werden (z.B. nach MUNDRY, 1984). Die Werte  $\rho_a$  und  $d_a$  stimmen annähernd mit dem wahren spezifischen Widerstand  $\rho$  und der wahren Tiefe  $d$  eines verborgenen Leiters überein, wenn dieser

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

Dies trifft für viele sulfidische Vererzungen, aber auch für graphitische und tonige Medien häufig zu.

Ist Bedingung 1) nicht erfüllt, d.h. der Körper ist zu klein, so ist im allgemeinen  $\rho_a > \rho$  und  $d_a > d$ . Ist Bedingung 2) nicht erfüllt, insbesondere z.B. wegen einer leitenden Überdeckung, so wird ebenfalls  $\rho_a > \rho$ , aber  $d_a < d$ .

Der Tiefenwert  $d_a$  kann größer, kleiner oder gleich Null sein. Bezogen auf einen Zweischichtenfall, d.h. eine Deckschicht mit einem Widerstand  $\rho_1$  und einer Dicke  $d_1$  sowie einem (unendlich dicken) Substratum mit dem Widerstand  $\rho_2$ , gelten folgende Zusammenhänge (FRASER, 1978):

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

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

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

Durch das Vorzeichen von  $d_a$  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 ( $\Delta T$ )

In der Anlage 4 ist der Isolinienplan der magnetischen Totalintensität ( $\Delta T$ ) dargestellt. Diese Anomalien stellen die Feldabweichungen vom globalen Erdmagnetfeld dar, wobei letzteres durch das "Internationale Geomagnetische Referenzfeld" (IGRF) definiert wird. Da das Magnetfeld auch zeitlich veränderlich ist, stellt sich der anomale Feldbeitrag ( $\Delta T$ ), der von den unterschiedlich magnetisierbaren Gesteinen herrührt, wie folgt dar:

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

mit

$T(x, y, z, t)$	... Meßwert am Flugprofil
$T(t)$	... zeitliche Variation des Magnetfeldes
$T_{int}$	... magnetisches Hauptfeld
$\delta T$	... Restfehler (Feldwirkungen des Hubschraubers etc.)

Die zeitlichen Variationen  $T(t)$  werden durch ortsfeste Stationen beobachtet, wobei in Österreich das Observatorium Wien-Kobenzl verwendet wird. Der Verlauf des Hauptfeldes  $T_{int}$  kann für kleine Meßgebiete, wie z.B. Österreich, gut durch eine Ebene angenähert werden, sodaß nur die beiden Gradienten des IGRF (zur Epoche 1977,7)

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 2.67 \text{ nT/km Richtung N,}$$

sowie

$$\frac{\partial T}{\partial \lambda} = 0.75 \text{ nT/km Richtung O}$$

und eine Konstante ( $T_c = 47.241 \text{ nT}$ ) zu seiner Darstellung notwendig sind.

Die Restfehler ( $\delta T$ ) beinhalten vor allem die Störungen des Hubschraubers am Ort des Sensors, die in beiden Flugrichtungen relativ zum Erdmagnetfeld unterschiedlich sein können (= heading error). Diese Fehler können mit Hilfe der Daten von Kontrollprofilen weitgehend eliminiert werden. Dazu werden die Meßwertdifferenzen an den Kreuzungspunkten von Meß- und Kontrollprofilen bestimmt. Aus den Differenzen an vielen Kreuzungspunkten werden unter Anwendung statistischer Verfahren Korrekturwerte ermittelt und die Restfehler damit zum Großteil beseitigt.

Ein etwaiges hochfrequentes Rauschen in den gemessenen Werten  $T(x, y, z)$  wird bereits zu Beginn der Verarbeitung der magnetischen Daten durch Anwendung von sorgfältig angepaßten digitalen Filtern minimiert.

Nach Bestimmung der Werte  $T_{int}$ ,  $T(t)$  und  $\delta T$  kann nach obiger Gleichung der anomale Anteil  $\Delta T(x, y, z)$  der Totalintensität für jeden Meßpunkt  $P(x, y, z)$  berechnet werden. Die

Anomalien der Totalintensität werden in Form von Isolinienplänen flächenhaft dargestellt, wie in Kap. 3.4.1. näher erläutert.

Bei der Bearbeitung von magnetischen Anomalien, die in topographisch schwierigem Gelände gemessen wurden, muß der Einfluß der Geländeform bedacht werden. So machen sich z.B. unterschiedliche Hangneigungen, Bergkämme usw. erheblich im Anomalienmuster bemerkbar (SEREN, 1980). In diesem Zusammenhang sei auf die Ausführungen im Anhang B verwiesen.

### 3.6. Radiometrische Kartierung

#### 3.6.1. Die 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 von Kalium mit dem radioaktiven Isotop  $^{40}\text{K}$ .

Aus dem gesamten Energiespektrum der Gammastrahlung werden die für diese Elemente charakteristischen Energieintervalle (Fenster) verwendet: Die Bereiche der Photopeaks von  $^{40}\text{K}$  (bei 1,46 MeV), des U-Tochterprodukts  $^{214}\text{Bi}$  (1,76 MeV) und des Th-Tochterprodukts  $^{208}\text{Tl}$  (2,62 MeV).

Kalium - Kanal: 1,36–1,56 MeV

Uran - Kanal: 1,67–1,87 MeV

Thorium - Kanal: 2,42–2,83 MeV

Außerdem wird die gesamte Energie der Gammastrahlung von 0,4–3,0 MeV gemessen.

#### 3.6.2. Korrekturen 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  $\sigma$  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. 5a gezeigten Zählraten in cps — hier für Uran und Thorium — mit der natürlichen statistischen Streuung. Durch entsprechend angepaßte digitale Filter wird das hochfrequente Rauschen in den Rohdaten weitgehend eliminiert, ohne daß das längerwellige Nutzsinal (d.h. die Variationen der Zählrate, die durch wechselnde Gehalte der strahlenden Elemente im Gestein verursacht werden) verändert wird.



Das Ergebnis dieser Filterung zeigt Abb. 5b. Das Ziel der nun folgenden Korrekturschritte, die in Abb. 5c – Abb. 5e dargestellt sind, ist, die geglätteten Meßdaten noch von 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 (Abb. 5c). Der Background in den einzelnen Kanälen wird durch entsprechende Steigflüge über Wasserflächen bestimmt.

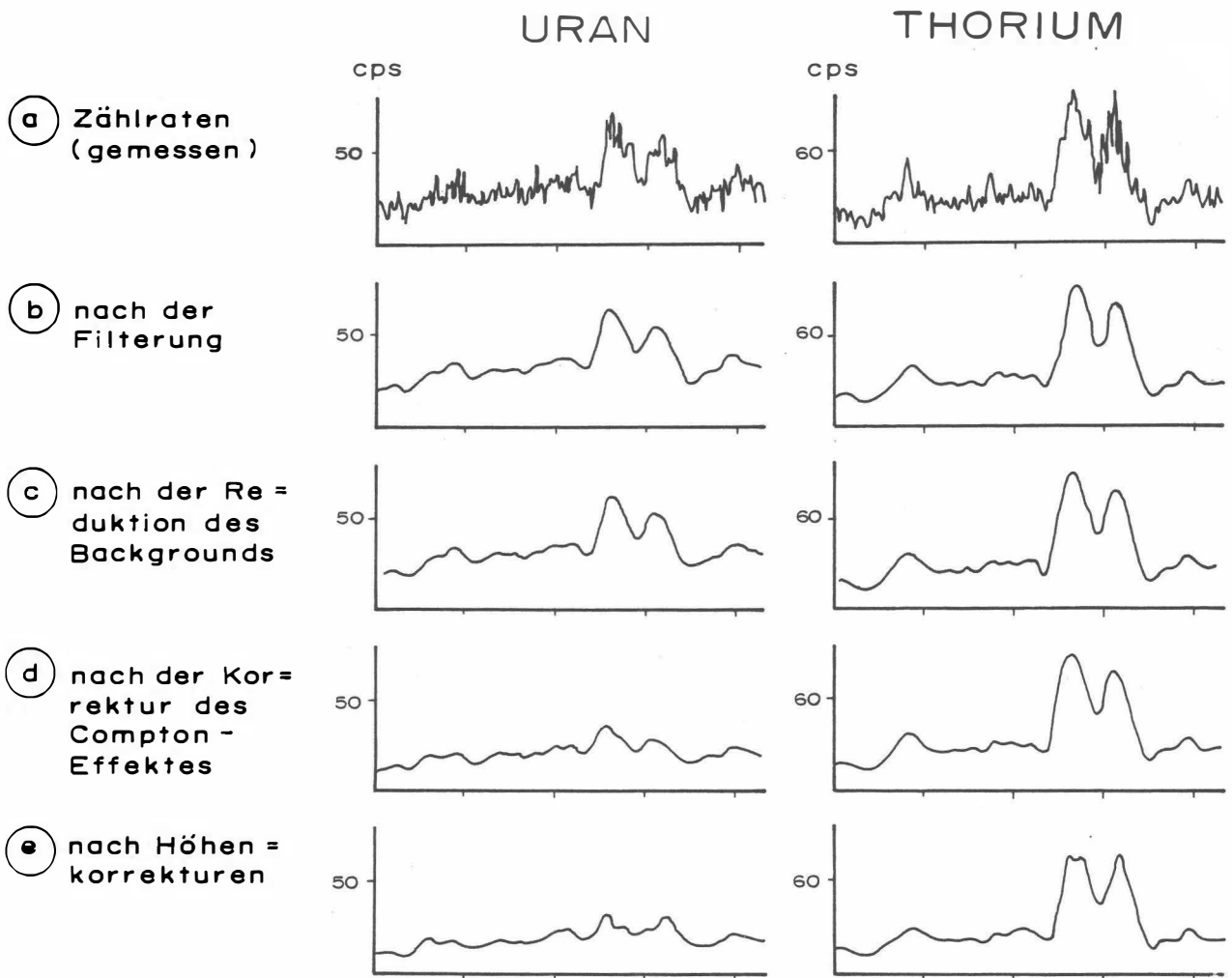


Abb.5a – e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie.

- Reduktion des Comptoneffektes: Beim Durchgang durch Materie wird die Gammastrahlung unter Energieverlust gestreut. Dies hat zur Folge, daß z.B. ein bestimmter Anteil der Strahlung (“stripping ratio”) von Th-Quellen in den Uran- und Kaliumkanal sowie von U-Quellen in den K-Kanal fällt (zur Definition des stripping ratios siehe z.B. (IAEA,1979)). Die stripping ratios haben für die beschriebene Meßkonfiguration und die vorne angegebenen Fenstereinstellungen folgende Werte:

Compton-Streukoeffizienten:

$$S_{UT_h} \text{ (Th in den U-Kanal): } 0,27$$

$$S_{ThU} \text{ (U in den Th-Kanal): } 0,065$$

$$S_{KT_h} \text{ (Th in den K-Kanal): } 0,17$$

$$S_{KU} \text{ (U in den K-Kanal): } 0,82$$

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 Streukoeffizienten  $S_{UT_h}$  in der Form

$$S_{UT_h} = (S_{UT_h})_0 + 0.0076h, \quad h \text{ in Fuß}$$

geschieht.

Wie Abb. 5d 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 die Compton-Reduktion.

- Höhenkorrektur: Die Intensität der vom Boden kommenden Gammastrahlung nimmt mit der Höhe über Grund 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 unbekanntem Gehalt der Luft an  $^{222}\text{Radon}$  verfälscht. Es werden daher standardmäßig Steigflüge im Meßgebiet durchgeführt, um die charakteristische Höhenänderung der Gammastrahlung in diesem Gebiet zu ermitteln.

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

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

beschreiben. Für die Absorptionskonstante  $\mu$  ergaben sich im Meßgebiet im Höhenbereich von 30m bis 300m über Grund folgende Mittelwerte:

$$\mu(\text{Total}) = 0,002455$$

$$\mu(\text{Kalium}) = 0,002294$$

$$\mu(\text{Uran}) = 0,002015$$

$$\mu(\text{Thorium}) = 0,001882$$

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

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

auf die Normalhöhe  $h = 240\text{ft}$  umgerechnet. Abb. 5e zeigt die Wirkung dieser Höhenkorrektur.

- Übergang zu Radioelementkonzentrationen: Die "International Atomic Energy Agency" (IAEA, 1979) empfiehlt die Umrechnung der Zählraten in Äquivalent - Konzentrationen der drei strahlenden Elemente. Dies hat u.a. den Vorteil, daß die Ergebnisse von Messungen mit verschiedenen Instrumenten, insbesondere mit verschiedenem Kristallvolumen, untereinander vergleichbar werden. Da bis heute aber keine geeigneten Eichrichtungen (Testflächen) für Gammastrahlenspektrometer in Österreich vorhanden sind, können im Rahmen dieser Untersuchungen des Raumes Pregarten keine Berechnungen der Radioelementkonzentrationen durchgeführt werden.

Durch den Reaktorunfall in der UdSSR wurden — vor allem durch starke Regenfälle — mehrere Gebiete in Österreich erheblich mit radioaktiven Spaltprodukten belastet (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ, 1986). Wie man der Abbildung 6 entnehmen kann, wurden dabei hauptsächlich Isotope mit größeren Halbwertszeiten abgelagert, die Gammastrahlenquanten mit Energien bis maximal 1,0 MeV emittieren ( $^{103}\text{Ru}$  0,49 MeV;  $^{137}\text{Cs}$  0,61 MeV;  $^{134}\text{Cs}$  0,66 MeV;  $^{134}\text{Cs}$  0,79 MeV). Aus diesem Grund wird nur die Gesamtstrahlung durch die Folgen von Tschernobyl beeinträchtigt.

# AIRBORNE GAMMA-RAY SPECTRUM / 256 CHANNELS

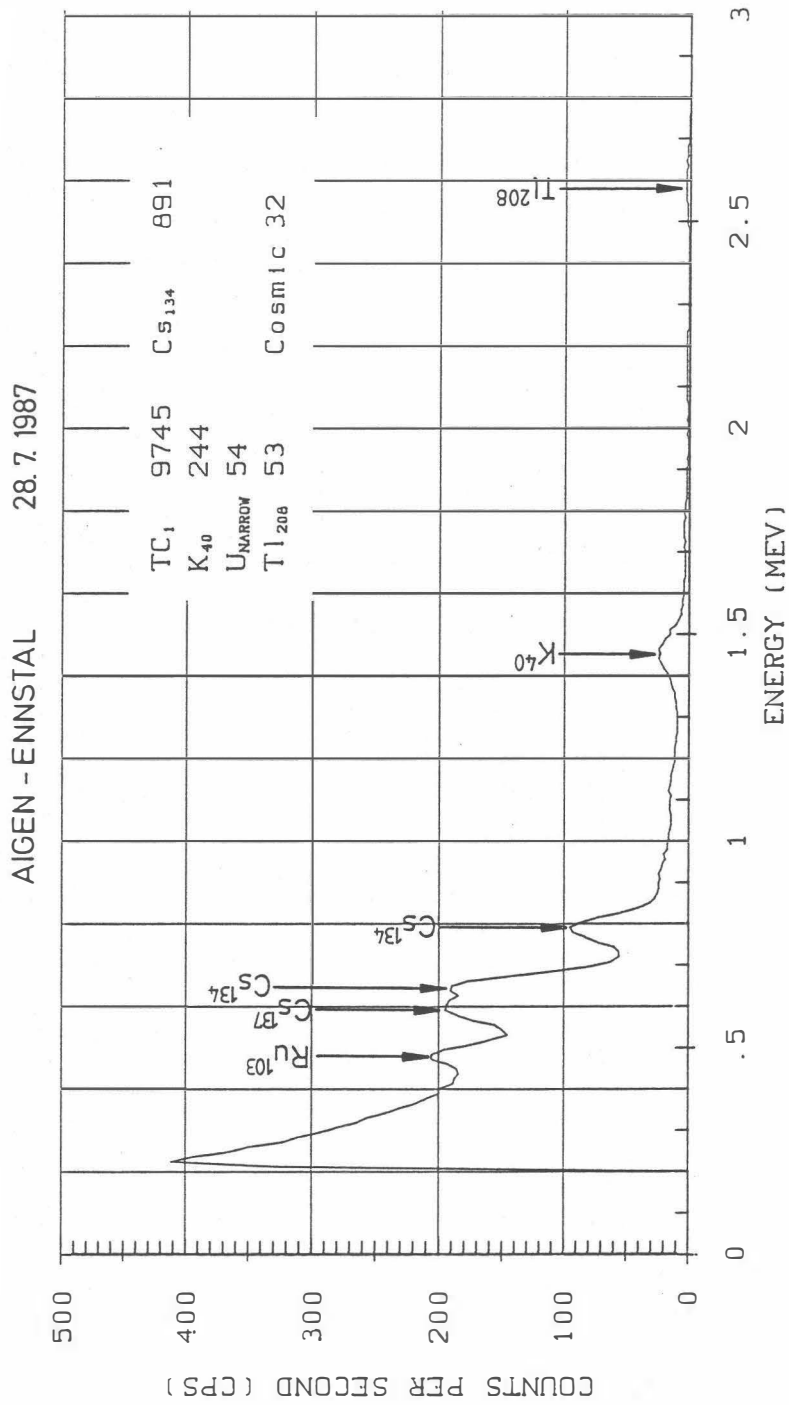


Abb.6: Spektrum der Gammastrahlenenergie (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal.

### 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 Isoliniendarstellung beeinträchtigen würde. Um dies zu vermeiden, werden an den Kreuzungspunkten der Meß- und Kontrollprofile die zugehörigen Zählraten ermittelt. Über ein zweidimensionales Fehlerausgleichsprogramm werden die an den Kreuzungspunkten bestimmten Zählerdifferenzen über dem gesamten Meßbereich ausgeglichen. Trotzdem war es nicht immer möglich, alle klimatischen Einflüsse zu beseitigen.

Wie aus ausländischen Untersuchungen (z.B. WEBSTER, 1984; FORD & O'REILLY, 1985) bekannt ist, zeigen Granite, die für Gneisenbildungen in Frage kommen, häufig höhere Urankonzentrationen bzw. verminderte Thoriumführungen. Um nun solche Granitkomplexe besser erkennen zu können, wurde für die Untersuchungen im Projektgebiet Pregarten das U/Th - Verhältnis flächenmäßig dargestellt. Dabei wurde nicht die U-Strahlung ( $^{214}\text{Bi}$ ) mit Energien zwischen 1,67 und 1,87 MeV benutzt, sondern jene Energieanteile der  $^{235}\text{U}$ -Zerfallreihe zwischen 1,04 und 1,22 bzw. zwischen 1,67 und 2,42 MeV. Dies deshalb, weil in diesen beiden Energiebereichen weitere Energiemaxima des Zerfallproduktes Wismut ( $^{214}\text{Bi}$ ) auftreten.

Ähnlich wie bei der Darstellung der elektromagnetischen Daten (s. Abschnitt 3.4.1.,  $\rho_a$ ) wurden in der Folge die reduzierten Energiewerte der Gammastrahlung entlang der Flugprofile geplottet und händisch konturiert. Dabei wurden folgende Isolinienintervalle gewählt:

Gesamtstrahlung (Anlage 5)	... 250 cps (cps = counts/s)
Kalium (Anlage 6)	... 25 cps
Uran (Anlage 7)	... 5 cps
Thorium (Anlage 8)	... 10 cps
U/Th-Verhältnis (Anlage 9)	... 0.1
U/K-Verhältnis (Anlage 10)	... 0.1
Th/K-Verhältnis (Anlage 11)	... 0.1

Eine zusätzliche Problematik von Gammastrahlenmessungen in topographisch schwierigem Gelände stellt die Abweichung von einer horizontalen Meßebeine ( $2\pi$ -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 kleiner  $2\pi$ ) eine niedrigere Zählrate (KILLEEN, 1979).



## 4. Geologie des Meßgebietes

Das Meßgebiet "Pregarten" bildet die unmittelbare Fortsetzung des Meßgebietes "Kefermarkt", über das bereits berichtet wurde (SEIBERL & HEINZ, 1988). Es umfaßt das Gallneukirchner Becken mitsamt seinem Rahmen im Nordosten, der aus Weinsberger Graniten und Feinkorngraniten (Mauthausener Granit im weiteren Sinn; Freistädter Granit, vor allem mit seinem grobkörnigen Randtyp) besteht. Im Nordwesten des beflügten Gebietes wurde auch noch der das Gallneukirchner Becken gliedernde Engerwitzdorfer Granit erfaßt. Die etwa NW-SE streichende Beckenachse ist außerdem noch durch einige Vorkommen bzw. Aufbrüche vom Granit des Typs "Altenberg" begleitet (Manuskriptkarte 1:50 000, Blatt 33, Steyregg), der hier als hybrider Zweiglimmergranit aufgefaßt wird. Einige Abschnitte des Gallneukirchner Beckens wurden im Zusammenhang mit bodengeophysikalischen Untersuchungen neu aufgenommen (HEINZ et al., 1986a). Als Beckenfüllung fungiert vorzugsweise der (Ältere) Schlier, vgl. bereits GRILL (1935). Die beherrschende Stellung dieses Sediments konnte durch die bodengeophysikalischen Meßergebnisse auch bestätigt werden. Vorwiegend am Beckenrand sind auch größere Flächen von Linzer Sanden bedeckt, die sich nach GRILL l.c. mit dem Schlier verzahnen, nach W.FUCHS (1980) jedoch einfach durch den Schlier überlagert werden.

Das mit den Tertiärsedimenten erfüllte Becken ist aber nicht nur durch die erwähnten Aufbrüche diverser Granitkörper gegliedert, sondern hat auch eine tektonische, vor allem für die Kaolinprospektion bedeutsame Formung erfahren. Neben einer primären, durch die Granitareale bedingten randlichen Isolation von Teilbecken und Randbuchten sind auch Strukturen — meist parallel zur Beckenachse — im Beckeninneren aufzufinden (vgl. Kapitel 5.1.). Randlich, aber auch zentral sind nämlich zahlreiche, unterschiedlich dimensionierte, etwa NW-SE streichende antithetische Abschiebungen von Bedeutung, die eine mehrmalige Wiederholung einer schwach nach Süden fallenden Abfolge von Graniten, Linzer Sanden und Schlier verursachen (vgl. HEINZ et al., 1986a).

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Widerstandskartierung; Anlagen 2 und 3

In den Anlagen 2 und 3 sind die Widerstands - Tiefenverhältnisse dargestellt. Aus dieser Verteilung ist vor allem der südliche und zentrale Teil des Gallneukirchner Beckens mit durchwegs recht niedrigen scheinbaren Widerständen — um  $10 \Omega\text{m}$  und darunter — gut ersichtlich. Die steilen Gradienten (auch in der scheinbaren Tiefe der Leiter, vgl. Anlage 3) am südlichen Randstreifen des Beckens bestätigen die Vermutung einer (?primären) Asymmetrie, mit dem Beckentiefsten im Süden. - Durch die gemessenen unterschiedlichen Leitfähigkeiten wurde auch die Gliederung des Beckens erfaßt. Dies bezieht sich nicht nur auf die durch die Granitaufrüche hervorgerufene Gliederung, sondern auch auf die der Beckenachse parallel liegenden Streifen von Granit, Linzer Sanden und Schlier, deren Abfolge von Norden nach Süden in dieser Anordnung durch die in Kapitel 4 beschriebenen antithetischen Verwerfungssysteme zustandekommt (die jeweiligen Nordschollen sind den Südschollen gegenüber abgesenkt). Diese Auflösung der Strukturen ist für die Bewertung der kaolinhöflichen Gebiete im Verlauf der Kettenbachsenke und des Gallneukirchner Beckens von Wichtigkeit. Ausgewiesen sind die entsprechenden Zonen in der Beilage 2 durch Umrandungen. Ausschlaggebend für die Auswahl dieser Zonen waren neben den extrem niedrigen Widerständen (um  $10 \Omega\text{m}$  und darunter) ihre Position in jenen Beckenbereichen, die durch die Abriegelung mit hochliegenden Granitvorkommen (höhere Widerstände / steilere Gradienten) vor allem im Süden vor eventuellen Ausräumungen geschützt waren.

Mit Einschränkungen ist das gutleitende Areal NW von Perg (am Südostrand des Meßgebietes) zu diesen Hoffungsgebieten zu zählen, da es etwas exponierter zu sein scheint. Ähnliches gilt für den Bereich am äußersten Ostrand des Meßgebietes (SSE von Bad Zell). Aber auch die Granite selbst sind mit verhältnismäßig nur geringen Widerständen ausgestattet; die Werte erreichen nirgends mehr als etwas über  $1000 \Omega\text{m}$ , liegen aber meist deutlich darunter. Ursache dafür ist die weite Verbreitung von Verwitterungs-, Auflockerungs- und Verlehmungszonen besonders in diesem Bereich des südlichen Moldanubikums. HEINZ et al. (1986a) konnten mittels VES (geoelektrische Tiefensondierungen), gekoppelt mit refraktionsseismischen Messungen auch eine Unterscheidung in "gewachsenes Kristallin" (= fester Granit), "verlehmt" bzw. "aufgelockertes Kristallin" vornehmen. In manchen Fällen sind die Linzer Sande von aufgelockertem oder vergrustem Material aus den Magmatiten hinsichtlich ihrer Leitfähigkeiten überhaupt nicht zu unterscheiden, die Werte konvergieren zu einem Widerstandsbereich von  $200\text{-}400 \Omega\text{m}$ .

Die im Westen des Meßgebietes auf Anlage 2 auffällige Häufung von begrenzten, lokalen Anomalien ist auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen. Dort verläuft die Bahnlinie Linz - Budweis.

## 5.2. Isoanomalien der Totalintensität $\Delta T$ ; Anlage 4

Das magnetische Muster des Meßgebietes ist vorwiegend ruhig. Ausgeprägte Strukturen finden sich nur im Nordwesten (NW Pregarten und Wartberg) und im zentralen Teil (N und W Tragwein), sowie am Süd- bzw. Südostrand. Die markante Struktur am Nordwestrand des Gebietes hat seine Fortsetzung im Meßgebiet "Kefermarkt" (SEIBERL & HEINZ, 1988, Anlage 4). Sie koinzidiert fast exakt mit dem NE-SW verlaufenden Vorkommen von Freistädter Granit (mittelkörnige Randfazies) nordwestlich von Pregarten. Die Eigenständigkeit dieses Granittyps bzw. dieser Randfazies auch gegenüber den mit ihm verwandten Feinkorngraniten manifestiert sich recht deutlich gleichfalls aus den gammastrahlenspektrometrisch gewonnenen Daten.

Die Minima NW von Tragwein folgen der Kontaktzone Feinkorngranite/ Weinsberger Granit. Der sonst dominierende ruhige Feldverlauf ist typisch für das allgemeine magnetische Verhalten der moldanubischen Plutonmassen, wie sie aus HEINZ et al. (1986b) bekannt sind. Unterbrochen wird dieses typische Muster nur durch charakteristische, besonders an den Kontakten der verschiedenen Granittypen aufzufindende Strukturen, deren Ursachen in SEIBERL & HEINZ (1986b und 1988) eingehender bereits diskutiert wurden.

Die übrigen Anomalien im SE bzw. E des Meßgebietes werden mangels Interpretierbarkeit hier nicht behandelt.

## 5.3. Gammastrahlenspektrometrie

### 5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 5

Wie in Kapitel 3.6.2. ausgeführt, ist die Messung der Gesamtstrahlung durch die Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl beeinträchtigt. Eine qualitative Interpretation dieser Daten für geologische Fragestellungen erscheint daher wenig sinnvoll.

### 5.3.2. Kalium ( $^{40}\text{K}$ ); Anlage 6

Maxima: über 300cps  
Minima: unter 40cps

Die jüngeren Tertiär- bzw. Quartärbedeckungen sind fast ausschließlich durch niedrige Impulsraten charakterisiert:

- Gallneukirchner Becken: 90-130cps
- Kettenbachsenke: 170cps (relatives Minimum gegenüber den umrahmenden Graniten);
- Tertiärvorkommen W von Pregarten und Wartberg: um 125cps;
- Terrassensedimente der Donau (Süden des Meßgebietes): um 150cps;

Der nördliche Teil des Gallneukirchner Beckens, der durch die Granitaufragungen teilweise vom Hauptbecken getrennt ist, weist erhöhte Zählraten auf. Es sind dies vor allem jene Abschnitte, die unmittelbar an diese Aufragungen grenzen (Werte bis 225cps). Wahrscheinlich sind Umlagerungen und Anreicherungen strahlender Phasen der Grund für diese relativen Maxima. Die Umlagerungsrichtung ist demnach hier generell von Süden nach Norden anzunehmen. —

Wie schon in den angrenzenden Meßgebieten beobachtet werden konnte, haben die Feinkorngranite durchwegs niedrigere Impulsraten als der Weinsberger Komplex. Die Kontaktzonen zeigen jedoch fast immer höhere Werte, steile Gradienten mit Differenzen von 100-150cps auf kleinem Raum sind durchaus nicht selten; auch dies ist ein Phänomen, das in diesem Bereich der südlichen Böhmisches Masse häufig auftritt.

Der Freistädter Granit, schon durch die magnetischen Messungen als recht eigenständiger Komplex erkennbar (Kapitel 5.2.), weist sich durch extrem niedrige Zählraten aus. Dies gilt auch für die übrigen Kanäle. —

Die höchsten Werte wurden im Weinsberger Granit gemessen. Dabei handelt es sich wohl um lokale Effekte und um örtliche Kumulationen, vgl. SEIBERL & HEINZ (1988).

### 5.3.3. Uran ( $^{214}\text{Bi}$ ); Anlage 7

Maxima: über 55cps  
Minima: unter 10cps

(im Durchschnitt über 40cps)

Die Impulsraten des Uran-Kanals zeigen bezüglich ihrer Höhe keine allzugroßen Unterschiede. Generell liegen die Werte im Tertiär des Gallneukirchner Beckens und in den Feinkorngraniten etwas niedriger als im Weinsberger Granit (30-35cps bzw.: 35-40cps). Der Freistädter Granit (Randfazies) ist durch Werte um 15cps charakterisiert. Erhöhte Zählraten wurden im Nordstreifen des Gallneukirchner Beckens erfaßt (vgl. Kap 5.3.2.), ebenso im Bereich der Kettenbachsenke (um 45 bis 55cps).

### 5.3.4. Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ ); Anlage 8

Maxima: über 170cps  
Minima: unter 40cps

Anlage 8 verdeutlicht eindrucksvoll die Gliederung des Meßgebietes in die NE-SW angeordneten Streifen von Plutonkörpern (von NW nach SE: Freistädter Granit, Weinsberger Granit, Mauthausener Granit (= Feinkorngranit i.w.S.), wiederum Weinsberger Granit), die im Süden an das WNW-ESE streichende Gallneukirchner Becken grenzen. Durch die ziemlich großen Unterschiede in den Höhen der Impulsraten, besonders in den Granitgebieten, sind die Gradienten an den Grenzen sehr steil; dies bedingt das sehr anschauliche Isolinienmuster.

Die Feinkorngranite und besonders der Freistädter Granit haben die geringste Strahlung (50-80cps im Durchschnitt). Auch die tertiäre Füllung des Gallneukirchner Beckens hat

Werte um 70cps, nur im Bereich südlich von Schwertberg ist ein relativ großes Areal durch Impulsraten von bis zu 140cps erfaßt worden.

Durchwegs höhere Strahlung ist für den Weinsberger Granit typisch. — SE von Pergarten liegt ein lokales, gut begrenztes Maximum, das mit einem ebenso gut begrenzten Vorkommen von Engerwitzdorfer Granit korrespondiert (Manuskriptkarte STEYREGG, 1:50 000). Bemerkenswert allerdings ist, daß die Aufbrüche von Engerwitzdorfer Granit weiter im Westen — die bereits mehrmals erwähnte Beckenachse markierend — nicht durch erhöhte Strahlung in Erscheinung treten.

#### 5.3.5. Verhältnisdarstellungen; Anlagen 9, 10 und 11

Die U/Th - Verhältnisse (Anlage 9) bewegen sich im Gallneukirchner Becken zwischen 0,4 und 0,5. Im Bereich der Granite tritt die Uranstrahlung gegenüber der Thoriumstrahlung sehr deutlich zurück (Quotient 0,2 bis 0,3). Nordöstlich von Perg, am Kontakt der Feinkorngranite zu den Weinsberger Typen sind die Verhältnisse zugunsten der Uranstrahlung etwas höher, aber auch das nicht sehr signifikant (0,6). Im Süden (SW Perg) verhalten sich U- und K-Strahlung wie 1:1 (Anlage 10); ein Vergleich der Anlagen 7 und 6 zeigt, daß in beiden Kanälen hier nur niedrige Impulsraten erfaßt wurden.

Die U/K- Quotienten (Anlage 10) steigen nur im Südwesten von Perg und nordwestlich von Perg bis auf 0,6 an. Ansonsten liegen sie bei 0,2 bis 0,3. Leicht erhöht sind innerhalb des Gallneukirchner Beckens die U/Th-Verhältnisse in der Umgebung der Altenberger Granite (NW Schwertberg). Dies liegt an recht niedrigen Impulsraten aus dem Thoriumkanal.

Die Anlage 11 schließlich zeigt die Th/K-Verhältnisse. Wie bereits in SEIBERL & HEINZ (1988) bemerkt, sind durch die stark unterschiedliche Mobilität von Th und K Verhältnisse um 1 oder darüber als anomal zu bezeichnen, sofern sie nicht über Zusammenschwemmungen gemessen wurden. Dies trifft hier auf die Kontakte Feinkorngranit/ Weinsberger Granit zu (NW Perg). Auf die Ausführungen bezüglich der ökonomischen Bedeutung der Granite im Zusammenhang mit einer genetischen Klassifikation der Plutonittypen, die in SEIBERL & HEINZ (1986b und 1988) andiskutiert wurde, wird hier verwiesen.

## 6. Empfehlungen

- Die aus der Widerstandskartierung erfaßten beckenparallelen Streifen niedriger Widerstände, die mit dem antithetischen Verwerfungssystem in Zusammenhang stehen, sind bezüglich ihrer Kaolinhöflichkeit untersuchenswert.
- Anomale Kontaktzonen im Bereich der Grenzen Feinkorngranite/ Weinsberger Granite sollten schwerpunktmäßig (vor allem geochemisch) weiter bearbeitet werden.

Die Untergliederung der mit dem Terminus "Feinkorngranite" zusammengefaßten Gesteinskomplexe (die vermutlich hinsichtlich ihrer Geochemie inhomogen sein dürften (vgl. SEIBERL & HEINZ, 1988)) müßte in Angriff genommen werden.

- Untersuchung lokaler Th- Anomalien (auf seltene Erden).

## 7. Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ: Tschernobyl und die Folgen für Österreich. — Ber. Umweltbundesamt, Wien, 1986.
- FORD, K.L. & O'REILLY, G.A.: Airborne gamma - ray spectrometric surveys as an indicator of granophile element specialization and associated mineral deposits in the granitic rocks of the Meguma Zone of Nova Scotia, Canada. In: High Heat Production (HHP) granites, hydrothermal circulation and ore genesis. pp.113 – 133, IMM, London, 1985.
- FRASER, D.C.: Resistivity mapping with an airborne multicoil electromagnetic system. — Geoph., **43**, Tulsa, 1978.
- FUCHS, W.: Die Molasse Ostösterreichs. — In: OBERHAUSER, R. (Red.): Der geologische Aufbau Österreichs. — Springer Verl., Wien 1980
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT: Manuskriptkarte Steyregg. — Unveröff. Manuskriptkarte 1 : 50 000, Archiv Geol.-B.A., Wien.
- GRILL, R.: Das Oligocänbecken von Gallneukirchen bei Linz a.d. Donau und seine Nachbargebiete. — Mitt. Geol. Ges. Wien, **28**, Wien 1935
- HEINZ, H., SEIBERL, W. & BRÜGGEMANN, H.: Geophysikalisch - geologische Untersuchungen am Südrand der Böhmischen Masse. — Arch. v. Lagerstättenforsch., Geol.B.-A., **7**, Wien 1986a
- HEINZ, H., BIEDERMANN, A., KÖHAZY, R.: Auswertung aeromagnetischer Daten im Bundesland Niederösterreich. — Ber. VLG NC-6p/84, Geol.B.-A., Wien, 1986b.
- International Atomic Energy Agency (IAEA): Gamma Ray Surveys in Uranium Exploration. — Techn. Rep. Series No.186, Vienna, 1979.
- 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.
- MUNDRY, E.: On the interpretation of airborne electromagnetic data for the two-layer case. Geophys. prosp., **32**, Den Haag, 1984.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Weitra. — Ber. Proj. NC-6q/84, ÖAW & Geol.B.-A., Wien, 1986.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Kefermarkt. — Ber. Proj. OC-1i/86, Geol.B.-A., Wien, 1988.
- SENGPIEL, K.P.: Hubschrauber-geophysik in der westlichen Grauwackenzone Österreichs. — Ber. BGR und GBA, Hannover-Wien, 1985.
- SEREN, S.: Geophysikalische Untersuchung des Kraubather Serpentin. — Unveröff. Diss., Phil.Fak. Univ. Wien, Wien, 1980.
- WEBSTER, S.S.: Comments on the Use of Gamma - Ray Spectrometry for Tin Prospecting. — Explor. Geoph., **15**, 1984.

## 8. Verzeichnis der Anlagen

1. Lageplan der Flugprofile
2. Isolinienplan scheinbarer Widerstand  $\rho_a$ , 3600 Hz
3. Isolinienplan scheinbare Tiefe  $d_a$ , 3600 Hz
4. Isolinienplan Totalintensität  $\Delta T$
5. Gammastrahlenspektrometrie: Gesamtstrahlung
6. Gammastrahlenspektrometrie: Kalium ( $^{40}\text{K}$ )
7. Gammastrahlenspektrometrie: Uran ( $^{214}\text{Bi}$ )
8. Gammastrahlenspektrometrie: Thorium ( $^{208}\text{Tl}$ )
9. Gammastrahlenspektrometrie: U/Th-Verhältnis
10. Gammastrahlenspektrometrie: U/K-Verhältnis
11. Gammastrahlenspektrometrie: Th/K-Verhältnis



## 9. Anhang

### A. Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft

(nach Dr. K.-P. Sengpiel, Bundesamt f. Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover)

#### 1. Einleitung

Geophysikalische Messungen vom Hubschrauber aus finden häufig in Gebieten mit starkem topographischem Relief statt. Für EM-Systeme, bei welchen Sende- und Empfängerspulen fest in einem Flugkörper installiert sind, wie z.B. beim Dighem-System, kann man davon ausgehen, daß der Flugkörper beim Steigen und Sinken entlang von Berghängen seine horizontale Fluglage beibehält. Dann steht jedoch z.B. ein vertikaler Sendedipol ( $V$ ) nicht mehr senkrecht auf der Erdoberfläche, wie in der Theorie angenommen. Die folgende Untersuchung soll zeigen, wie die Hangneigung  $\alpha$  ( $-90^\circ \leq \alpha \leq +90^\circ$ ) das gemessene Sekundärfeld bzw. die daraus abgeleiteten Ergebnisparameter spezifischer Widerstand  $\rho$  eines Halbraumes und Abstand  $d$  zwischen seiner Oberfläche und dem Meßsystem beeinflusst. Dabei wird angenommen, daß

- (1) der Hang in der Umgebung des Meßsystems eine hinreichende Ausdehnung (ca.200m) und eine ebene Oberfläche hat,
- (2) der Untergrund bezüglich der Leitfähigkeit homogen ist,
- (3) der Abstand vom Mittelpunkt des Meßsystemes zur Erdoberfläche (=Flughöhe  $h$ ) die Bedingung  $h \geq 3s$  ( $s$  = Spulenabstand) annähernd erfüllt und damit auch die Abstände von Sender- und Empfängerspule von der Erdoberfläche  $\approx h$  sind.

Die letzte Annahme trifft für viele aerogeophysikalische EM-Systeme zu (Dighem, Geonics, Geotech) und vereinfacht die folgenden Ableitungen. Diese stützen sich zum Teil auf Ergebnisse von MUNDY (1984), die ebenfalls unter obiger Voraussetzung (3) und unter der üblichen Annahme einer horizontalen Erdoberfläche gewonnen wurden.

Das sekundäre Magnetfeld  $S$  der im Untergrund induzierten Ströme wird in Relation zu Stärke und Richtung des primären Feldes  $P$  des induzierenden Dipols am Ort des Empfängers gemessen. Es läßt sich für homogenen Untergrund z.B. nach MUNDY (1984, Gl.6) bezüglich seiner Richtung zur Erdoberfläche folgendermaßen angeben:

- a) orthogonales Sekundärfeld bei orthogonalem (= vertikalem) Sendedipol

$$\frac{S_Z}{P_Z} = \left(\frac{s}{h}\right)^3 F_1, \quad (1a)$$

b) paralleles Sekundärfeld bei parallelem (=horizontalem) Sendedipol

$$\frac{S_X}{P_X} = -\frac{1}{4} \left(\frac{s}{h}\right)^3 F_1, \quad (1b)$$

wobei  $F_1$  eine komplexe Größe ist, deren Betrag proportional der Amplitude und deren Argument gleich der Phase des relativen Sekundärfeldes ist.

Für die Primärfelder am Ort der Empfänger gilt

$$P_Z = -\frac{Z_M}{s^3} \quad (2a)$$

$$P_X = 2\frac{X_M}{s^3}. \quad (2b)$$

$Z_M$  und  $X_M$  sind die Dipolmomente der beiden Sender (einschließlich des Faktors  $\frac{1}{4\pi}$ ).

Statt der relativen Sekundärfelder werden im folgenden die nicht-normierten Felder benötigt, nämlich

$$S_Z = -\left(\frac{1}{h}\right)^3 F_1 Z_M, \quad (3a)$$

$$S_X = -\frac{1}{2}\left(\frac{1}{h}\right)^3 F_1 X_M, \quad (3b)$$

die antiparallel zur Richtung des erzeugenden Dipols sind.

## 2. Horizontal-Koplanares Spulensystem über geneigter Erdoberfläche

Bei diesem System ist der Sendedipol  $V$  vertikal nach unten gerichtet, aber nicht orthogonal zur Erdoberfläche (Abb. A1). Vom Sekundärfeld wird nur die Vertikalkomponente, normiert auf

$$P_V = -\frac{V_M}{s^3} \quad (4)$$

gemessen.

## 2.1. Veränderung der gemessenen Amplitude

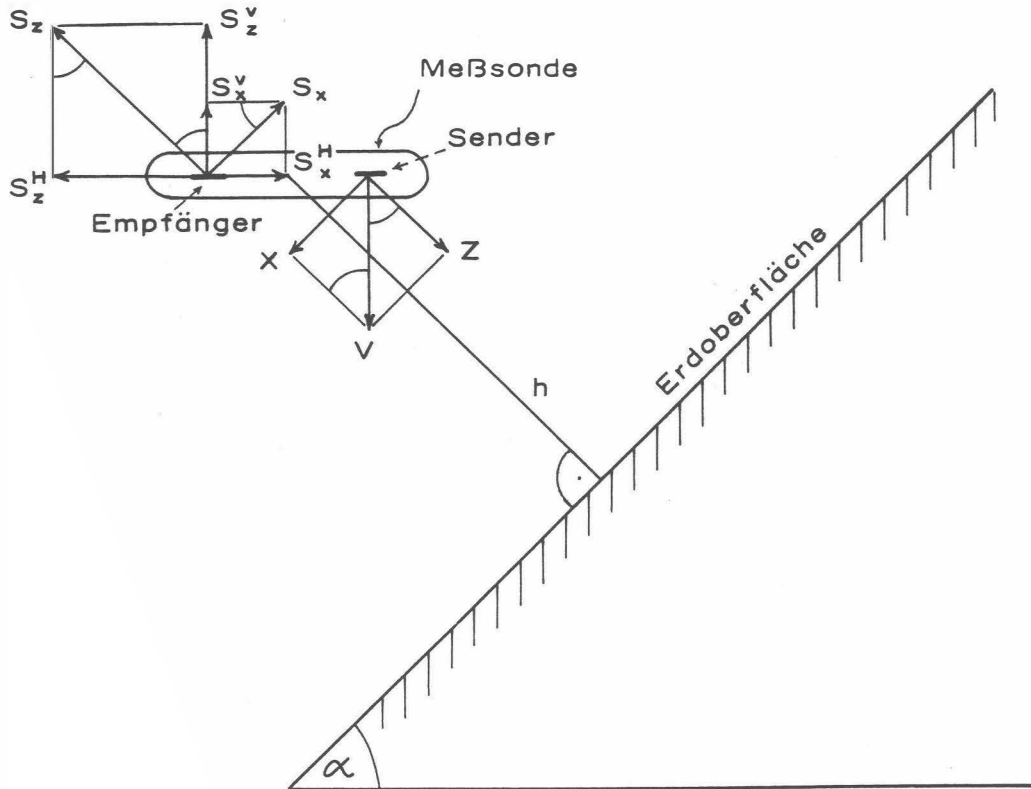


Abb.A1: Zerlegung des primären Dipolfeldes ( $V$ ) und des sekundären Magnetfeldes ( $S$ ) in Komponenten;  $h$  = Abstand der Flugsonde von der Erdoberfläche.

Gemäß Abb. A1 ist das vertikale Dipolmoment  $V_M$  in eine hangparallele Komponente  $X$  und eine orthogonale Komponente  $Z$  zu zerlegen:

$$Z = V_M \cos \alpha \quad (5a)$$

$$X = V_M \sin \alpha \quad (5b)$$

Diese Dipolmomente sind maßgebend für die Sekundärfelder lt. Gl. (3a, 3b):

$$S_Z = - \left( \frac{1}{h} \right)^3 F_1 V_M \cos \alpha \quad (6a)$$

$$S_X = -\frac{1}{2} \left( \frac{1}{h} \right)^3 F_1 V_M \sin \alpha \quad (6b)$$

Durch die horizontale Empfängerspule wird nur die Summe der (phasengleichen) vertikalen Sekundärfeldkomponenten

$$S^V = S_Z^V + S_X^V = S_Z \cos \alpha + S_X \sin \alpha \quad (7)$$

gemessen. Unter Beachtung der Normierung auf  $P_V$  (Gl.4) ergibt sich also

$$S_{(V)} = \frac{S^V}{P_V} = \left( \frac{s}{h} \right)^3 F_1 (\cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \sin^2 \alpha) \quad (8a)$$

oder mit Gl. (1a)

$$S_{(V)} = \frac{S_Z}{P_Z} (1 - \frac{1}{2} \sin^2 \alpha) = \frac{S_Z}{P_Z} K(\alpha). \quad (8b)$$

Da  $\frac{S_Z}{P_Z}$  das Normalfeld bei horizontaler Erdoberfläche darstellt, beschreibt  $K(\alpha) \leq 1$  die Abschwächung der Amplitude  $\left| \frac{S_Z}{P_Z} \right|$  durch die Hangneigung  $\alpha$ .

In Abb. A2 ist  $K(\alpha) = 1 - \frac{1}{2} \sin^2 \alpha = \frac{1}{4}(3 + \cos 2\alpha)$  als Funktion des Winkels  $\alpha$  dargestellt. Beim Entlangfliegen an Steilwänden erhält man im Extremfall  $\alpha = 90^\circ$  nur noch die halbe Amplitude des Sekundärfeldes (Sendedipol parallel zur Erdoberfläche). Die Phase wird durch die Hangneigung nicht verändert.

## 2.2. Verfälschung der Ergebnisparameter

Es soll nun untersucht werden, wie die eingangs genannten Ergebnisparameter  $\rho$  und  $d$  bei geneigter Erdoberfläche verfälscht werden. Dazu muß der Rechengang bei der Inversion der Meßdaten in die obigen Parameter für das Modell eines homogenen Halbraumes herangezogen werden, der z.B. bei MUNDREY (1984) beschrieben ist.

Zunächst wird das Komponentenverhältnis  $\epsilon = \frac{Q}{R}$

mit  $Q$  = Quadrature-Komponente von  $S_{(V)}$

$R$  = Inphase-Komponente von  $S_{(V)}$  ,

benützt, um eine Größe  $A^*$  zu bestimmen. Da  $\epsilon$  unabhängig von  $\alpha$  ist, gilt dies auch für  $A^*$ . Nach Gl.(15) der zitierten Arbeit wird der Abstand  $d$  aus

$$d = \left( \frac{A^*}{A} \right)^{\frac{1}{3}} s \quad (9)$$

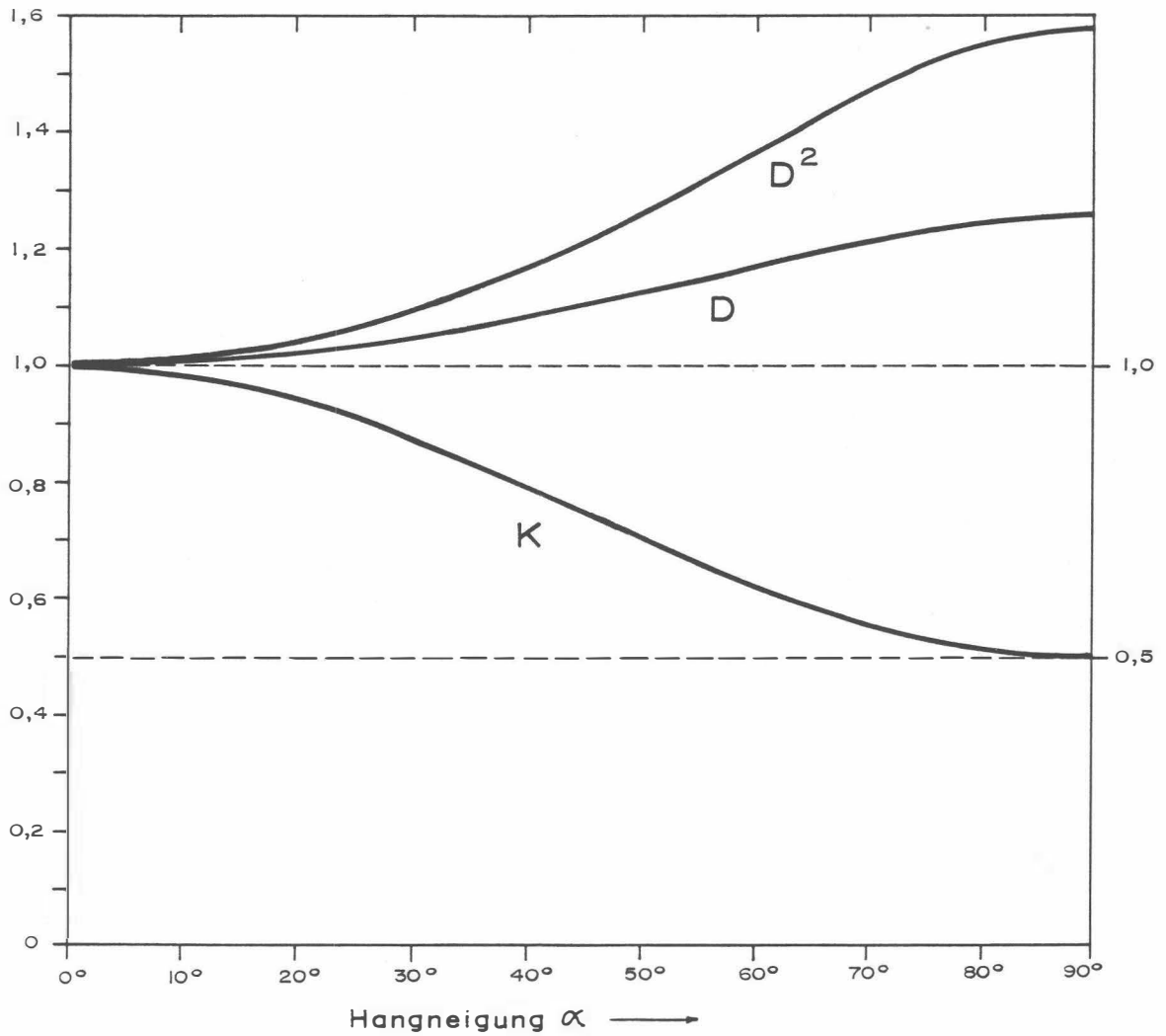


Abb. A2: Verfälschungsfaktoren  $K$ ,  $D$  und  $D^2$  in Abhängigkeit vom Neigungswinkel  $\alpha$  der Erdoberfläche für ein koplanares EM-System mit vertikalem Sendedipol;  $q$  = Quotient Horizontal- zu Vertikal-komponente des sekundären Magnetfeldes.

berechnet.  $A$  ist die Amplitude von  $S_{(V)}$  im Falle  $\alpha = 0$ . Bei  $\alpha \neq 0$  wird eine Amplitude  $A' = AK$  gemessen, die zu einem verfälschten Abstand  $d'$  führt, nämlich

$$d' = \left( \frac{A^*}{A'} \right)^{\frac{1}{3}} s = \left( \frac{1}{K} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{A^*}{A} \right)^{\frac{1}{3}} s = Dd; \quad (10)$$

$d'$  ist um den Faktor  $d = \sqrt[3]{\frac{1}{K}} \geq 1$  größer als der wahre Abstand  $d$  des Meßsystems von der Erdoberfläche.  $D$  ist in Abb. A2 als Funktion von  $\alpha$  aufgetragen; es variiert zwischen 1 und 1,26.

Die Bestimmung des spezifischen Widerstands  $\rho$  erfolgt mit Hilfe der Beziehung

$$\frac{d}{p} = g(\epsilon) \quad (11)$$

(MUNDRY 1984, Gl.13). Die Eindringtiefe  $p$

$$p = 503.3 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (12)$$

enthält den spezifischen Widerstand  $\rho$  des Halbraums und die Meßfrequenz  $f$ . Die erwähnte Unabhängigkeit der Phase von  $\alpha$  gilt auch für den Quotienten  $g$ . Wird in (11) der verfälschte Abstand  $d' = D.d$  eingesetzt, so ergibt sich eine verfälschte Eindringtiefe  $p'$

$$p' = \frac{d'}{g} = \frac{Dd}{g} = Dp \quad (13)$$

bzw. ein verfälschter Widerstand  $\rho'$

$$\rho' = D^2 \rho. \quad (14)$$

Der aus den Meßdaten des  $V$ -Systems über geneigter Erdoberfläche bestimmte Widerstand wird also um den Faktor  $D^2$  größer als der wahre Widerstand. Gemäß Abb. A2 wächst  $D^2$  von 1 ( $\alpha = 0^\circ$ ) bis maximal 1.59 ( $\alpha = 90^\circ$ ).

Für Hangneigungen bis  $30^\circ$  bleiben die Fehler in  $d$  und  $\rho$  unter 5 bzw. 10% . Bei steileren Hängen ist es ratsam, die Ergebnisparameter mittels  $D(\alpha)$  bzw.  $D^2(\alpha)$  zu korrigieren.

### 3. Vertikal-Koaxiales Spulensystem über geneigter Erdoberfläche

Bei diesem System ist der Sendedipol horizontal und zeigt in Flugrichtung. Von den Sekundärfeldern wird nur die horizontale Komponente gemessen, wiederum normiert auf die Feldstärke des Senders ( $H$ ) am Ort des Empfängers, die hier doppelt so groß wie beim vertikalen Dipol ist.

#### 3.1. Änderung der gemessenen Amplitude

Die Ableitung der Formeln ist weitgehend analog zu derjenigen für den vertikalen Dipol, so daß hier nur die Ergebnisse angegeben werden.

– Zerlegung des horizontalen Primärfeldes:

$$Z = H_M \sin \alpha \quad (15a)$$

$$X = H_M \cos \alpha \quad (15b)$$

– Horizontale Komponenten des Sekundärfeldes::

$$S_Z^H = S_Z \sin \alpha \quad (16a)$$

$$S_X^H = S_H \cos \alpha \quad (16b)$$

mit

$$S_Z = - \left( \frac{1}{h} \right)^3 F_1 H_M \sin \alpha, \quad (17a)$$

$$S_H = - \frac{1}{2} \left( \frac{1}{h} \right)^3 F_1 H_M \cos \alpha. \quad (17b)$$

– Primärfeld  $Z_H$  am Ort des Empfängers:

$$P_H = 2 \frac{H_M}{s^3} \quad (18)$$

– Summe der horizontalen Sekundärfeldkomponenten normiert auf  $P_H$ :

$$S_{(H)} = \frac{S_Z^H + S_X^H}{P_H} = - \frac{1}{2} \left( \frac{s}{h} \right)^3 F_1 [\sin^2 \alpha + \frac{1}{2} \cos^2 \alpha]. \quad (19)$$

Da nach Gl.(1b) das Normalfeld eines koaxialen Spulensystems

$$\frac{S_X}{P_X} = -\frac{1}{4} \left( \frac{s}{h} \right)^3 F_1$$

ist, ergibt sich aus Gl. (19)

$$S_{(H)} = \frac{S_X}{P_X} [1 + \sin^2 \alpha] \quad (20a)$$

oder

$$S_{(H)} = \frac{S_X}{P_X} K_X(\alpha) \quad (20b)$$

mit

$$K_X(\alpha) = 1 + \sin^2 \alpha. \quad (20c)$$

Der Faktor  $K_X \geq 1$  beschreibt in diesem Fall die Vergrößerung der Meßamplitude bei geneigter Erdoberfläche. Er ist in Abb. A3 als Funktion von  $\alpha$  aufgetragen.

Bei extremen Steilhängen ( $\alpha = 90^\circ$ ) wird die Amplitude  $|S_{(H)}|$  gegenüber der Normalamplitude bei  $\alpha = 0^\circ$  verdoppelt.

### 3.2 Verfälschung der Ergebnisparameter

Auch im Falle des koaxialen Spulensystems wird die Phase des gemessenen Feldes durch  $\alpha \neq 0^\circ$  nicht verändert.

Für dieses Spulensystem gilt nach MUNDURY (1984, Gl.15) mit der Meßamplitude  $A' = K_X A$ :

$$d' = \left( \frac{4A^*}{A'} \right)^{\frac{1}{3}} s = \left( \frac{1}{K_X} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{4A^*}{A} \right)^{\frac{1}{3}} s = D_X d \quad (21a)$$

mit

$$D_X = \sqrt[3]{\frac{1}{K_X}}. \quad (21b)$$

Das bedeutet, daß die berechneten Abstände  $d'$  um den Faktor  $D_X \leq 1$  verkleinert werden.  $D_X$  ist in Abb. A3 über der Hangneigung  $\alpha$  dargestellt; es variiert zwischen 1 und 0,794.



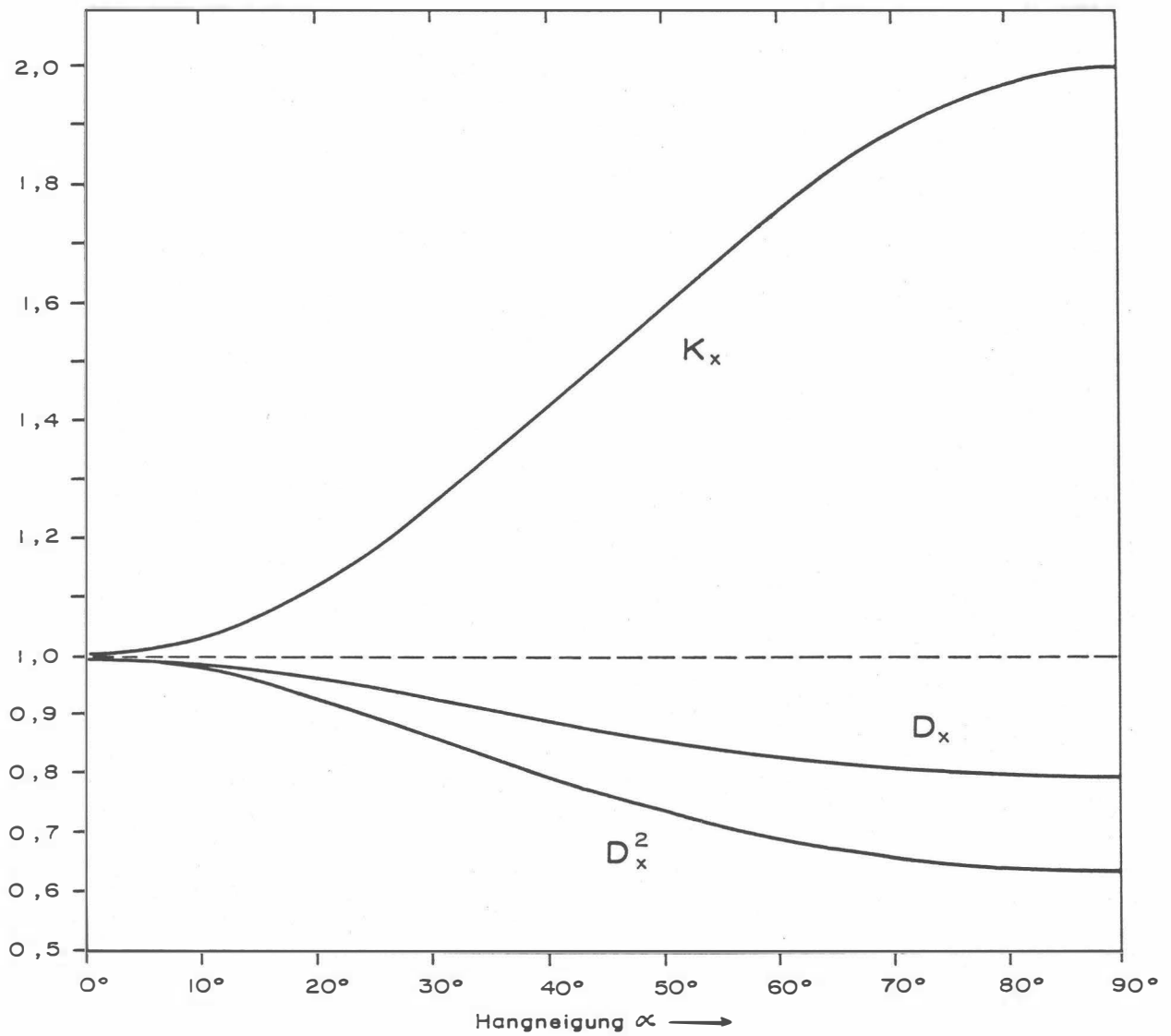


Abb. A3: Verfälschungsfaktoren  $K_X$ ,  $D_X$  und  $D_X^2$  als Funktion von  $\alpha$  für ein koaxiales EM-System mit horizontalem Sendedipol.

Wegen der unveränderten Phase gelten hier die Gleichungen (8) bis (11) entsprechend, so daß sich  $\rho'$  mit

$$\rho' = D_X^2 \rho \quad (22)$$

ergibt. Wie aus Abb. A3 ersichtlich, liegen die Werte von  $D_X^2$  zwischen 1 und 0,63, d.h. der mit dem koaxialen Meßsystem bestimmte spezifische Widerstand  $\rho'$  ist u.U. deutlich kleiner als der wahre Widerstand  $\rho$  des geneigten Halbraumes.

Bei bekannter Hangneigung  $\alpha$  können auch hier die Ergebnisparameter mit Hilfe der obigen Formeln korrigiert werden.

## B. Einfluß der Topographie auf die Anomalien der magnetischen Totalintensität ( $\Delta T$ )

Bis heute beruhen fast alle Auswerteverfahren für geomagnetische Anomalien auf der Annahme, daß die Meßergebnisse auf einer horizontalen Ebene gewonnen wurden ( $2\pi$ -Geometrie). Da aber gerade hubschrauber-geophysikalische Messungen häufig in Gebieten mit starkem Relief durchgeführt werden, ist es erforderlich, sich mit dem Einfluß von bestimmten Geländeformen auf die Meßwerte zu beschäftigen. Der Anschaulichkeit wegen ist es günstig, dabei nur einfache topographische Gegebenheiten, wie z.B. Hangneigung, Bergkämme etc., zu betrachten. Dabei kann auf die Ergebnisse einer Dissertation (SEREN, 1980), die am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien vergeben wurde, zurückgegriffen werden.

Langgestreckte Störkörper mit beliebiger Form können auf zweidimensionale Modellkörper zurückgeführt werden, wobei ihre Querschnitte durch Polygonzüge (Abb. B1) angenähert werden.

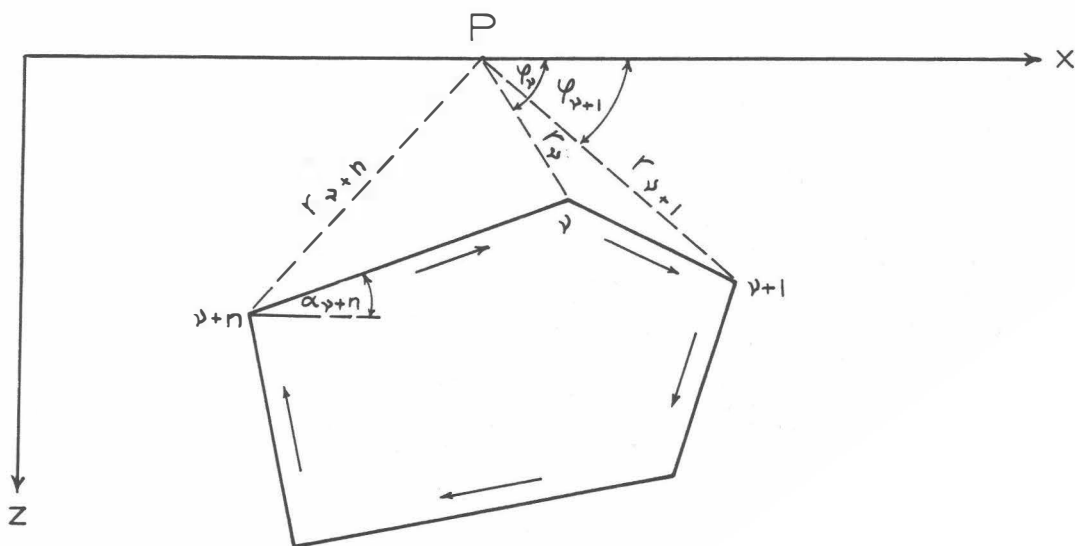


Abb. B1 Die Berechnung von magnetischen Störkörperanomalien mit Hilfe eines Polygonzuges.

Es läßt sich z.B. ein Bergkamm durch eine Kante (Abb. B2) vereinfacht darstellen. Um nun die magnetische Anomalie des in Abb. B2 gezeigten Störkörpers berechnen zu können, werden einige Vereinfachungen durchgeführt: Verlegt man die untere Berggrenzung in sehr

große Tiefen, so ist ihr Beitrag zur  $\Delta T$ -Anomalie zu vernachlässigen. Weiters sollen homogene und isotrope Magnetisierungsverhältnisse vorliegen. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich die  $\Delta T$ -Anomalie einer Kante (Bergkamm) mit:

$$\Delta T \approx 2M \ln(r) \sin 2\delta\alpha (\sin I \sin (\beta + 2\alpha_0) - \cos I \cos (\beta + 2\alpha_0))$$

$M$	... Magnetisierung
$r$	... Abstand zwischen Meßpunkt und Kante
$2\delta\alpha$	... Öffnungswinkel der Kante
$I$	... Einfallswinkel des Globalfeldes
$\beta$	... Richtung einer eventuellen remanenten Magnetisierung
$\alpha_0$	... Hangneigung

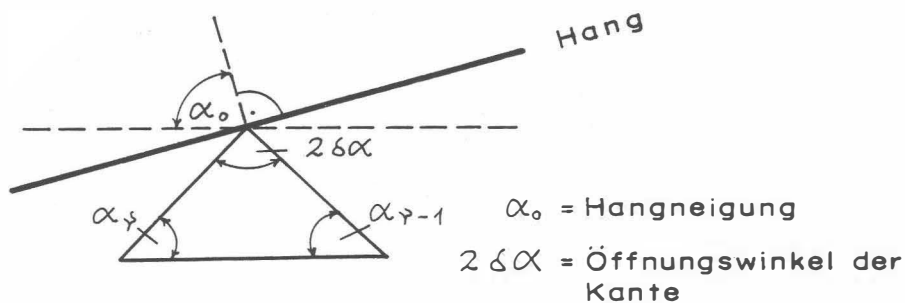


Abb. B2 Modellannahme zur Berechnung von magnetischen Anomalien eines Bergkammes.

Es wurden nun für 3 verschiedene Öffnungswinkel ( $2\delta\alpha$ ) die zugehörigen  $\Delta T$ -Anomalien berechnet (Abb. B3). Dabei zeigt sich, daß die  $\Delta T$ -Anomalie beim horizontalen Überfliegen von Bergkämmen ( $\alpha_0 = 90^\circ$ ) mit zunehmenden Öffnungswinkel kleiner wird. Für positive Öffnungswinkel (Bergkämmen) ist die Anomalie positiv, für negative (Täler) negativ.

Weiters wurde auch der Einfluß der Hangneigung auf die  $\Delta T$ -Anomalie einer Kante berechnet (Abb. B4). Die vier Modellkurven für  $\alpha_0 = 90^\circ, 75^\circ, 60^\circ$  und  $45^\circ$  zeigen, daß mit zunehmender Steilheit des Hanges der positive Teil der  $\Delta T$ -Anomalie mehr und mehr unterdrückt wird, während der negative Anteil stärker negativ wird.

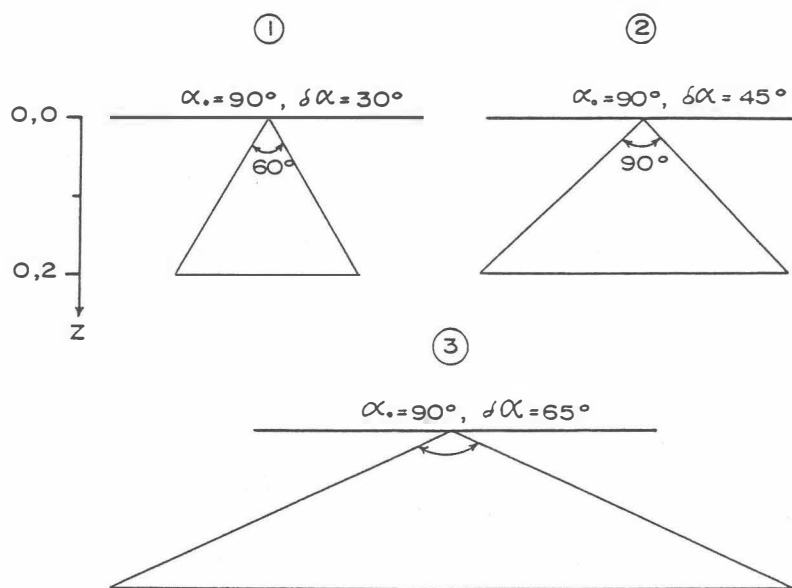
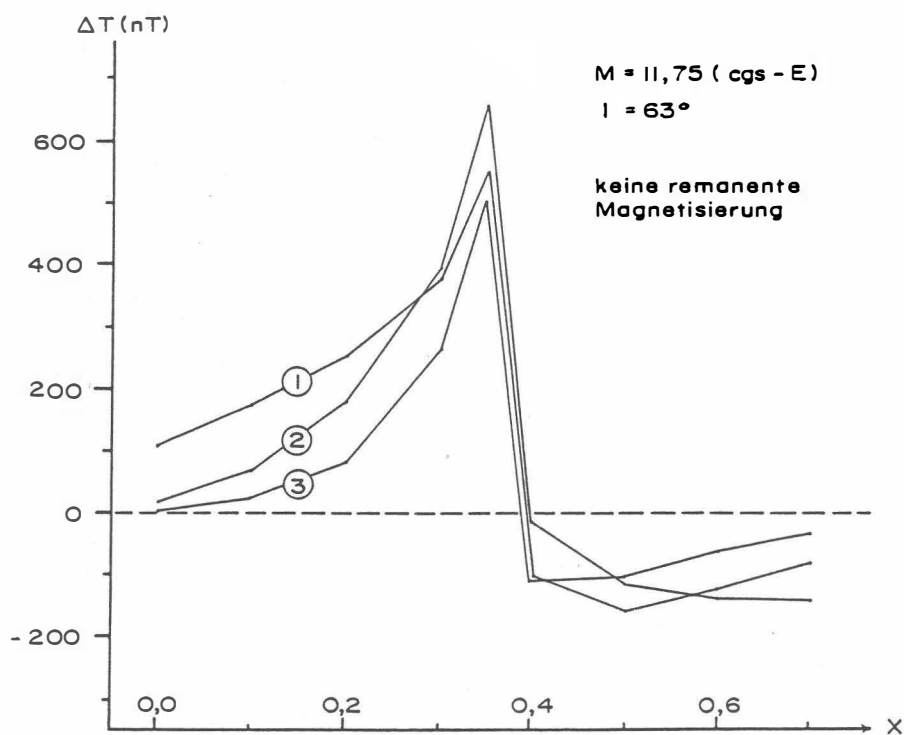


Abb. B3: Der Einfluß des komplementären Öffnungswinkels ( $2\delta\alpha$ ) und einer Kante auf die  $\Delta T$ -Anomalie,  $\alpha_0 = 90^\circ$ .

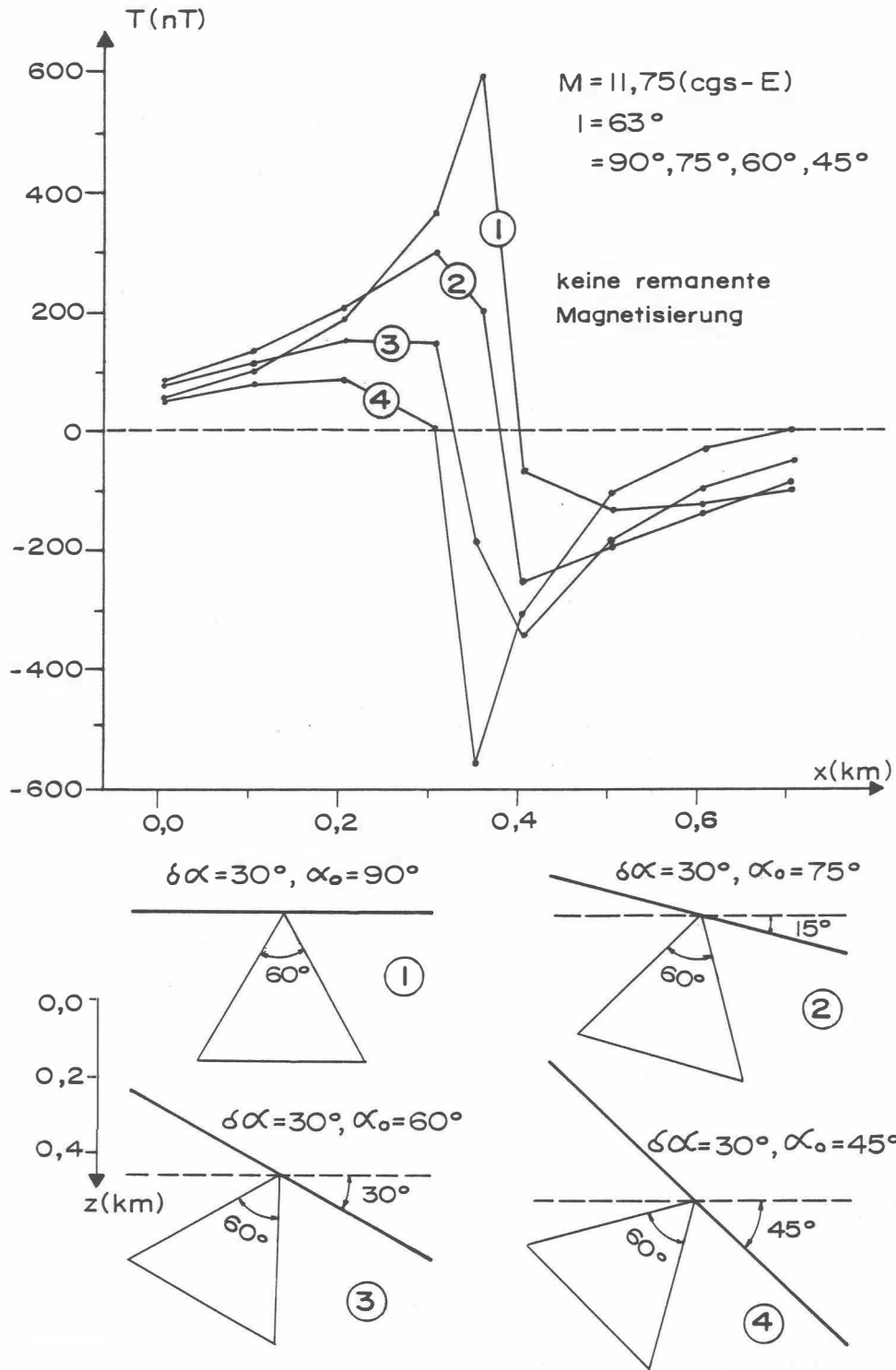
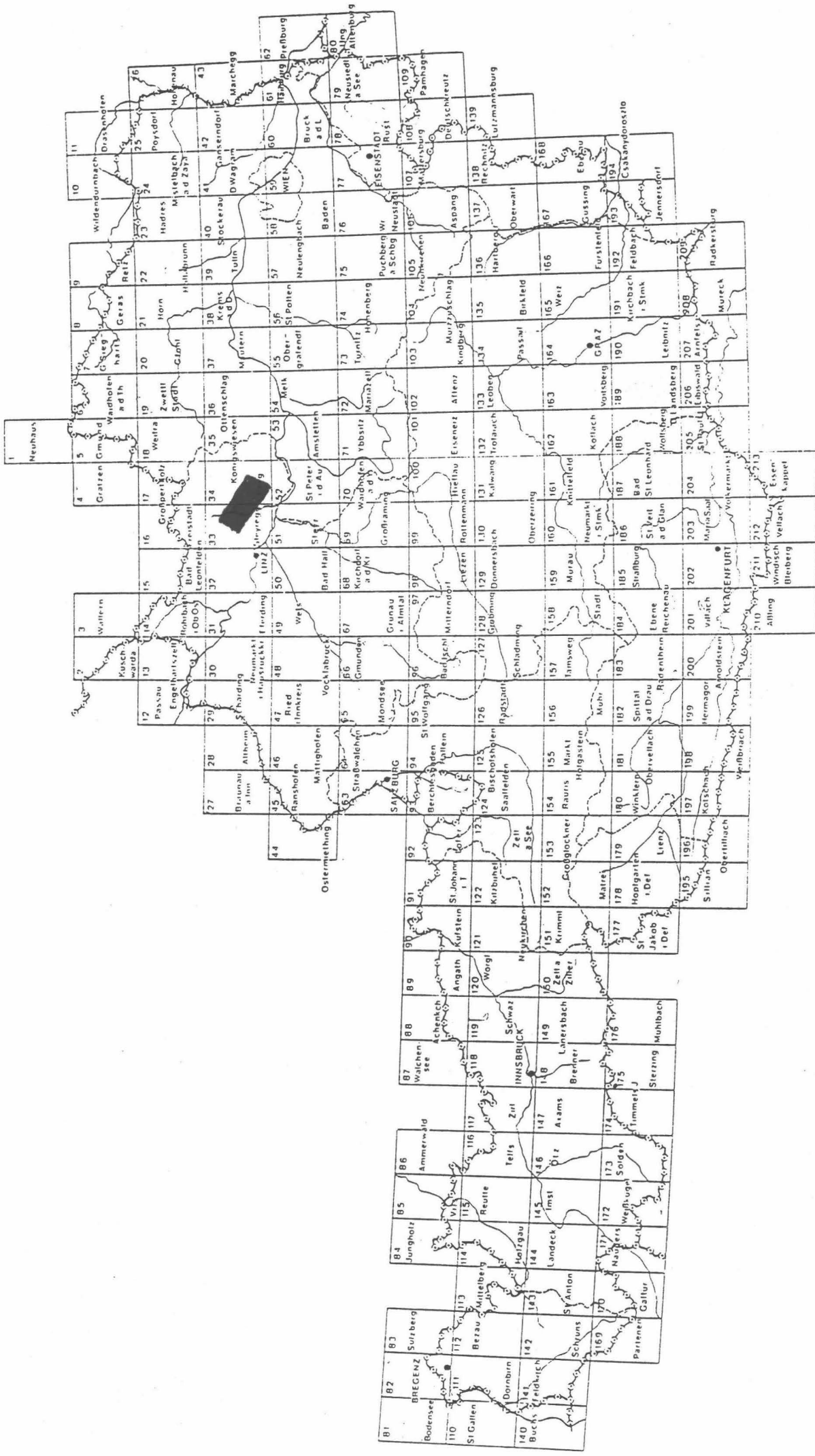
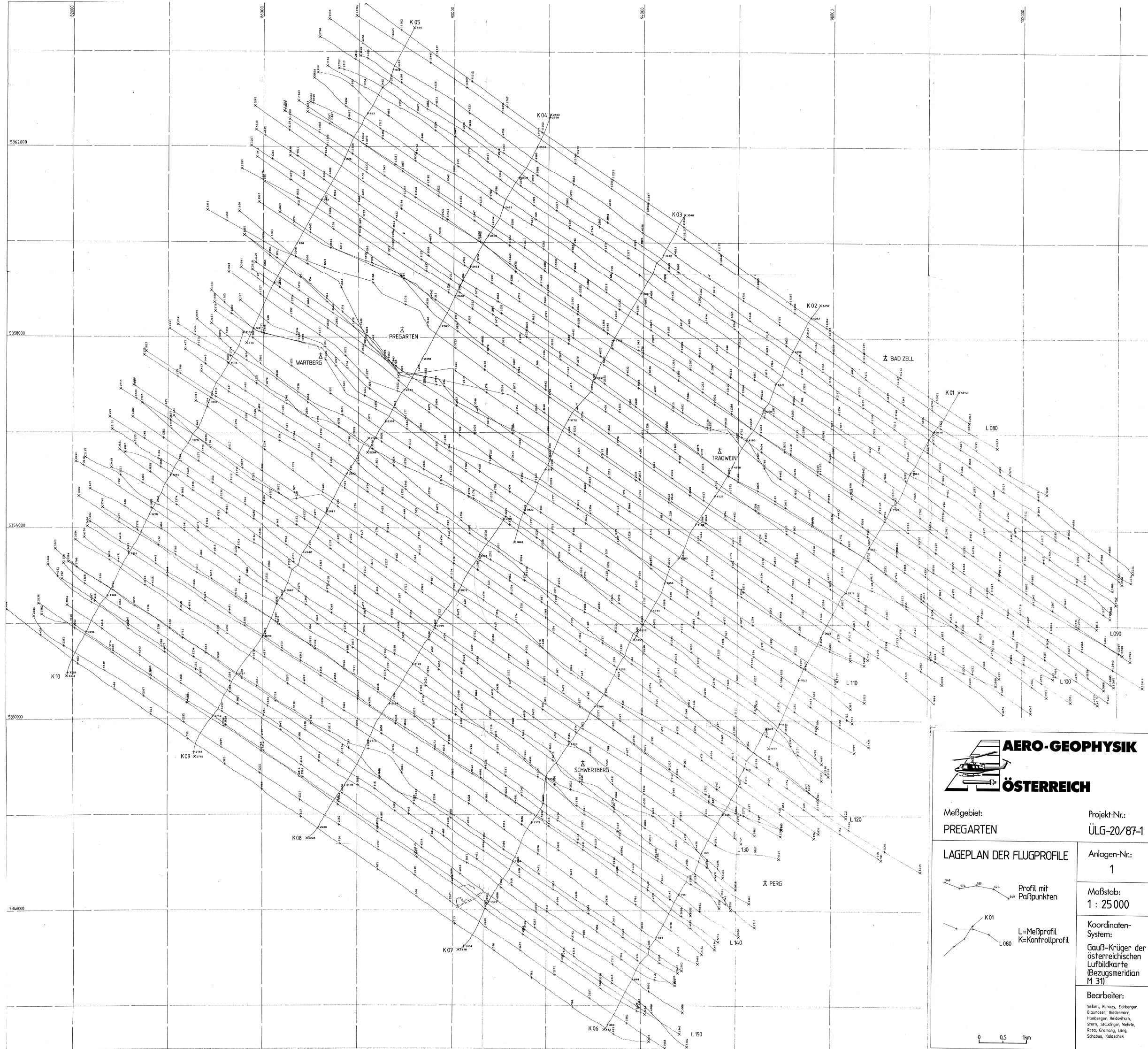



Abb. B4: Der Einfluß der mittleren Bodenneigung ( $\alpha_0$ ) auf die  $\Delta T$ -Anomalie;  $\delta\alpha$  = komplementäre Öffnungswinkel,  $Z$  = Tiefe in km.







**AERO-GEOPHYSIK**  
**ÖSTERREICH**

Projekt-Nr.:  
**ÜLG-20/87-1**

Anlagen-Nr.:  
**1**

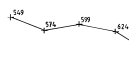
Maßstab:  
**1 : 25000**

Koordinaten-System:  
**Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)**

Bearbeiter:  
Seberl, Kihazy, Eckerger,  
Blumhofer, Biedermann,  
Hamberger, Heidwitsch,  
Stern, Staudinger, Wehrle,  
Röss, Graming, Lang,  
Schabus, Kaltschek

Messgebiet:  
**PREGARTEN**

**LAGEPLAN DER FLUGPROFILE**



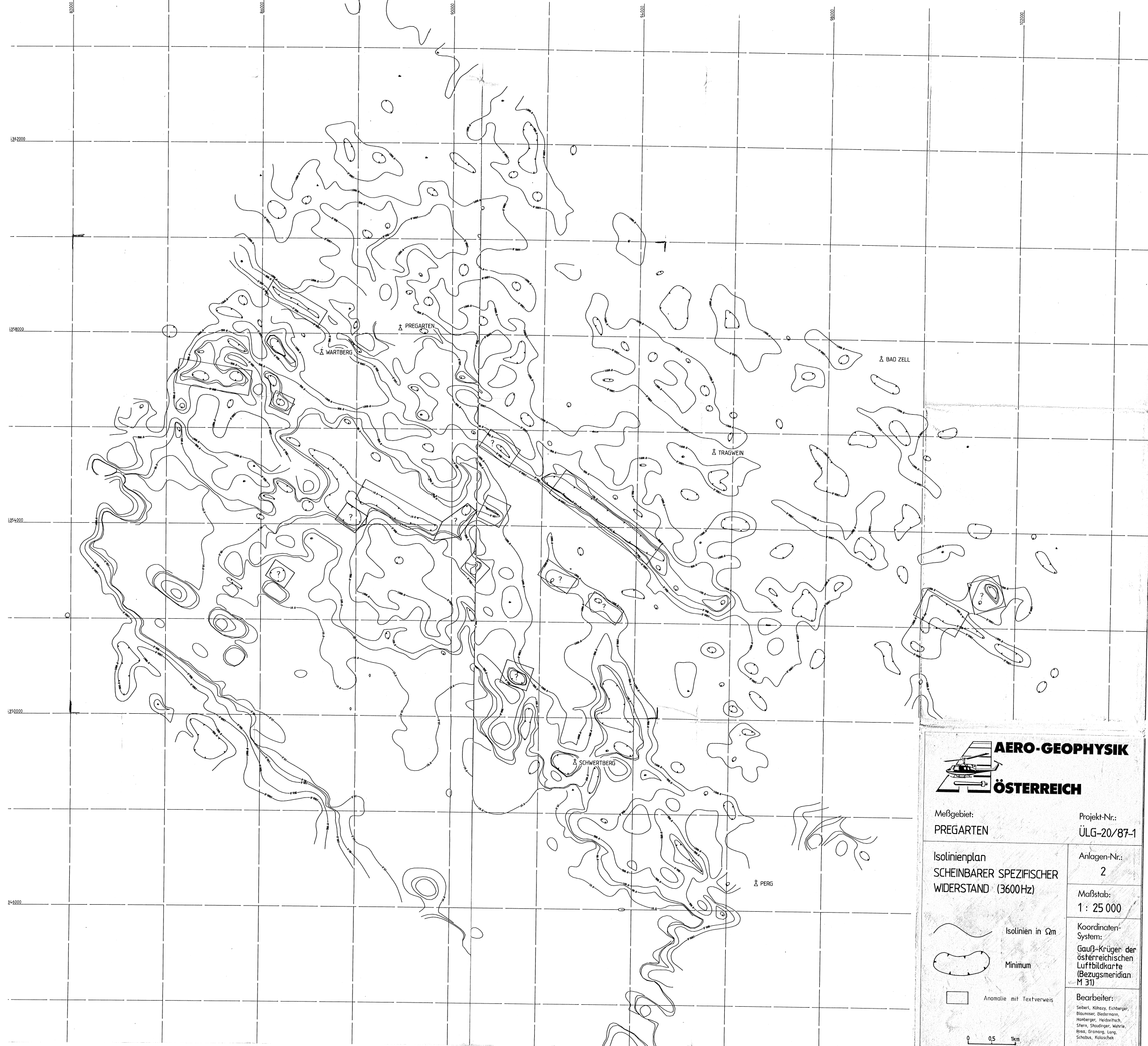
Profil mit  
Puffpunkten



L=Messprofil  
K=Kontrollprofil







**AERO-GEOPHYSIK**  
**ÖSTERREICH**




Meßgebiet:  
**PREGARTEN**

Projekt-Nr.:  
**ÜLG-20/87-1**

Isolinienplan  
**SCHINBARER SPEZIFISCHER  
 WIDERSTAND (3600Hz)**

Anlagen-Nr.:  
**2**

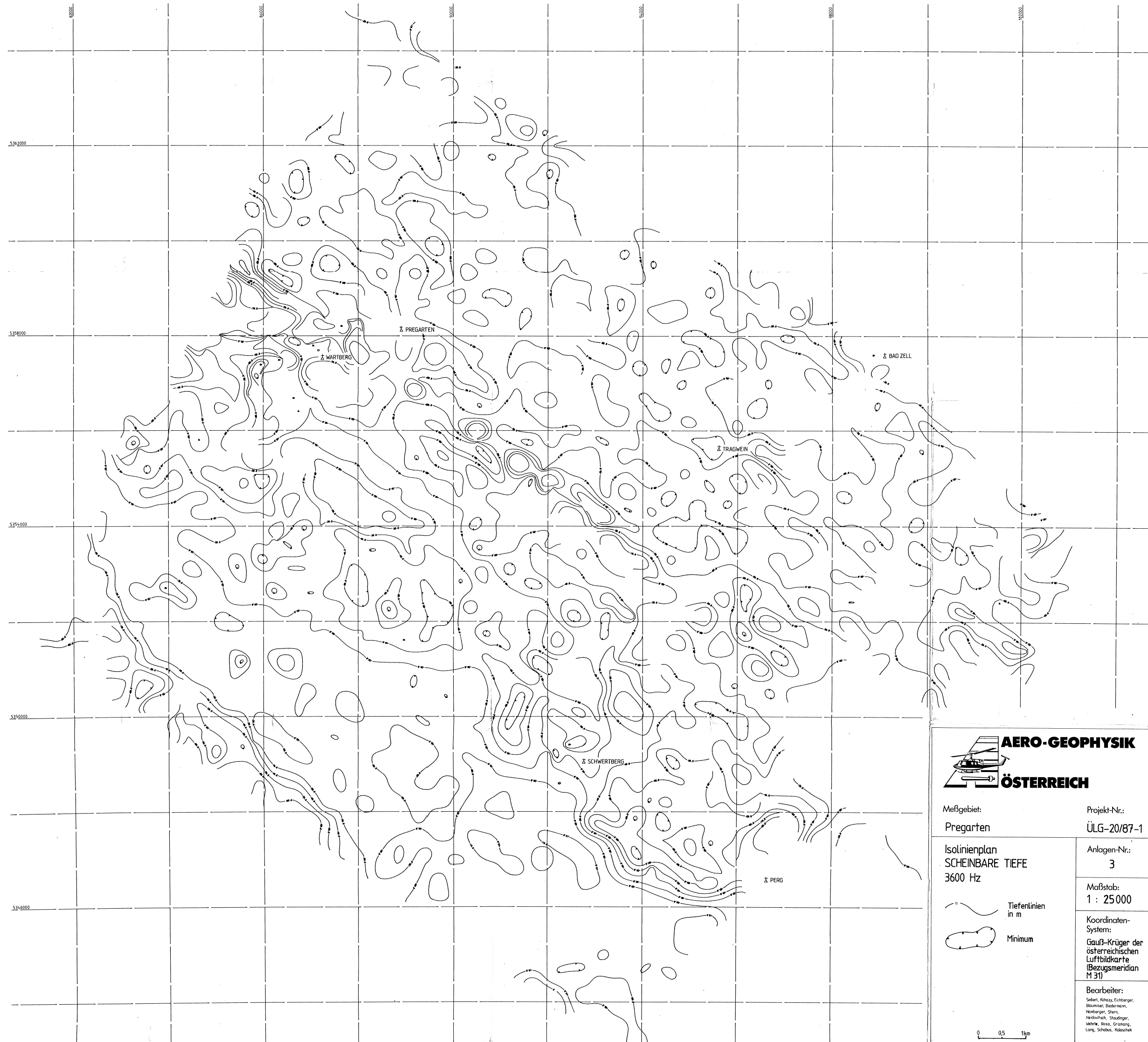
Maßstab:  
**1 : 25 000**

-  Isolinien in  $\Omega m$
-  Minimum
-  Anomalie mit Textverweis

Koordinaten-System:  
**Gauß-Krüger der  
 österreichischen  
 Luftbildkarte  
 (Bezugsmeridian  
 M 31)**

Bearbeiter:  
 Seibel, Köhazy, Eichberger,  
 Baumoser, Biedermann,  
 Humberger, Hölzlwitsch,  
 Stern, Stadlinger, Wehrle,  
 Rosa, Graming, Lang,  
 Schebus, Kalasschek

0 0.5 1km



**AERO-GEOPHYSIK**  
**ÖSTERREICH**

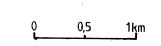
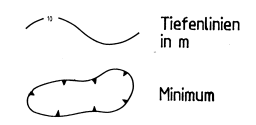
Meßgebiet: Pregarten  
 Projekt-Nr.: ÜLG-20/87-1

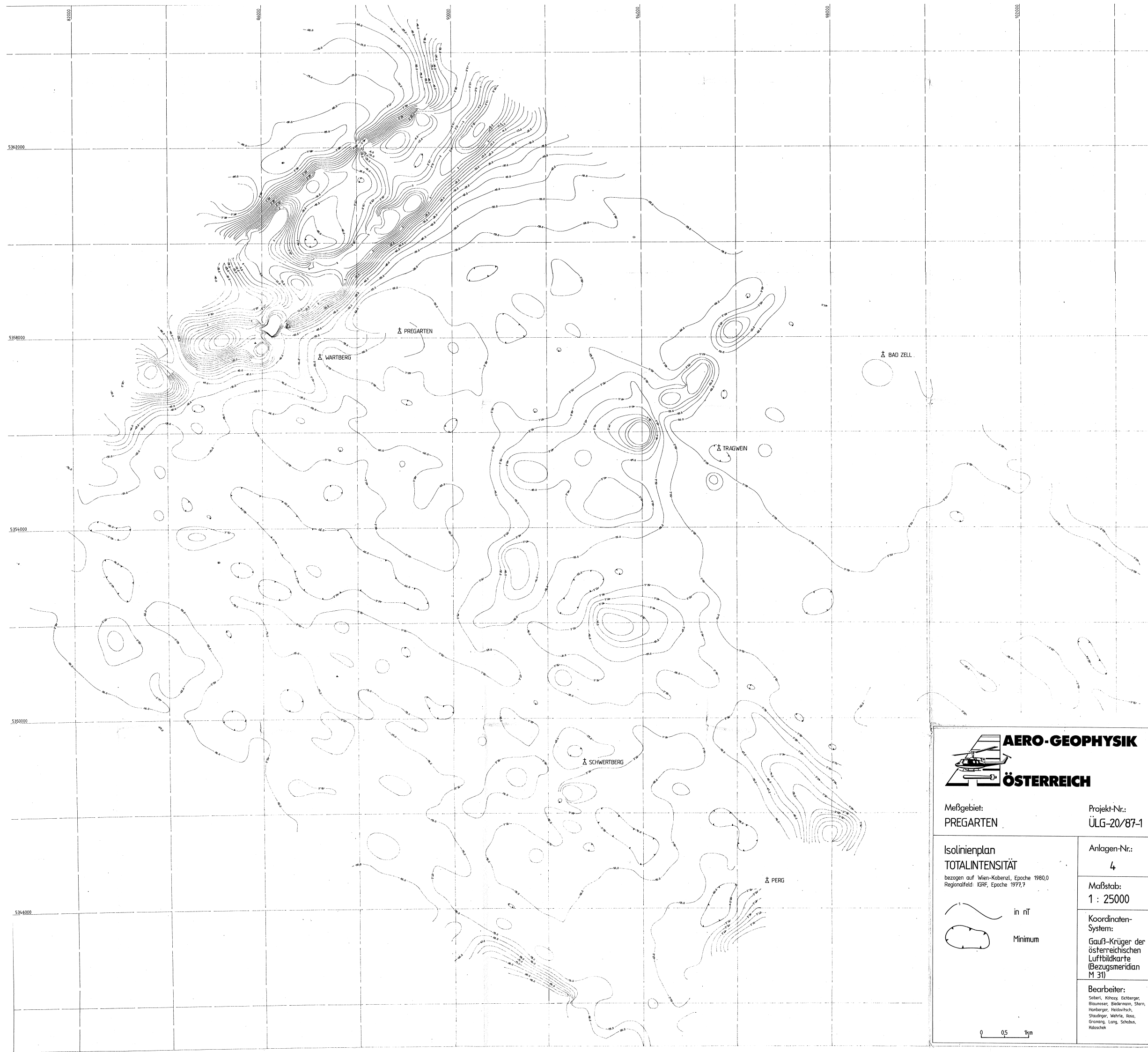
Isolinienplan  
 SCHEINBARE TIEFE  
 3600 Hz  
 Anlagen-Nr.: 3

Maßstab: 1 : 25000

Koordinaten-System:  
 Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)

Bearbeiter:  
 Seibert, Köhler, Eichenberger,  
 Blaunser, Biedermann,  
 Haslinger, Stern,  
 Heidwitsch, Staudinger,  
 Welnik, Röss, Grömming,  
 Long, Schobau, Kiderlek



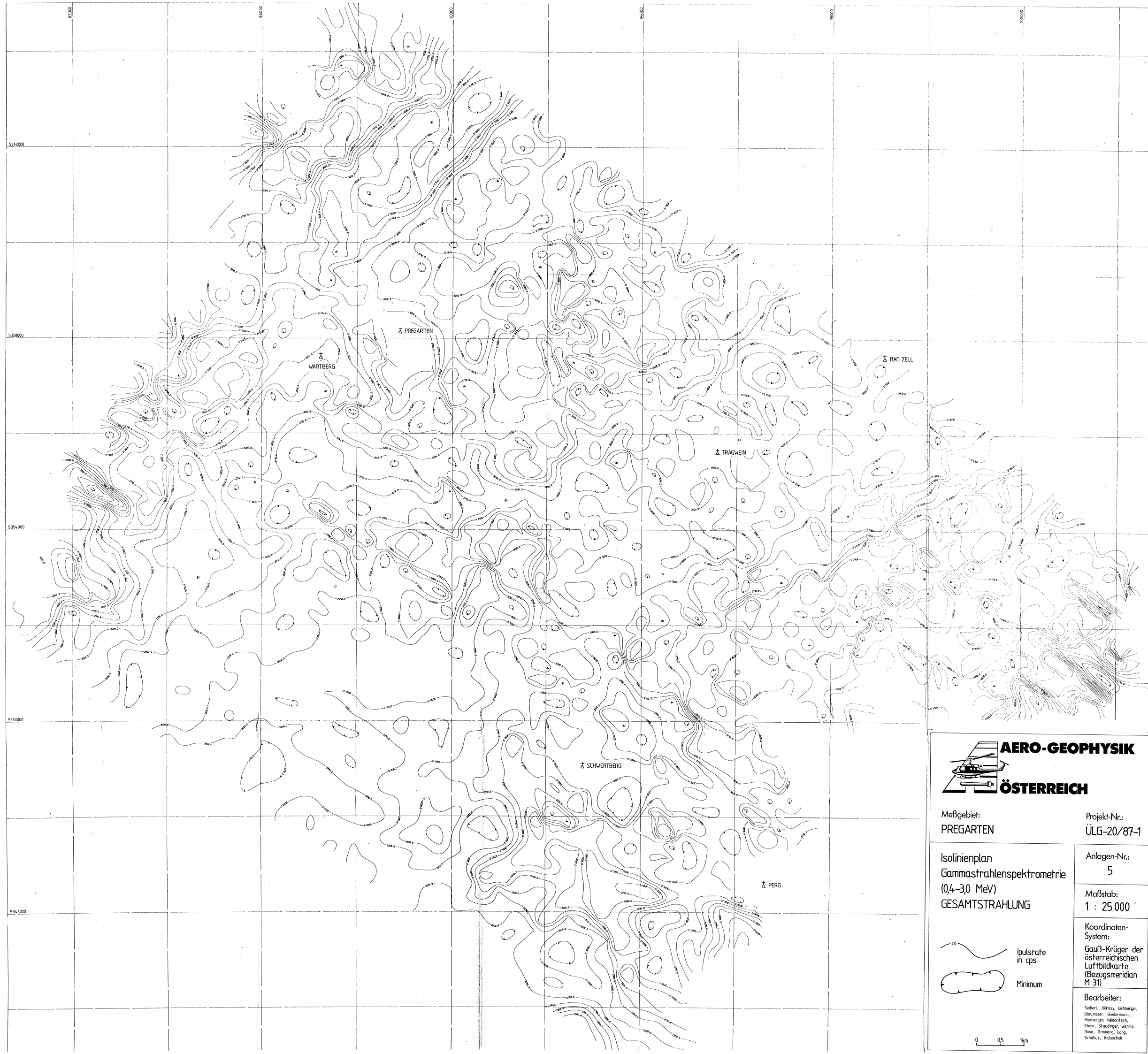




**AERO-GEOPHYSIK**  
**ÖSTERREICH**

Meßgebiet: <b>PREGARTEN</b>	Projekt-Nr.: <b>ÜLG-20/87-1</b>
<b>Isolinienplan</b> <b>TOTALINTENSITÄT</b> <small>bezogen auf Wien-Kobenzl, Epoche 1980,0</small> <small>Regionalfeld: KGRF, Epoche 1977,7</small>	Anlagen-Nr.: <b>4</b>
<div style="display: flex; align-items: center;">  <span style="margin-left: 5px;">in nT</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;">  <span style="margin-left: 5px;">Minimum</span> </div>	Maßstab: <b>1 : 25000</b>
	Koordinaten-System: <b>Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)</b>
	Bearbeiter: <small>Seberl, Kitzay, Eickberger,          Braunsteiner, Biedermann, Stern,          Hanberger, Heidevitsch,          Staudinger, Wehrle, Rosa,          Graming, Lang, Schabus,          Kellenschöck</small>





**AERO-GEOPHYSIK**  
**ÖSTERREICH**

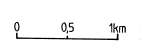
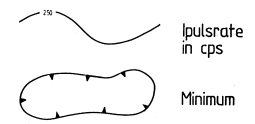
Meßgebiet: PREGARTEN  
 Projekt-Nr.: ÜLG-20/87-1

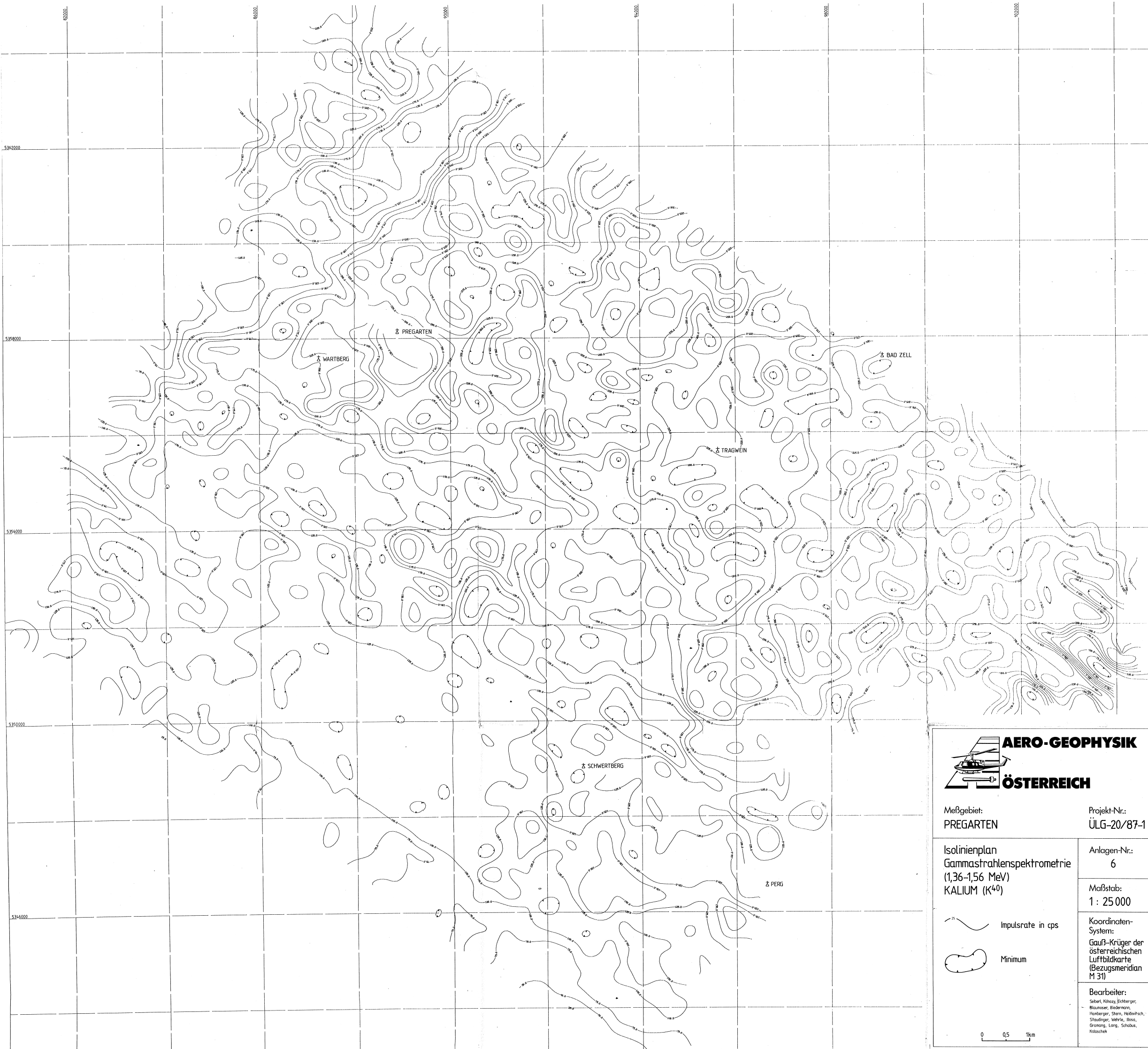
Isolinienplan  
 Gammastrahlenspektrometrie  
 (0,4-3,0 MeV)  
 GESAMTSTRAHLUNG

Anlagen-Nr.: 5  
 Maßstab: 1 : 25 000

Koordinaten-System:  
 Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)

Bearbeiter:  
 Seberl, Kitzay, Eichenberger,  
 Blumauer, Biedermann,  
 Hanberger, Hebdovitsch,  
 Stern, Staudinger, Wehrle,  
 Ross, Graming, Lang,  
 Schabus, Kältschek







Meßgebiet:  
PREGARTEN

Projekt-Nr.:  
ÜLG-20/87-1

Isolinienplan  
Gammastrahlenspektrometrie  
(1,36-1,56 MeV)  
KALIUM ( $K^{40}$ )

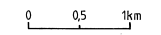
Anlagen-Nr.:  
6

Maßstab:  
1 : 25 000

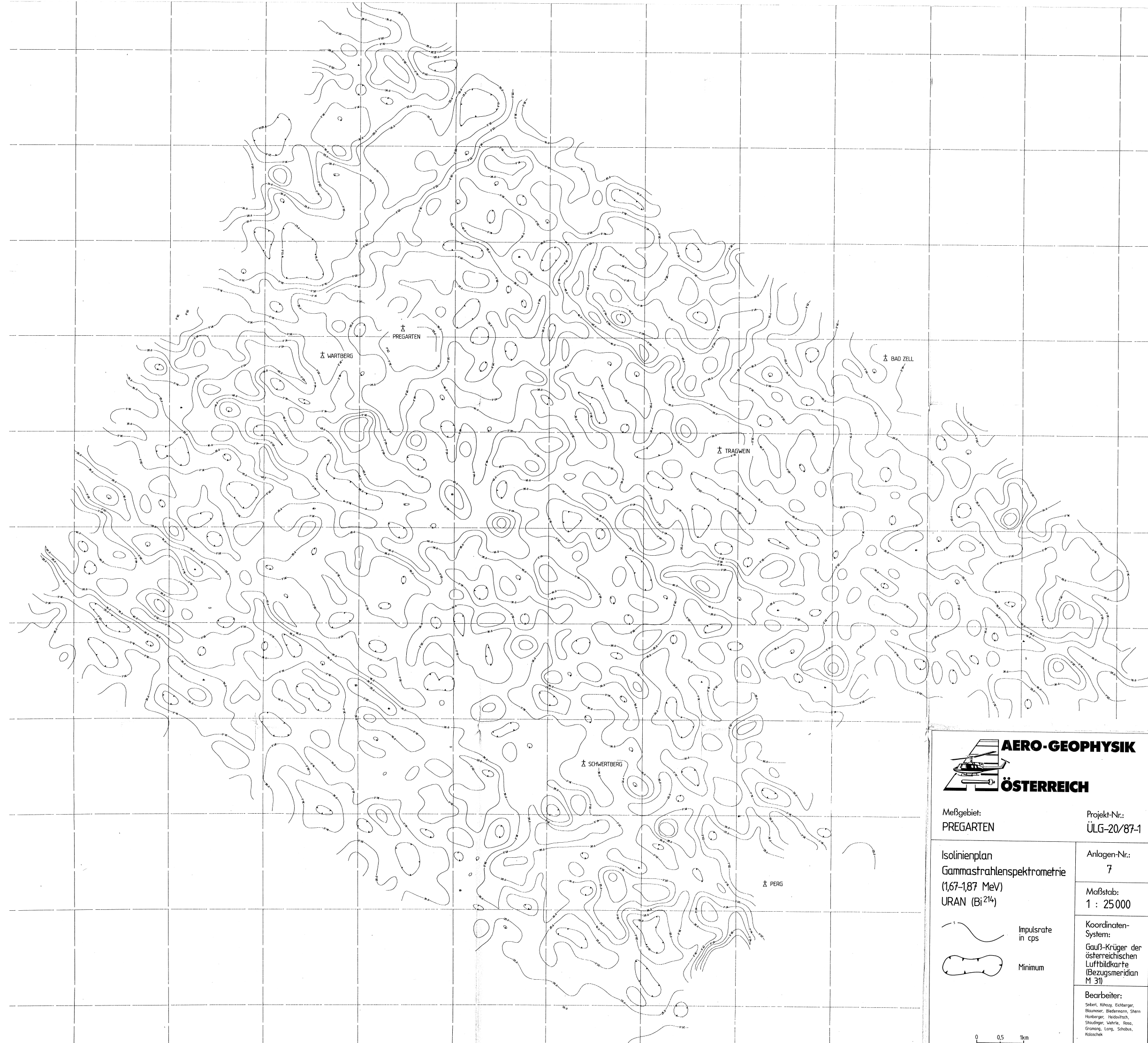
 Impulsrate in cps  
 Minimum

Koordinaten-System:  
Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)

Bearbeiter:  
Seberl, Kihary, Echnberger,  
Blumhofer, Biedermann,  
Hamberger, Stern, Heckschuch,  
Staudinger, Wehrli, Rosa,  
Gramung, Lang, Schabus,  
Kiliaschek







**AERO-GEOPHYSIK**  
**ÖSTERREICH**

Meßgebiet:  
 PREGARTEN

Projekt-Nr.:  
 ÜLG-20/87-1

Isolinienplan  
 Gammastrahlenspektrometrie  
 (1,67-1,87 MeV)  
 URAN ( $\text{Bi}^{214}$ )

Anlagen-Nr.:  
 7

Maßstab:  
 1 : 25 000

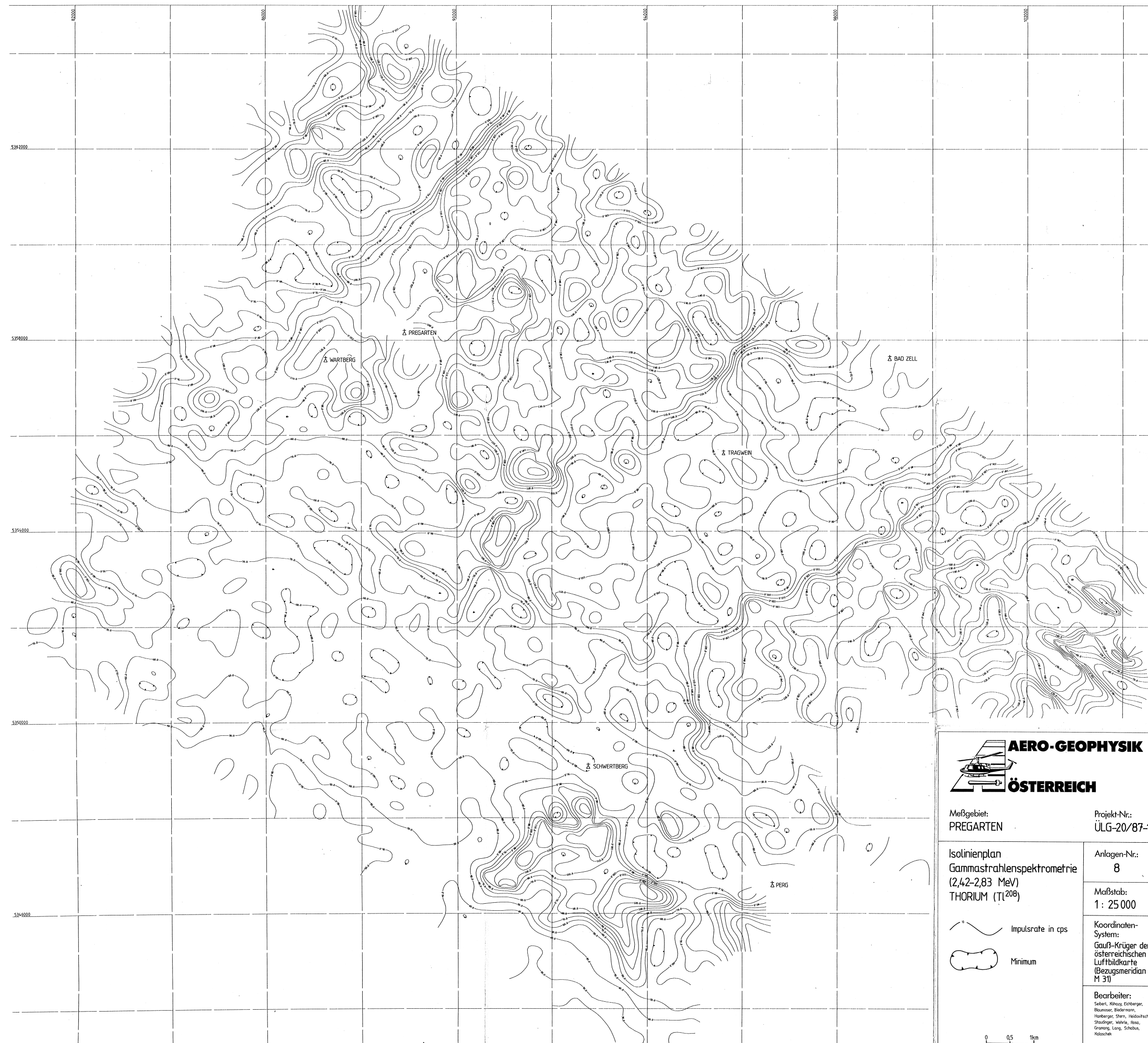
Impulsrate  
 in cps

Minimum

Koordinaten-System:  
 Gauß-Krüger der  
 österreichischen  
 Luftbildkarte  
 (Bezugsmeridian  
 M 31)

Bearbeiter:  
 Seibert, Köhler, Eichberger,  
 Baumner, Biedermann, Stern,  
 Haslinger, Heidwitsch,  
 Staudinger, Wehrle, Rissa,  
 Grunewald, Lang, Schabus,  
 Kölschek

0 0,5 1km



**AERO-GEOPHYSIK**  
**ÖSTERREICH**

Meßgebiet:  
 PREGARTEN

Projekt-Nr.:  
 ÜLG-20/87-1

Isolinienplan  
 Gammastrahlenspektrometrie  
 (2,42-2,83 MeV)  
 THORIUM ( $Tl^{208}$ )

Anlagen-Nr.:  
 8

Maßstab:  
 1 : 25 000

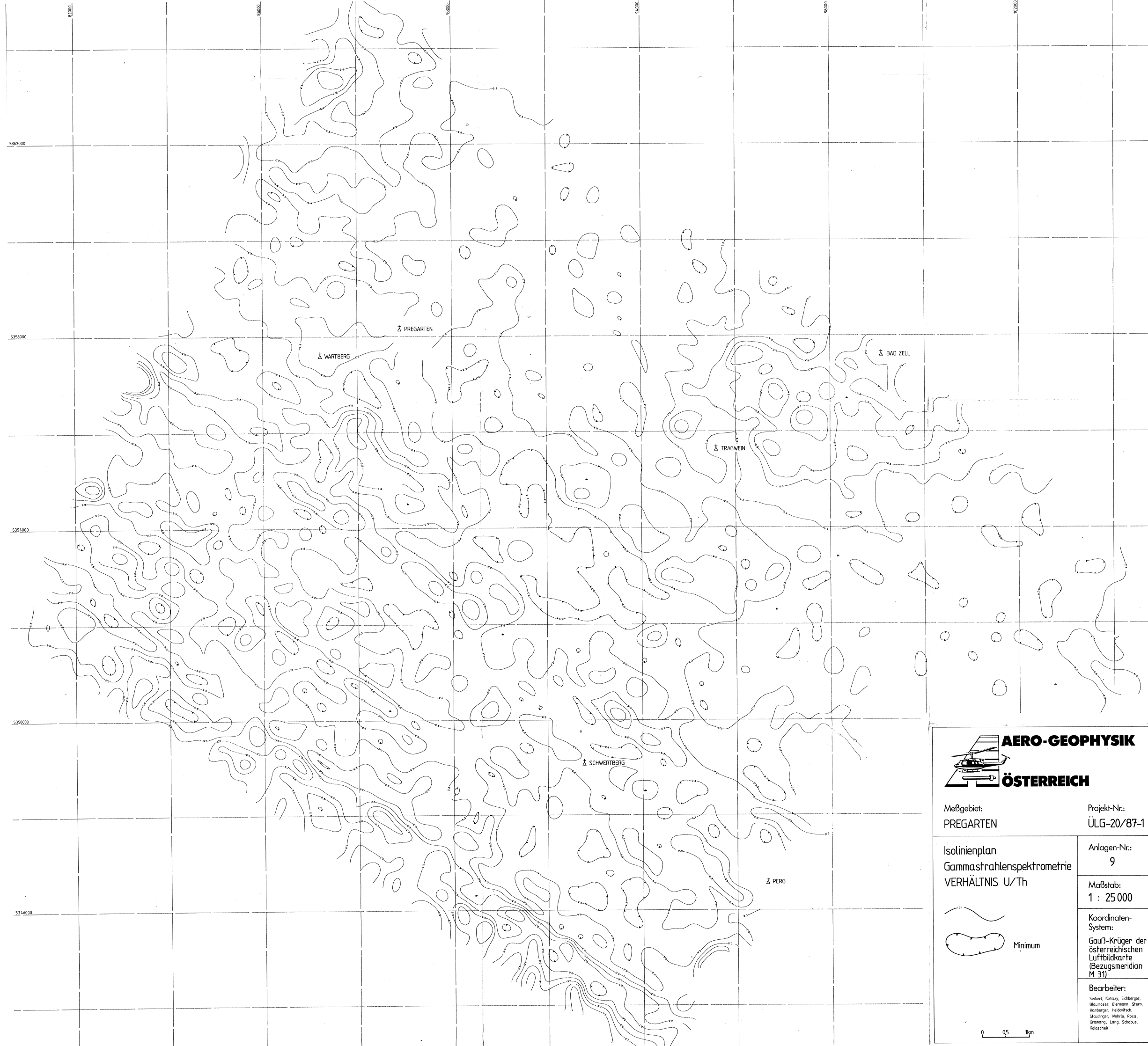
Impulsrate in cps

Minimum

Koordinaten-System:  
 Gauß-Krüger der  
 österreichischen  
 Luftbildkarte  
 (Bezugsmeridian  
 M 31)

Bearbeiter:  
 Sebert, Kitz, Eichenberger,  
 Baumser, Biedermann,  
 Hamberger, Stern, Heilovitsch,  
 Straußinger, Wehrle, Ross,  
 Grawang, Lang, Schabus,  
 Klotzsche

0 0,5 1km

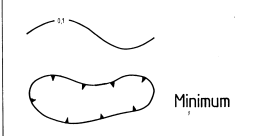


Meßgebiet: PREGARTEN  
 Projekt-Nr.: ÜLG-20/87-1

Isolinienplan  
 Gammastrahlenspektrometrie  
 VERHÄLTNIS U/Th

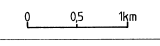
Anlagen-Nr.: 9

Maßstab: 1 : 25 000

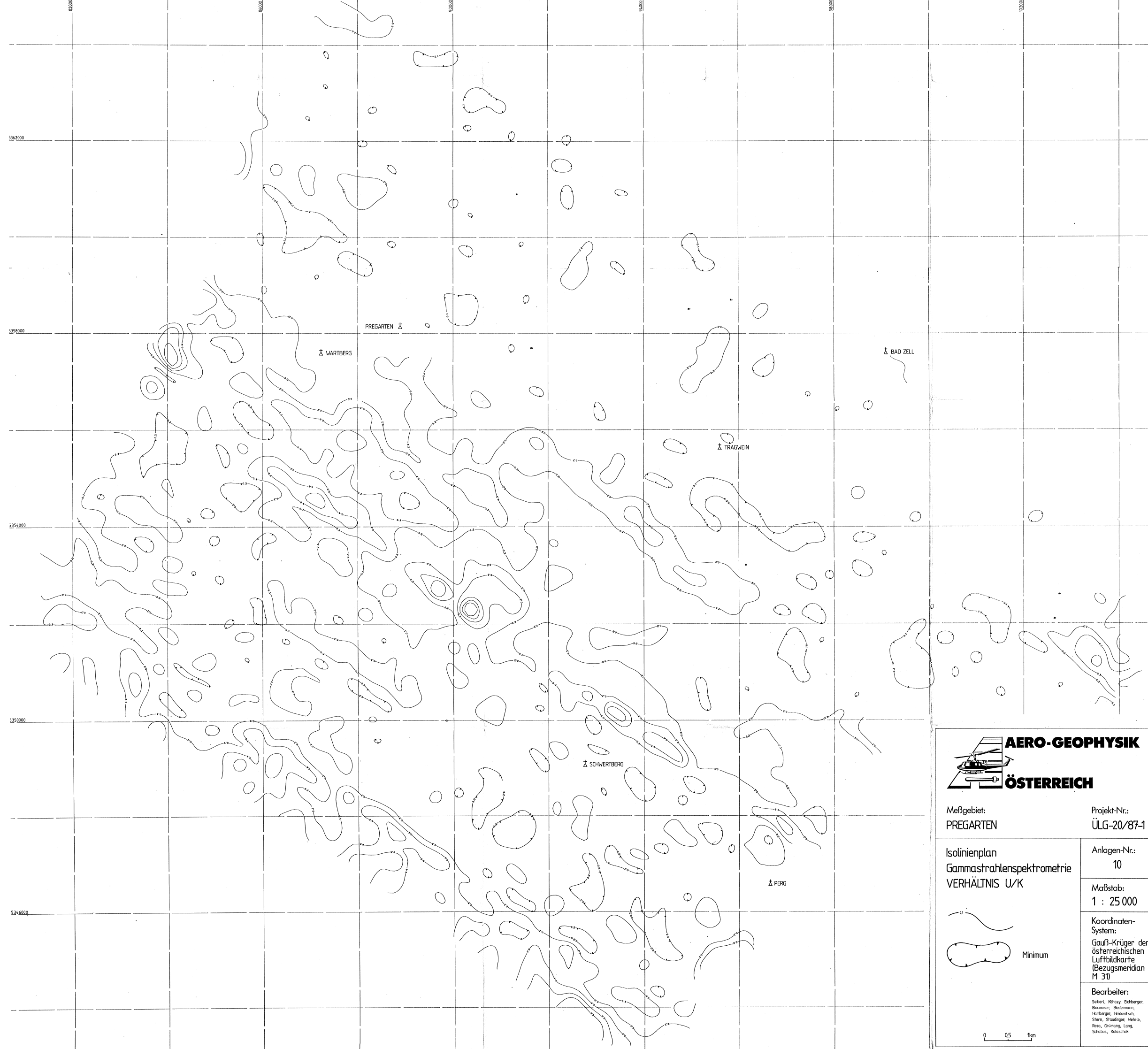


Koordinaten-System:  
 Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)

Bearbeiter:  
 Seiberl, Köhler, Ederberger,  
 Blumauer, Biermann, Stern,  
 Haslinger, Haidwieser,  
 Staudinger, Wirth, Rosa,  
 Gramann, Lang, Schabus,  
 Hölzl







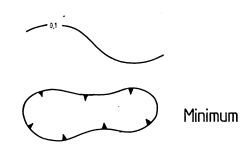
Meßgebiet:  
PREGARTEN

Projekt-Nr.:  
ÜLG-20/87-1

Isolinienplan  
Gammastrahlenspektrometrie  
VERHÄLTNIS U/K

Anlagen-Nr.:  
10

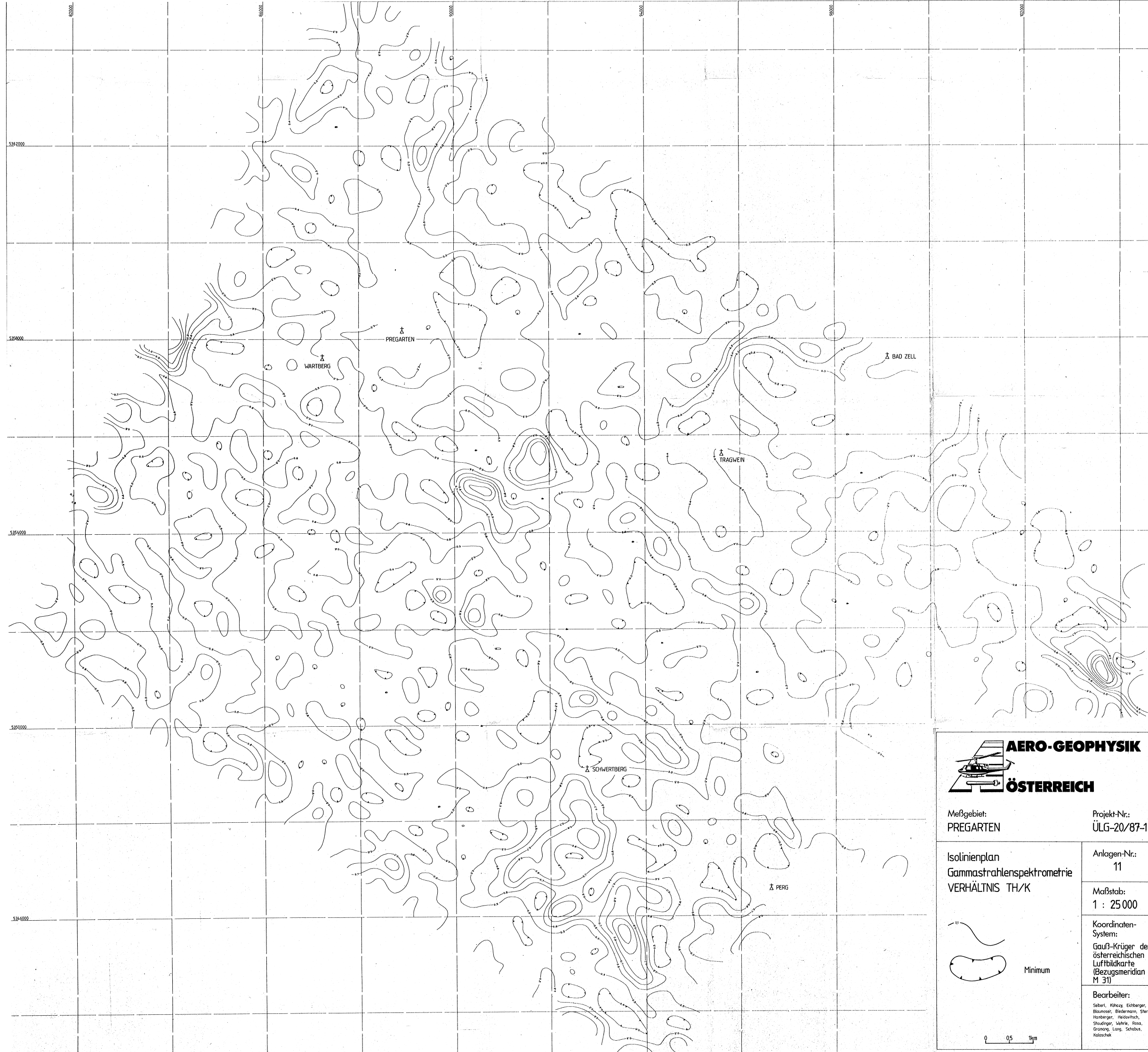
Maßstab:  
1 : 25 000



Koordinaten-System:  
Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)

Bearbeiter:  
Seberl, Křizky, Eichberger,  
Kauzinger, Biedermann,  
Humbarger, Haidvorsch,  
Stern, Staudinger, Vohrle,  
Rosa, Gröning, Lang,  
Schabus, Kalasschek

0 0,5 1km





**AERO-GEOPHYSIK**  
**ÖSTERREICH**

Meßgebiet: PREGARTEN	Projekt-Nr.: ÜLG-20/87-1
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie VERHÄLTNIS TH/K	Anlagen-Nr.: 11
	Maßstab: 1 : 25 000
 Minimum	Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)
Bearbeiter: <small>Seberl, Köhzy, Eichberger, Blumoser, Biedermann, Stern, Humberger, Haidwitsch, Staudinger, Wehrle, Ross, Gratzung, Lang, Seibus, Kaltschek</small>	